

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ**

**BRASIL E ALEMANHA: MODELOS COMPARATIVOS PARA AS ENERGIAS
RENOVÁVEIS**

LEANDRO BELINI

Guaratinguetá
2010

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ**

**BRASIL E ALEMANHA: MODELOS COMPARATIVOS PARA AS ENERGIAS
RENOVÁVEIS**

LEANDRO BELINI

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia
do Campus de Guaratinguetá, Universidade
Estadual Paulista, para a obtenção do título de
Doutor em Engenharia Mecânica na área de
Transmissão e Conversão de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Nazem Nascimento

Guaratinguetá
2010

B431b	Belini, Leandro Brasil e Alemanha: modelos comparativos para as energias renováveis / Leandro Belini - Guaratinguetá : [s.n.], 2010. 222 f. : il. Bibliografia: f. 196 Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2010. Orientador: Prof. Dr. Nazem Nascimento 1. Energia – Fontes alternativas 2. Energia eólica 3. Mudanças climáticas I. Título
CDU 620.91	

BRASIL E ALEMANHA: MODELOS COMPARATIVOS PARA AS ENERGIAS
RENOVÁVEIS

LEANDRO BELINI

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA – ÁREA DE TRANSMISSÃO E
CONVERSÃO DE ENERGIA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA COMO
PARTE DO REQUISITO NECESSÁRIO PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA NA ÁREA DE TRANSMISSÃO E
CONVERSÃO DE ENERGIA.

Aprovado por:

Prof. Dr. Nazem Nascimento

Prof. Dr. João Andrade de Carvalho Júnior

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Pereira

Prof. Dr. Douglas Lauria

Prof. Dr. Harald Martin Hoffmann

Guaratinguetá
2010

AGRADECIMENTOS

Muitos foram os momentos imprescindíveis vivenciados para o lapidar diário do conhecimento. A cada dia novos projetos, novas pessoas, novos desertares. Difícil é transformar em palavras o significado desses instantes que se tornaram perpétuos, enraizados pelos laços de amizade que se formaram perante um mesmo sonho, propósito e perspectiva.

Graças a um leque enumerado de pessoas foi possível a conclusão desta fase tão importante na somatória do infinito processo de aprendizagem com o qual o homem se depara a todo o momento.

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais Domingos e Angelina Belini pois, ainda que eu apenas agradecesse a eles, não bastaria pelas inúmeras vezes em que pude contar com eles.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Nazem Nascimento devo reportar-me como aquele que contribuiu muito além da relação orientador /orientando e, ao longo de muitos anos de nossa amizade, prontificou-se a facilitar a construção de um conhecimento muito além dos resultados deste trabalho.

Em São Paulo meus agradecimentos se estendem à Mirian Lazarotti pelas inúmeras vezes que pude buscar em suas palavras a força para a continuidade e o aconchego do lar. Em Mannheim o Prof. Dr. Harald Hoffmann pelas contribuições e voto de confiança e amizade durante minha permanência na Alemanha.

Ao casal Domingos (Lucas e Dayana) pelo carinho e atenção a mim dispensados nos momentos indescritíveis na Alemanha.

A Maria do Carmo Massoni, pela forma carinhosa e profissional que me acolheu no escritório do COBRAL.

...e,

a todos que, como eu, superaram todas as dificuldades, acreditando ser possível ultrapassar as barreiras impostas e ir em busca de nossos sonhos: Scapechi, Prischila Ohira, Jackeline Severina, Patrícia Medeiros, Margoth Mitchela, Bruno Mazarotto, Reinhard Jung, Jan Fischer....

BELINI, Leandro. **Brasil e Alemanha: modelos comparativos para as energias renováveis** 2010. 210 f. Tese (Doutor em Ciências) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010.

RESUMO

Sabe-se que um dos principais fatores (senão o maior) do aquecimento global e das mudanças climáticas é a utilização em larga escala de combustíveis fósseis na produção de energia. Esta tese tem como fundamento pensar as bases do desenvolvimento energético a partir da segurança no abastecimento energético e a segurança climática e propor alternativas quanto à adoção de energias limpas e renováveis no suprimento da demanda mundial. Por um lado, essas estão sendo sugestionadas para que possam reduzir as emissões de gases de efeito estufa e, por outro, para garantir o abastecimento energético frente ao seu avanço e à redução das fontes fósseis enquanto mantenedoras do atual sistema de produção e geração de energia. Para tanto, serão apontados modelos que estão sendo desenvolvidos e que podem instrumentalizar mudanças na atual estrutura energética. A ampliação no uso das energias renováveis e de programas de eficiência energética estão entre as propostas tecnicamente possíveis para alcançar tais objetivos. Portanto, dentre as propostas analisadas, este trabalho optou por estudar o modelo alemão de desenvolvimento de energia eólica e compará-lo com o modelo brasileiro. Buscou-se, também, estudar o atual estágio de desenvolvimento e uso dos biocombustíveis - em especial o etanol - brasileiro e compará-lo com o modelo alemão de produção do etanol e biodiesel. A escolha por essa estrutura de análise baseia-se na constatação que tais modelos, estruturados no desenvolvimento tecnológico e apoio político, ampliaram a contribuição para a redução das emissões de gases de efeito estufa e a segurança no abastecimento energético. A aceitação desses modelos sustenta-se no notório desenvolvimento alcançado quanto aos resultados de substituição das fontes fósseis em ambos os casos. As bases da pesquisa foram divididas entre o Brasil e a Alemanha. Estas foram sustentadas num intenso trabalho de levantamento bibliográfico baseados em análises de livros, trabalhos acadêmicos e periódicos especializados na problemática ambiental. Por ser um tema atual e em constante atualização, buscou-se, ainda, o levantamento bibliográfico jornalístico, pois acompanha os principais debates nacionais e internacionais acerca da utilização de novas fontes energéticas em substituição ao petróleo.

PALAVRAS-CHAVE: Bioenergias. Energia Eólica. Energias Renováveis. Mudanças Climáticas.

BELINI. Leandro. **Brazil and Germany: Comparative models of policies for renewable energy**. 2010. 210 f. Thesis (Doctorate in Science) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010.

ABSTRACT

We know that one of the main factors (if It is not the largest) global warming and climate change is the large-scale use of fossil fuels in energy production. This thesis's objective are to think the basis of energy development from the energy supply security, the climate security and propose alternatives regarding the adoption of clean and renewable energy in front of the global demand supplies. They have been suggested because can be alternatives for reducing emissions of greenhouse gases and one kind of guarantee for forward energy supplies progress, as well as for reduction of fossil fuels as the main current system of power production. To this end, we consider models that have been developed and that would help change the current energy structure. The increase in the use of renewable energy and energy efficiency programs are among the proposals technically possible to achieve such goals. Therefore, among the proposals considered, this thesis chose to study the German model of wind power development and compare it with the Brazilian model. We also sought to study the current stage of development and Brazilian biofuels uses - especially ethanol. We compared it with the German model of producing ethanol and biodiesel. The choice of this structure analysis is based on the finding that such models are structured in technological development and political support, increased the contribution to reducing emissions of greenhouse gases and energy supply security. The acceptance of these models is sustained in the notorious development reached on the results of replacing fossil fuels in both cases. The bases of the research were divided between Brazil and Germany. These were sustained in an intense bibliographical survey of the literature: books, academic papers and journals on environmental issues. Being a current and in constant update, we sought also the literature of journalism, follow the main national and international debates about the use of new energy sources to replace oil.

KEYWORDS: Bioenergies. Wind power. Renewable energy. Climate changes.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 CONEXÃO ENTRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, SEGURANÇA ENERGÉTICA E FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA.....	26
2.1 A resposta internacional às mudanças climáticas: o Protocolo de Kyoto	26
2.2 Artigo 12 do Protocolo de Kyoto: o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.....	30
2.3 A segurança econômica, energética e ambiental co-relacionadas.....	33
2.3.1 A problemática ambiental e a segurança energética.....	34
2.3.2 A demanda energética e as emissões de gases de efeito estufa	37
2.3.3 A segurança energética e os rumos das energias alternativas	38
2.4 A crise na produção de alimentos e sua relação com a produção de bioenergias ..	41
2.4.1 A crise dos alimentos.....	43
2.4.2 Cenário da produção das bioenergias	44
2.4.3 Energia e fome	46
3 TENDÊNCIAS ENERGÉTICAS E SUAS IMPLICAÇÕES NO BRASIL E NA ALEMANHA	50
3.1 Brasil: cenários políticos, econômicos e energéticos para o século XXI.....	50
3.2 As bases da política energética brasileira.....	52
3.3 Tendência energética europeia	58
3.3.1 Europa: lei de energias renováveis	59
3.3.2 Quais os benefícios das energias renováveis para a UE?	63
3.3.3 Emissões de gases de efeito estufa	65
3.3.4 Alemanha: cenários econômicos, energéticos e ambientais para o século XXI	68
3.3.5 Alemanha: o cenário de transformação das energias renováveis.....	71
3.3.6 O avanço tecnológico alemão	73
4 ENERGIA EÓLICA: O PANORAMA NO BRASIL E NA ALEMANHA	77
4.1 Energia eólica: aspectos históricos, econômicos e ambientais.....	77

4.2	Energia eólica: presente e perspectivas futuras	82
4.3	O status da energia eólica na Europa	86
4.4	Energia eólica e os estados membros da UE	88
4.5	Energia eólica: mercado offshore e as projeções futuras.....	90
4.6	O panorama eólico alemão: modelo e perspectivas.....	93
4.6.1	Erneuerbare-Energien-Gesetz: contexto histórico	93
4.6.2	As perspectivas futuras: repotenciação e desenvolvimento offshore	98
4.7	Energia eólica: panorama e política no Brasil.....	102
4.7.1	O Programa de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica	105
4.7.2	As barreiras brasileiras após o primeiro leilão de energia eólica	112
4.7.3	Os pontos positivos	114
5	O CENÁRIO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL E NA ALEMANHA	117
5.1	A política dos biocombustíveis na UE	117
5.2	As metas dos biocombustíveis na UE.....	122
5.2.1	Os biocombustíveis na Alemanha	124
5.3	A agroindústria de energia no Brasil	128
5.3.1	Programa nacional do álcool - Proálcool.....	131
5.3.2	A indústria da cana no Brasil: novo ciclo	134
5.4	Produção do etanol.....	136
5.4.1	Co-geração da cana-de-açúcar	139
5.4.2	Problemas socioambientais da produção de cana-de-açúcar	142
5.5	O que entra na conta da emissão de GEEs.....	146
5.6	Cenário atual e perspectivas.....	148
6	A CONTRIBUIÇÃO DO MODELO ENERGÉTICO BRASILEIRO E ALEMÃO.....	151
6.1	Perspectivas eólicas no Brasil.....	151
6.1.1	A distribuição da energia eólica no Brasil.....	153
6.1.2	O leilão de energia eólica.....	158
6.1.3	Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica no Brasil (2010-2019)	161

6.1.4 A intensidade das emissões e redução das emissões de gases de efeito estufa .	167
6.2 O modelo eólico alemão como referência brasileira	174
6.3 O modelo brasileiro das bioenergias como referência ao modelo alemão	178
6.4 Proposta de cooperação	185
7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES	190
8 BIBLIOGRAFIA	196

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Matriz de oferta interna de energia (mil tep e %)	51
FIGURA 2 - Ganho de eficiência energética por setor para os próximos dez anos.....	55
FIGURA 3 - Ganho de eficiência e participação por segmento industrial.....	55
FIGURA 4 - Principais marcos do desenvolvimento da energia eólica no período do Século XI ao Século XIX	77
FIGURA 5 - Principais marcos do desenvolvimento da energia eólica no Século XX	79
FIGURA 6 - Diâmetro do rotor eólico	83
FIGURA 7 - Mapa do potencial eólico europeu	87
FIGURA 8 - Novas capacidades instaladas na EU (2008).....	88
FIGURA 9 - Capacidade instalada e perspectivas de aumento do potencial eólico entre os UE-27	89
FIGURA 10 - Potencial acumulado <i>onshore</i> e <i>offshore</i> nos UE (1990 – 2030).....	91
FIGURA 11 - Emissões reduzidas a partir do uso de fontes renováveis na Alemanha	97
FIGURA 12 - Estrutura do processo de repotenciação dos parques eólicos alemães...	99
FIGURA 13 - Participação das empresas no Mercado Eólico Alemão - 2008	101
FIGURA 14 - Mapa do potencial eólico brasileiro dividido por Estado	103
FIGURA 15 - Sazonalidade eólica-hídrica.....	104
FIGURA 16 - Distribuição regional dos projetos do Proinfa.....	106
FIGURA 17 - Metas da produção de biodiesel na UE	118
FIGURA 18 - Estrutura de produção das bioenergias brasileira.....	130
FIGURA 19 - Área de expansão da agroenergia brasileira.....	131
FIGURA 20 - Mapa da expansão da área plantada de cana-de-açúcar	135
FIGURA 21 - Polidutos/alcooldutos de escoamento da produção de etanol	136
FIGURA 22 - Cadeia produtiva do etanol da cana-de-açúcar.....	137
FIGURA 23 - Produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol.....	149
FIGURA 24 - Acréscimo de capacidade instalada anual por fonte (MW)	163
FIGURA 25 - Evolução das reservas de petróleo e gás natural no Brasil	164
FIGURA 26 - Projeção da demanda total de etanol	164

FIGURA 27 - Venda de veículos no Brasil.....	165
FIGURA 28 - Emissões por habitantes (toneladas de CO ₂ por habitante).....	170
FIGURA 29 - Intensidade de emissões por milhões de dólares (PIB).....	171
FIGURA 30 - Emissões de CO ₂ relacionadas ao consumo de energia	172
FIGURA 31 - Intensidade de emissões de CO ₂ por unidades do PIB produzido	173
FIGURA 32 - Comparativo entre países das emissões de GEE por queima de combustíveis fósseis com finalidade energética.....	174
FIGURA 33 - Potencial atual e perspectivas da energia eólica na Alemanha	176
FIGURA 34 - Evolução das turbinas eólicas e o potencial de geração de energia.....	177
FIGURA 35 - Produção brasileira de biodiesel.....	180
FIGURA 36 - Consumo de etanol hidratado e venda de veículo <i>flex-fuel</i> no Brasil	181
FIGURA 37 - Estrutura do fornecimento de combustível com base em energia renováveis na Alemanha de 2009	182
FIGURA 38 - Emissões do setor de transportes e emissões evitadas pelo consumo de biocombustíveis.....	185
FIGURA 39 - Área de expansão do cultivo da cana de açúcar.....	186
FIGURA 40 - Uso da terra do Brasil 2009 (milhões/hectares)	187

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Percentual de redução instituído pela Comissão Europeia para o cumprimento do Protocolo de Kyoto	59
TABELA 2 - Emissões equivalentes de CO ₂ por cultivos de biomassa/produção biodiesel ..	66
TABELA 3 - Emissões de CO ₂ por fabricante de automóveis.....	67
TABELA 4 - Causas de morte anual de pássaros	82
TABELA 5 - Desenvolvimento da capacidade total instalada na Alemanha	96
TABELA 6 - Potencial médio de vento nas diversas paisagens brasileiras.....	103
TABELA 7 - Projetos contratados pelo Proinfa.....	107
TABELA 8 - Projetos em operação pelo Proinfa.....	108
TABELA 9 - Projetos em construção pelo Proinfa.....	108
TABELA 10 - Projetos não iniciados pelo Proinfa.....	109
TABELA 11 - UEE's cadastradas para leilão em maio de 2007	110
TABELA 12 - Desenvolvimento do potencial eólico brasileiro	112
TABELA 13 - Imposto sobre o biodiesel na Alemanha	126
TABELA 14 - Capacidade instalada de energia eólica entre alguns países no final de 2009 e o percentual mundial.....	152
TABELA 15 - Velocidade média de vento no Espírito Santo	154
TABELA 16 - Velocidade média de vento no Rio Grande do Sul	156
TABELA 17 - Leilão de fontes alternativas 2010 – resultado final.....	159
TABELA 18 - Leilão de Reserva 2010 – empreendimentos habilitados	160
TABELA 19 - Leilão de A-3 2010 – empreendimentos habilitado	160
TABELA 20 - Expansão de fontes alternativas de energia (2010 – 2012).....	160

TABELA 21 - Evolução da intensidade de emissões de GEE na economia.....	162
TABELA 22 - Evolução da Capacidade Instalada por Fonte de Geração (MW)	165
TABELA 23 - Consumo de eletricidade por classe na rede (TW/h).....	167
TABELA 24 - Emissões de GEE por setor no horizonte decenal (2010-2019).....	169
TABELA 25 - Gastos com produção do biodiesel na Europa, USA e Brasil	179

LISTA DE SIGLAS

ABEEÓLICA - Associação Brasileira de Energia Eólica

AEB - Agência Espacial Brasileira

AIE - Energy International Agency

AIJ - Activities Implemented Joinly (AIJ)

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP - Agência Nacional do Petróleo

APEB - Atlas do Potencial Eólico Brasileiro

AGBM - Ad Hoc Group on the Berlin Mandate

APA - Área de Proteção Ambiental

AWEA - *American Wind Energy Association*

BB - Banco do Brasil

BEN - Balanço Energético Nacional

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BM&F - Bolsa de Mercadorias e Futuros

BWE - *Bundesverband WindEnergie e.V*

CBAA - Companhia Brasileira de Açúcar e Alcool

CE - Comunidade Europeia

CRESESB/UFP - Centro de Referência para a Energia Solar e Eólica Sergio Alves de Brito - Universidade Federal de Pernambuco

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável

CEF - Caixa Econômica Federal

CENBIO/USP - Centro Nacional de Referência em Biodiversidade da Universidade de São Paulo

CTC - Centro de Tecnologia Canavieira

CEPEL - Centro de Pesquisas Elétricas da Eletrobrás

CERs - Certificados de Emissões Reduzidas

CIMGC - Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima

CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz

CSW - Central and South East Corporation

COP - Conferência das Partes

CO₂ - Gás Carbônico

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

CONAMA - Conselho Nacional para o Meio Ambiente

CMC - Conferência sobre Mudanças Climáticas

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

CIN/CQNUMC - Comitê Intergovernamental de Negociações para a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas

CNUMAD - Convenção das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento

CEPAGRI - Centro de Ensino e Pesquisa em Agricultura

EEG – Erneuerbare-Energie-Gesetz

EIA - Estudos de Impacto Ambiental

EPE - Empresa de Pesquisas Energéticas

ELETROBRÁS - Centrais Elétricas Brasileiras

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Estudos Agropecuários

ETIs - Países com Economia em Transição

ET's - Emission Trade - Comércio de Emissões

EWEA - European Wind Energy Association

FBMC - Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas

FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação

FER - Fontes de Energias Renováveis

FMI - International Monetary Fund - Fundo Monetário Internacional

G-77 - Grupo dos 77 países em desenvolvimento mais a China

GCE - Câmara de Gestão da Crise de Energia Eólica

GEE - Gases de Efeito Estufa

GEF - Global Environment Facility

GT - Grupo de Trabalho

Gt - Giga tonelada

GWEC - Global Wind Energy Council

GWP - Global Warming Potencial

GW - Giga Watts

IVIG - Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

INESC - Instituto de Estudos Sócio-Econômico

IPAM - Instituto de Pesquisas Ambientais do Amazonas

INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

IPEA - Instituto Nacional de Economia Aplicada

IEA - Instituto de Estudos Avançados

IF - Instituto de Física

ISPN - Instituto Sociedade, População e Natureza

MIT - Massachusetts Institute of Technologies

JI - Joint Implementation - Implementação Conjunta

LDC - Least Developed Countries

LABSOLAR - Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MT - Milhões de toneladas

MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MME - Ministério de Minas e Energia

MRE - Ministério das Relações Exteriores

MTE - Ministério do Trabalho e Emprego

MW - Mega Watts

NREAPs - National Renewable Energy Action Plans

OASIS - Aliança dos Estados Insulares

OIE - Oferta Interna de Energia

ONU - Organização das Nações Unidas

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

OPEP - Organização dos Países Exportadores de Petróleo

ONG's - Organizações Não Governamentais

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PCH's - Pequenas Centrais Hidrelétricas

PDEE - Plano Decenal de Expansão de Energia

PDD - Project Design Document

PIB - Produto Interno Bruto

PNE - Plano Nacional de Energia

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PNUMA - Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente

PROCEL - Programa de Combate ao Desperdício de Energia

PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia

Proálcool - Programa Nacional do Álcool

Proeólica - Programa Emergencial de Energia Eólica

PK - Protocolo de Kyoto

PCF - Fundo Protótipo de Carbono

PPA - Plano Plurianual

PPG7 - Programa Piloto de Conservação de Florestas Tropicais

RAS - Relatório Ambiental Simplificado

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

RCE - Redução Certificada de Emissões

RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural

StrEG – Stromeinspeisegesetzes

TNC - The Nature Conservancy

TWh - Tera Watts hora

UE - União Europeia

CNUMAD – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

UFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change

UFP - Universidade Federal de Pernambuco

UFOP - Union zur Förderung von Öl und Proteinpflanzen

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UNEP - United Nations Environment Program

UNICA - União das Indústrias de Cana de Açúcar

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas

USP - Universidade de São Paulo

UMUSS/LULUCF - Uso do Solo, Mudança no Uso do Solo e Silvicultura

EU - União Europeia

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância e Adolescência

USC - Union of Concerned Scientists

WMO - World Meteorological Organization

WWF - World Wildlife Foundation

WWI - Worldwatch Institute

WRI - World Resource International

ZEE - Zoneamento Ecológico Econômico

1 INTRODUÇÃO

O começo do século XXI está sendo marcado por grandes desafios: climáticos, alimentares, financeiros, social, político e energético tornando necessária uma maior participação geopolítica de enfrentamento desses novos paradigmas. Ou seja, há a necessidade de sustentar uma economia global dinâmica, promover o desenvolvimento socioeconômico em bases sustentáveis, assegurar o abastecimento energético, reduzir a dependência dos combustíveis fósseis, garantir a sustentabilidade ambiental, mitigar os efeitos do aquecimento global, manter as relações internacionais pacíficas e cooperativas.

Ao longo dos quatro relatórios¹ publicados pelo “Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas”², o grau de certeza sobre a contribuição das ações humanas para as mudanças climáticas aumentou expressivamente. Essa constatação fica clara no sumário do Grupo de Trabalho - I (GT-I) para o Quarto Relatório de Avaliação do IPCC, divulgado em fevereiro de 2007. Não há dúvidas científicas de que testemunhamos o aquecimento global, e que este se deve *muito provavelmente* a um aumento dos gases de efeito estufa (IPCC, 2007). Segundo o relatório, se mantidas as atuais políticas energéticas, estas emissões podem crescer de 28 para 40 bilhões de toneladas até 2030.

Com a publicação do quarto relatório, foram apresentados índices alarmantes de concentração atmosférica de CO₂, estimados em 280 ppm³ no período pré-industrial, saltando para 379 ppm em 2005. Isso significa que a concentração atmosférica de dióxido de carbono em 2005, ultrapassou a faixa natural dos últimos 650 mil anos

¹ Os relatórios do IPCC foram publicados entre 1990, 1995, 2001 e 2007.

² Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) foi criado em 1988 pela Organização Mundial de Meteorologia e pelo Programa para o Meio- Ambiente da ONU (PNUMA). Conduz pesquisas rigorosas sobre informações técnicas, literatura e publicações científicas em todo o mundo. Publica relatórios de avaliação reconhecidos pela sua credibilidade como fontes de informação existentes sobre mudança de clima. O IPCC também trabalha com metodologias e responde a pedidos específicos dos outros grupos subsidiários da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas - CQNUMC.

³ ppm (partes por milhão) é a razão do número de moléculas de gases de efeito estufa em relação ao número total de moléculas de ar seco. Por exemplo: 300ppm significam 300 moléculas de um gás de efeito estufa por milhão de moléculas de ar seco.

(IPCC, 2007). O mesmo pode-se observar para o metano (CH_4) e também para o óxido nitroso (N_2O).

Cenários projetados pela Agência Internacional de Energia preveem um crescimento anual de aproximadamente 2% nas emissões mundiais de gases de efeito estufa e 54% entre 1997 e 2020 (IEA, 2009). Isso significa que o consumo de petróleo crescerá 56%, o gás natural 86%, o carvão 49%, representando 84% de toda energia fóssil consumida até 2020 (GELLER, 2003). Entre os maiores consumidores de energia estão: a América do Norte com 28,7% e a região da Ásia/Pacífico 26,9%, que juntas consomem mais da metade de toda energia produzida no mundo. Estes foram seguidos pela Europa 20,8% e pelos países da ex-União Soviética 10,5%. Em seguida estão a América Central e do Sul que juntas consomem 5,7%, restando apenas 4,4% para o Oriente Médio e 3,7% a África (AIE, 2009).

Com base nessas considerações, pode-se afirmar que o consumo de energia⁴ conduz as sociedades a uma dupla ameaça: a inexistência de uma oferta segura e adequada de manutenção desse modelo socioeconômico e os danos infligidos ao ambiente pelo excessivo consumo de energia poluidora. A conciliação entre esses dois referenciais - segurança energética e a proteção ambiental - exige a busca de novos paradigmas que possam consolidar um novo modelo socioeconômico e ambiental. A criação de mecanismos de proteção das fontes de energia fósseis encontra-se no topo da agenda política internacional. Contudo, as ações antrópicas no planeta estão evidenciadas nas análises científicas e dos cenários de degradação ambiental projetado globalmente – incluindo as mudanças climáticas.

É pouco provável que o petróleo seja trocado por uma única fonte energética no decorrer dos próximos anos. No âmbito das Conferências das Partes (COP's)⁵, as propostas baseiam-se na ampliação das fontes renováveis de energia. Estas se

⁴O consumo de energia permeia todos os setores sociais – economia, trabalho, ambiente, relações internacionais – e a vida das populações – moradia, alimentação, transporte, lazer entre outro. Entendemos que tal condição singular merece a devida atenção quanto aos cenários daí decorrentes.

⁵Conference of the Parties - A COP é o corpo supremo da Convenção e é responsável pela implementação das regras e acordos internacionais referente ao tema. Ela normalmente se encontra uma vez ao ano para revisar os progressos da Convenção. A palavra "conferência" não é usada no sentido de encontro, mas no sentido de "associação", que explica a aparente redundância da expressão "Sessão da Conferência das Partes". A última COP realizou-se em Cancun, México entre os dias 29 de novembro e 10 de dezembro de 2010. A próxima (COP 17) ocorrerá entre os dias 28 de novembro e 9 de dezembro de 2011, na cidade de Durban, na África do Sul.

destacam como as mais cotadas na substituição das fontes fósseis e, portanto, seria uma condição necessária para atenuar as mudanças climáticas e o aquecimento global. Os estudos estão sendo direcionados nos mais variados mecanismos de produção: as pequenas centrais hidroelétricas (PCH's), o hidrogênio, a biomassa, o biodiesel, a energia eólica, as células solares fotovoltaicas, maré motriz e a geotérmica. Porém, ainda é exposta como uma tecnologia cara, dependente de altos investimentos que demanda muito tempo para tornar-se viável economicamente e substituir as fontes fósseis.

Dentre as fontes de energia limpa, a gerada a partir do vento destaca-se com enorme potencial baseado no amplo desenvolvimento tecnológico, na qualificação de recursos humanos e na pesquisa científica, incentivados com a finalidade de dar suporte à indústria de energia eólica em formação. Isso porque ela é capaz de contribuir, significativamente, com a sustentabilidade ambiental, social e econômica, pois atende a requisitos necessários quanto aos custos de produção, segurança no fornecimento de energia e de mitigação do aquecimento global. A experiência dos países industrializados nesse setor aponta a geração de emprego e o domínio tecnológico como fatores tão importantes quanto à preservação ambiental e à segurança energética. A associação entre esses dois pontos é de extrema importância para a continuidade dos investimentos visando o aproveitamento da energia eólica mundial.

No Brasil a capacidade de geração de energia eólica instalada ainda é muito pequena quando comparada a países líderes. Com o “Atlas do Potencial Eólico Brasileiro”, publicado pelo CEPEL em 2001, iniciou-se um processo de construção de políticas de incentivos que resultaram no desenvolvimento dos primeiros parques eólicos nacionais. O Atlas identificou regiões de grande potencial inexplorado - com velocidade média superior a 7 m/s (medidas feitas a 50 m de altura), com alta densidade populacional e, portanto, viáveis técnica e economicamente. Essas características tornam-se atrativas para a implementação, em grande escala, de parques eólicos que possam estar conectados à rede elétrica.

Isto posto, as primícias deste trabalho têm como propósito estruturar uma análise que possa sugerir mudanças necessárias na infraestrutura, na tecnologia e na economia, como primordiais para alcançar a mitigação das mudanças climáticas globais. Para tanto, serão discutidos modelos para instrumentalizar o repensar da atual estrutura energética, sustentada no paradigma das energias fósseis. A ampliação no uso das energias renováveis, bem como programas de eficiência energética, estão entre as propostas tecnicamente possíveis para alcançar tais objetivos.

Dentre as propostas analisadas, este trabalho optou por estudar o modelo alemão de desenvolvimento de energia eólica e compará-lo com o modelo brasileiro. Ainda buscou-se analisar o atual estágio de desenvolvimento e uso dos biocombustíveis – em especial o etanol - brasileiro e compará-lo com o alemão de produção do etanol e biodiesel. A Alemanha dispõe de alta tecnologia para o processamento dos biocombustíveis, porém detém pouca área agricultável. A escolha por essa estrutura de análise baseia-se na constatação de que tais modelos, estruturados em desenvolvimento tecnológico e apoio político, ampliaram a contribuição para a redução das emissões de gases de efeito estufa e a segurança energética. A aceitação desses modelos sustenta-se no notório desenvolvimento alcançado quanto aos resultados de substituição das fontes fósseis em ambos os casos.

O Brasil, nas últimas conferências sobre mudanças climáticas, esteve à frente dos acordos, representando os interesses dos países do G-77/China⁶. Destacou-se como um dos principais interlocutores na formulação de uma proposta para a criação de um fundo destinado a auxiliar os países em desenvolvimento, e que, posteriormente, resultou no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL); entre os emergentes foi o primeiro a apresentar em Copenhague (Dinamarca), metas concretas de redução do desmatamento da Floresta Amazônica e das emissões de gases de efeito estufa; tornou-se referência tecnológica na pesquisa e uso da biomassa para a produção de biocombustíveis; possui a maior frota de veículos do mundo movidos a etanol, amplamente utilizado nos carros com sistemas *flex fuel*; possui o maior programa de

⁶ Group of 77 and China: O G-77 foi fundado em 1967 sob o auspício da (CNUMAD). Este grupo espera harmonizar as posições de negociação de seus membros que são 132 países em desenvolvimento.

produção de álcool combustível (Pro-Álcool) a partir da cana de açúcar; destaca-se entre os países da América Latina como o maior produtor de energia eólica, através de programas como o Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia (Proinfa).

As bases do redirecionamento industrial, econômico e social da Alemanha ocorreram com a reunificação (Oriental e Ocidental), em 1989. Desde então, a Alemanha aposta em três possibilidades de redução das emissões de gases de efeito estufa: poupar energia, utilizar tecnologias eficientes e intensificar o aproveitamento das fontes de energias renováveis. Para isso, o país está ampliando suas fontes de energias renováveis por meio de tarifas de incentivo asseguradas para eletricidade produzida a partir de fontes renováveis; lei de incentivo, a qual proporcionou um considerável aumento da capacidade gerada a partir de fontes renováveis. Com isso, as metas nacionais de 12,5% previstas para 2010, foram superadas em 2007, chegando a 14% em 2010. No setor residencial, o governo está favorecendo empréstimos para o desenvolvimento de projetos em eficiência energética e redução de CO₂ no setor doméstico, visando à economia de energia por meio de normas de edificação, calefação, entre outras. Na indústria, as metas das emissões estão cobertas pelo Sistema de Comércio de Emissões da UE; programas de orientação e créditos de investimento para pequenas e médias empresas. Nos transportes há limite obrigatório de emissão para carros novos, fixado pela UE em 130g/km, a ser adotado entre 2012-15; imposto para automóveis, parcialmente baseado na emissão de CO₂; rótulos de eficiência energética em novos carros e a discussão quanto à adoção de um plano de ação para veículos elétricos.

No entanto, o governo abandonou a isenção fiscal para biocombustíveis; a cota para mistura de biocombustíveis diminuiu devido a considerações sobre sustentabilidade no uso de terras agricultáveis para a produção de bioenergias. Isso porque a indústria automotiva alemã exerce um forte *lobby* sob o governo impedindo a publicação de leis para o transporte.

Portanto, dois países em diferentes estágios de desenvolvimento tecnológico, econômico, social e político, voltados à criação de metas de redução das emissões de gases de efeito estufa e estruturados em modelos diferentes de abastecimento

energéticos. Sendo assim, os acordos entre a Alemanha (Anexo I) e o Brasil (não Anexo I) ganharam legitimidade se negociados dentro do arcabouço instituído pelo Protocolo de Kyoto. Estes podem ser negociados através do “mercado de crédito de carbono”, que se resume na comercialização dos CER de gases de efeito estufa.

É, portanto, interesse desse trabalho a ênfase nas energias eólica e nas bioenergias, em especial o etanol, a fim de averiguar quais são os cenários e perspectivas tecnológicas, políticas e econômicas desses países, para que possam consolidar acordos bilaterais, enquanto “potências energéticas limpas” frente a um futuro energético sustentável.

Busca-se tal hipótese para a pesquisa, uma vez que se criou um cenário bastante promissor para o setor elétrico: de um lado a Alemanha como maior produtor e um dos maiores consumidores de energia eólica e biodiesel produzido a partir do óleo de canola (colza) da Europa e, do outro, o Brasil, como o maior produtor e consumidor mundial de etanol a partir da cana de açúcar e com um enorme potencial eólico inexplorado. A comercialização dos *CERs* para a geração de créditos de carbono, no âmbito do MDL, consolidou a bilateralidade entre os dois países para a redução das emissões de gases de efeito estufa e a mitigação do aquecimento global.

A sugestão desse trabalho é, a partir da análise do modelo alemão de produção e geração de energia eólica, propor a ampliação de programas de incentivos à geração e produção de energia eólica, tendo como referência o potencial conhecido e a tecnologia disponível. O caminho percorrido pelo governo alemão para chegar a esses referenciais energéticos será à base do trabalho de investigação naquele país e servirá de espelho para a proposta de desenvolvimento de políticas governamentais para o setor energético brasileiro, em especial, o PROINFA. O Programa foi adotado como emergencial em 2003, porém os avanços poderiam ser superiores aos alcançados, mediante a realidade dos ventos brasileiros.

A necessidade de trazer para dentro da Engenharia Mecânica as discussões que se colocam no cenário internacional sobre as mudanças climáticas, buscou-se a relevância das ações de mitigação decorrentes do desenvolvimento tecnológico, propiciado pelo avanço nas pesquisas. Ainda, usou-se do referencial da Engenharia Elétrica para entender

o conceito de sistemas energéticos limpos, não deixando de mencionar que esse trabalho também abordará a geopolítica ambiental, pois em sua discussão atual, a problemática da questão ambiental e do aquecimento global perpassa todos os atores sociais. Portanto, as articulações desenvolvidas ao longo desse trabalho terão como desígnio aprofundar esses questionamentos.

O Capítulo 2 aborda o cenário, ou os cenários, que são desenhados a partir da constatação de que a ação antrópica está diretamente impactando o meio ambiente e o clima global. Nesse sentido, as mudanças climáticas são apresentadas como um reflexo do uso desordenado das fontes energéticas poluidoras. Buscou-se ainda apresentar a problemática das relações entre os países centrais e periféricos, a partir do propósito de consolidação de bases e fundamentos de negociações internacionais.

No Capítulo 3 destaca-se a participação do Brasil e da Alemanha na Convenção Quadro das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas, trazendo às políticas governamentais relacionadas às suas estratégias energéticas. Serão analisados os cenários energéticos, bem como aspectos políticos e econômicos que envolvem a participação da Alemanha entre os países do Anexo I e, portanto, com obrigações de redução das emissões e, o Brasil, não-Anexo I e, portanto, apto a receber investimentos em projetos de créditos de carbono.

No Capítulo 4 buscou-se destacar o desenvolvimento e o estado da arte no uso da energia eólica no Brasil e na Alemanha. O objetivo era traçar um histórico do desenvolvimento da energia eólica entre os principais mercados internacionais e, com isso, analisar o cenário alemão e o brasileiro. Isso porque, o primeiro é líder mundial na pesquisa e desenvolvimento tecnológico, está entre os líderes no potencial instalado; já o mercado brasileiro ainda está em pleno desenvolvimento do setor no mercado interno.

No Capítulo 5 foram apresentados os cenários dos biocombustíveis no Brasil e na Alemanha. Isso porque o mercado alemão é o maior produtor e consumidor de biodiesel a partir do óleo de canola (colza). Já o mercado brasileiro destaca-se como um dos maiores fornecedores de bioenergias a partir da cana de açúcar. Nesse procurou-se analisar as bases sob as quais se estruturou o desenvolvimento do setor e

possibilitou a consolidação das projeções quanto aos cenários futuros para o cumprimento das metas de produção e mistura no combustível fóssil.

No Capítulo 6 será discutido o desenvolvimento do setor eólico e das bioenergias no Brasil e na Alemanha e, com isso, estruturar uma análise que possa sugestionar alternativas para a consolidação de acordos de cooperação entre os dois países. A meta é observar a contribuição de tais potências para o desenvolvimento do setor, assim como analisar o potencial de redução das emissões de gases de efeito estufa.

Finalmente, no Capítulo 7 serão apresentados e discutidos os aspectos conclusivos para esse trabalho. O leitor poderá deparar-se com as evidências pesquisadas e apresentadas ao longo do desenvolvimento do mesmo.

2 CONEXÃO ENTRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, SEGURANÇA ENERGÉTICA E FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA.

2.1 A resposta internacional às mudanças climáticas: o Protocolo de Kyoto

Em junho de 1988 realizou-se em Toronto, no Canadá, a Conferência Mundial sobre Mudanças Atmosféricas, *The Changing Atmosphere: implications for global security* (A atmosfera em mudanças: implicações para a segurança global), na qual foi sugerida a necessidade de adoção imediata de uma convenção internacional sobre mudanças climáticas por razões de segurança global.

Essa conferência representou um divisor de águas na história do debate pela inovação institucional trazida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), ao estabelecerem, em seguida (novembro de 1988), o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). O IPCC é constituído por cientistas de diversos países e áreas de conhecimento, dividindo-se em três grupos: o GT I baseia-se em pesquisas nos aspectos científicos do sistema climático e das mudanças climáticas; o GT II tem como base de análise os aspectos da vulnerabilidade da humanidade e dos sistemas naturais frente às mudanças ocorridas nos sistemas climáticos. O grupo avalia as consequências positivas e negativas, e também as opções de adaptação socioambiental das mudanças climáticas; e o GT III apresenta as possibilidades para as limitações das emissões de gases de efeito estufa, de mitigação das mudanças climáticas e os impactos dessas medidas no quadro socioeconômico global.

Esses três grupos publicaram em 1990 seu primeiro relatório de avaliação, na conclusão os dados apresentados confirmavam que as mudanças climáticas globais representariam, de fato, uma ameaça à humanidade. Diante deste parecer, o IPCC conclamou a elaboração e a adoção de um acordo internacional que ficasse incumbido de abordar a problemática. No final do mesmo ano, diante dessas circunstâncias, a Assembléia Geral das Nações Unidas estabeleceu o Comitê Intergovernamental de Negociações para a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima

(CIN/CQNM⁷), que ficou responsável pela redação da Convenção. Representantes de mais de 150 países encontraram-se durante cinco reuniões, celebradas entre fevereiro de 1991 e maio de 1992 e em nove de maio de 1992 foi firmada a Convenção na sede das Nações Unidas em Nova Iorque. O documento, chamado de Convenção Quadro, indica que cada conferência deverá ser seguida de protocolos que detalhem as medidas adicionais a serem tomadas pelos diversos países. No mesmo ano, pouco mais de 150 países firmaram a Convenção sobre Mudanças Climáticas (CMC) durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD, conhecido como “Cúpula da Terra”, na cidade do Rio de Janeiro (RIBEIRO, 1999).

O Artigo 2 da Convenção sobre Mudanças Climáticas expressa:

O objetivo final desta Convenção e de quaisquer instrumentos jurídicos com ela relacionados que adote a Conferência das Partes é o de alcançar, em conformidade com as disposições pertinentes a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça a interferência antrópica perigosa no sistema climático. Esse nível deverá ser alcançado num prazo suficiente que permita aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente às mudanças do clima, que assegure que a produção de alimentos não seja ameaçada e que permita ao desenvolvimento econômico prosseguir de maneira sustentável (BRASIL, p.6, 1992).

Em 1995 o IPCC publicou o seu II Relatório de Avaliação, no qual as novas evidências científicas indicavam a nítida influência antrópica sobre o clima. No início de 2001 o IPCC divulgou o terceiro relatório, no qual os dados apresentados confirmavam novas e evidentes causas e consequências do aquecimento global, observadas nos últimos 50 anos. No relatório discutiu-se principalmente a gravidade das mudanças previstas para o clima do planeta para este século. O último relatório foi publicado em 2007, trazendo evidências concretas das alterações climáticas, reforçando os dados apresentados anteriormente.

Os cientistas preveem a elevação de até 6°C na temperatura da Terra até o ano 2100, o que causará o derretimento das calotas polares e, conseqüentemente, a elevação do nível do mar, além de alteração no regime de chuvas, frequência e

⁷ (UNFCCC) ou (FCCC) Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - Acordo multilateral voluntário constituído durante a Conferência para o Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro em 1992. Espera-se que até 2012 as reduções das emissões de gases de efeito estufa propostas pelo Protocolo de Kyoto possam atingir os mesmos níveis de 1990.

intensidade de furacões, enchentes e outros fenômenos climáticos, resultado da emissão de, aproximadamente, 7 bilhões de toneladas/ano de gás carbônico (CO₂) à atmosfera. A mais elevada taxa de concentração histórica de CO₂ encontrada na atmosfera saltou de 280 ppm (parte por milhão), em 1850, para os atuais 370 ppm.

Certamente há uma responsabilidade histórica dos países desenvolvidos na emissão de gases de efeito estufa. Durante a realização da Convenção a Aliança dos Estados Insulares⁸, defendeu-se a adoção de um fundo de adaptação, enfatizando sua vulnerabilidade. Essa proposta foi apoiada pelos países em desenvolvimento, na criação de instrumento de comprometimento dos países industrializados na realização dos acordos instituídos na Convenção, por serem os responsáveis históricos das mudanças do clima global.

Em seu Artigo 3.1 (p.6), a Convenção trata do princípio da equidade:

As Partes (signatárias) devem proteger o sistema climático em benefício das gerações presentes e futuras da humanidade com base nos princípios da equidade e em conformidade com suas responsabilidades comuns, porém diferenciadas e respectivas capacidades. Em decorrência, as Partes (Países Desenvolvidos) devem tomar a iniciativa no combate às mudanças climáticas e a seus efeitos (BRASIL, 1992).

A Convenção, da forma como foi acordada, exige uma ação coletiva entre as partes signatárias na tentativa de negociar ações futuras reconhecendo o aquecimento global do clima como uma preocupação comum da humanidade. Diante dos dados apresentados pelo IPCC, o Artigo 3.3 (p.06) da Convenção aponta o princípio da precaução frente aos impactos do aquecimento global do clima, e estabelece que:

As Partes devem adotar medidas de precaução para prever, evitar ou minimizar as causas da mudança do clima e mitigar os seus efeitos negativos. Quando surgirem ameaças de danos sérios ou irreversíveis, a falta de plena certeza científica não deve

⁸ Aliança dos Países Insulares – AOSIS. É uma aliança específica para países insulares ou que se situam geograficamente abaixo ou no nível do mar. Estes países são particularmente vulneráveis às mudanças climáticas que causarão elevação do nível do mar e dividem igual posicionamento em relação à mudança do clima. Os 42 membros e observadores são Samoa Americana, Antigua e Barbuda, Bahamas, Barbados, Belize, Cabo Verde, Comoros, Ilhas Cook, Cuba, Chipre, República Dominicana, Estados Federais da Micronésia, Fiji, Grenada, Guam, Guiné-Bissau, Guiana, Jamaica, Kiribati, Ilhas Maldivas, Malta, Ilhas Marshall, Ilhas Maurício, Nauru, Antilhas Holandesas, Niue, Palau, Papua Nova Guiné, Samoa, São Tomé e Príncipe, Seychelles, Singapura, Ilhas de Solomon, St. Kitts & Nevis, St. Lucia, St. Vincent e as Grenadines, Suriname, Tonga, Trinidad e Tobago, Tuvalu, Ilhas Virgens Americanas e Vanuatu.

ser usada como razão para postergar essas medidas, levando em conta que as políticas e medidas adotadas para enfrentar as mudanças do clima devem ser eficazes em função do custo, de modo a assegurar benefícios mundiais ao menor custo possível. Para esse fim, essas políticas e medidas devem levar em conta os diferentes contextos sócio-econômicos, ser abrangentes, cobrir todas as fontes, sumidouros e reservatórios significativos de gases de efeito estufa e adaptações, e abranger todos os setores econômicos. As Partes podem realizar esforços, em cooperação, para enfrentar a mudança do clima (BRASIL, 1992).

Entre os dias 27 de março a 07 de abril de 1995, realizou-se em Berlim a primeira sessão da Conferência das Partes (COP-I) com o objetivo de analisar as adequações das obrigações estabelecidas na Conferência do Rio de Janeiro. Durante a Conferência vagas propostas foram apresentadas pelos países participantes. Os argumentos apresentados pelos países desenvolvidos baseavam-se nos custos para atingir as metas de redução estabelecida na Conferência e defendiam que poderiam alcançar esse nível com maneiras mais baratas nos países em desenvolvimento.

A Conferência de Kyoto (COP-III), realizada entre 01 a 10 de novembro de 1997, tinha como objetivo dar continuidade ao cumprimento ao Mandato de Berlim. As Partes membros da Conferência estabeleceram o Protocolo de Kyoto⁹, acordo que propõe metas e prazos relativos à redução ou limitação das emissões de gases responsáveis pelo agravamento do efeito estufa: Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O,) e outros, exceto aqueles já controlados pelo Protocolo de Montreal¹⁰. O Protocolo de Kyoto estabeleceu que somente os países que fazem parte do Anexo I terão que reduzir entre 2008 e 2012 o equivalente a 5,2% das emissões mundiais. Para se alcançar estas metas, instituíram-se diferentes percentuais de redução: os países da União Europeia terão que reduzir em 8% suas emissões,

⁹ Para que as metas previstas no acordo vigorassem, instituiu-se a necessidade de adesão dos países que juntos representem 55% das emissões mundiais. O Protocolo de Kyoto foi aberto para assinaturas em 16 de março de 1998 e entrou em vigor somente em 16 de fevereiro de 2005, noventa dias após ser ratificado pela Rússia, totalizando 61,6% das emissões dos países que fazem parte do Anexo I.

¹⁰ O Protocolo de Montreal foi assinado em 16 de setembro de 1987 e tinha como proposta a redução de substâncias que destroem a Camada de Ozônio. Os principais gases controlados pelo Protocolo são os CFC's e seus compostos.

seguidos pelos Estados Unidos com 7% e o Japão com 6%, tendo como base as emissões praticadas em 1990¹¹ (ARAÚJO, 2000).

Neste sentido, o Protocolo de Kyoto surge como uma opção, não só para que o mundo comece a agir efetivamente em prol do meio ambiente, mas como um meio de se chegar a um desenvolvimento sustentável. Ou seja, uma condição necessária para estimular a produção de energia limpa para a redução das emissões de GEEs e, com base na cooperação internacional com países desenvolvidos, beneficiar-se com a transferência de tecnologia e com o comércio de créditos de carbono (VIDAL, 2003).

2.2 Artigo 12 do Protocolo de Kyoto: o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

O reflexo desses acordos foi a formação de blocos e alianças de interesses nas negociações conferenciadas. Enquanto os países mais industrializados discutiam a adoção de acordos mais amplos que contemplassem soluções baseadas no interesse de mercado, tais como o comércio de emissões e implantação conjunta, os países emergentes e pobres, optaram por instrumentos de desenvolvimento tecnológicos, econômicos e sociais. Ou seja, defenderam a transferência de novas tecnologias e os financiamentos adicionais de projetos voltados ao desenvolvimento sustentável, baseados no Artigo 4.5, p.10 da Convenção, na qual se lê:

As Partes países desenvolvidos e outras Partes desenvolvidas incluídas no Anexo II devem adotar todas as medidas possíveis para promover, facilitar e financiar, conforme o caso, a transferência de tecnologia e de conhecimento técnico ambientalmente saudável, ou o acesso aos mesmos, a outras Partes, particularmente às Partes países em desenvolvimento, a fim de capacitá-las a implementar as disposições desta Convenção. Nesse processo, as Partes países desenvolvidos devem apoiar o desenvolvimento e a melhoria das capacidades e tecnologia endógenas das Partes países em desenvolvimento. Outras Partes e organizações que estejam em condições de fazê-lo podem também auxiliar a facilitar a transferência dessas tecnologias (BRASIL, 1992).

¹¹ Para os países em desenvolvimento não foram estabelecidas metas de redução de suas emissões no período entre 2008 e 2012, porém, fica estabelecido pelo Protocolo de Kyoto que países como o Brasil, a China e a Índia, deverão definir voluntariamente suas metas de redução, uma vez que estes terão metas a cumprirem no segundo período de vigência do Protocolo.

A justificativa desses países fundamentou-se na afirmação de que o progresso no combate às mudanças climáticas depende de assistência financeira, transferência de tecnologia de ponta e ampliação de assistência técnica dos países industrializados para com os países em processo de industrialização. A cooperação bilateral é condição essencial para substituir fontes sujas de geração de energia por fontes limpas e renováveis.

Durante a COP III, as Partes presentes assinaram o Protocolo de Kyoto, no qual estão definidas metas e prazos para a redução nas emissões dos gases de efeito estufa lançados à atmosfera. Para o cumprimento dos compromissos assumidos na Convenção sobre Mudanças Climáticas (CMC), os países que adotaram tais metas poderão ter medidas mitigadoras para auxiliá-los no abatimento de suas emissões. A proposta acordada consiste em três mecanismos: Execução Conjunta (JI), aplicável somente entre os países industrializados do Anexo I (Artigo 6 do Protocolo); Comércio de Emissões (ET): aplicável somente entre países do Anexo I (Artigo 17 do Protocolo); e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): aplicável entre países do Anexo I (Industrializado) e países não Anexo I¹² (em desenvolvimento) (BRASIL, 1992).

O MDL teve origem na proposta brasileira apresentada em 1997 ao secretário da Convenção sobre Mudanças Climáticas. O projeto consistia na criação de um Fundo de Desenvolvimento Limpo formado por meio de multas aplicadas às Partes com compromissos acordados na Convenção, mas que não cumprissem as metas estabelecidas no Protocolo de Kyoto. Este Fundo seria destinado ao desenvolvimento de projetos de redução e/ou captação das emissões de gases de efeito estufa nos países pobres. O mecanismo foi a proposta de maior debate entre as Partes da Convenção sobre Mudanças Climáticas e o mecanismo escolhido para ser discutido, pois tem por objetivo.

[...] assistir às Partes não incluídas no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, e assistir às Partes incluídas no Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3 (BRASIL, 1992).

Segundo as disposições estabelecidas no art. 12, os países do Anexo I poderão implementar, em países não-Anexo I, projetos que visem reduzir as emissões de GEEs,

¹² São os países em desenvolvimento que não têm compromissos de redução de gases de efeito estufa. Alguns deles são: Brasil, China, Índia, Argentina.

em troca de Redução Certificada de Emissões (RCE). Os projetos podem ser realizados mediante investimentos em tecnologias mais eficientes, substituição de fontes de energias fósseis por renováveis, racionalização do uso da energia, florestamento e reflorestamento, entre outras medidas. Estes certificados serão contabilizados como créditos de abatimento para os países que possuem metas de redução, e que estejam realizando tais projetos. Ainda é objetivo do MDL possibilitar que esses investimentos contribuam para o desenvolvimento sustentável dos países em desenvolvimento. Estes devem fornecer garantias de que a mitigação dos GEE's esteja trazendo benefícios mensuráveis, reais e de longo prazo relacionados com a mitigação das mudanças do clima, segundo o qual “as reduções de emissões devem ser adicionais às que ocorreriam na ausência da atividade certificada de projeto” (BRASIL, 2004).

Dentro do funcionamento do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), foi criada uma estrutura institucional pautada nas atividades de seus projetos. Assim, suas atividades consistiram na análise das reduções de emissões de gases de efeito estufa (GEEs) e/ou no aumento de remoção de CO₂ atribuídos a tais projetos. Para tanto, o Protocolo de Kyoto, em seu artigo 12.3, define o MDL como:

- a) As Partes não incluídas no Anexo I beneficiar-se-ão de atividades de projetos que resultem em redução certificada de emissões; e b) As Partes incluídas no Anexo I podem utilizar as reduções certificadas de emissões, resultantes das atividades de tais projetos, para contribuir com o cumprimento de parte de seus compromissos quantificados de limitações e reduções de emissões, assumidos no Artigo 3, como determinado pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes do Protocolo (Artigo 12.3 (a); (b), p.16) (BRASIL, 1992).

Ou seja, os objetivos básicos do MDL prevalecem em detrimento a: assistir às Partes não incluídas no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável; assistir as Partes incluídas no Anexo I para que cumpram seus compromissos de redução e limitação qualificada de emissões assumidas no artigo 3; e, conduzir a mitigação das mudanças climáticas (ARAÚJO, 2000).

Para auxiliar os países do Anexo I no cumprimento dos compromissos de mitigação do aquecimento global, a Convenção estabeleceu as Reduções Certificadas de Emissões - RCE's (Certified Emission Reductions (CERs). Esses certificados são

emitidos a partir da constatação da redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). No acordo, uma tonelada de dióxido de carbono (CO_2) equivalente, corresponde a um crédito de carbono, comercializados em bolsas de valores.

Para quantificar o total de dióxido de carbono a ser removido da atmosfera ou a quantidade de gases de efeito estufa que deixou de ser lançado com a efetivação de um projeto, o cálculo baseia-se no potencial de aquecimento global (GWP - Global Warming Potencial) de cada um dos seis gases causadores do efeito estufa. Como exemplo: sabe-se que o metano possui um GWP de 21, pois seu potencial causador do efeito estufa é 21 vezes mais poderoso que o CO_2 . No entanto, países como a China e a Índia, o uso do gás HFC 23 ainda é bastante difundido nas indústrias de refrigeração. Esse gás possui um GWP de 11.700, ou seja, muito mais poderoso que o CO_2 e que o CH_4 . Os critérios de adicionalidade são essenciais em projetos de MLD. Ou seja, um projeto tem que demonstrar que as RCEs pleiteadas não iriam ocorrer na ausência de tal projeto.

A vantagem do MDL para os países Partes Anexo I, os países “investidores”, reside na possibilidade de complementar seus esforços de mitigação a um custo inferior ao que seria obtido com as reduções em nível doméstico. Já para os países em desenvolvimento que receberiam estes projetos, os países “hospedeiros”, a vantagem é a realização de um projeto que contribui para o seu desenvolvimento sustentável e para a obtenção de uma nova fonte não reembolsável de receita de divisas (BRASIL, 2007).

2.3 A segurança econômica, energética e ambiental co-relacionadas

A produção e a geração de energia são subsidiadas basicamente a partir das fontes fósseis. No entanto, o gerenciamento das reservas, bem como sua manutenção, requer pensá-la frente às ameaças que se apresentam: garantir oferta de maneira segura e adequada, frente às constantes crises políticas das regiões altamente produtoras, seu abastecimento frente à redução das atuais reservas conhecidas e o aquecimento global. Ou seja, estamos diante da perspectiva desencadeada pelos fatores acima expostos, de uma nova revolução industrial (SACHS, 2007). No entanto, como correlacioná-los?

A garantia da manutenção do consumo de energia, sem abalar as estruturas socioeconômicas e ambientais está no centro das tensões do cenário político internacional. Como assegurar que a oferta se sobreponha à demanda, sem, necessariamente, abalar a ordem econômica e política vigente, garantindo acessibilidades necessárias ao bem estar social, político, econômico e ambiental internacional? Esse questionamento será à base de reflexão desse texto.

Isso porque as ações imediatas de mitigação das emissões de gases de efeito estufa só podem ter um efeito limitado sobre o clima nos próximos 40 ou 50 anos. Por outro lado, as ações dos próximos 10 ou 20 anos poderão ter um efeito profundo sobre o clima na segunda metade deste século e no próximo. As amplas consequências das mudanças climáticas não são possíveis mensurar, mas os riscos de uma inação devem ser considerados, já que os investimentos incorridos nas próximas décadas serão fundamentais para proporcionar uma reestruturação voltada ao crescimento e o desenvolvimento socioeconômico e sustentável.

2.3.1 A problemática ambiental e a segurança energética

O consumo de energia entrará em processo de declínio nos próximos anos, consequência da dificuldade de acesso da sociedade industrial às reservas de combustíveis fósseis até agora conhecidas. O consumo atual de energia, bem como o aumento na demanda primária de energia, crescerá ligeiramente acima da metade do valor atual – o que corresponde a uma média anual superior a 1,6%. Esse cenário persistirá até 2030, elevando para 81% a participação da energia fóssil no suprimento de toda demanda mundial de energia. O consumo de petróleo (combustível amplamente explorado) alcançará os 99 milhões de barris por dia em 2015, e 116 mb/d em 2030, uma elevação de 84 mb/d, superior ao registrados em 2005 (IEA, 2006). É dado que esse aumento ocorra, sobretudo, nos países em desenvolvimento que responderão por 70% do aumento da demanda por combustível fóssil até 2030, sendo a China responsável por 30% desse aumento.

Segundo a AIE, há a necessidade de intervenção dos governos e da sociedade civil na criação de programas e projetos que possam alterar a forma com que a demanda energética é suprida. As bases de produção de bens e materiais tornaram-se um fator de incapacidade do meio ambiente de suprir a demanda desenvolvimentista e de pensar sua continuidade em longo prazo. Deste modo, despertou questões sobre os mecanismos que darão alicerce a sua continuidade, bem como ser capaz de responder e equacionar desenvolvimento econômico, segurança energética e preservação ambiental. Isso porque, o atual estágio de intervenção da sociedade no uso intensivo das reservas naturais e na expansão das emissões de gases à atmosfera, pressiona fortemente a capacidade de absorção e renovação desses recursos pelo planeta.

Um aumento significativo quanto ao custo da extração desses recursos será uma realidade e afetará diretamente as condições que asseguram o crescimento e desenvolvimento econômico e, por sua vez, acaba por refletir no bem-estar sócio-econômico e político mundial. Em seus relatórios, a IEA (2006) prevê que uma grave crise pode se instaurar a partir da consolidação de um aumento na demanda de energia fóssil, ameaçando a segurança energética mundial, já que o crescimento acelerado dos países em desenvolvimento acaba por refletir a necessidade de um maior uso desse recurso e no seu preço de mercado. Essas condições colocarão inúmeros países a alta vulnerabilidade energética, política e também econômica. Os países mais vulneráveis são, principalmente, os mais dependentes das importações - à medida que sua produção nacional torna-se insuficiente para acompanhar a demanda interna. Como exemplo, os países da OCDE, China, Índia e Brasil, estão sustentando seu crescimento econômico na importação de combustíveis fósseis ou na intensa exploração de suas reservas internas.

Nos países não-membros da OPEP¹³, a produção de petróleo bruto e gás natural deverá atingir seu máximo dentro de uma década. Até 2030, os países da OCDE deverão importar dois terços das suas necessidades de petróleo, comparados aos 55% importados atualmente. A maioria da importação adicional vem do Oriente Médio, por

¹³ A Organização dos Países Exportadores de Petróleo é composta por: Angola, Argélia, Líbia, Nigéria, Venezuela, Equador, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos, Irã, Iraque, Kuwait e Qatar.

meio de petroleiros e, por sua vez, sujeitos às vulnerabilidades. A concentração da produção de petróleo em um pequeno grupo de países detentores de grandes reservas – com destaque para os membros da OPEP e a Rússia – reforça seu domínio de mercado e sua capacidade para impor preços mais elevados. Também é possível prever que, em resposta ao crescimento da demanda de gás, suas importações se darão através de grandes gasodutos ou de gás natural liquefeito a partir de fornecedores cada vez mais distantes (IEA, 2006).

Os avanços do desenvolvimento tecnológico, bem como das novas descobertas científicas, estão entre as soluções capazes de apresentar respostas às séries de problemas sócio-econômicas e ambientais. No entanto, sabe-se que os desequilíbrios ambientais tiveram origem nas bases de intervenção do desenvolvimento tecnológico e socioeconômico. Estes fundamentaram a criação de necessidades de consumo de bens que, por sua vez, são produzidos a partir do uso desmedido de energia e recursos naturais. Sendo assim, faz-se necessário definir quais serão as novas tecnologias que irão responder aos impactos ambientais de uma forma a não repetir erros do passado na manutenção de um modelo centralizado em apenas uma forma de produção e geração de energia. Há respostas claras quanto as tecnologias disponíveis: hidroelétricas, biomassa (como renováveis tradicionais); e as novas energias renováveis: eólica, solar, geotérmica, bioenergias, etc.

Nesse sentido, há a necessidade de se criar condições sócio-econômicas, institucionais e culturais que estimulem, não apenas um rápido progresso tecnológico, poupador de recursos naturais, como também uma mudança em direção aos padrões de consumo que não impliquem no crescimento contínuo e ilimitado do uso de recursos naturais, portanto um desafio que reivindica (re) arranjos determinantes para a tomada de decisões.

O Protocolo de Kyoto pode ter sido um instrumento no despertar de um novo cenário de negociações internacionais, frente às mudanças globais e a busca de novas alternativas energéticas. A aceitação do Protocolo - como uma proposta de contenção/captação das emissões de gases de efeito estufa - surge como um movimento de oposição mundial aos países que tentam manter sua hegemonia ao

negociar acordos unilaterais. A assinatura do acordo transforma-se em um mecanismo de compreensão da segurança ambiental global e da busca por alternativas que compensem a ação antrópica no planeta. Todavia, os países que deveriam atuar como os principais interlocutores na consolidação desses acordos mundiais têm procurado salvaguardar seus interesses, por meio de negociações de imunidades que possam avalizar a manutenção de seu modo de vida. Consequentemente, as preocupações com a segurança global e a busca de instrumentos de sustentabilidade socioeconômicas e ambiental perpassam por interesses hegemônicos. Os países, ao participarem das Conferências, optam por pontos que os privilegiam econômica e/ou politicamente. Com esse comportamento, instrumentos como transferência de tecnologias limpas e renováveis encontram barreiras a serem propagadas.

2.3.2 A demanda energética e as emissões de gases de efeito estufa

Até a ampliação das fontes de energias renováveis na matriz energética mundial, a manutenção do consumo e o crescimento na demanda por energias fósseis acarretarão aumento nas emissões de gases de efeito estufa à atmosfera. No cenário publicado pela AIE, estima-se que, entre 2004 e 2030, poderá ocorrer um aumento superior a 55% das emissões de dióxido de carbono (CO₂) relacionadas com a geração de energia, o que corresponde a uma taxa de crescimento de 1,7% por ano. Se essa estimativa for mantida, as emissões mundiais de gases de efeito estufa serão superiores a 40 Gt (Giga toneladas) em 2030. Isso significa 14 Gt acima dos valores registrados em 2004. Metade do aumento das emissões globais terão origem na produção de energia elétrica. Em 2003, o carvão já havia ultrapassado o petróleo como o principal responsável pelas emissões de CO₂ atribuídas ao setor energético (IEA, 2006).

Como observado anteriormente, os países em vias de desenvolvimento também serão responsáveis por mais de três quartos do aumento global nas emissões de CO₂, entre 2004 e 2030. Em 2004, os países em desenvolvimento contribuíram com 39% das emissões mundiais de gases de efeito estufa; em 2010, ultrapassarão os países da OCDE, no percentual de emissões de CO₂ e em 2030, este valor será 50% maior.

Nestes países, o que se observa é um aumento mais acelerado na demanda por energia suja, principalmente devido ao aumento no uso de fontes mais intensivas em carbono - proporcionalmente mais carvão e menos gás -, quando comparado aos países da OCDE e das economias de transição. A China é responsável por um percentual superior a 39% no aumento das emissões globais que poderão crescer mais de 100% entre 2004 e 2030, resultado de um forte crescimento econômico e do uso intensivo do carvão pela indústria e para a produção de energia. Em 2009 a China ultrapassou as emissões percentuais dos Estados Unidos e tornou-se a maior emissora mundial de dióxido de carbono. Porém em termos per capita, os países da OCDE continuam muito superiores às dos outros países (IEA, 2006).

A implementação de políticas e medidas para melhorar a segurança energética e reduzir as emissões de CO₂, resultaria no abrandamento significativo da demanda de combustíveis fósseis, na redução das importações de petróleo e gás, bem como na diminuição das emissões de gases de efeito estufa. Estas intervenções incluem esforços para melhorar a eficiência energética, para aumentar o uso de fontes não-fósseis e para sustentar a produção doméstica de óleo e gás nos países importadores de energia. As medidas no setor de transportes são responsáveis por cerca de 60% de redução no consumo de petróleo em decorrência de novos veículos mais eficientes, bem como na ampliação da produção e utilização dos biocombustíveis, particularmente no Brasil, na Europa e nos Estados Unidos.

As políticas de incentivo à produção mais eficiente de energia são responsáveis por quase 80% das emissões evitadas de CO₂. O remanescente que se consegue evitar resulta da opção por combustíveis com baixo teor ou sem conteúdo de carbono. Quase 36% das emissões evitadas resultam de uma utilização mais eficaz dos combustíveis, principalmente através de automóveis e caminhões mais eficientes. Um uso mais eficiente de eletricidade num conjunto ampliado de dispositivos de iluminação, de condicionamento de ar e em motores industriais, permite poupar outros 30% de emissões. A produção mais eficiente de energia contribui para 13% dessa poupança. As energias renováveis, em conjunto com os biocombustíveis, geram outros 12% e a

nuclear os restantes 10%. A implementação de um pacote de políticas teria como resultado uma redução de quase 40% de emissões até 2030 (IEA, 2006).

2.3.2 A segurança energética e os rumos das energias alternativas

A busca de respostas por um desenvolvimento que assegure a sustentabilidade socioeconômica, a mitigação do aquecimento global e a segurança energética, encontra barreiras quanto à necessidade de enfrentar os mecanismos de transformação da própria sociedade dominante. Ou seja, tal modelo tem sido hegemônico e, portanto, caminha para o fortalecimento da sustentação dos atuais padrões de desenvolvimento econômico e tecnológico, que se pretende manter através da exploração vigente dos atuais modelos econômicos. A continuidade desse sistema depende da manutenção destes recursos e/ou do redimensionamento desenvolvimentista, que ameaça o findar da base material do planeta.

Mas a sustentação de nossa civilização depende da mudança para uma economia alimentada por energia renovável, processo iniciado ao longo dos últimos cinco anos. A produção de energia a partir do petróleo e do carvão aumentou 2% e 3% ao ano, respectivamente, enquanto a energia eólica e solar cresceu cerca de 30%. A transição dos combustíveis fósseis para fontes de energia renováveis está em curso, mas, infelizmente, não avança rápido o bastante para estabilizar o clima ou desacelerar o esgotamento das reservas de petróleo. Nesta reestruturação econômica, os maiores desafios serão mediados pela busca de uma maior eficiência energética, numa tentativa de reduzir as emissões de carbono e a dependência do petróleo. Entre as novas fontes de energia - eólica, células solares, térmica solar, geotérmica, hidrelétrica em pequena escala e biomassa - a eólica é a que se desenvolve mais rapidamente, indicando como será a nova economia energética mundial.

A contribuição dos biocombustíveis encontra-se dependente de novas tecnologias ou do aprimoramento das atuais disponíveis. Espera-se que os biocombustíveis contribuam de forma significativa para a satisfação da demanda mundial de energia, principalmente no setor de transporte. Atualmente a contribuição dos biocombustíveis representa apenas

1% da energia utilizada pelo setor. Porém projeta-se para 2030 que esse percentual ultrapasse os 7%, tendo nos Estados Unidos, na União Europeia e no Brasil os principais mercados mundiais. Estes países assumiram a dianteira na produção das bioenergias e permaneceram como os principais produtores e consumidores.

Entre os biocombustíveis, o etanol é responsável pelo maior percentual de abastecimento do mercado em todo o mundo, condição que possibilita a redução dos custos de produção, mais rapidamente se comparado com o biodiesel. Nesse cenário, o Brasil (produtor do etanol a partir da cana), continuará a ser o maior usuário mundial de biocombustíveis. Um dos fatores está no custo de produção, na equivalência quanto ao percentual de energia fóssil pela energia renovável, na frota de automóveis e, finalmente, na imensa área agricultável. Porém, para garantir a demanda mundial por bioenergias, tanto o Brasil quanto o resto do mundo terá, necessariamente, que ampliar o percentual de área agricultável – atualmente em 14 milhões de hectares, o que equivale a 1% e, gradativamente, subindo para 2% e 3,4%, até 2030.

Todavia outro agravante soma-se ao cenário crescente de produção dos biocombustíveis: a demanda por alimentos. Com uma população em constante crescimento, as bioenergias podem concorrer com as áreas destinadas às terras de cultivo e pastagens. Nesse sentido, o aumento na produção dos biocombustíveis pode estar sujeita ao aumento no desenvolvimento tecnológico e na otimização da produção.

Há novas tecnologias em desenvolvimento para a produção dos biocombustíveis - o etanol lignocelulósico. Esta permitirá atribuir aos biocombustíveis um papel muito mais relevante. No entanto, é ainda necessário décadas de pesquisas e investimentos que possam ultrapassar os desafios tecnológicos importantes para que estas tecnologias (chamadas de segunda geração) tornem-se comercialmente viáveis.

As políticas governamentais mais severas vão necessitar de apoios do setor privado e da cooperação internacional. Enquanto a maior parte do investimento ligado ao setor energético terá origem no setor privado, os setores públicos terão um papel chave a desempenhar ao criarem um ambiente de investimentos adequados. Os países industrializados deverão apoiar os países em desenvolvimento no seu salto para

tecnologias mais avançadas e na adoção de equipamentos e práticas eficientes, o que acarretará acesso às fontes modernas de energia aos países mais pobres.

As propostas de redimensionar seus propósitos, pensados a partir da superação da atual crise sócio-econômica e ambiental global, estão sendo vislumbradas pelos próprios incondicionais dos modelos econômicos/industrial. Assim, pensar o desenvolvimento sustentável como resposta a segurança energética global torna-se um desafio incomensurável na lógica atual de construção de políticas globais de mitigação do aquecimento global. Nesse sentido quando se afirmava a necessidade de traduzir o discurso do desenvolvimento sustentável para a prática de redução à ação antrópica em escala não apenas local, mas principalmente que contemplassem benefícios ao meio ambiente global, este se demonstrou ineficiente frente às suas consequências. Ou seja, as propostas de outro modelo de desenvolvimento, pensadas no âmbito político, econômico, social e ambiental, encontram-se inviabilizadas, pois não equacionam a superação do modelo atual de desenvolvimento econômico, mas sim sua manutenção, mascarado pelo discurso de um modelo de desenvolvimento amparado na retórica da sustentabilidade socioambiental.

As soluções para a segurança energética exigirão ações em nível nacional e considerável cooperação internacional, necessárias às transições dos sistemas energéticos atuais. Para isso, faz-se necessário atingir novos paradigmas energéticos subsidiados pelos avanços técnico-científicos, político e econômico, sustentados por investimentos públicos e privados que garantam a continuidade das pesquisas ao longo de décadas. Os avanços nessas áreas irão exigir uma grande abertura e transferência de conhecimento, tecnologia e capital entre os países a fim de garantir que o desenvolvimento e o acesso às novas tecnologias possam ocorrer amplamente.

2.4 A crise na produção de alimentos e sua relação com a produção de bioenergias

Há cerca de 40 anos começava no mundo a Revolução Verde com sementes melhoradas, novos fertilizantes e agrotóxicos, ou seja, a moderna agroindústria tornou-

se o setor mais forte no cenário econômico mundial, empregando 1,3 bilhões de pessoas, com uma receita anual próxima dos US\$ 1,3 trilhões, ocupando uma área para a agricultura e a pecuária, superior a metade de toda área habitável do planeta - em área plantada corresponde a 1,4 bilhões de hectares em todo o mundo. Com isso, alimentar uma população que não para de crescer - num intenso processo de urbanização mundial¹⁴, sem acelerar a degradação ambiental - destaca-se entre as problemáticas para o próximo século. Cabe ressaltar que as demandas de alimentos deverão ser mais significativas em países em desenvolvimento, como China e Índia, nos quais, o aumento demográfico virá acompanhado de um aumento no poder aquisitivo, bem como de uma aproximação dos hábitos alimentares equivalentes ao da classe média ocidental (LOBO, 2007, p. 21).

O aumento no preço dos alimentos relaciona-se a fatores peculiares e apresentam especificidades e críticas na sua composição: a crescente demanda de países como China, Índia e Brasil; a diminuição da área de cultivo dos gêneros alimentícios; a alta resultante nos preços do petróleo aumenta o cultivo de "plantações de energia" (dando lugar ao plantio para a produção dos biocombustíveis), soja e a expansão dos pastos para gado; especulação na bolsa de valores das ações das empresas de alimentos; concentração de terras em mãos de poucos latifundiários, em especial nos países da América Latina, África e Ásia (AMIGOS DA TERRA, 2007). Somam-se a esses fatores, os efeitos caudados pelas mudanças climáticas estão: perda de terras agrícolas, em consequência de secas (irreversível em alguns casos), enchentes, tempestades e erosão; terra arável e florestas virgens sendo transformadas em áreas de pastagem; aumento no número de refugiados por guerras civis e/ou ambientais que precisam de alimento, mas sem condições de produzi-los (FALKSOHN, R.; AHL, A.; GLUSING, J.; 2008).

Inicialmente nossa proposta não é apontar uma única causa do aumento no preço dos alimentos no mundo e sim discuti-la enquanto sua relação com a produção de bioenergias – base deste texto. Ainda é pauta de discussão a forma de produção, bem

¹⁴ Projeta-se para o período correspondente entre 2000 e 2030, uma inversão de proporções, ou seja, em 30 anos, a população urbana, de 40% atualmente passará a 60% do total. Isso significa que a tarefa de produzir alimentos caberá a uma parcela cada vez menor da população.

como sua viabilidade e distribuição em escala planetária que, por sua vez, associa-se a impactos socioambientais significativos.

Percebe-se que nos últimos anos houve uma expansão das áreas agricultáveis destinadas a produção das bioenergias, e a agroindústria está ocupando uma porção de terras nunca antes observada. As discussões envolvem a sustentabilidade nos aspectos sociais e ambientais de sua produção a partir do cultivo de grandes monoculturas. Os argumentos pautam-se pela necessidade de enfrentamento do aquecimento global, por meio da redução das emissões de gases de efeito estufa. Tem-se, com isso, o despertar de impactos negligenciados nos demais setores quanto a aspectos de sustentabilidade no avanço da agroindústria produtora de bioenergias.

A corrida pela produção das bioenergias levanta outras questões peculiares. Observa-se um crescente movimento global de redirecionamento na produção agrícola para atender a demanda internacional de energia. No entanto, essa associação entre agronegócio e biocombustíveis, baseia-se em um modelo de produção intensiva, sustentada na tecnificação agrícola e no uso da transgenia sem, necessariamente, balizar os impactos sobre a biodiversidade, bem como em territórios indígenas, das populações e dos meios de vida tradicionais (AMIGOS DA TERRA, 2007). Concomitantemente, a ampliação na produção das bioenergias, está diretamente associada à substituição parcial do petróleo, uma vez que as metas de sua produção alcançaram o patamar máximo, remetendo a economia global à sensibilidade causada pelo aumento no preço do barril.

2.4.1 A crise dos alimentos

Em 2007/2008 a problemática da fome no mundo volta ao cenário geopolítico agravado pelo viés da produção e geração de energia. Para percebermos as implicações atuais, faz-se necessário analisar as interações entre estas crises a curto e a longo prazo. Ambas as crises resultam principalmente da produção com fins lucrativos de alimentos, de fibras e agora de biocombustíveis.

Por isso é possível afirmar que a atual crise de alimentos não está relacionada com a falta de alimentos, mas com a sua distribuição desigual. Tal afirmação pode ser

constatada nos dados publicados pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO). Neles pode-se afirmar que a produção *per capita* de calorias supera o indicado pela Organização Mundial da Saúde, hoje em 2.200. Segundo a FAO, se o total de calorias contidas apenas na produção mundial de cereais fosse dividida pela população mundial do planeta, a média por habitante é de 2.810 calorias. Ou seja, muito superior ao recomendado. Desta forma, é fácil afirmar que o motivo da fome ter atingido 10% da população mundial não se deve à escassez de alimentos, mas a pobreza da grande parcela da população que limita o seu acesso.

A resposta ao agravamento da crise na distribuição de alimentos é a base das discussões geopolíticas. O que estamos enfrentando não é uma crise mundial de alimentos – em decorrência da produção de bioenergias – mas a repetição de um modelo no qual vivenciamos as falhas estruturais de produção e distribuição de alimento. No modelo atual os pobres são obrigados a investir uma parcela cada vez maior da sua renda para abastecer-se de comida e água. Esse cenário é agravado pelas projeções das mudanças climáticas, nas quais haverá uma queda acentuada na produção. Como exemplo, a Austrália - segunda maior exportadora de trigo do mundo - enfrentou uma intensa época de seca e seu efeito sobre a rizicultura australiana contribuiu para o aumento no preço do arroz. Para alguns cientistas, este é o primeiro sinal de um planeta em processo de aquecimento que começa a afetar a produção de alimentos.

Num cenário de elevação de temperatura e mudanças climáticas, associadas a um aumento na produção dos biocombustíveis, faz-se necessário criar medidas de adaptação e mitigação. Para isso, a adoção de tecnologias eficientes, melhoramento genético, substituição e alternância de culturas, novas formas de plantio e manejo, adoção de sistemas agroflorestais, associação de pecuária e agricultura, bem como a recuperação de técnicas tradicionais de cultivo que haviam sido abandonadas (LOBO, 2007, p. 25).

Nesse contexto, houve um agravante: o aumento no preço do petróleo. Com o preço do barril de petróleo superior a US\$ 70, os custos de energia se tornaram o principal fator por trás dos aumentos dos custos agrícolas. Isto porque cresceu a demanda por produtos agrícolas, que, por sua vez, acentuou o uso de fertilizantes e defensivos. Estes estão associados ao consumo de combustíveis para a operação das

máquinas, bem como no transporte desses produtos aos consumidores. Para sustentar toda essa dinâmica, houve o repasse desses aumentos para o consumidor final. Não por acaso o aumento no preço do petróleo também está diretamente associado à crescente demanda pela China e Índia, bem como outras economias emergentes, de bens primários e demais produtos industriais.

2.4.2 Cenário da produção das bioenergias

As críticas dirigidas à produção de biocombustíveis sustentam-se no baixo rendimento energético em relação ao combustível fóssil. Outro ponto bastante debatido refere-se à perda de áreas agricultáveis, na qual a produção de alimentos compete com as áreas de monocultura para a produção das bioenergias. Segundo John A. Mathews da Universidade de Macquarie (Austrália), essas críticas só fazem sentido se analisadas as condições agrícolas dos Estados Unidos e da Europa. A competição por terras para a produção de alimentos e o desempenho irrisório do balanço energético são consequências do baixo potencial dessas regiões em produzir biomassas e da falta de disponibilidade de terras agricultáveis para a expansão da produção. Nesse sentido, a FAO acredita que 70% de toda expansão do potencial agrícola para a produção de alimentos está na África Subsaariana, nas Américas Central e do Sul, uma vez que possuem fatores diferenciados – maiores áreas agricultáveis e reserva de água, entre outros.

A AIE propõe a criação de acordos de produção sustentável dos biocombustíveis entre as economias desenvolvidas e em desenvolvimento, baseados num pacto para o fornecimento de biocombustíveis em larga escala internacional, sustentado em sistemas de certificação de qualidade, bem como num processo intensivo de fiscalização dos impactos ambientais de produção. Ainda é proposta da AIE a cooperação tecnológica entre os principais países produtores de biocombustíveis, visando garantir o aumento na demanda por biocombustíveis e, com isso, sua comercialização (IEA, 2009).

O atual cenário dos biocombustíveis está associado às mazelas relacionadas à extração e uso dos combustíveis fósseis. Ou seja, nas emissões de gases de efeito

estufa, dependência de países politicamente instáveis, em constantes conflitos bélicos que ameaçam os direitos humanos, chegando até a natureza da produção que, inevitavelmente, gera concentração de renda nos países produtores e ameaça a segurança energética internacional. Essas condições estão estritamente atreladas à sustentabilidade da sua produção e sua irreversível escassez. Já os biocombustíveis têm o potencial de promover o desenvolvimento de países pobres, a partir do aprimoramento agroindustrial das cadeias produtivas, desde que respaldada por acordos geopolíticos e investimento em desenvolvimento tecnológico e troca de tecnologia de produção.

Os aspectos tecnológicos e políticos influenciaram a aceitação dos biocombustíveis no mercado internacional. A produção dos combustíveis renováveis ainda é mais cara que a dos fósseis. Existem duas justificativas que se relacionam: são reconhecidas suas vantagens relativas e, principalmente, esses produtos serão viáveis à medida que as tecnologias se aprimoram no processo produtivo. O melhoramento de culturas específicas para o aproveitamento energético é algo que será de grande importância para essa cadeia produtiva, até mesmo para garantir o suprimento da produção, de forma a não competir com a indústria de alimento.

Outros três fatores podem contribuir para os avanços tecnológicos visando a ampliação da produção das bioenergias: primeiro o subsídio no preço do petróleo, que chegou a 10 dólares por barril na década de 90 e atualmente ultrapassou os 70 dólares; segundo a segurança climática e a instabilidade geopolítica do mundo atual: o terrorismo, a ocupação do Iraque e do Afeganistão, a crise no Oriente Médio, a questão nuclear iraniana e os mísseis da Coreia do Norte, fatores que agravam a segurança energética e colocam os biocombustíveis como um real substituto do petróleo.

2.4.3 Energia e fome

Dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) apontam que o preço dos alimentos com base nos 60 itens alimentícios

comercializados internacionalmente saltou 37% em 2007. Essa condição levou alguns países a controles mais rígidos de sua produção: o governo do Egito proibiu a exportação de arroz para garantir seu consumo interno; o governo chinês impôs controle de preços ao óleo de cozinha, cereais, carne, leite e ovos para tentar controlar a alta dos alimentos e com isso não abalar as estruturas sociais e econômicas do país (BRADSHER, 2008).

Alguns fatores podem ser enumerados como sendo legítimos e diretamente relacionados ao aumento de alguns gêneros alimentícios: as mudanças nas estruturas da dinâmica de cultivo e transporte de alimentos nos mercados mundiais; o aumento dos preços dos combustíveis; a imensa demanda por biocombustíveis aumentou a competição entre o uso da terra para produção de combustível e de alimento; o crescimento do poder de compra dos países em desenvolvimento e a intensificação de fenômenos decorrentes das mudanças climáticas globais. Este último começa a afetar a produção e o cultivo de alimentos em alguns países e, portanto, caracteriza-se como mais um fator de impacto no aumento dos preços dos alimentos.

No entanto, há quem aponte erros na afirmação: a produção de bioenergias está ampliando a fome no mundo (BRADSHER, 2008). Isso porque a alta nos preços dos alimentos é o principal responsável pela verdadeira fome. Porém, a maior parte dos cidadãos famintos do mundo não obtém seus alimentos no mercado mundial e a maior parte dos dependentes do mercado global não é pobre ou vulnerável à fome. No sul da Ásia e na África subsaariana os níveis de fome são duas vezes mais elevado que nos países em desenvolvimento do Leste da Ásia e quatro vezes mais que na América Latina. Mesmo assim, essas duas regiões com muitos famintos importam poucos alimentos do mercado mundial. Apenas 16% do total de consumo de grãos pelos países da África subsaariana vêm do mercado mundial, assim como menos de 10% do total de calorias consumidas. Os países em desenvolvimento do sul da Ásia satisfazem apenas 4% do seu consumo de grãos por meio de importações. Com isso, a variação no preço internacional dos alimentos terá pouco impacto nessas regiões. Por sua vez, a alteração nos níveis de chuva (em consequência das mudanças climáticas), perda de empregos ou conflitos civis podem ter um impacto mais significativo para essas

regiões. Países profundamente imersos na pobreza dependem muito pouco das importações de alimentos; em parte porque a eles faltam divisas estrangeiras ou simplesmente o poder de compra, mas também porque eles consideram o mercado mundial instável e não confiável - e as atuais altas de preços ilustram a razão (BRADSHER, 2008).

No entanto, Roberts (2008) afirma em seu livro “O fim do Petróleo” que:

A crise energética atual marca a sincronicidade entre consumo de energia e seus reflexos na produção e distribuição de alimentos. Com isso, é fácil afirmar que a crise de uma levaria à outra. Consequência de uma estrutura econômica baseada no uso dos combustíveis fósseis extremamente baratos que quase não era levada em conta na equação. Ou seja, obedecendo toda a cadeia de produção de alimento, isto é: todo o sistema de fertilizantes baseados em petróleo, o sistema de distribuição baseado em caminhões e aviões, tudo depende pesadamente do combustível fóssil. Portanto, essa sincronicidade remete-nos a atual crise dos alimentos e dos combustíveis.

Segundo o autor há um agravante na equação alimento-energia. Isto porque os programas de bioenergias pressionam o setor de alimentos, já que antes as estruturas socioeconômicas de produção e distribuição de alimentos estão vinculados ao petróleo, como fontes geradoras de energia que mantêm essa dinâmica em movimento. Atualmente a manutenção desse complexo sistema tem nos biocombustíveis agente direto de competição, uma vez que a produção das bioenergias concorre com áreas agricultáveis para a própria produção de alimentos. Na opinião de Roberts (2008), essa dinâmica não faz sentido uma vez que:

Do ponto de vista de segurança alimentar, trocamos um sistema que se baseia numa fonte limitada, que é o petróleo, por outro, de outra fonte limitada, que é a terra arável. Uma hora os dois acabam. O biocombustível pelo menos torna o problema mais evidente, por ser visível. Quando você vê uma plantação de cana, ela está lá, ocupando espaço. Você é obrigado a enfrentá-lo, a pensar a respeito. O petróleo vem do fundo da terra e do mar, oculto. Do ponto de vista do público parece que vem de fonte inesgotável. É óbvio que acabará, mas não é tão visível.

No entanto, a problemática frente a essa discussão dos biocombustíveis, produção de energia e escassez de alimentos, remete-nos a questões que vão além de substituir uma matriz energética pela outra. Ou seja, trocar gasolina por álcool não resolverá o

problema, frente a um aumento constante da demanda. Isso porque, como apontado anteriormente as causas do aumento do preço dos alimentos não estão atreladas apenas à produção de bioenergias. A produção do arroz teve sua maior alta acentuada entre 2007 e 2008 e sua produção não é diretamente influenciada por pressões dos biocombustíveis, mas diretamente pelo preço no mercado global elevado em resposta a ações de muitos países asiáticos produtores de arroz (Índia, Vietnã, Camboja, Indonésia e China) frente aos temores de inflação, restringiram suas exportações. Ou seja, tal sincronismo acabou por criar uma escassez artificial e os preços internacionais dos alimentos registram altas históricas.

Portanto, há sérios desafios para o aumento da produção e distribuição de alimentos e, conseqüentemente, das bioenergias: limitação de terras disponíveis, degradação do solo e acesso à água, mudanças climáticas e urbanização. Por um lado, o desenvolvimento de novas tecnologias, o melhoramento genético, novas técnicas de plantios, entre outros, estão aumentando a produção. Por outro lado, é necessário assegurar a geração de energia de forma constante e continuada, mantendo a produção e a distribuição local de alimentos e envolvendo outros segmentos da sociedade. Os esforços para ampliar o número de acessos a alimentos básicos deverá ser uma constante ao longo dos próximos anos. Os governos que estão subsidiando os biocombustíveis e a agroindústria, precisam ajudar a financiar também programas mundiais de combate a fome no mundo.

No entanto, dentro da problemática relacionada à produção de bioenergias, segurança energética e alimentar, está um fator indissociável: a competição entre as terras agricultáveis e a água. Com os avanços das monoculturas (soja, cana, milho, entre outras), os processos tecnicistas de produção e cultivo acabam por acarretar consequências ambientais e sociais maiores que almejam minimizar. No sentido social, as monoculturas afetam diretamente a agricultura familiar e o pequeno produtor, que não possui condições técnicas e financeiras de competir com os grandes latifúndios e, por isso, acaba por abandonar a produção, vendendo suas terras e acentuando ainda mais a concentração entre os grandes latifundiários. Esses produtores migram para as cidades, passando a viver em condições precárias. No sentido ambiental, esse modelo

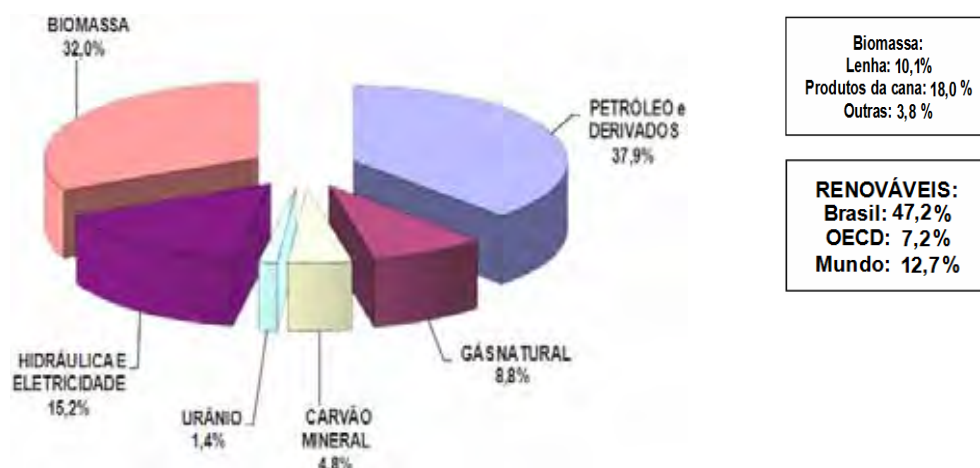
promove a extinção de áreas florestais, aumenta a demanda por água, a degradação/empobrecimento do solo e o assoreamento de rios entre outros.

3 TENDÊNCIAS ENERGÉTICAS E SUAS IMPLICAÇÕES NO BRASIL E NA ALEMANHA

3.1 Brasil: cenários políticos, econômicos e energéticos para o século XXI

O setor elétrico brasileiro foi estruturado com características peculiares e ímpares em relação a outros países. O principal fator de diferenciação é a predominância da hidroeletricidade na geração de energia elétrica, consolidando-se como uma base renovável em relação às demais fontes. Ao mesmo tempo em que esta característica dá vantagens comparativas ao Brasil em um cenário mundial de instabilidade e crise no abastecimento de energia, impõe certas restrições, requerendo certa atenção a dinâmica de expansão da capacidade de oferta. Por isso, faz-se necessário destacar, entre outras, a necessidade de um maior volume de investimentos, maior prazo de maturação, estudos ambientais complexos e, por conseguinte, uma necessidade intrínseca de planejamento de longo prazo.

Com as informações apresentadas na Figura 1 é possível analisar as bases da matriz energética brasileira. Atualmente, cerca de 47,2% da energia consumida no país tem origem em fontes renováveis. Destas, 15,2% correspondem à geração hidráulica e 32% à biomassa, sendo que a participação nacional dos derivados da cana de açúcar na Oferta Interna de Energia (OIE) era de 13,8% em 2005 e saltou para 18% em 2009. Com a demanda do etanol e do açúcar em alta, o cultivo da matéria-prima apresentou expansão de 12%, atingindo um patamar de 430 milhões de toneladas. Como observado na Figura 1, a energia produzida a partir da biomassa da cana de açúcar, superou a energia hidráulica. Os 52% restantes proveem de fontes fósseis e outras não renováveis (BEN, 2009).



Fonte: BEN 2009

Figura 1 - Matriz de oferta interna de energia (mil tep e %).

Após a entrada em vigor do Protocolo de Kyoto, as energias renováveis, incluindo os biocombustíveis, ganharam força como meio para a redução de emissões de gases que contribuem para o efeito estufa. Desde então, diversos países e investidores dos mais diferentes segmentos têm manifestado interesse na utilização e na produção do álcool combustível em suas matrizes energéticas. Para aumentar o percentual de energias limpas na matriz energética, muitos países estão anunciando políticas para a ampliação e cooperação na produção desses produtos. Essa condição proporcionou uma nova dinâmica ao setor energético brasileiro. O Brasil é o maior produtor mundial de álcool a partir da cana de açúcar e passou a ser visto como um dos mercados potenciais para o fornecimento de energia limpa, atraindo a atenção de grandes investidores internacionais.

A introdução dos veículos “*flex-fuel*”, em 2003, alterou a dinâmica do setor automobilístico e agroindustrial que, por sua vez, beneficiou o estreitamento de uma nova forma de relacionamento entre produtores e consumidores de álcool, ampliando ainda mais a penetração e a importância do álcool combustível no setor energético brasileiro. Essa condição

expandiu a visibilidade brasileira quanto ao desenvolvimento tecnológico e uso da biomassa para a produção dos biocombustíveis e estabeleceu uma nova relação com os setores sucroalcooleiros. O Programa Nacional do Álcool - “Pro-Álcool” - lançado em 14 de novembro de 1975 voltou ao cenário brasileiro e ganhou visibilidade internacional como uma proposta concreta de redução das emissões de gases de efeito estufa, por meio da substituição e/ou mistura da gasolina. Com a nova tecnologia “*flex-fuel*” o país está reduzindo suas emissões de CO₂ à atmosfera. Cada carro que circula nas estradas brasileiras com esse novo sistema reduz em até 12% o índice de emissões de CO₂ e 7,8% no consumo de combustível por quilometro percorrido.

3.2 As bases da política energética brasileira

O desenvolvimento socioeconômico brasileiro coloca o país entre os líderes das economias emergentes e, concomitante, demanda um aumento do consumo interno de energia. Segundo o Instituto de Pesquisa em Economia Aplicada (IPEA), a economia brasileira terá crescido de 5,7% a 6,7% a.a. em 2010. Em termos energéticos, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), ligada ao Ministério de Minas e Energia, projetou um crescimento de 2% no consumo interno de energia para o ano de 2010, podendo chegar a 397,9 mil GWh. O setor industrial deve apresentar o maior aumento 10,3% da demanda, seguido pelo setor residencial e comercial, que terá igual crescimento, superior a 6%, no aumento do consumo brasileiro de energia (EPE, 2010).

Durante o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do governo de Luiz Inácio Lula da Silva, iniciou-se a construção de projetos para suprir a demanda de desenvolvimento do país. Destacam-se, entre tais projetos, as hidrelétricas do Rio Madeira; a retomada dos trabalhos para a construção de Angra III e IV e a transposição do

Rio São Francisco. Ainda há a construção de usinas termoeletricas alimentadas por gás natural e carvão; a pavimentação de estradas na Floresta Amazônica, polidutos, entre outros. Tais projetos causaram intensas discussões no cenário nacional e internacional, entre cientistas, ambientalistas e representantes governamentais, dentre os quais o Ministério do Meio Ambiente. As divergências são embasadas a partir das propostas do Programa, pois contradizem a corrida pela redução das emissões de gases de efeito estufa, bem como as metas de redução do desmatamento da Floresta Amazônica proposto na última Conferência do Clima em Copenhague.

Já através do Programa de Incentivo às Fontes de Energia Alternativa (Proinfa) instituído em 2003, a geração de energia eólica ganha espaço na matriz energética brasileira. Em Osório (RS) foi concluído em 2006 o maior parque eólico da América Latina, com potencial instalado de 150 MW. Atualmente a capacidade eólica instalada é superior a 705 MW, o que corresponde a pouco mais de 0,2% da oferta interna de energia do país. Pouco expressivo se comparado ao potencial estimado de 143 GW, segundo dados do Atlas Eólico Brasileiro, publicado pelo CEPEL (Centro de Pesquisas Elétricas da Eletrobrás) (ANNEL, 2005). No entanto, a falta de políticas de investimentos em inovação tecnológica é o principal obstáculo para o desenvolvimento do setor. Ou seja, faz-se necessários subsídios para os investimentos no desenvolvimento de tecnologias de torres, de pás, aerogeradores e demais componentes a serem utilizados.

Com a criação do PROINFA, a meta era colocar em operação 144 projetos até dezembro de 2007 num total de 3.299,40 MW de potência instalada. Destes, 1.191,24 MW a partir de 63 Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs); 1.422,92 MW a partir de 54 usinas eólicas; e 685,24 MW em 27 usinas a base de termelétricas de biomassa. Passados cinco anos de sua criação, a capacidade instalada do programa alcançou apenas 26,1%, o que significa 860,6 MW instalados. O programa impulsionou o uso de novas fontes de energia no país, mas os avanços, como veremos no capítulo seguinte, foram muito tímidos. Reformulado, o Programa prevê para 2010 a instalação de todos os demais projetos. O principal obstáculo, segundo Célio Bermann baseia-se nas formas de concepção das energias alternativas no Brasil. Até agora estas continuam sendo vistas

como uma opção marginal em termos de abastecimento energético. "O incentivo às fontes alternativas não deveria ser um programa a parte, mas uma prioridade em geração de energia elétrica" (BERMANN, 2007 apud Capela, M; Chiaretti, D., 2007).

O "Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - Luz para Todos" iniciado em 2004 objetiva-se em permitir o acesso à energia elétrica a todos os cidadãos brasileiros até 2008. Em localidades extremamente isoladas das regiões norte, a energia é movida a base de motores diesel – principal fornecedor de energia - muitas vezes de baixa eficiência e, portanto, a geração de energia só é possível em algumas horas do dia, devido ao custo do transporte, o que acaba impedindo o desenvolvimento socioeconômico da região.

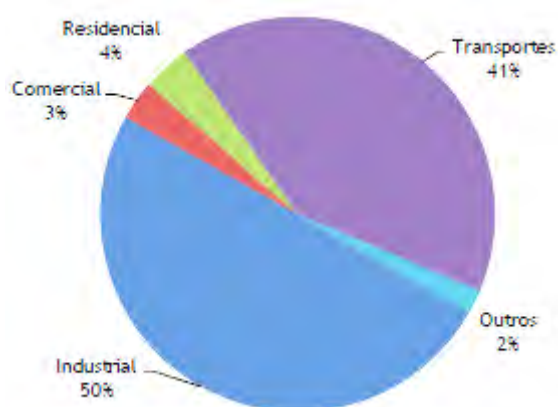
Com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) o governo espera proporcionar uma redução na demanda de energia por meio da redução das perdas técnicas das concessionárias; racionalização do uso da energia elétrica e aumento da eficiência energética em aparelhos elétricos (Eletrobrás, 2007).

A adoção de medidas de eficiência poderá reduzir em 40% até 2020 o consumo de energia no Brasil. Isso significa a geração evitada de sessenta Usinas de Angra III, quatorze hidrelétricas de Belo Monte ou seis hidrelétricas de Itaipu. Em valores, seriam economizados R\$33 bilhões em gastos para gerar, transmitir e distribuir energia elétrica até o ano 2020 no país. Com isso diminuirão os custos para o consumidor final, reduziria a área inundada em até sete vezes para a construção de reservatórios, diminuindo o impacto sobre a população e a biodiversidade (WWF-B, 2007).

Esses dados foram alcançados mediante o desenvolvimento do "Cenário Elétrico Sustentável no Brasil", desenvolvido pela WWF. No relatório foi possível constatar que o Brasil dispõe de um enorme potencial em termos de eficiência energética, bem como a possibilidade de dobrar a participação das fontes renováveis no Brasil (biomassa, eólica, PCH e solar fotovoltaica). O relatório baseou-se nas projeções em relação ao cenário tendencial, ou seja,

a construção de grandes hidrelétricas, usinas nucleares, termoeletricas a carvão e diesel, entre outras, que são extremamente poluidoras e causam grandes impactos à sociedade e ao meio ambiente.

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDEE) 2009-2019 aponta para o aumento no consumo de eletricidade no país, prevendo um crescimento de cerca de 5% ao ano, enquanto os ganhos de eficiência energética estão projetados para reduzir o consumo neste período a partir de aperfeiçoamentos dos equipamentos elétricos e industriais, para que possam economizar energia. Para atender ao crescimento da demanda da indústria eletro-intensiva, o PDEE baseia-se na manutenção da oferta, não questionando os setores que mais consomem energia. No gráfico abaixo, é possível analisar os setores de maior ganho em eficiência para os próximos dez anos.



Fonte: EPE, 2010.

Figura 2 - Ganho de eficiência energética por setor para os próximos dez anos

Os setores de maior consumo de energia no Brasil são: cimento, petroquímica, siderurgia, não ferrosos (alumínio), ferroligas, papel e celulose. Apenas seis setores da economia brasileira demandam até 30% do consumo de energia elétrica gerada no Brasil. São bens primários com alto conteúdo energético, baixo valor agregado e destinado à exportação (BERMANN, 2007). No entanto, para os próximos dez anos é possível analisar os ganhos de eficiência energética na produção industrial brasileira

da ordem de 4,2%, como observado no gráfico abaixo.



Fonte: EPE, 2010

Figura 3 - Ganho de eficiência e participação por segmento industrial.

Esses dados são bastante significativos em termos de suprimento de energia, desenvolvimento tecnológico, geração de novos postos de trabalho e redução dos impactos socioambientais. O Prof. Célio Bermann (2007) afirma que os ganhos de eficiência demonstram que há a necessidade de repensar o conceito de eficiência energética, já que apenas com a repotenciação de hidroelétricas com mais de 20 anos é possível acrescentar oito mil megawatts de capacidade ao SIN.

No estudo desenvolvido pela WWF, os cenários comparados entre a capacidade instalada e o crescimento anual para a geração de energia no Brasil estruturar-se-ão em 5% a.a., ou um total de 204GW de capacidade instalada; no “Cenário Elétrico Sustentável” a capacidade instalada seria de 2% a.a. ou 126 GW de potencia instalada para o período 2004-2020. Com a adoção de um cenário mais sustentável de energia, seria possível uma economia em 2020 estimada em 75% do consumo, evitando a implantação de mais 78 mil megawatts no sistema elétrico brasileiro. Uma economia

equivalente a sete vezes a capacidade instalada projetado pelo Plano Decenal de Expansão 2005-2015 (WWF-B, 2007).

Entre outros benefícios, a adoção desse cenário poderá beneficiar ainda 8 milhões de novos postos de trabalho; diminuir em sete vezes as áreas inundadas e reduzir os impactos sobre a biodiversidade, entre outros. As reduções evitadas desses projetos estabilizariam as emissões de CO₂ em aproximadamente 20 milhões de toneladas. Já as emissões de NO_x seriam reduzidas em 5,5 milhões de toneladas em 2020. Outro ponto é a comercialização das emissões reduzidas e/ou evitadas com a implantação desses projetos. Com a venda dos Certificados de Emissões Reduzidas (*Certified Emission Reduction - CERs*), obtidos no cenário Elétrico Sustentável, a um custo projetado para 2020, próximos de € 32 ton CO₂, o Brasil poderia beneficiar-se com um crédito de R\$ 5,6 bilhões em 2020 (COSTA, 2009).

No entanto, cabe ao governo aprovar planos estratégicos para o setor, promovendo a implantação de medidas em eficiência energética, assim como a utilização de energias renováveis. Dentre as propostas que poderiam tornar possível o desenvolvimento do Cenário Energético Sustentável, destacam-se:

[...] os leilões de eficiência energética; padrões de eficiência energética; licitações tecnológicas; metas para investimentos em eficiência energética; Programa Nacional de Geração Distribuída (Progedis); Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, Segunda Fase (Proinfa II); Programa Nacional para a Energia Solar Térmica (Prosolter); redução dos subsídios para as fontes convencionais de energia; disseminação constante de informações (WWF-B, 2007).

Com a retomada do “Pro-Álcool” duas questões estão sendo debatidas de forma divergentes: por um lado, o uso da tecnologia “*flex-fuel*” nos carros em circulação no Brasil, está o emitindo menos CO₂, concomitante a mitigação do aquecimento global; por outro lado, destaca-se o avanço no cultivo da cana de açúcar em áreas de florestas nativas. Ou seja, as políticas adotadas de uso e expansão da oferta de bioenergias no

mercado brasileiro e internacional, podem colocar o Brasil como uma das potências energéticas do futuro, mas também podem ampliar o desmatamento e as emissões de gases de efeito estufa à atmosfera, ampliando o ônus no processo de aquecimento global.

Hoje mais de 90% dos carros produzidos no país são *flex-fuel* e consomem 15 bilhões de litros de etanol anualmente, característica que possibilita ao Brasil traçar os rumos da eficiência energética também no setor de produção agrícola. Em dez anos será possível dobrar a quantidade de etanol por hectare de cana plantada e produzir 100 bilhões de litros de etanol por ano em 2025, quantidade suficiente para substituir 10% da gasolina consumida no mundo e para ultrapassar o montante de US\$ 30 bilhões em exportações de álcool.

O aumento na eficiência de produção do etanol por hectare dar-se a partir de várias técnicas agrícolas, entre as quais a variedade de cana transformada, novos mecanismos de adubação, produção rotacionada, uso da palha e do bagaço como matéria prima e aperfeiçoamento do processo de extração do álcool, entre outras. A meta é produzir em dez anos 30 bilhões de litros de etanol na mesma área utilizada atualmente, ou seja, três milhões de hectares (RODRIGUES, p.31, 2006). O desenvolvimento e o aprimoramento tecnológico brasileiro proporcionarão condições ao país de melhorar as etapas de produção do etanol, desde o melhoramento genético até o aproveitamento do bagaço, levado a triplicar a produtividade atual, hoje em sete mil litros por hectare. Segundo Relatório do Projeto Etanol do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE - UNICAMP) é possível aumentar a área de cultivo da cana de açúcar, dos atuais seis milhões de hectares, para trinta milhões de hectares, o equivalente a menos de 10% da área considerada disponível para a agricultura no Brasil, sem aumentar o desmatamento ou ameaçar a produção de alimentos no país.

3.3 Tendência energética europeia

Os rumos do desenvolvimento desse trabalho levaram-nos a entender o cenário energético alemão dentro de um contexto macro: a União Europeia. O Bloco apresenta

diferentes contextos político, social e econômico. No entanto, a maioria dos atuais 27 países sustenta sua economia na importação de energia. É crescente a dependência europeia pela importação dos combustíveis fósseis. Segundo a própria Agência Europeia do Meio Ambiente, para manter-se o atual “*status quo*”, a dependência da UE face às importações de energia passará dos atuais 50% do consumo energético total para 65% em 2030. Projeta-se um aumento na dependência das importações de gás de 57% para 84% em 2030; e a de petróleo de 82% para 93%. Atualmente, o uso de energia representa 80% do total das emissões de gases de efeito de estufa da UE, podendo elevar-se a 85% caso aumente o consumo de fósseis (COMISSÃO, 2007).

Essa dependência expõe o continente europeu a fatores que colocam em risco os setores econômicos, sociais e políticos de todos os membros, decorrente da crescente dependência nas importações de petróleo e gás e o constante aumento dos preços da energia. Paralelamente, os desafios se estendem às metas do Protocolo de Kyoto, a mitigação das mudanças climáticas, a desproporcionalidade quanto às emissões entre os Estados membros e as metas individuais de cada estado. Além disso, outra vulnerabilidade europeia é a interdependência entre todos os Estados-Membros, ou seja, um corte total de corrente num país tem efeitos imediatos nos demais.

Esses cenários colocam a União Europeia entre o grupo de países que investem fortemente na criação de políticas de ampliação das novas fontes renováveis de energia por meio da produção endógena. Os investimentos criam instrumentos que garantem maior eficiência energética, ampliação das energias renováveis e o desenvolvimento de novas tecnologias. Tais objetivos têm contribuído para o desenvolvimento sustentável e a segurança do abastecimento energético do Bloco, bem como para o aumento na geração de novos postos de trabalho, crescimento econômico e maior competitividade no mercado de energia. Esse quadro é sustentado em uma base legislativa que rege o desenvolvimento dessas energias e assegura futuros investimentos e parcerias entre os setores públicos e privados. Tais condições poderão dispor de estabilidade necessária a longo prazo à adaptação dos setores as energias renováveis e, com isso, garantir o cumprimento dos compromissos assumidos no Protocolo de Kyoto, assegurando o abastecimento energético.

3.3.1 Europa: lei de energias renováveis

As iniciativas individuais de alguns países-membros do bloco europeu levou a Comissão Europeia (CE) a adotar políticas de incentivo às fontes de energias renováveis. Com isso em 1995 o parlamento Europeu instituiu um plano de ação em 1995 para a promoção dessas energias intitulado: “Energy Policy for the European Union”. Desde então, o “Green paper: Energy for the future – Renewable energy sources”, tornou-se a base para estratégias de ampliação dessas fontes e documento base na criação de medidas para facilitar a ampliação e utilização em grande escala, bem como a fixação de objetivos para cada Estado-membro. Um dos instrumentos iniciais desse processo foi o “White Paper for a Community Strategy and Action Plan”, criado em 1997 (COSTA, 2006). Esse documento foi a base para a paridade entre os países-membros na exploração das energias renováveis, assim como instrumento instituído para o cumprimento dos compromissos negociados no Protocolo de Kyoto. Na tabela 1 abaixo, é possível analisar o percentual de redução instituído pela Comissão Europeia para que os países do bloco cumpram os compromissos acordados nas Conferências.

Tabela 1: Percentual de redução instituído pela Comissão Europeia para o cumprimento do Protocolo de Kyoto.

País	% Redução para 2008-2012 a partir das emissões de 1990	Redução para 2008-2012 a partir das emissões de 1990 (milhões de toneladas de CO₂ equivalente)
Áustria	-13,0	64
Bélgica	-7,5	127
Dinamarca	-21,0	55
Finlândia	0,0	70
França	0,0	546
Alemanha	-21,0	949
Grécia	+25,0	130
Irlanda	+13,0	64
Itália	-6,5	487
Luxemburgo	-28,0	10
Holanda	-6,0	196
Portugal	+27,0	87
Espanha	+15,0	347
Suécia	+4,0	72

Reino Unido	-12,5	636
Total UE	-8,0	3840

Fonte: Comissão Europeia, 2007

O documento servia de reflexão sobre as fragilidades europeias em termos de segurança energética e da dependência das importações em termos de energia. As projeções são crescentes e podem chegar a 70% em 2020 face ao crescimento da demanda. No entanto, o aumento no uso das fontes alternativas de energia pode tornar-se um instrumento que permitirá minimizar a dependência das importações, assegurando aspectos sociais, econômicos e ambientais.

O objetivo da CE era ampliar a participação das fontes de energias renováveis de 6% para 12% na matriz energética entre os membros do bloco até 2010. Essa meta correspondia a 22% no consumo de eletricidade gerada a partir de fontes de energia renovável, fortalecendo a exploração do potencial disponível, desenvolvendo a indústria e criando novos postos de trabalho.

Mediante a adesão de novos Estados-Membros em 2001, a CE instituiu a diretiva “Promotion of Electricity from Renewables Energy Source in the International Electricity Market”, estabelecendo metas individuais (de acordo com o potencial de cada Estado), em relação ao consumo de eletricidade a partir das energias renováveis. O documento traçava parâmetros de simplificação do seu uso, bem como a garantia de acesso à rede dos produtores de energia renovável. Os procedimentos de produção das energias renováveis são certificados, garantindo a origem da energia renovável e usados como mecanismos de troca dentro da comunidade europeia (COSTA, 2006).

Com base nesses cenários em março de 2007 durante o governo da Chanceler Angela Merkel, o Conselho Europeu anunciou o “Plano de Ação em Matéria de Energia e Mudanças Climáticas”. Essa proposta aborda as questões de segurança energética, das mudanças climáticas e do desenvolvimento industrial. Os Chefes de Estado da União Europeia aprovaram tal plano e chegaram a acordo quanto a uma política energética para a Europa intitulada “três vezes 20”: 20% de aumento da eficiência energética; 20% de redução das emissões de gases de efeito estufa; 20% de aumento na quota de energias produzida a partir das fontes renováveis no consumo da UE até 2020, e 10% no

consumo dos biocombustíveis usados para os transportes até 2020. Esses serão alcançados por intermédio do regime comunitário de comércio de licenças de emissão, de políticas no domínio das alterações climáticas, bem como medidas no contexto da política energética. Essas tornar-se-ão uma indicação para a indústria europeia no que refere à existência de uma procura significativa de licenças de emissão após 2012, proporcionando incentivos ao investimento em tecnologias de redução das emissões e alternativas menos dependentes do carbono. Do ponto de vista da segurança energética, as energias renováveis na UE são na sua maioria de produção endógena. Isso significa que estão menos sujeitas a rupturas do abastecimento e atenuam os constantes aumentos dos preços dos combustíveis.

No entanto, atualmente as energias renováveis representam apenas 8,5% de toda energia consumida nos 27 países do bloco europeu. Ou seja, para atingir a quota de 20% até 2020 a União Europeia necessitará de grandes esforços em todos os setores e por parte de todos os seus Estados-Membros.

O “Plano de ação em matéria de energias e mudanças climáticas” abrange três setores da economia: eletricidade, aquecimento e arrefecimento (ar condicionado) e transportes. Com base nos objetivos da política de energias renováveis, a Comissão Europeia propôs a criação de “*directivas*” (COMISSÃO, 2007). Essas permitem que cada estado membro possa decidir em que proporção cada setor irá contribuir para atingir as metas nacionais, já que estas terão que ser determinadas para cada Estado-Membro de forma tão equitativa quanto possível. Cada país poderá livremente escolher os meios que melhor correspondam às suas circunstâncias nacionais. Ainda terão a opção de alcançar as suas metas apoiando-se no desenvolvimento de energias renováveis em outros Estados-Membros e/ou nos demais países com os quais possuem acordos de cooperação. O objetivo é eliminar os entraves desnecessários ao crescimento das energias renováveis – simplificando os procedimentos administrativos aplicáveis ao desenvolvimento de novas energias renováveis – e aumentando o financiamento e o desenvolvimento de tipos de energias renováveis disponíveis no mercado.

Muitos países europeus adotaram programas nacionais destinados a reduzir as emissões e muitos foram adaptados às políticas e medidas no contexto UE, por meio do “Programa Europeu para as Mudanças Climáticas”, cujos objetivos destinam-se em:

um maior recurso às fontes de energia renováveis (eólica, solar, biomassa) e instalações de produção combinada de calor e eletricidade; melhorias generalizadas de eficiência energética em, por exemplo, edifícios, indústria, eletrodomésticos; redução das emissões de dióxido de carbono dos veículos novos de passageiros; medidas de redução nas indústrias transformadoras; medidas para reduzir as emissões dos aterros sanitários (COMISSÃO, 2007).

Em todos os estados membros, setores como a agricultura, os transportes e a construção, exercem uma forte influência nas metas para alcançar os objetivos europeus. Os setores com utilização intensiva de energia, tais como as indústrias químicas e do aço, poderão usar de mecanismos adicionais para reduzir suas emissões e cumprir suas metas.

O Regime de Comércio de Direitos de Emissões (ETS) destaca-se entre os mecanismos adicionais que poderão ser usados para alcançar as metas do bloco. O ETS, lançado em 2005, é à base da política climática da UE e o mais importante instrumento de redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases de efeito estufa. É um regime multilateral de comércio de emissões que especifica o percentual de emissões para as centrais elétricas e outras fontes importantes. Ou seja, cada indústria possui um percentual de "direito" ou permissão de emissões para o período. Para cumprir com o plano de metas, cada instalação pode tanto reduzir suas emissões ou comprar direitos de estabelecimentos com um excesso de permissões. Mas, progressivamente esses percentuais diminuem a cada novo período, forçando uma redução no total de emissões.

O ETS permitirá à União Europeia alcançar seus objetivos de redução das emissões conforme estabelece o Protocolo de Kyoto a um custo inferior a 0,1 % de seu PIB e, ainda, alcançar as metas de redução de suas emissões para 2020 e contribuir para o desenvolvimento de tecnologias limpas. São associados desse programa os 27 países da União Europeia e, desde 2008, a Islândia, Liechtenstein e a Noruega. No entanto, os países do bloco buscam ampliar ainda mais esse mercado com o comércio

internacional de direito de emissões. O sistema europeu baseia-se em atribuir um preço ao carbono. O sistema criado mediante a legislação vinculada a proposta da Comissão Europeia e aprovada pelo Parlamento Europeu, baseia-se em quatro princípios fundamentais:

Trata-se de um sistema de limites máximos; A participação das empresas pertencentes aos setores afetados é obrigatória; Contém um marco de cumprimento sólido; Se aplica ao mercado da UE, já que aceita projetos de redução das emissões no resto do mundo, gerando créditos por projetos de redução de emissões realizados por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), bem como pela Implementação Conjunta (IC). (COMISSÃO, 2007)

A Comissão Europeia propõe que o período de vigência do ETS dure até 2020, a fim de que o período de comércio ampliado contribua para que aumente a previsibilidade necessária para promover invenções a longo prazo na redução das emissões. A Comissão propõe ampliar consideravelmente os ETS para poder desempenhar um papel central no cumprimento das metas de redução das emissões de gases de efeito estufa e segurança energética entre os membros do Bloco até 2020.

3.3.2 Quais são os benefícios das energias renováveis para a UE?

A melhor forma de promover a segurança do abastecimento a longo prazo e reduzir as emissões é diversificar as fontes de energia. Nos transportes a diversidade energética é bastante reduzida. Os biocombustíveis destacam-se como capazes de contribuir para a segurança do abastecimento energético a curto prazo ao reduzir a necessidade de aumento nas reservas existentes de petróleo para proteção em caso de perturbações no abastecimento energético. Os biocombustíveis aumentam a diversidade energética ao diversificar a possibilidade e tipos de combustíveis.

Hoje, com o desenvolvimento tecnológico, a gama de matéria prima para a sua produção é significativa, em especial com a introdução dos biocombustíveis de segunda geração. Uma combinação de produtos que inclua biocombustíveis produzidos internamente, bem como importações de uma grande variedade de regiões,

destacam-se por ser melhor que uma combinação que dependa completamente dos produtores internos e de menores custos.

Com base nas análises atuais, a procura europeia para importar biocombustíveis pode contribuir para melhorar as relações bilaterais entre os membros do Bloco, bem como proporcionar novas oportunidades para os países em desenvolvimento com potencial para produzir e exportar biocombustíveis a preços competitivos. No entanto, os acordos políticos destinados a facilitar o acesso ao mercado europeu, poderiam contribuir para um maior êxito das negociações em curso sobre isenções comerciais; a UE mantém uma proteção significativa às importações de alguns tipos de biocombustíveis, nomeadamente o etanol, que goza de uma proteção de cerca de 45%.

As estratégias para o desenvolvimento da política energética europeia baseiam-se em três vertentes: combater as alterações climáticas, limitar a vulnerabilidade externa da UE face às importações de combustíveis fósseis e promover o desenvolvimento económico, concomitantemente ao fornecimento para os consumidores de energia segura e barata. Portanto, o cumprimento dos compromissos da UE para reduzir os gases de efeito estufa está no centro da política energética para a Europa por três razões:

- i) as emissões de CO₂ ligadas à energia representam 80% das emissões de gases de efeito estufa na UE e a redução das emissões significa consumir menos energia e utilizar mais energia limpa produzida localmente, ii) limitar a exposição cada vez maior da UE à crescente volatilidade e preços mais elevados do petróleo e do gás, e iii) conduzir potencialmente a um mercado energético da UE mais competitivo, incentivando tecnologias inovadoras e a criação de emprego (COMISSÃO, 2007).

A análise da Comissão Europeia mostra que o cumprimento das metas previstas no Programa Europeu para as mudanças climáticas reduzirá até 2020 de 600 a 900 milhões de toneladas de CO₂ por ano. Ou seja, os benefícios das energias renováveis para a UE são amplamente reconhecidos: mitigação das mudanças climáticas, da segurança energética e desenvolvimento económico sustentável.

Porém, para que a UE possa alcançar as metas previstas até 2020, os investimentos terão que ser superiores a 13 bilhões de euros ao ano, podendo chegar a 18 bilhões. Como consequência, contribuirão para baixar os custos das tecnologias no domínio das energias renováveis e tornar-se-ão uma parte importante no suprimento e

segurança energética dos países do bloco. Portanto, a redução das emissões de gases de efeito estufa, o aumento da segurança energética e o desenvolvimento da indústria de alta tecnologia em energias renováveis, incentivarão a criação de novas oportunidades socioeconômicas.

Com os avanços tecnológicos e a expansão na implantação das modernas fontes de energia renováveis, tem-se uma significativa queda nos seus custos. Para que essas possam baixar ao longo dos próximos anos, faz-se necessário a criação de políticas expansionistas que as contemple. Tais condições serão a base para o reforço de incentivos à criação de políticas em energias renováveis e o aumento da confiança do mercado, gerando um volume de negócios que atualmente superam os 30 bilhões de euros. As oportunidades decorrentes dessas transações refletem na geração de novos empregos (superiores a 350 mil) observados desde a produção de componentes fotovoltaicos nas indústrias de alta tecnologia até nos trabalhos de manutenção em centrais eólicas ou no setor agrícola de produção de biomassa (COMISSÃO, 2007).

3.3.3 Emissões de gases de efeito estufa

Os biocombustíveis de primeira geração produzidos na Europa apresentam um potencial de redução das emissões CO₂, que pode variar entre 35% a 50% dos combustíveis convencionais. Estima-se que uma via de produção de etanol (em centrais alimentadas a carvão), resultaria em emissões adicionais de gases de efeito estufa. A produção de etanol a partir da cana de açúcar no Brasil permite poupar emissões equivalentes a 90%. Em menor proporção, a produção de biodiesel, a partir de óleo de palma e/ou de soja, permite uma redução de 50% e 30%, respectivamente.

Os biocombustíveis de segunda geração, quando estiverem prontos para entrar no mercado, deverão contribuir com uma redução de 90% nas emissões dos gases de efeito estufa e estarão disponíveis comercialmente entre 2010 e 2015. Serão mais caros do que os de primeira geração, porém até 2020 seus custos poderão ser significativamente reduzidos, podendo então ser comercializado conjuntamente.

É necessário destacar que os métodos de produção dos biocombustíveis exercem uma influência em menor ou maior proporção na redução e até no aumento das emissões de gases de efeito estufa. A drenagem de zonas úmidas para a produção de qualquer tipo de bioenergias resultaria na perda de carbono armazenado no solo e levaria centenas de anos para ser compensado com a redução anual decorrente do seu uso.

As emissões de óxido nitroso decorrentes da produção e utilização de adubos e do cultivo das terras não foram levadas em consideração nesse texto, uma vez que requer análises muito superiores às desse trabalho. Sabemos que o potencial do óxido nitroso na contribuição do aquecimento global, no que refere a equivalência em termos de poder de reter calor, é cerca de 300 vezes superior ao do dióxido de carbono. A omissão dessas emissões levou-nos, por conseguinte, a entender a necessidade de ressalvas quanto aos benefícios dos biocombustíveis para a redução dos gases de efeito estufa.

Outra questão associada ao consumo de biodiesel da Europa refere-se ao desmatamento e destruição de habitats naturais na Indonésia, Malásia e no Brasil relacionado à produção das bioenergias. Embora não haja evidências concretas de que a expansão dos biocombustíveis no passado tenha contribuído para o desmatamento das florestas nestas regiões, as diretrizes da UE – quanto à promoção de políticas de uso dos biocombustíveis – perpassa por fortalecer instrumentos que contribuam para a sustentabilidade ambiental, em especial se sua utilização aumentar numa ordem de grandeza superior aos níveis atuais. Na tabela 2 é possível analisar os diferentes tipos de cultura e associá-la as emissões equivalentes de CO₂ por cultivos dos biocombustíveis.

Tabela 2: Emissões equivalentes de CO₂ por cultivos de biomassa/produção biodiesel.

	Emissões do cultivo [gCO _{2eq} /MJ]	Total emissões modo de produção [gCO _{2eq} /MJ]	Cultivo % emissões - modo de produção	Emissões de N₂O [CO _{2eq} /MJ]	Emissões de N₂O em percentagem das emissões do cultivo
Etanol de beterraba sacarina	12	33	35 %	6,2	54 %

Etanol de cana de açúcar	14	24	60 %	6,9	47 %
Biodiesel de colza	29	46	63 %	18,0	62 %
Biodiesel de girassol	18	35	50 %	9,4	53 %

Fonte: COM, 2009

Isto posto, se os biocombustíveis atingirem uma quota de 14% no mercado europeu, haverá uma redução anual equivalente a 103 Mt de gases de efeito estufa. Se o crescimento na produção de matérias-primas para biocombustíveis ocorrer em terras adequadas para esse fim, o impacto ambiental (com exceção dos gases de efeito estufa), tal percentual em termos de impacto, torna-se aceitável. Se a utilização crescente de biocombustíveis resultar na cultura de matérias-primas em terras inadequadas - como as florestas úmidas e outros habitats de elevado valor natural – essas mesmas metas resultarão em danos ambientais substanciais em termos de emissões.

As normas relativas à qualidade dos combustíveis e às emissões dos veículos em vigor na UE, significam mudanças no volume de biocombustíveis utilizados e não terão um impacto significativo nas emissões poluentes. A Diretriz Qualidade dos Combustíveis da UE (2003) estabelece uma nova abordagem quanto à utilização até 2020 de misturas com um teor substancialmente maior de biocombustíveis em motores de veículos, bem como a criação de políticas que limitam a emissão veicular.

Por meio dos dados da Tabela 3 é possível analisar o percentual relativo à contribuição por fabricantes de veículos quanto às metas estabelecidas pela Comissão Europeia para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Tabela 3: Emissões de CO₂ por fabricante de automóveis.

Emissões de CO ₂ por fabricante de automóveis			
Montadoras	Emissões em 2006	Limite a partir de 2012	Redução %
Porsche	282 g CO ₂ /km	144 g CO ₂ /km	49%
Daimler	184 g CO ₂ /km	138 g CO ₂ /km	25%
BMW	182 g CO ₂ /km	137 g CO ₂ /km	25%
Volkswagem	165 g CO ₂ /km	134 g CO ₂ /km	19%

Renault	147 g CO ₂ /km	127 g CO ₂ /km	14%
Fiat	144 g CO ₂ /km	122 g CO ₂ /km	15%
Peugeot	142 g CO ₂ /km	126 g CO ₂ /km	11%
Ford	162 g CO ₂ /km	132 g CO ₂ /km	19%
GM	157 g CO ₂ /km	129 g CO ₂ /km	18%
Toyota	152 g CO ₂ /km	127 g CO ₂ /km	16%
Nissan	164 g CO ₂ /km	126 g CO ₂ /km	23%
Mitsubishi	169 g CO ₂ /km	128 g CO ₂ /km	24%
Honda	153 g CO ₂ /km	128 g CO ₂ /km	16%
Mazda	173 g CO ₂ /km	130 g CO ₂ /km	25%
Suzuki	164 g CO ₂ /km	123 g CO ₂ /km	25%
Subaru	216 g CO ₂ /km	135 g CO ₂ /km	38%
Hyundai	165 g CO ₂ /km	133 g CO ₂ /km	19%

Fonte: Comissão Europeia, 2009.

3.3.4 Alemanha: cenários econômicos, energéticos e ambientais para o século XXI

A Alemanha é a quarta economia do mundo e, como tal, detém uma posição internacional de ponta, alcançando em 2008, um Produto Interno Bruto (PIB) de US\$ 3.352 trilhões. Com uma população de 81,8 milhões de habitantes, é também o maior e mais importante mercado da UE, cujo mercado externo e, sobretudo, a indústria, possui uma parcela significativa nas exportações: US\$1,361 trilhões em 2007 (IEA, 2009).

Em termos ambientais, o desenvolvimento das fontes renováveis de energia começou na Alemanha, principalmente, a partir das crises do petróleo (1973-1974 e 1979-1980), e de graves ocorrências ambientais, entre as quais a morte da Floresta Negra (ao sul da Alemanha) e o acidente nuclear de Chernobyl em 1986 na Ucrânia. Tais questões demarcaram o envolvimento da população com a problemática ambiental e suscitaram discussões quanto às novas formas de geração de energia. Desde então, o governo começou a financiar pesquisas no desenvolvimento de novas fontes de geração de energia, mas somente a partir da década de 90 o uso das energias renováveis passou a ser instrumento de mitigação dos efeitos da ação antrópica no clima global. A partir de então, observou-se um maior engajamento na introdução

comercial dessas fontes visando torná-las competitivas. A criação de um marco regulatório direcionado à geração de energia a partir de fontes renováveis, culminou com a adoção de medidas de redução das emissões de gases de efeito estufa acordados no Protocolo de Kyoto para o período de 2008 -2012. Esse cenário resultou num maior aumento da capacidade instalada, principalmente de energia eólica.

A participação da Alemanha no cumprimento dos compromissos assumidos pela UE em 1997¹⁵, somente será alcançado se a Alemanha atingir completamente seu objetivo nacional, correspondente a $\frac{3}{4}$ da redução total da UE. Isso significa que as emissões atuais, próximas a 880 milhões de toneladas por ano CO₂eq, terão que ser reduzidas em mais 270 milhões de toneladas. Tais objetivos só podem ser alcançados com medidas que compreendam todos os ramos de geração e uso da energia no país - de usinas energéticas mais eficientes, isolamento térmico e incentivo às energias renováveis até medidas para carros mais econômicos, combustíveis alternativos (etanol e o biodiesel), redução do consumo de eletricidade e calefação ecológica.

A entrada em vigor do Protocolo de Kyoto favoreceu o desenvolvimento de políticas energéticas voltadas às energias renováveis. As tecnologias em alternativas energéticas, incluindo os biocombustíveis, ganharam força como meio para a redução de emissões de gases que contribuem para o efeito estufa. Com isso a Alemanha passou a exercer forte presença no mercado internacional, bem como nas propostas enquanto membro do bloco europeu, assumindo como meta a redução de 21% das suas emissões até 2012, meta que corresponde aos seis importantes gases de efeito estufa (ao lado de CO₂, o metano e o óxido nitroso).

Esse cenário elucida o amplo desenvolvimento tecnológico das fontes renováveis na Alemanha e a coloca entre os líderes na detenção de tecnologias de ponta, tais como a biotecnologia, a nanotecnologia, assim como os setores tecnológicos (biometria, aeroespacial, eletrotécnica e logística), com destaque para as tecnologias ambientais

¹⁵ Na ocasião da assinatura do Protocolo de Kyoto, a UE se comprometeu perante a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas em reduzir até 2012 8% das suas emissões de CO₂.

(energia eólica, fotovoltaica e biomassa). O desenvolvimento de novas tecnologias, infraestrutura energética e mudanças políticas, ocorreram no país num processo contínuo nos últimos 20 anos. As ações para o desenvolvimento das energias alternativas, visando à mitigação das mudanças climáticas e a segurança no suprimento energético, basearam-se no fortalecimento da sua indústria através de investimento em pesquisa, no desenvolvimento tecnológico e de profissionais qualificados.

Esses fatores favoreceram o desenvolvimento e a consolidação da energia eólica na Alemanha. Um dos primeiros programas de incentivo à promoção da energia eólica surgiu a partir do *Förderprogramm “100 MW Wind”* (100 Mega Watts de Vento), cujo incentivo partiu do governo federal alemão em 1989. Houve um forte estímulo ao desenvolvimento desses projetos e tais características tornaram-se fator de limite na expansão da energia eólica na Alemanha, pois estados como *Rhein North Westfalen* alcançaram facilmente tais patamares de oferta de energia. Com isso, as metas foram superadas chegando a 250 MW. Todavia, foi a *Einführung des Stromeinspeisegesetzes - StrEG* (Lei de Alimentação de Corrente), aprovada no início de 1991, a adoção da Lei foi fator preponderante na consolidação da energia eólica. O objetivo da lei era propiciar abonos por alimentação elétrica até 1995 às energias produzidas a partir das fontes renováveis e, ainda, garantir subsídios estaduais de até 50% dos custos de investimento em projetos provenientes de fundos federais e dos estados federados. Em abril de 2001 a Lei *StrEG* foi substituída pela *Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG* (Lei de Energias Renováveis) (TOLMASQUIN, 2005).

Com a aprovação da *EEG*, o governo alemão consagrou-se o desempenho do país no uso das energias renováveis e garantiu a continuidade da oferta e expansão da energia eólica a todo o país. Com isso, a *EEG* favorecendo para que as demais fontes renováveis pudessem aumentar seu percentual de consumo na matriz energética alemã, assim como houve a redefinição de metas diferenciadas para cada fonte.

Com isso, entre 1990 e 2005, a Alemanha conseguiu reduzir 19% de suas emissões de gases de efeito estufa. Somente em 2005, o país reduziu em 2,5% as emissões de CO₂ e outros gases de efeito estufa, enquanto a média europeia foi de apenas 0,8%. Em 2007, o país aumentou para 13% sua Oferta Interna de Energia

(OIE), a partir de fontes renováveis: eólicas, solar, hidráulica, biocombustíveis e geotérmica. Como exemplo, sua indústria de equipamento em energia eólica detém 50% do mercado mundial, o que possibilita ao governo alemão projetar cenários: em 2010 a participação das energias renováveis na matriz energética alemã elevou-se para 14%.

3.3.5 Alemanha: o cenário de transformação das energias renováveis

Os cenários de transformação tecnológica, econômica, política e social, culminaram em reestruturações energéticas favoráveis na Alemanha. Com esse quadro, o governo alemão pretende ampliar os modelos de energias alternativas, visando tornar-se o primeiro país auto suficiente em energia do planeta em 2040. A partir dessa proposta, sugerimos a seguinte pergunta: como a Alemanha está se tornando a maior potência em alternativas energéticas do planeta? Responder a essa pergunta significa subsidiar a compreensão do estado da arte de um modelo energético alemão, garantindo mecanismos introdutórios que ampliem a compreensão das bases da reestruturação energética do país. Destaca-se que os resultados desse objetivo, perpassam pela análise de três fatores que, diretamente, estão associados e, portanto, serão os eixos fundamentais de compreensão do modelo energético alemão.

O primeiro relaciona-se com a ratificação do Protocolo de Kyoto, isto porque, o problema do efeito estufa e das mudanças climáticas, na condição de um problema global, assumiu um papel importante com a criação de metas de redução das emissões de gases de efeito estufa. A necessidade de cumprimento dos compromissos assumidos na Convenção sobre Mudanças Climáticas, pelos países membros da União Europeia, levou-os a adotar metas mais rígidas de redução dos gases previstos no acordo. Entende-se por esse argumento que, a tomada de decisão em ratificá-lo tornou-se um fator importante na ampliação e no uso das fontes alternativas de energia nesses países. A Alemanha, por sua vez, acabou por subsidiar novas pesquisas e ampliação de suas fontes.

O segundo eixo de análise basear-se-á na proposta de reestruturação da matriz energética alemã, garantindo que a oferta interna de energia não seja sustentada por matéria prima importada. A matriz de energia elétrica alemã é composta basicamente de usinas termelétricas de fontes energéticas não renováveis: carvão mineral (50%), urânio enriquecido (26%) e gás natural (11%), gerando anualmente de energia elétrica superior a 650 TWh. A título de comparação, com maior território e população, a produção brasileira é menor, em torno de 400 TWh anuais. A Alemanha tem a maior reserva de carvão da União Europeia e é um dos maiores produtores e consumidores do mundo desse combustível. No entanto, sua produção está em declínio, obrigando o país a importar da Polônia (23%), África do Sul (22%) e Rússia (20%), o que aumenta sua dependência externa. Atualmente a matriz energética alemã é sustentada pela importação de 100% do urânio usado nas usinas nucleares, 97% do petróleo, 83% do gás e 61% do carvão destinados às termelétricas. Segundo o governo alemão, a dependência externa vulnerabiliza a economia alemã, frente a qualquer instabilidade econômica, política e social, vivenciada nas regiões que subsidiam a matéria prima energética usada no país. Como exemplo, pode-se citar as recentes crises quanto ao abastecimento de gás natural entre a Rússia e Ucrânia. Outro exemplo, refere-se a demanda por petróleo. Hoje a Alemanha importa o fóssil de regiões politicamente instáveis e, associado a um aumento da demanda mundial e no preço do mercado internacional, reflete no alto custo de vida dos alemães.

O terceiro eixo de argumentação, tem como respaldo o anúncio do fim das operações das usinas nucleares anunciada pelo governo alemão como parte dos interesses sociais de reestruturação energética no país¹⁶. Ou seja, quais serão as bases de substituição dessa matriz energética que responde por, aproximadamente, 27% da matriz energética do país? Por outro lado, o alto índice de emissão de CO₂, causado principalmente pelas termoeletricas a base de carvão levam o governo a propor novas alternativas para o seu uso. Esses dois fatores também estão sendo mensurados nessa

¹⁶ Com 17 usinas nucleares, a Alemanha produz mais de um quarto da eletricidade consumida. Em 2000, o então governo, formado por social-democratas e verdes, decretou o abandono gradual da energia atômica, desativando todos os reatores até 2021. Entretanto, o novo partido de Angela Merkel (CDU - União Democrata Cristã), prorrogou o prazo de funcionamento das chamadas "usinas seguras", porém sem a construção de novas.

análise, já que nos últimos anos, houve uma tentativa de reverter a proposta de desativar as usinas nucleares. A proposta que está sendo discutida sustenta-se na manutenção das atividades dessas usinas em mais 12 anos frente à proposta de desativação.

Na Alemanha, a difícil transição para uma economia energética com base em fontes renováveis, transcorre sustentada em vantagens políticas, econômicas e sociais significativas: as importações de energias fósseis são substituídas por fontes permanentes e disponíveis em todos os locais; novo impulso às estruturas econômicas regionais e, por outro lado, a descentralização do fornecimento de energia, a partir de grandes geradores; a necessidade de infraestruturas será amplamente reduzida. Concomitantemente, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa e a mitigação do aquecimento global.

3.3.6 O avanço tecnológico alemão

Pioneira no cumprimento dos compromissos assumidos pela UE, frente à Convenção sobre Mudanças Climáticas, a Alemanha assumiu metas superiores aos demais países do bloco. O país responde por 25% das emissões da UE, pois sua matriz energética é altamente fóssil: 36% provêm do petróleo, seguido pelo carvão 23% e o gás natural, responsável por 22,7% da energia gerada (TESKE, S.; ZERVOS, A.; 2007).

Como meta, o governo alemão pretendia reduzir suas emissões em 21% até 2012. Essas correspondem a todos os seis importantes gases de efeito estufa: o gás carbônico (CO₂); o metano (CH₄) e o óxido nitroso (NO₂), entre outros. Porém, como já afirmado anteriormente, este objetivo foi alcançado frente a fortes investimentos no setor.

Na Conferência sobre Mudanças Climáticas em Bali, na Indonésia, (2007), o governo alemão divulgou o “Programa Integrado de Energia e Clima”. Este consiste em um pacote de medidas para reduzir em 36,6%, até 2020, as emissões de CO₂, tendo como base o ano de 1990. Com esse programa de fomento às novas fontes alternativas de energia, o governo pretende evitar as emissões de 50 milhões de toneladas anuais de CO₂, nos próximos dez anos. O projeto de Lei prevê aumento da eficiência

energética nas novas construções e redução em 35 milhões de toneladas no consumo de gás natural.

As emissões próximas de 880 milhões de toneladas CO₂eq por ano, terão que ser reduzidas em 270 milhões de toneladas. Para atingir este objetivo, o programa prevê 14 projetos de lei, além de decretos e diretrizes do governo que compreendam todos os ramos de geração e uso da energia no país: usinas energéticas mais eficientes; isolamento térmico e “calefação ecológica”; aumento na mistura de biocombustíveis - 10% até 2010, e 20%, até 2020, reduzindo a 130 gramas - por quilômetro - as emissões de CO₂; aumento na cota de fontes renováveis, no quadro energético do país - atualmente perfaz 13% e deverá elevar-se a 25%-30%, até 2020 (WATKINS, 2007).

Ainda em 2007, o país alcançou a marca dos 14% na sua matriz energética nacional, gerados a partir de fontes renováveis: eólica, solar, hidráulica, biocombustíveis e geotérmica. Esse cenário foi determinante para que novas propostas de transformações energéticas pudessem ser almejadas. A proposta partiu de membros do setor energético na sociedade alemã que se uniram e formaram a iniciativa “Alemanha autárquica em energia no ano 2040”. Ou seja, em apenas três décadas, espera-se que o abastecimento de energia do país passe a ser suprido por uma matriz energética variada, com instalações geradoras de energia descentralizadas, de acordo com o potencial energético local. Para tanto, tem-se na energia gerada pelo vento (energia eólica), pelo sol (energia fotovoltaica), na hidroeletricidade, além da biomassa e da geotérmica, a base da reestruturação da matriz energética alemã.

Em 2008 foram aprovadas as quatro principais Leis que compõe o Programa. A porcentagem de energia de fontes renováveis, tais como solar, eólica e de biomassa, deverá aumentar dos atuais 14% para pelo menos 30% no período de 12 anos. Nesse pacote está a revisão da Lei de Energias Renováveis de 2000, a fim de permitir o aumento do incentivo à construção de parques eólicos *onshore* e *offshore*¹⁷. No Programa, o governo alemão espera reduzir até 2020 a emissão de 56 milhões de

¹⁷ Porém, os gastos do governo alemão com incentivos as energias renováveis (proximo a 7,1 bilhões de euros em 2015) seja repassado ao consumidor.

toneladas de CO₂. Atualmente, o uso de energias renováveis evita a emissão de 58 milhões de toneladas.

Com a adoção dessa lei, tornou-se obrigatório que todas as novas casas¹⁸ e edifícios construídos a partir de 31 de dezembro de 2008, possuam uma parcela de energia usada para calefação proveniente de fontes renováveis, tais como biomassa, solar ou geotérmica. Para isso, as empresas fornecedoras de energia elétrica também são obrigadas (a partir de 2010) a oferecer tarifas diferenciadas para diferentes horários. Por isso, espera-se que tais medidas deverão crescer de 6% para 14% até 2020 o uso das energias renováveis no setor residencial e comercial alemão. Todavia, exclui-se a aplicação da lei para os edifícios antigos, mas esses possuem incentivos através de créditos bancários para a reforma e isolamento térmico.

O governo espera ainda incentivar a troca e a instalação de medidores mais modernos de energia e gás, objetivando incentivar um maior controle sobre o consumo e facilitar assim a economia de energia. Isso permitiria, por exemplo, que máquinas de lavar roupas e lava-louças fossem acionadas apenas durante o horário de menor custo. Somente com a adoção dessas metas de isolamento térmico, calefação ecológica e o controle sobre o consumo de energia, o governo estima evitar emissões superiores a 30 milhões de toneladas de gás carbônico.

A porcentagem de energia obtida através da cogeração – a produção simultânea de dois tipos de energia, geralmente eletricidade e calor, a partir de uma única fonte de combustível – deverá ser praticamente dobrada, passando dos atuais 12% para 25% até 2020. O sistema é tido como o mais eficiente, pois, enquanto as usinas convencionais produzem apenas energia elétrica, a técnica permite usar o calor produzido também para o aquecimento e o aproveitamento de até 90% de cada tonelada de carvão ou de cada metro cúbico de gás. As questões políticas, econômicas e sociais foram determinantes para a consolidação dos projetos alemães para a promoção de uma matriz energética limpa. No entanto, esbarram na manutenção de fontes poluidoras,

¹⁸ O governo alemão disponibilizou até 500 milhões de euros ao ano a partir de 2009 para viabilizar a reforma de casas e edifícios.

como as usinas termoelétricas a base de carvão, ainda em atividade para suprir a alta demanda energética do país.

A problemática das mudanças climáticas consolidou um cenário de mudanças econômicas, políticas e sociais na Alemanha. Novas diretrizes políticas permitiram que as empresas apostassem no desenvolvimento e no aperfeiçoamento de novas tecnologias ambientais. O desenvolvimento técnico, alcançado pelas pesquisas em todo o país, tornou-a referência para o seu uso, a ponto de consolidar-se enquanto líderes no mercado mundial. Os reflexos desse amplo desenvolvimento tecnológico podem ser analisados pelo setor que mais cresce na economia alemã: o setor ambiental. Observa-se um crescente aumento na comercialização de placas fotovoltaicas; as indústrias de produção de turbinas eólicas estão em plena expansão, destacando-se como uma das maiores do mundo, fortalecendo o mercado de máquinas e equipamentos de geração de energia a partir da hidroeletricidade. Por isso, a indústria ambiental alemã tornou-se reconhecida internacionalmente pela sua capacidade de buscar respostas as causas ambientais. A Alemanha possui um dos maiores percentuais instalados de energia eólica na matriz energética nacional; possui tecnologia de ponta em usinas termoelétricas; dispõe de um programa conceituado internacionalmente de comercialização de aparelhos de consumo eficiente de energia; é a maior produtora e consumidora de biodiesel no continente europeu; destaca-se como uma das campeãs na instalação de células solares fotovoltaicas, ligadas a rede elétrica e/ou dispostas em sistemas isolados. Os reflexos desse cenário estão no aumento significativo de novos postos de trabalho, cujo percentual poderá alcançar 10% ao ano, já que os investimentos esperados devem ser superiores a € 200 bilhões.

Os governos alemães, ao longo de duas décadas, estruturaram condições para a ascensão de uma sociedade propícia a criação de políticas que minimizem impactos ambientais no país. Hoje, é possível constatar um alto desenvolvimento tecnológico, menos impactante ao meio ambiente. Para isso, investiu-se fortemente na sua engenharia ambiental ao ponto de consagrá-la mundialmente. Desenvolveu

intensos programas de conscientização social, permitindo a garantia de continuidade nos projetos político fomentados; investiu-se capital capaz de financiar tais projetos; buscou-se, por meio das instituições financeiras, criar e ampliar aplicação em fundos de investimentos que contemplasse os aspectos ambientais e sociais; fortaleceu políticas de investimentos entre os conglomerados tradicionais de geração de energia e exploração de petróleo, visando remanejar investimentos no setor que contemplasse eficiência e desenvolvimento tecnológico, ações que resultaram em setores industriais que diversificaram o patrimônio em direção a um modelo energético sustentável.

A Alemanha estruturou o setor energético fundamentado na criação de leis, investimentos, subsídios governamentais, desenvolvimento tecnológico, participação social entre outros. Esse panorama está sendo à base das discussões para a fundamentação das discussões do modelo brasileiro de desenvolvimento do setor energético, em especial as novas energias renováveis.

4 ENERGIA EÓLICA: O PANORAMA NO BRASIL E NA ALEMANHA

4.1 Energia eólica: aspectos históricos, econômicos e ambientais

A conversão da energia cinética dos ventos em energia mecânica vem sendo utilizada pela humanidade há mais de 3000 anos. Os moinhos de vento utilizados para

moagem de grãos e bombeamento de água em atividades agrícolas foram as primeiras aplicações registradas da energia eólica. O desenvolvimento da navegação e o período de grandes descobertas continentais foram propiciados, em grande parte, pelo emprego da energia dos ventos.



Fonte: Dutra, 2001

Figura 4 - Principais marcos do desenvolvimento da Energia Eólica no período do Século XI ao Século XIX

Porém, a segunda metade do século XIX e todo o século XX foram marcados pela descoberta de grandes reservas de petróleo. A conversão da força do vento em energia entra em declínio, dando lugar a economia de escala com o processamento dos combustíveis fósseis e a fabricação dos motores de combustão interna (ciclo Otto e Diesel), tornando o petróleo a base energética mundial. Sistemas de distribuição centralizada aproveitaram-se de diversas formas de geração de energia: hidráulica de grandes cursos d'água, máquinas a vapor ou grandes motores a combustão interna desenvolvidos para suprir a demanda mundial de energia a baixo custo. O declínio da energia eólica foi assistido em detrimento de um novo cenário competitivo técnico e econômico das novas tecnologias de fornecimento de energia.

A partir da década de 30 os aerogeradores tornaram-se instrumentos soberano. Ou seja, os Estados Unidos e a então União Soviética iniciaram esforços de expansão territorial e sua utilização serviu para marcar territórios isolados. Aerogeradores de pequeno porte foram utilizados para o suprimento domiciliar e prosseguiu até 1960 nos Estados Unidos quando, o Ato de Eletrificação Rural Americano, supriu a demanda em residências rurais com energia mais barata (ELETROBRAS, 1977 *apud* DUTRA,

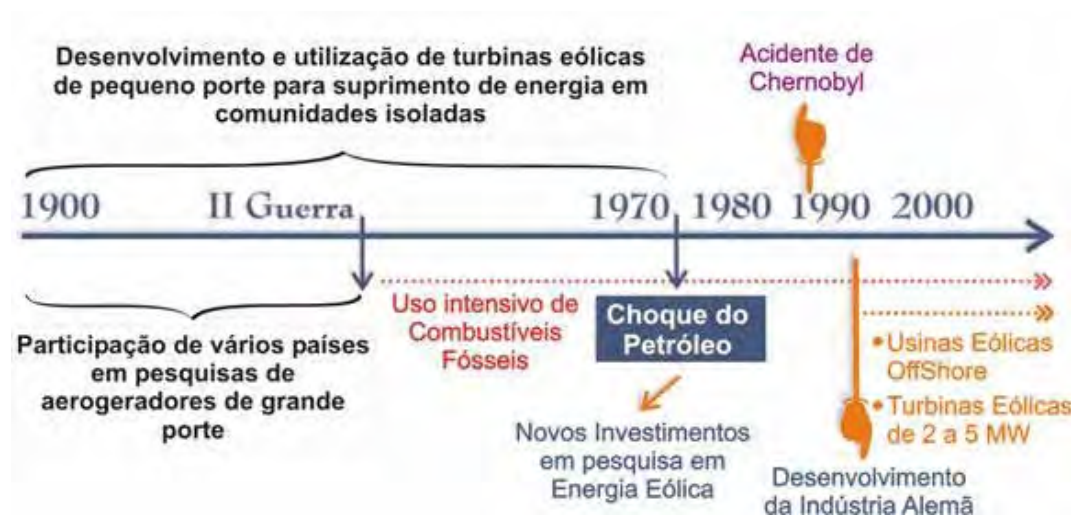
2004). Na ex- União Soviética a partir de 1931 iniciou-se o desenvolvimento de turbinas eólicas de grande porte para a geração de energia. O modelo de 100 kW conectado por uma linha de transmissão de 6,3 kV de 30 km, a uma usina termoelétrica de 20 MW foi a primeira tentativa bem sucedida de conectar aerogeradores de corrente alternada com uma usina termoelétrica. Modelos maiores de 1 MW e 5 MW foram projetados, mas não concluídos em detrimento de novas tecnologias, principalmente a tecnologia do combustível fóssil que, com a descoberta de novas reservas, tornava-se mais competitiva economicamente. Entre 1930 e 1970 muitos países, entre eles Inglaterra, Dinamarca, França e Alemanha desenvolveram tecnologias de aerogeradores para o uso em energia elétrica.

Mas todos os projetos até a década de 1970 não foram bem sucedidos devido ao baixo preço do petróleo e à expansão das redes de energia elétrica alimentadas por usinas hidrelétricas ou termoelétricas a carvão ou petróleo. Nesse período a energia nuclear desponta como uma tecnologia também barata e segura e, nesse cenário as pesquisas de aerogeradores transformam-se em projetos acadêmicos, sem nenhum interesse comercial.

Em outubro de 1973 houve a primeira grande crise na economia internacional, decorrente do aumento no preço do barril do petróleo. No início de 1973 o preço do barril era de US\$ 1,77 e passou para US\$ 11,65 em novembro de 1973. A forte crise fortaleceu a criação, em 1974 da Agência Internacional de Energia (AIE). Em 1979 houve uma nova alta na qual o preço do barril ultrapassou US\$ 35,00. A então criada AIE propõe aos países membros da OCDE para a redução no consumo do petróleo importado dos países membros da OPEP. Para que os países da OCDE pudessem reduzir seu consumo, a AIE apontou três objetivos: 1) diversificar as fontes de importação de petróleo; 2) substituir o petróleo por outras fontes de energia e; 3) utilizar a energia com mais racionalidade (MARTIN, 1992, *apud* DUTRA, 2004).

Novas pesquisas e projetos foram desenvolvidos a fim de fortalecer o setor eólico industrial, principalmente por aerogeradores conectados as redes operadas por usinas termoelétricas. Durante as décadas de 1980 e 1990 a indústria eólica mundial cresceu significativamente, aprimorando suas pesquisas em modelos de turbina e no seu

potencial gerador. Em destaque estão países como a Alemanha, Estados Unidos, Suécia e Dinamarca. Esses garantiram, por meio de leis e subsídios governamentais, a compra da energia elétrica produzida a partir das fontes renováveis e, com isso, ampliaram o uso de energia eólica na matriz energética.



Fonte: Dutra, 2001

Figura 5 - Principais marcos do desenvolvimento da Energia Eólica no Século XX.

A Alemanha destaca-se, entre os países industrializados, pois é o país que possui recursos técnicos quanto ao desenvolvimento dos aerogeradores. No entanto, atualmente a maioria das turbinas comerciais da classe MW estão instaladas nos Estados Unidos, seguido pela China e Alemanha. Segundo Dutra (2004) a Alemanha transformou sua indústria que, em alguns momentos foi considerada obsoleta, no mais importante parque mundial de fornecimento de turbinas eólicas. Essa indústria, num primeiro momento, subsidiada pelo governo, aprimorou-se na busca por novos mercados, investindo em tecnologia e novos modelos. A consolidação desse mercado possibilitou a indústria eólica do país investir na viabilidade técnica e comercial de modelos operando com potência na faixa de MW. Sabe-se que a participação do Estado em instituir leis de incentivo, subsidiar o financiamento, bem como comprar a energia produzida a partir da energia eólica regulamentou o mercado e fomentou a participação da energia eólica na matriz energética. O Programa Experimental de 250 MW, instituído no final da década de 1980 e a Lei de Alimentação de Eletricidade no

início de 1990, garantiu a expansão da indústria alemã tanto para o mercado interno como para o mercado externo (DUTRA, 2004).

Com o aprimoramento técnico econômico dos aerogeradores, o crescimento da indústria *onshore* na Europa e nos Estados Unidos ganha visibilidade. Grandes investimentos se prospectam para o mercado *offshore*, dentre eles Dinamarca, Suécia, Reino Unido e Estados Unidos. Nesse mercado a Dinamarca está à frente e pretende, em 30 anos, instalar quatro mil megawatts em projetos *offshore*. O atraso na instalação desses parques tem sido o custo de fundação, podendo variar em até 23%, mas que tem sido incentivado pelo perfil dos ventos no mar. Os resultados obtidos no projeto Vindby e Tunø Knob (ambos na Dinamarca), mostram ganhos entre 20% e 30%, maiores que os constatados pelos métodos tradicionais (DUTRA, 2004).

Sem dúvida os parques eólicos *onshore* e *offshore*, avançam em direção à consolidação enquanto alternativa limpa para a geração de energia. Estudos apresentados pela AIE mostraram comparações nos tipos de instalações das turbinas, variações no diâmetro do rotor, além da faixa de potência que deveria estar entre 3 e 6 MW. A utilização em larga escala dos aerogeradores e também os impactos no custo de geração, alavancou a indústria a ponto de se fixar no mercado mundial.

Alguns ambientalistas e pesquisadores em energias renováveis apontam desfavorecimentos na utilização da energia eólica: impactos visuais, ruídos, interferência eletromagnética, ofuscamentos e danos à fauna. “Essas características, aparentemente negativas, podem ser significativamente minimizadas e, até mesmo eliminadas, através de planejamento adequado e também com o uso de inovações tecnológicas” (DUTRA, 2004). A energia eólica apresenta características inerentes: não polui a atmosfera, não gera resíduos perigosos e, seu parque eólico, pode ser utilizado para outros fins, como por exemplo, a agricultura e a pecuária. Se comparada a uma planta convencional, uma turbina de 600 kW, instalada em regiões de bons ventos, poderá evitar entre 20 e 35 mil toneladas de CO₂ durante sua vida útil, estimada em 20 anos. Os ruídos, um dos grandes temores envolvendo a energia eólica, foram pauta de discussão, assim como justificativa de implantação de parques eólicos nos anos 1980 e no início dos anos 1990 (DUTRA, 2004).

Amplas pesquisas no desenvolvimento tecnológico e na sua aerodinâmica, concomitante as exigências do mercado, promoveram um avanço significativo na diminuição dos níveis de ruídos produzidos pelas turbinas eólicas. Estes estão associados a dois aspectos importantes: a mecânica e sua aerodinâmica. Ou seja, o primeiro refere-se a caixa de engrenagem que multiplica a rotação das pás para ajustá-las à rotação do gerador. O conjunto de engrenagem funciona na faixa de 1000 a 1500 rpm e, toda vibração é transmitida para a parede da nacele. Pesquisas já estão respondendo a essa característica da parte mecânica e desenvolvendo aerogeradores com níveis de ruído menores. O ruído aerodinâmico é influenciado pela velocidade do vento incidente sobre a turbina. Por isso, as pesquisas estão na direção do desenvolvimento de novos modelos aerodinâmicos das pás, bem como nas próprias torres e nas partes mecânicas (principalmente na caixa de engrenagem), o que possibilita uma redução significativa nos níveis de ruídos das turbinas modernas (DUTRA, 2004).

Os impactos visuais dos parques eólicos ainda são pouco pesquisados. Sabe-se que as queixas variam de acordo com o grau de compreensão da sua importância para o meio ambiente. Essa divulgação, em alguns países, está acontecendo por meio da participação da sociedade no desenvolvimento dos projetos. Com isso, a população local passa a conhecer melhor o projeto, sua tecnologia e o aceitar melhor.

Já os impactos na morte de pássaros (migratórios ou não) são bastante controversos. Uma pesquisa divulgada pela Associação Europeia de Energia Eólica (European Wind Energy Association - EWEA) mostra que o tráfego de veículos apresenta uma taxa que, em comparação às estimativas de morte em parques eólicos de 1 GW é cem vezes maior. A pesquisa afirma que na região oeste da Dinamarca, onde foi instalada uma turbina de 2 MW com 60 m de diâmetro, pode-se observar uma alteração em sua rota de até 200 m. Também é comum encontrar ninhos de falcões nas torres das turbinas eólicas. Com isso, a pesquisa concluiu que os pássaros são raramente incomodados pelas turbinas eólicas (EWEA, 1998 *apud* DUTRA, 2004). Observando-se os dados da Tabela 4 é possível fazer uma breve comparação entre as causas de mortes entre os pássaros migratórios.

Tabela 4: Causas de morte anual de pássaros

Morte anual de pássaros		
Causa da morte	Estimativa anual	Composição percentual
Prédios	550.000.000	59,04%
Linhas de Transmissão	130.000.000	13,95%
Felinos	100.000.000	10,73%
Automóveis	80.000.000	8,58%
Pesticidas	67.000.000	7,19%
Torres de Comunicação	4.500.000	0,48%
Aerogeradores	28.500	0,003%
Aviões	25.000	0,002%
Total	931.553.500	100%

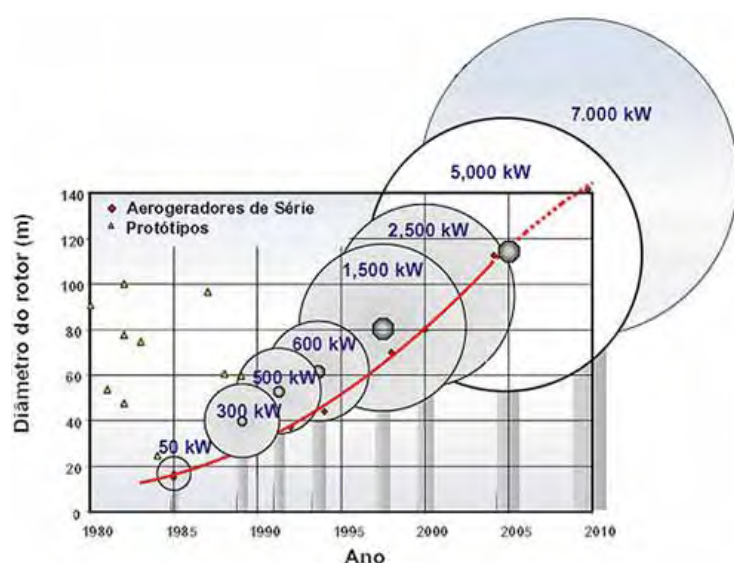
Fonte: FDE, 2006

4.2 A energia eólica: presente e perspectivas futuras

As novas aberturas para o mercados de energias estão sendo sustentadas por subsídios de grandes investidores em pesquisa e desenvolvimento tecnológico. Estes estão amparados em políticas de incentivos governamentais que, por sua vez, reconhecem as vantagens no suprimento energético, na diminuição do uso dos combustíveis fósseis, no cumprimento das metas do Protocolo de Kyoto e na mitigação do aquecimento global.

O amplo desenvolvimento tecnológico dos aerogeradores iniciou-se sobretudo no início dos século XXI. Fator influenciado pelas constantes crises de combustíveis fósseis, mas também pela necessidade de responder a segurança climática. Somados, o desenvolvimento dos parques eólicos estão projetando de forma ambiciosa em todo o mundo, tanto *onshore* quanto *offshore*. Os modelos passaram de 20 m de diâmetro, com potência instalada de 100 kW, para turbinas com até 120 m de diâmetro e 4,5 MW de potência instalada, no início do século XXI. O preço em queda, decorrente do aprimoramento tecnológico e da escala de produção elevada, melhorou muito suas características operacionais que, associado ao curto espaço de tempo para instalação, o baixo custo da manutenção, assim como a produção nula de emissões de gases de efeito estufa, vem consolidado-a no mercado de geração de energia e possibilitando

maior competitividade frente às demais alternativas energéticas. Concomitante ao crescimento atual de mercado nos Estados Unidos, na China e na Europa, a geração de energia a partir da força dos ventos é aclamada nos aspectos de segurança energética, custo sócio ambiental e viabilidade econômica. Fatores que propiciaram a abertura de novos mercados comerciais em outros países da Europa, entre eles a Espanha, Portugal, Itália, Bélgica e Reino Unido, antes restritos às indústrias dinamarquesas e alemãs; em países da Ásia como a China e Índia, bem como na América Latina e África.



Fonte: DEWI, 2005

Figura 6: Diâmetro do rotor eólico.

O Global Wind Energy Council (GWEC) prevê que o mercado de energia eólica no mundo crescerá mais de 155% a partir de 2007, podendo chegar a 240,3 GW de capacidade instalada total em 2012 (GWEC, 2009). Isso representaria um acréscimo de 146,2 GW em cinco anos, o que atrairia investimentos superiores a 180 bilhões de euros. A eletricidade produzida a partir da energia eólica chegará a 500 TWh em 2012 (acima de 200 TWh em 2007), o que representa 3% da geração de eletricidade em nível mundial (em 2007 representava 1%).

As principais áreas de crescimento durante este período serão América do Norte e a Ásia, especificamente os Estados Unidos e China. A China tem um importante papel na representatividade no aumento da capacidade de produção por empresas

estrangeiras e nacionais sob o crescimento do mercado. Embora a capacidade de responder a demanda mundial possa continuar a ser um dos principais fatores limitantes do crescimento do mercado eólico, a produção chinesa poderá ajudar na manutenção da oferta mundial e, portanto, ampliar a disponibilidade de produção global. As taxas médias de crescimento durante o período de cinco anos, em termos de capacidade instalada total, deverão ser 20,7%, comparadas com 23,4% durante 2003-2007. No entanto, em 2012 os UE-27 continuarão entre os países detentores da maior capacidade de energia eólica instalada na matriz energética, com um total de 102 GW, seguida pela Ásia com 66 GW e América do Norte com 61,3 GW (GWEC, 2009).

As adições anuais de capacidade instalada estão previstas para aumentar de 19,9 GW em 2007 para 36,1 GW em 2012, com uma taxa média de crescimento de 12,7%. Considerando que os mercados têm aumentado anualmente em média 24,7% nos últimos cinco anos, o crescimento poderia ser muito maior no futuro. Este problema deverá ser superado em 2010, e juntamente com o desenvolvimento do mercado *offshore*, as taxas de crescimento são esperadas para a recuperação na próxima década.

A GWEC prevê que os países da Ásia irão instalar 12,5 GW de nova capacidade de geração eólica até 2012; em 2007 esse percentual era de 5,2 GW. Esse crescimento será liderado principalmente pela China, que desde 2004, dobrou sua capacidade total a cada ano. Em 2010, a China poderá tornar-se o maior mercado em nível mundial. Esta evolução é sustentada por um crescente número de fabricantes nacionais e estrangeiros que operam no mercado chinês. Enquanto a China irá emergir como o líder continental na Ásia, o crescimento sustentado também está previsto na Índia. Outros mercados, como Japão, Coreia do Sul e Taiwan também irão contribuir para o desenvolvimento da energia eólica na Região.

O desenvolvimento em grande escala da energia eólica *offshore* só vai começar a ter um impacto significativo no crescimento do mercado europeu no final do período de tempo considerado. No entanto, espera-se que o desenvolvimento *offshore* dará um impulso ao crescimento na Europa durante a próxima década. Na Europa, Alemanha e Espanha continuarão a ser o principal mercado, mas o seu peso relativo diminuirá com outros mercados nacionais surgindo no cenário europeu. A Espanha contribuiu com

mais de 3,5 GW de novas instalações em 2007. Porém, essas metas não serão sustentadas, estando a média em 2 a 2,5 GW por ano, porém permitindo a Espanha alcançar as metas propostas pelo governo e chegar em 2010, com 20 GW de potência instalada na matriz energética nacional. O tamanho do mercado alemão diminuirá anualmente, mas continuará sendo o segundo mercado mais forte europeu para o período 2008-2012 e o maior em termos de capacidade instalada total. Em 2010, a evolução dos parques *offshore* dará um novo impulso ao mercado alemão, resultando em um crescimento maior. Outros importantes mercados na Europa serão a França e o Reino Unido, cada qual com um aumento médio de 1 GW / ano. Ou seja, no computo geral isso significa ampliação da tecnologia *offshore*, aumento no abastecimento energético a partir de fontes renováveis e redução das emissões de gases de efeito estufa.

O mercado norte-americano crescerá nos próximos anos, liderado pelos Estados Unidos. No total, a América do Norte vai crescer 42,6 GW nos próximos anos, atingindo 61,3 GW de capacidade total instalada em 2012. Isso representa uma média de 8,5 GW de nova capacidade adicionados a cada ano (a maior parte instalada nos Estados Unidos) (GWEC, 2009).

Já a América Latina deve contribuir mais significativamente para o total global no futuro, impulsionado principalmente pelo Brasil, México e Chile. Em 2012, a capacidade total instalada na América Latina e Caribe aumentará oito vezes até chegar a 4,5 GW, com uma média anual próxima de 1,4 GW até 2012. No entanto, apesar do seu enorme potencial, entre os países da América Latina é provável que se mantenha um pequeno mercado até o final de 2012, evoluindo para um desenvolvimento mais significativo na próxima década.

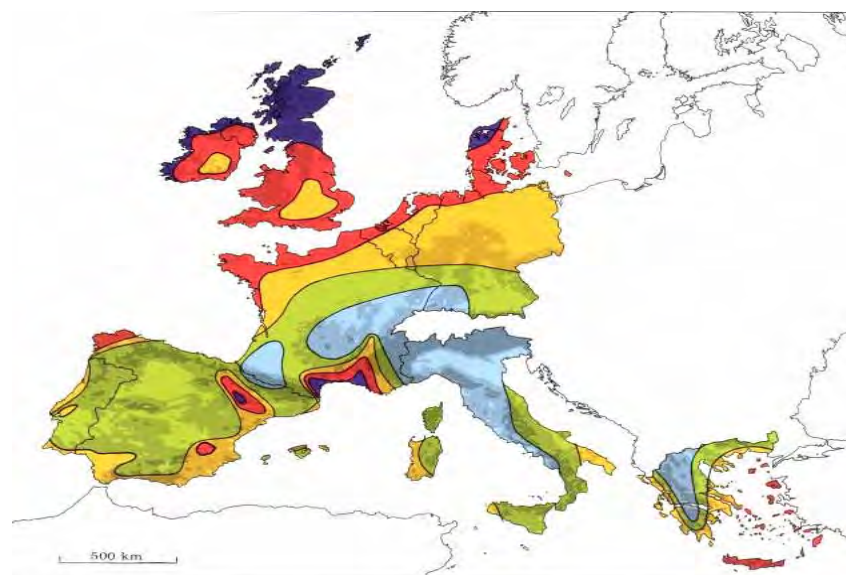
A região do Pacífico crescerá 2,3 GW de novas instalações no período 2008-2012, elevando o total para 3,5 GW. Isso porque, a Austrália, após a ratificação do Protocolo de Kyoto, bem como o compromisso de produzir 20% de eletricidade a partir de fontes renováveis até 2020, ampliou as perspectivas para o futuro da energia eólica na região. Já a Nova Zelândia, no entanto, teve um pequeno impulso com 151

MW de novas instalações em 2007 e apresenta projetos em estágios de desenvolvimento (ZERVOS; KJAER, 2009).

A África e o Oriente Médio continuarão sendo as regiões de menor desenvolvimento da energia eólica, com uma capacidade total instalada de 3 GW até 2012. No entanto, espera-se que o crescimento do mercado amplie nos próximos cinco anos, com acréscimos anuais próximo de 800 MW até 2012. Esse desenvolvimento será conduzido principalmente pelo Egito e Marrocos, com algum desenvolvimento também previsto em outros países do Norte Africano e do Médio Oriente.

4.3 O status da energia eólica na Europa

O *European Wind Atlas* (Atlas Eólico Europeu) foi desenvolvido em 1993 pelo laboratório dinamarquês RISØ (Riso National Laboratory) utilizando o programa computacional WAsP (*Wind Atlas Analysis and Application Program*) a partir de várias estações anemométricas instaladas em toda a Europa. A Figura 7 apresenta o potencial anual médio de velocidade do vento em toda a Europa. O que se constata é o amplo potencial da França, Reino Unido e Irlanda cujo valor de referência são superiores a 6 m/s acima de 50 m. O potencial médio de vento na Alemanha é de 5,5 m/s. No entanto, uma turbina instalada na Irlanda pode produzir duas vezes ou mais comparada com a mesma turbina instalada na Alemanha. Mas, o desenvolvimento do potencial eólico alemão atingir patamares que superaram em doze vezes a potência instalada na Irlanda, França e Reino Unido juntos nos últimos anos (REICHE, 2004 *apud* Dutra, 2007).



Wind resources ¹ at 50 metres above ground level for five different topographic conditions									
Sheltered terrain ²		Open plain ³		At a sea coast ⁴		Open sea ⁵		Hills and ridges ⁶	
m s^{-1}	Wm^{-2}	m s^{-1}	Wm^{-2}	m s^{-1}	Wm^{-2}	m s^{-1}	Wm^{-2}	m s^{-1}	Wm^{-2}
> 6.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0- 8.5	400- 700
< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

Fonte: TROEN, 1991

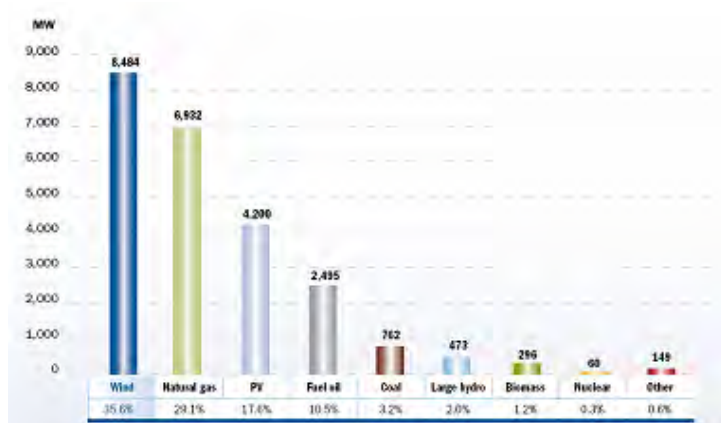
Figura 7 - Mapa do potencial eólico Europeu.

Em 1997, a Comissão Europeia, através das Diretrizes para as Energias Renováveis estipulou como meta a instalação de 40GW em potência energética para 2010, nos então 15 países da União Europeia. As metas eram produzir 80 TWh de energia renovável e poupar 72 milhões de toneladas de CO₂. Alcançadas em 2005, essas metas consolidaram o mercado de energias renováveis na Europa. Tal condição proporcionou a criação de novas metas para a produção e geração de energia a partir das fontes renováveis: passar de 337 TWh em 1995, para 675 TWh em 2010. Até o final de 2008, havia 65 GW de potência em energia eólica instalada nos UE-27, dos quais 63,9 GW provinham dos UE-15¹⁹ - produzindo 137 TWh de eletricidade - 40% das metas estabelecidas pelas Diretrizes da Comissão Europeia para 2010. A EWEA

¹⁹ Em 1951 a União Europeia é formada pela Bélgica, Países Baixos, Luxemburgo, (Benelux) Alemanha, França, Itália. Em 1973 a Dinamarca, Irlanda, Reino Unido, junta-se aos seis. Em 1981 adere a Grécia, e em 1986 a Espanha e Portugal. Em 1990 a Alemanha do Leste é anexada à ocidental, ampliando a área de abrangência e a população dos Estados Membros. Em 1995 a Áustria, Finlândia e Suécia somam-se aos outros 12 membros, compondo o Bloco dos 15 (UE-15). Em 2005 o Chipre, Eslováquia, Eslovênia, Estônia, Hungria, Letônia, Lituânia, Malta, Polônia e República Tcheca aderem à União Europeia, aumentando o número de Estados para 25. Em 2007 aumentou para 27 Estados com a adesão da Bulgária e da Romênia.

esperava que a geração de energia eólica alcançasse a produção de 179 TWh em 2010, atendendo a 53% da meta para 2010 para todas as energias renováveis (GWEC, 2009).

Na UE, a capacidade de energia eólica instalada na última década acumulava em média 26%. Nesse período, o potencial eólico saltou de 6,5 GW em 1998 para 64,9 GW em 2008. Em termos de instalações anuais, o mercado europeu para as energias eólicas tem crescido em média 17% na última década, passando de 1,7 GW em 1998 para 8,5 GW em 2008.



Fonte: EWEA, 2009

Figura 8 - Nova capacidade instalada na UE (2008)

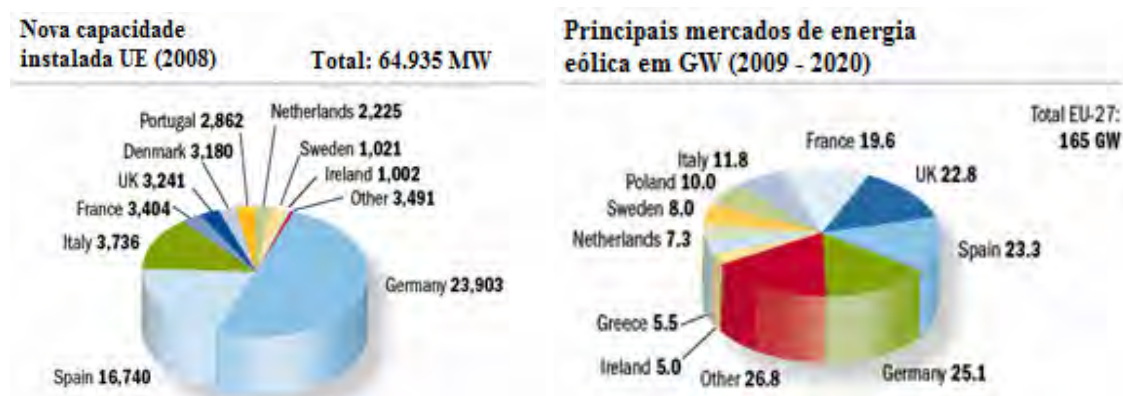
Até o final de 2008, 43% de todo potencial instalado nos UE-27 provinha da energia eólica, ultrapassando todas as demais fontes de geração de energia, incluindo o gás, carvão e energia nuclear. No total, foram instalados 19.651 MW, sendo 8.484 MW (43%) a partir da energia eólica; 6.932 MW (35%) do gás natural; 2.495 MW (13%) do óleo diesel; 762MW (4%) do carvão; e 473 MW (2%) de hidroelétrica. Isso significa que, pela primeira vez, a energia eólica destaca-se entre as tecnologias de geração de energia na comunidade Europeia.

4.4 Energia eólica e os estados membros da UE

A Alemanha (25 GW) e a Espanha (17 GW) continuam a liderar, em termos de capacidade instalada em energia eólica na Europa. Ou seja, do total da capacidade instalada da UE, 63% estão representados nos dois países. No entanto, em 2008, três

grandes países - Itália (3,7 GW), França (3,4 GW) e Reino Unido (3,2 GW), superaram a Dinamarca (3,2 GW), então terceiro maior país em termos de produção e geração de energia eólica.

No total, a capacidade de energia eólica na UE aumentará em 165 GW até 2020. A Alemanha e a Espanha estarão à frente - durante os próximos 12 anos -, aumentando sua capacidade instalada em 25,1 GW e 23,3 GW, respectivamente - que compõem 29% do aumento total da UE. No entanto, tanto o Reino Unido, irá adicionar 22,8 GW até 2020 e a França outros 19,6 GW, irão se aproximar dos líderes europeus. Eles são seguidos por Itália (11,8 GW), Polônia (10 GW) e Suécia (8 GW).



Fonte: GWEC, 2009

Figura 9 -Capacidade Instalada e perspectivas de aumento do potencial eólico entre os UE-27.

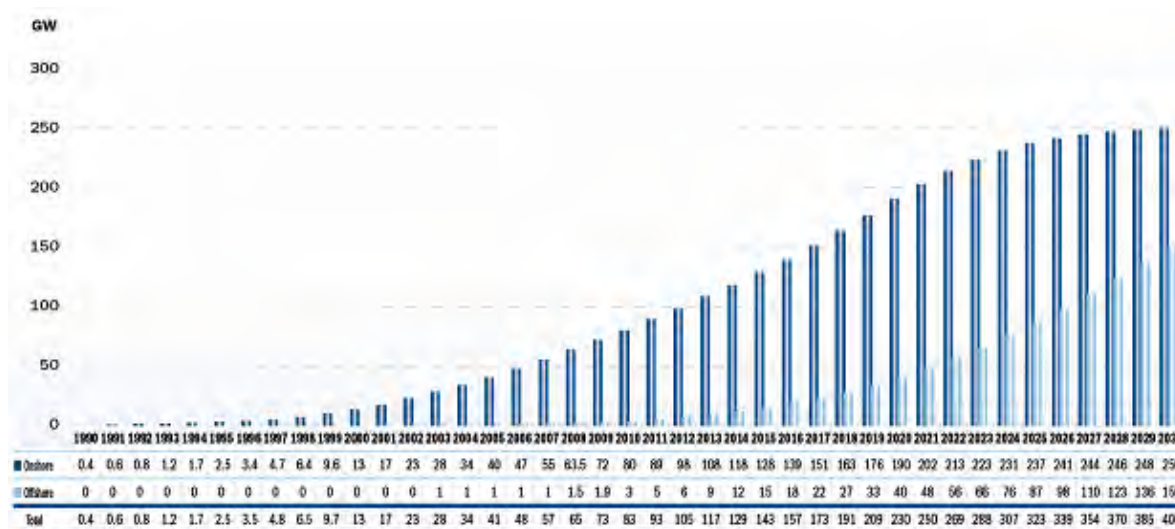
Em 2008, a Alemanha continuou na liderança no número do potencial instalada (1.665 GW), ligeiramente a frente da Espanha (1.609 GW), seguidos pela Itália (1.010 GW), França (0,950 GW) e Reino Unido (0,836 GW). Dez países - Alemanha, Espanha, Itália, França, Reino Unido, Dinamarca, Portugal, a Holanda, Suécia e Irlanda – estão entre os países que superaram a marca de 1 GW em potência eólica instalada anualmente.

Alemanha, Espanha e Dinamarca - os três países pioneiros no uso da energia eólica, como mencionado acima – juntos representam atualmente 67,5% do total da capacidade instalada de energia eólica nos UE-27. No entanto, na Dinamarca houve uma redução significativa no número de instalações anuais, de 89% em 2002 para 39% em 2008. A Alemanha e Espanha continuam a atrair os maiores investimentos, porém, há um forte

crescimento do mercado eólico ocorrendo em outros países europeus. Em 2002, 0,679 GW de capacidade total instalada europeia de energia eólica foram feitas fora da Alemanha, Espanha e Dinamarca. Em 2008, o potencial era de 5.133 GW – ou seja, mais de sete vezes. Um dos motivos pelo qual os outros países europeus estão investindo em energia eólica dar-se-á, em parte, como resultado da Diretriz em Energias Renováveis UE aprovada em 2001 e reformulada em 2009 (ZERVOS, A.; KJAER, 2009).

4.5 Energia eólica: mercado *offshore* e as projeções futuras

O gráfico da Figura 10 mostra que, até 2030, espera-se que a energia eólica possa produzir 250 GW em terra e 150 GW *offshore*. Ainda é possível analisar a evolução da capacidade acumulada de energia eólica de acordo com os novos objetivos estabelecidos pela EWEA aos UE-27. O S-curva de crescimento exponencial observado no desenvolvimento *onshore* entrará em processo de saturação até 2030. Em termos de capacidade total, *offshore* atingirá até 2023, 63,5 GW de energia eólica, o mesmo operado em terra no final de 2008. Espera-se, portanto, que a capacidade eólica *offshore* total será superior a capacidade em terra após 2030. Uma comparação de cenários desenvolvidos pela EWEA até 2030 - com os de analistas independentes - mostra que os objetivos da EWEA são conservadores. No entanto, não há dados estatísticos disponíveis a partir 2030. Espera-se que a energia eólica produza 1.155 TWh - *onshore* 592 TWh e 563 TWh *offshore* -, respondendo por 26% e 34% da demanda por eletricidade entre os países do bloco. Devido ao fator de maior capacidade de turbinas no mar, os 150 GW de capacidade eólica *offshore* produzirá tanto energia como a energia eólica *onshore* 250 GW em 2030. Em 2020, a produção de energia eólica *offshore* (148 TWh) será superior à produção atual de eletricidade a partir da energia eólica *onshore* (132 TWh) (ZERVOS, A.; KJAER, 2009).



Fonte: EWEA, 2009

Figura 10 - Potencial acumulado *onshore* e *offshore* nos UE (1990 – 2030).

As projeções de crescimento da energia eólica na UE-27 vão depender do desenvolvimento da energia eólica nos UE-27 nas próximas duas décadas, principalmente da evolução do mercado *offshore*. Em dezembro de 2007, a Comissão Europeia anunciou novas medidas para o desenvolvimento da energia eólica *offshore* nos UE-27. Segundo o cenário de referência da EWEA, os países do bloco têm como intuito produzir 230 GW de capacidade instalada de energia eólica em 2020. No cenário de referência da EWEA, esse potencial pode chegar a 300 GW em 2030; porém, os UE-27 esperam, num cenário superestimado, gerar 350 GW (incluindo 150 GW *offshore*); e, 200 GW (incluindo 40 GW *offshore*) num cenário subestimado em 2030 (EWEA, 2009).

Atualmente, cinco países da UE - Dinamarca, Espanha, Portugal, Irlanda e Alemanha – possuem mais de 5% da sua demanda em eletricidade produzida a partir da energia eólica, representado por 133 kW para cada 1.000 hab. A Dinamarca continua como o país que apresenta o maior percentual da matriz energética a base de energia eólica da EU, superior a 20% do consumo total do país, de longe, o maior percentual em relação a qualquer país do mundo. Em termos per capita, o país também lidera esse percentual com 589 kW/1.000 habitantes, seguido pela Espanha (405 kW) e Alemanha (290 kW).

Segundo a Diretriz de Energias Renováveis da União Europeia, até junho de 2010, todos os UE-27 apresentaram seu Plano de Ação Nacional em Energias Renováveis - National Renewable Energy Action Plans (NREAPs). Todos os UE-27 devem fornecer estimativas de consumo final de energia (renováveis e não renováveis), para cada ano entre 2010 e 2020. Essa análise deve contemplar três diferentes setores: aquecimento/refrigeração, eletricidade e transporte. Ainda, devem apresentar metas adicionais as energias renováveis, incluindo *onshore* e *offshore*, produzidas a partir da energia eólica. Por fim, devem especificar, em termos de capacidade instalada (MW), bem como em termos de produção de eletricidade (TW/h).

Com base nessas projeções, chegou-se a dois cenários de referência, um superestimado (alta produção de energias renováveis) e outro subestimado (baixa produção de energia) para cada mercado nacional até 2020. Os cenários baseiam-se nas projeções da EWEA. A associação define uma abordagem tradicionalmente conservadora às metas futuras para a energia eólica. Essas propõem que a capacidade total instalada de energia eólica na UE até 2020, atinja 230 GW, produzindo 580 TW/h de eletricidade. O cenário superestimado reconhece a energia eólica como a mais acessível das tecnologias em energias renováveis para o mercado de geração de eletricidade, tornando-a mais susceptível a quotas mais elevadas dentro dos objetivos da UE para as energias renováveis. Para muitos países, no entanto, o cenário também leva em conta as metas anunciadas pelos governos nacionais para sua produção. Neste, o total de energia eólica instalada atingirá 265 GW em 2020, produzindo 681 TW/h de eletricidade.

A capacidade total instalada de energia eólica, até o final de 2008, deixou de emitir à atmosfera o equivalente a 91 megatoneladas (Mt) de CO₂. Esse percentual representa as emissões de CO₂ evitadas pelos Estados-Membros em 1990, ano-base para cumprimento dos compromissos acordados no Protocolo de Kyoto. Os números supõem que 1 TW/h de energia eólica desloca 0,667 milhões de toneladas de CO₂ - com base na capacidade energética média da UE. Deste montante, 89,8 milhões de toneladas foram evitados nos UE-15, que têm obrigação compartilhada no âmbito do Protocolo de Kyoto: reduzir suas emissões de GEE em 8% relativamente aos níveis de

1990. A redução de 8% em relação a 1990 equivale a cerca de 340 milhões de toneladas equivalente CO₂ (CO₂eq). O potencial eólico instalado nos UE-15, até o final de 2008, reduziu as emissões em 2,1% de GEE, a nível de 1990, isso corresponde a 27% dos compromissos assumidos pelo bloco no Protocolo de Kyoto.

4.6 O panorama eólico alemão: modelo e perspectivas

4.6.1 Erneuerbare-Energien-Gesetz: contexto histórico

O setor elétrico alemão é descentralizado, um dos motivos que mais facilitou o rápido desenvolvimento das energias renováveis. Os diferentes governos: federal, estadual e municipal, dispõe de uma liberdade que os permite exercer papéis importantes na regulamentação de leis do setor, sendo os três níveis capazes de legislar sobre a política energética. Os primeiros projetos alemães em energia eólica surgiram no início dos anos 80 nos estados do norte alemão (*Nordrhein-Westfalen* e *Niedersachsen*), influenciado pelas boas condições de vento. Cada estado é competente para legislar sobre o processo de produção e tarifas de uso de energia elétrica, mesmo que tais procedimentos sejam regulados pelo governo federal alemão (Bundestarifordnung Elektrizität, BTOElt). Ainda possui autorização para instituir procedimentos diferenciados quanto ao processo de licenciamento para a construção de novas plantas de energia e redes de distribuição; incentivos fiscais visando a promoção de políticas expansionistas de geração de energia (COSTA, 2006). Esse arcabouço permitiu o desenvolvimento das tecnologias de energias renováveis, principalmente eólica e, posteriormente, a consolidação de política de ampliação dessas fontes na matriz energética alemã.

Esse cenário, ou seja, a descentralização das indústrias de energia permitiu que os atores regionais pudessem influenciar na tomada de posição quanto ao desenvolvimento e criação de políticas locais que beneficiavam a ampliação das fontes de energia renovável na matriz energética estadual. No entanto, a liberação do mercado de energia somente ocorreu em 1998, sustentado por um interesse real de promoção, desenvolvimento e ampliação das novas fontes de energia renovável no

mercado interno. Por outro lado, essas empresas, por meio de associações, como a Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE), exerciam, em determinados estados alemães, forte atividade de *lobby*, facilitando a criação dessas políticas.

A *Einführung des Stromeinspeisegesetzes – StrEG* (Lei de Alimentação de Corrente), foi introduzida na Alemanha em 7 de dezembro de 1990, visando consolidar a promoção e o desenvolvimento de fontes renováveis de energia, intermediada pela criação de um regime tarifário. Seu objetivo consiste em incentivar a utilização de novas energias renováveis, como a eólica, biomassa, hidráulica, geotérmica e solar fotovoltaica. Até o momento da institucionalização da lei, as empresas que operavam as malhas de distribuição de energia ainda não eram obrigadas a fornecer acesso livre à rede para todos os geradores de eletricidade, inclusive os que operam em pequena escala, uma vez que estes eram responsáveis pela maior geração de energia renovável. Desde então, todos esses operadores de eletricidade foram obrigados a fornecer eletricidade a partir de fontes alternativas de energia, facilitando, assim, a ampliação dessa fonte na matriz energética alemã. Já os produtores de energia renovável recebiam um preço mínimo por kW/h produzido e exportado para as redes de distribuição e, além disso, as empresas que as operavam eram obrigadas por lei a conectá-los e a reduzir sua produção de energia convencional.

Os preços a serem pagos pelas operadoras aos produtores de energia a partir de fontes renováveis eram estabelecidos no “*Feed-in*”, que garantia uma remuneração de cerca de 90% acima do preço médio da energia convencional vendida ao consumidor durante o ano anterior para eólica e solar, bem como 80% para as outras fontes de energia renovável. No entanto, houve forte resistência por parte das empresas operadoras ao “*Feed-in*”, que reclamavam na justiça europeia a constitucionalidade da Lei, devido à redução no valor do pagamento do preço para geração a partir das fontes renováveis. A indústria de energia renovável começou a exigir alterações na Lei, bem como a participação dos demais geradores de energias renováveis que não eram contemplados com um valor adequado de reembolso (como no caso da solar, biomassa e geotérmica) (COSTA, 2006).

A idéia fundamental da *StEG* era que os operadores das redes de energia deveriam fornecê-la a partir de fontes renováveis e teriam como garantia aos produtores um preço fixo para a compra da energia gerada por meio do *Feed-in tariffs*. Com isso, esperava-se torná-la mais competitiva no mercado frente às fontes tradicionais, bem como variar a oferta gerada pelo produtor a partir de uma diversidade de fonte de energia renovável. Ainda visava incentivar os avanços tecnológicos do setor e diminuir os custos de peças e instalação.

No ano 2000 entrou em vigor a primeira versão desta lei, substituída em agosto de 2004 pela *Erneuerbare-Energien-Gesetz/EEG* (Lei de Energias Renováveis) e é a base principal no desenvolvimento do mercado de energia eólica na Alemanha. Para a energia eólica, uma tarifa inicial é fixada por, pelo menos, cinco anos, podendo chegar até 20 anos, dependendo das condições locais do vento e da capacidade de rendimento. Em locais onde as condições de ventos são favoráveis (rendimento de referência de 150%) recebem a tarifa inicial, por exemplo, por cinco anos, enquanto que para os projetos em locais menos favoráveis este período pode ser prorrogado. Todos os projetos estão condicionados a um valor tarifário mediante o rendimento de referência igual ou superior a 60%, para evitar a instalação de turbinas eólicas em locais com baixa condição de vento.

Em 1 de Janeiro de 2009, entrou em vigor a *EEG2*, cuja proposta foi a alteração nas tarifas a serem contratadas, bem como a criação específica de tarifas a partir de produção de energia eólica *offshore*. Houve um aumento significativo nas novas tarifas em vigor, fortalecendo e estimulando o crescimento do mercado. A tarifa inicial para a energia eólica *onshore* aumentou para €9,2 cent / kW/h (acima de €8,7 cent / kW/h), e a tarifa mínima foi fixada em €5,02 cent / kW/h. No entanto, há uma redução progressiva anual de 1% para as novas instalações.

Para a energia eólica *offshore*, a tarifa aumentou para €13 cent / kW/h, acrescido de um “bônus adicional sprinter” de €2 cent / kW/h para projetos que entrarão em operação antes do final de 2015. Os primeiros €15 cent / kW/h, serão pagos por um período de 12 anos, e depois diminuirão para €3,5 cent / kW/h. Essa tarifa pode ser maior para projetos em águas mais profundas e mais longe da costa. As tarifas

Offshore vão diminuir anualmente 5% para as novas instalações a partir de 2015, cuja tarifa inicial será em 2016 de €13 cent / kW/h (GWEC, 2009).

O ressarcimento máximo de até €59,5 cents por kW/h, será pago para eletricidade produzida a partir das células solares fotovoltaicas. Segundo os dados do *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BUM)*, o nível total da subvenção foi de € 2,4 bilhões, com um custo por consumidor de € 0,0056 por kWh (3% dos custos de energia elétrica residencial). Cenários sobre a evolução do impacto na tarifa até 2020, estimam que o valor máximo será de €2,80 /mês em 2017, reduzindo para €2,70 /mês em 2020 devido ao fato de algumas fontes passarem a ser competitivas, sem precisar mais do suporte financeiro. Isso porque, a cada ano as tarifas são reduzidas objetivando incentivar a produção mais eficiente de energia renovável. A partir de 2008, as reduções anuais passaram para 1,5% - para a eletricidade produzida a partir da energia eólica; 5% para a eletricidade a partir de energia fotovoltaica; e, 1% da eletricidade a partir de biomassa (GWEC, 2009).

Na EEG2 houve a necessidade de requerer novos operadores de rede para ampliar, aperfeiçoar e otimizar as redes já existentes. Isso porque, na nova lei manteve uma tarifa especial (bônus de repotenciação) visando à substituição de turbinas eólicas com tempo de vida superior a dez anos. Ainda foi criado um estímulo para as trocas de turbinas com pelo menos o dobro da capacidade nominal. A adoção desses incentivos possibilitou um pequeno aumento no desenvolvimento de projetos de repotenciação durante 2009.

Tabela 5 - Desenvolvimento da capacidade total instalada na Alemanha em usinas eólicas.

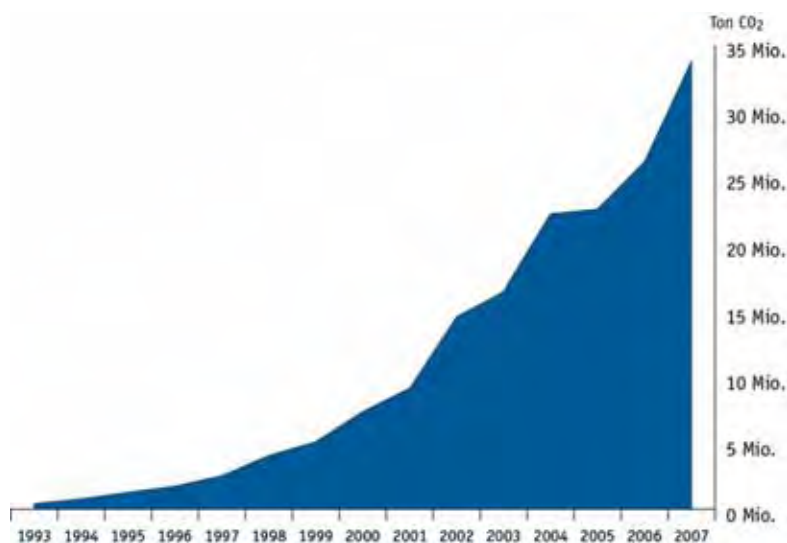
Capacidade Total Instalada									
Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
MW	8.754	11.994	14.609	16.629	18.415	20.622	22.247	23.903	25.777

Fonte: GWEC, 2009

No ano de 2009, 958 novas turbinas com uma capacidade de 1.665 MW foram instaladas, o que representou um crescimento de 145%, em relação a 2008. Com isso, elevou-se para 25.777 MW o potencial instalado do país, gerando 38 TW/h de energia

ou cerca de 7% do consumo de energia elétrica do país. Uma pequena queda, se comparada a 2008, cujo potencial 40,4 TW/h de eletricidade. Nesse percentual, a energia eólica é a maior contribuinte individual dentro da mistura de energias renováveis. O tamanho médio das turbinas instaladas em 2009 ficou acima de 2 MW. Porém, há turbinas cuja capacidade nominal chega a 6 MW e estão entre as maiores operando atualmente no mundo. Entre os estados líderes, em termos de capacidade *onshore* instalada, destaca-se *Niedersachsen* (Baixa Saxônia), com 6.407 MW. Na região norte da Alemanha, vários estados já fornecem mais de um terço de sua produção de eletricidade a partir da energia eólica: *Sachsen-Anhalt* (47%), *Mecklenburg-Vorpommern* (41%), *Schleswig-Holstein* (40%) e *Brandenburg* (36%) (GWEC, 2009).

O objetivo da *EEG* é incentivar o desenvolvimento de tecnologias renováveis, reduzir os custos e aumentar a segurança do abastecimento energético e, concomitantemente, atingir a meta de 14% no consumo de eletricidade a partir de fontes de energias renováveis no país em 2010 e 20% em 2020. A título de comparação, em 1990 a participação de fontes de energia renovável no consumo de eletricidade era pouco abaixo de 4%; já em 2005 esse percentual alcançou 10,2%, com um total de 62.168 GW/h. Pode-se verificar um crescimento expressivo da energia eólica a partir de 2000, e da biomassa, a partir de 2003. Já a hidroeletricidade manteve-se constante variando de 17 para 21 TW/h. O total de energias renováveis financiada pela *EEG*, em 2005 foi cerca de 43.700 TW/h, sendo 70% da produção subsidiada com a tarifa do *Feed-in*. Em 2010, o percentual de energias renováveis financiadas pela *EEG* passou para 15,1%. O governo alemão aumentou as metas de energia renovável para 27% na matriz energética do país até 2020 (antes em 20%) e para 45% até 2030, sustentado pelo desempenho do mercado, principalmente, da energia eólica (GWEC, 2009).



Fonte EWED, 2009

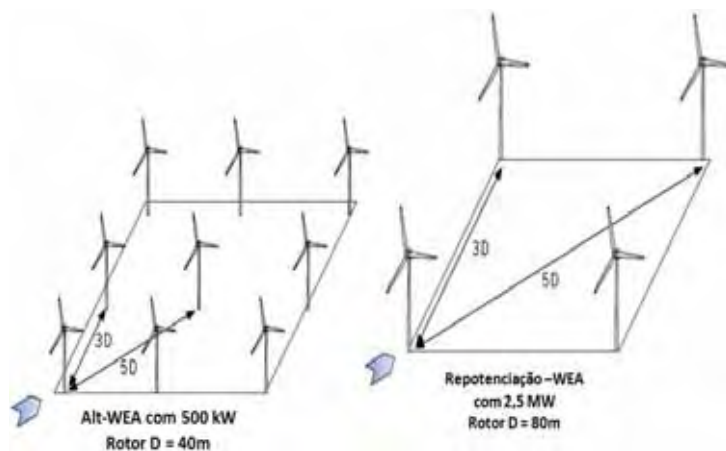
Figura 11 - Emissões reduzidas a partir do uso de fontes renováveis na Alemanha.

Segundo dados do BMU, os benefícios em termos de compensação das emissões de gases de efeito estufa podem ser observados na figura 11. A EEG reduziu a emissão, em 2003, de cerca de 23 milhões toneladas de dióxido de carbono e, em 2005, cerca de 37 milhões de toneladas. Em 2006, a adoção das diretrizes instituídas pela nova Lei evitou a emissão de 45 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂). Se analisados todo o processo de produção e uso das energias renováveis na Alemanha – para eletricidade, calor e energia para os transportes – houve uma redução de mais de 100 milhões de toneladas de CO₂ lançados a atmosfera em 2006. Até o fim de 2007, as emissões alemãs diminuíram 22,4%, em comparação com o início da década de 1990. Com esse percentual, a Alemanha cumpre as metas definidas no Protocolo de Kyoto, que estabelece um recuo de 21% nas emissões do país, em relação a 1990. Com o desenvolvimento das energias renováveis, por meio da EEG e as tarifas do *Feed-in*, o objetivo do BMU é reduzir em 110 milhões de toneladas em 2020 e economizar anualmente mais de 20 bilhões de euros na importação de energia (SAWIN, 2007).

4.6.2 As perspectivas futuras: repotenciação e desenvolvimento *offshore*

A Alemanha investiu fortemente no desenvolvimento e consumo de energia eólica e não dispõe mais de áreas adequadas para a ampliação dessas fontes. Como

vimos anteriormente, a EEG2 possibilitou um processo repotenciação dos parques eólicos com mais de 10 anos de operação. Esse processo foi incentivado por tarifas específicas cujo objetivo é possibilitar que a energia eólica possa continuar a desempenhar um papel significativo na ampliação da matriz energética renovável na Alemanha. Inicialmente, estão sendo feitas pesquisas quanto à capacidade de ampliação do potencial nominal a partir de turbinas mais altas e de maior capacidade instalada, como ilustrado na figura 12. Esses projetos estão sendo desenvolvidos, em primeiro lugar, nas zonas costeiras, pois os estudos estimam que com a repotenciação seja possível dobrar o potencial de energia eólica instalada na Alemanha. Ou seja, espera-se que com um número significativamente menor de turbinas seja possível triplicar a produção de energia. Apesar do elevado potencial técnico, a repotenciação na Alemanha avança a um ritmo ainda lento. Isso ocorre, porque a maioria das turbinas não cumpre as metas da EEG2, ou seja, não possuem idade considerada econômica para a repotenciação.



Fonte: DWI, 2007

Figura 12 - Estrutura do processo de repotenciação dos parques eólicos alemães.

No final de 2008, apenas 152 MW de capacidade instalada era passiva de repotenciação. Em 2009, os projetos de repotenciação representaram 136 MW de nova capacidade instalada. No entanto, espera-se que esse processo possa ter um aumento significativo após 2010. Até 2015 mais de 6 GW de capacidade atualmente em operação terá mais de 15 anos.

No entanto, há algumas regiões que possuem restrições quanto ao processo de repotenciação, principalmente, quanto à altura das turbinas. Isso pode inibir a colocação de novas turbinas projetadas para produzir o máximo de energia a partir de um determinado local e a altura maior. As turbinas modernas, com alturas acima de 100 metros podem atingir fatores de capacidade de 35% no continente e 45% nas zonas costeiras e montanhosas. A fim de maximizar o potencial da Alemanha, o governo federal e alguns estados já manifestaram disponibilidade para repensar as condições de enquadramento e discuti-los com as autoridades de planejamento local e regional. O Estado Federal de Hessen, por exemplo, mudou as regras de planejamento em 2009 permitindo abrir partes da floresta para o desenvolvimento da energia eólica e atualmente está repensando restrições de altura. Pode haver impactos significativos em termos de biodiversidade local, caso a implantação desses projetos seja feita de maneira a não preservar tais biomas locais.

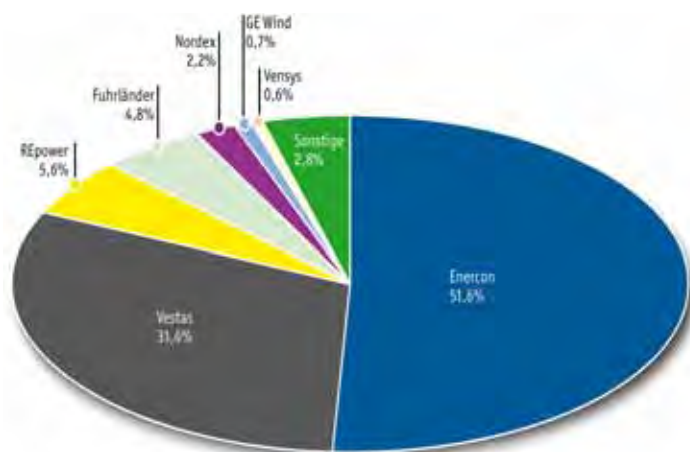
O desenvolvimento do setor *offshore* alemão também foi possível com a reformulação da EEG2 em 2009. Com a entrada em vigor da Lei, 60 MW instalados foram decorrentes da instalação do primeiro parque eólico *offshore* da Alemanha. Esse foi o primeiro parque construído pela Alpha Ventus e possui 12 turbinas com capacidade de 5 MW cada, que estão fornecendo eletricidade para o continente. Porém, o governo alemão prevê a construção/ampliação de novos parques eólicos *offshore*.

As projeções para a energia eólica *offshore* prevêem que o potencial instalado pode chegar a 3GW em 2015. A maioria dos parques *offshore* será construído entre 20-60 km da costa, em águas de 20-40 metros de profundidade. Porém, já foram licenciados 24 projetos, com uma capacidade total de cerca de 7GW. Os custos para a conexão de parques eólicos *offshore* à rede continental deve ser assumido pelos Operadores de Sistemas de Transmissão (OST), já começaram a planejar as linhas de conexão para conjuntos de projetos *offshore* (GWEC, 2009).

Em 2010, a indústria eólica alemã espera que os novos parques eólicos possam gerar cerca de 2.300 MW, dos quais 300 MW de capacidade de *offshore*. Os projetos marítimos deverão desempenhar um papel significativo na capacidade e crescimento anual da

energia eólica nos próximos anos. No entanto, o principal impulso para seu crescimento continuará a ser a partir de novos empreendimentos em terra e repotenciação. Segundo cálculos da Associação Alemã de Energia Eólica (BWE), a capacidade total instalada *onshore* pode chegar a 45 GW, com 10 GW adicionais de energia eólica *offshore* em 2020. A energia eólica poderá gerar cerca de 150 TWh/ano de energia, fornecendo 25% do consumo de eletricidade na Alemanha em 2020.

As indústrias de fabricação e fornecimento de turbinas eólicas alemãs estão fortemente orientadas para a exportação e respondem por cerca de 80% da sua produção mundial. Hoje, cerca de 30% das turbinas eólicas do mundo são fabricadas por empresas alemãs. A indústria eólica atingiu um volume de negócios próximo a € 3 bilhões em 2009. Na figura 13 é possível constatar o percentual de participação dos principais fabricantes na Alemanha de turbinas eólicas: a Enercon, com uma quota de mercado superior a 50%, é a maior indústria eólica do país, seguida pela Vestas (30%) e a REpower Systems (5,6%). Um mercado consolidado com as novas instalações, incluindo as exportações, bem como a instalação, operação e manutenção, gerando, atualmente, cerca de 100.000 postos de trabalho.



Fonte: DEWI, 2008

Figura 13 - Participação das empresas no Mercado Eólico Alemão - 2008

Como essa estrutura, a Alemanha se diferencia dos demais países na busca por fontes alternativas de energia. Outro ponto a observar foi o acelerado desenvolvimento tecnológico do setor, que possibilitou a totalidade no uso nacional de turbinas eólicas.

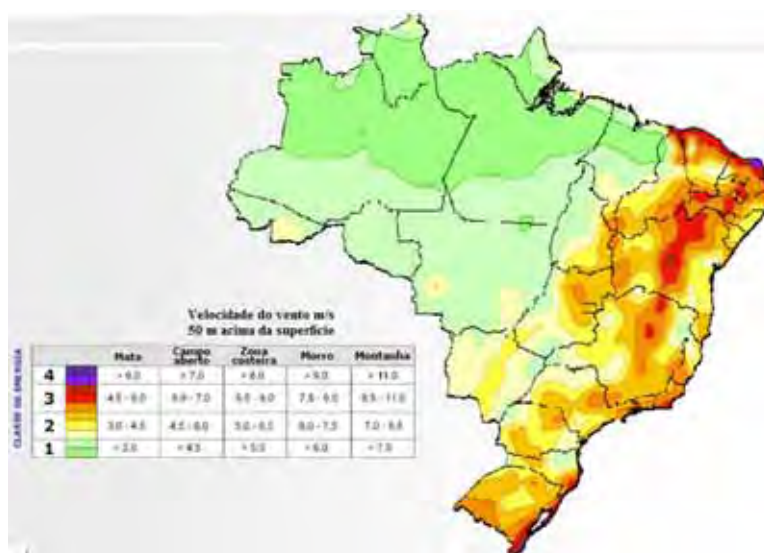
A representatividade do governo foi de extrema importância para o desenvolvimento tecnológico. Em todos os países onde a tecnologia eólica mais se desenvolveu, dentre os quais a Alemanha, Dinamarca, Estados Unidos, Espanha e China, a participação estatal na consolidação de políticas específicas destinada ao setor, consolidou um importante mercado de energia eólica. O setor eólico alemão pode representar até 8% na matriz energética do país em 2010. É com essas características que a Alemanha revela-se como líder mundial no potencial instalado de energia eólica, bem como na participação das suas empresas no mercado mundial de geração e produção de energia

A extensão do mercado alemão de energia eólica é outro ponto a ser discutido, isso porque, a Alemanha, por meio de programas de repotenciação poderá esgotar as possibilidades de desenvolvimento interno do setor. A saturação do mercado nacional requer a ampliação do setor aos mercados externos, daí a possibilidade de estendê-lo a países como o Brasil, já que o país está entre os seis mais importantes mercados eólicos do mundo. Mas para a expansão do setor para o mercado brasileiro, há a necessidade de ampliação de programas como o Proinfa. A proposta inicial do programa deixa a desejar quanto a continuidade na consolidação do setor, uma vez que os sítios brasileiros abrange todo o litoral. A instalação de apenas 1.422,22 MW ainda é muito pequeno frente ao enorme potencial disponível no território, bem como a disponibilidade das empresas de produção de equipamentos eólicos já instalados no Brasil.

4.7 Energia eólica: panorama e política no Brasil

Assim como em outros países, a fonte de energia eólica vem ganhando mais espaço no Brasil a partir do final da década de 90. Este avanço decorre, principalmente, a partir da pressão global por fontes limpas de energia, seu desenvolvimento tecnológico e uso comercial no mercado internacional de energia. O Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia (Proinfa) tornou-se de fato o maior programa nacional de incentivo as fontes alternativas de energia.

Os primeiros estudos foram feitos na região Nordeste, principalmente no Ceará e em Pernambuco. Em 1998, o Centro Brasileiro de Energia Eólica – CBEE, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE²⁰, publicou a primeira versão do *Atlas Eólico da Região Nordeste*. A continuidade desse trabalho resultou no *Panorama do Potencial Eólico no Brasil*. Com os estudos do Centro de Referência em Energia Solar e Eólica – CRESESB/CEPEL, foi publicado o primeiro referencial no âmbito nacional do potencial eólico brasileiro. Segundo dados do Atlas (figura 14), o potencial estimado é de 143 GW (a 50 metros de altura), cujas regiões ao longo da costa brasileira dispõem de excelentes sítios para instalação de parques eólicos. Essa característica é de extrema relevância para o Brasil, uma vez que metade da população brasileira encontra-se próxima das regiões costeiras.



Fonte: CEPEL, 2001.

Figura 14 - Mapa do potencial eólico brasileiro dividido por Estado.

Praticamente todas as regiões do Brasil têm potencial eólico expressivo, especialmente a região Nordeste, que já tem inventariados 75 GW; a região Sudeste 30 GW, e a Sul 22.8 GW. Por meio da Tabela 6 é possível analisar o potencial médio de

²⁰ A publicação do Atlas eólica do nordeste brasileiro contou com o apoio da ANEEL e do Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT.

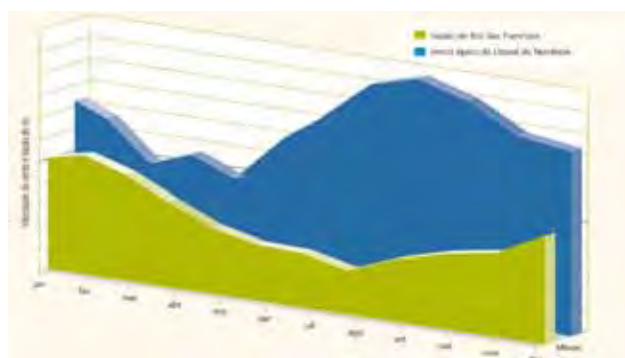
vento nas cinco regiões analisadas e as que apresentam melhores condições de implantação de parques eólicos²¹.

Tabela 6: Potencial médio de vento nas diversas paisagens brasileiras.

	Mata		Campo Aberto		Zona Costeira		Morros		Montanhas	
Classe	$V_m(m/s)$	$E_m(W/m^2)$	$V_m(m/s)$	$E_m(W/m^2)$	$V_m(m/s)$	$E_m(W/m^2)$	$V_m(m/s)$	$E_m(W/m^2)$	$V_m(m/s)$	$E_m(W/m^2)$
4	> 6	> 200	> 7	> 300	> 8	480	> 9	> 700	> 11	> 1250
3	4,5 – 6	80 – 200	6 – 7	200–300	6,5 – 8	250– 480	7,5 – 9	380– 700	8,5 – 11	650–1250
2	3 – 4,5	25 – 80	4,5 – 6	80 – 200	5 – 6,5	100 –250	6 – 7,5	200–380	7 – 8,5	300 – 650
1	< 3	< 25	< 4,5	< 80	5	<100	< 6	< 200	< 7	< 300

Fonte: FEITOSA, E.A.N., et al. Panorama Eólico no Brasil, 2003

Um fator que dá ao Brasil uma característica peculiar refere-se à disponibilidade de uma complementaridade entre o regime hídrico e o regime eólico, ou seja, quanto menos chove mais venta e vice-versa. Esses dados são facilmente observados na figura 15 e nos possibilitam afirmar que a implantação de projetos eólicos permitirá economizar água no período de estiagem e nos períodos chuvosos a potência do vento diminui, formando um ciclo que é naturalmente complementar. Essa se torna uma das especificidades únicas do desenvolvimento da energia eólica no Brasil, em comparação a outros cenários mundiais, exemplificado na figura abaixo.



Fonte: CBEE/UFPE, 2000

Figura 15 - Sazonalidade eólica/hídrica.

²¹ Os valores correspondem à velocidade média anual do vento a 50 m de altura em m/s (V_m) e à densidade média de energia média em W/m^2 (E_m). Os valores de E_m foram obtidos para as seguintes condições padrão: altitude igual ao nível do mar, temperatura de 20°C e fator de Weibull de 2,5. A mudança de altitude para 1.000 m acima do nível do mar acarreta uma diminuição de 9% na densidade média de energia e a diminuição de temperatura para 15°C provoca um aumento de cerca de 2% na densidade de energia média.

Os primeiros projetos em energia eólica instalados no Brasil possuíam características de pequeno porte, destinados ao abastecimento local de comunidades isoladas não abastecidas pelo SIN. O arquipélago de Fernando de Noronha- PE foi o primeiro exemplo brasileiro – em nível de suprimento energético – escolhido para receber a primeira turbina eólica. O Grupo de Energia Eólica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com financiamento do Folkecenter (um instituto de pesquisas dinamarquês), em parceria com a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE) implantou, em junho de 1992, o projeto. A título experimental, o projeto instalado no arquipélago era composto apenas por uma turbina eólica com uma torre de 23 metros e um rotor de 17 metros de diâmetro capaz de produzir 75 kW. Como resultado, o projeto inicial abasteceu em 10% a energia demandada pela ilha, condição que proporcionou uma economia de 70 mil litros de óleo diesel por ano. Oito anos depois (2000) foi instalada a segunda turbina eólica. Esta foi desenvolvida pelo CBEE, com a colaboração do RISØ National Laboratory da Dinamarca, e financiada pela ANEEL. Juntas, as duas turbinas fornecem cerca de 25% da eletricidade consumida pela comunidade que vive na ilha. Essas duas turbinas eólicas tornaram Fernando de Noronha o maior sistema híbrido eólico-diesel do Brasil (ANEEL, 2006).

Em decorrência da crise de energia brasileira em 2001, o governo brasileiro instituiu a Resolução n. 24, na qual criava a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica - GCE²², e instituiu o Programa Emergencial de Energia Eólica – PROEÓLICA. O Programa tinha como objetivo promover o aproveitamento dessa fonte de energia como alternativa de desenvolvimento energético, econômico, social e ambiental, por meio de ações que pudessem viabilizar, até dezembro de 2003, a implantação de 1.050 MW de geração de energia elétrica, a partir da energia eólica. Ainda, previa incentivos que assegurassem por quinze anos a compra, pela ELETROBRAS, da energia produzida pelas usinas eólicas que entrassem em operação até dezembro de 2003 (SILVA, 2006).

²² Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica – Criada pelo governo Federal em maio de 2001, tinha como objetivo propor e implementar medidas emergenciais face a crítica situação hidrológica, visando compatibilizar demanda e oferta de energia elétrica, de forma a evitar interrupções intempestivas ou imprevistas do suprimento de energia elétrica (DOU, 2001).

A compra da energia produzida através do Programa estaria condicionada as regulamentações da ANNEL, referente ao valor de mercado praticado no setor. Já os custos da energia comprada seriam repassados às concessionárias de distribuição do SIN. Porém, a adoção do Proeólica, não resultou, emergencialmente, em adicionalidades à matriz energética brasileira. Muito pelo contrário, nenhum empreendimento foi realizado. Antes do Proinfa não havia projetos de produção comercial de energia eólica no Brasil. A título de projetos, havia 11 empreendimentos em operação e somavam 28.625 MW em 2005.

4.7.1 O programa de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica

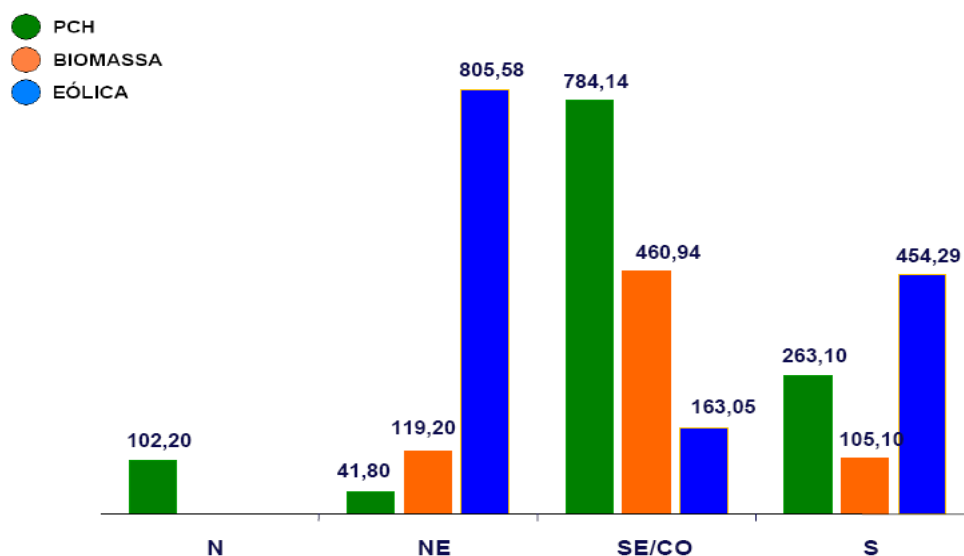
O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) foi criado no âmbito do Ministério de Minas e Energia (MME) pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002²³ e revisado pela Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003, cujos objetivos consistem em

[...] aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos, concebidos com base em fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, no Sistema Interligado Nacional (SIN), será implantado nos termos deste Decreto [...]. O PROINFA também visa reduzir a emissão de gases de efeito estufa, nos termos do Protocolo de Kyoto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, aprovado pelo Decreto Legislativo nº 144, de 20 de junho de 2002, contribuindo para o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2009).

O Programa previa a implantação de 3.300 MW de capacidade, em instalações de produção com início de funcionamento previsto para até 30 de dezembro de 2006. As Centrais Elétricas Brasileiras S.A (ELETROBRÁS) assegurava a compra da energia a ser produzida, no período de 20 anos. Com a revisão da lei, em 2003, houve reajustes quanto as propostas iniciais e definindo limites máximos de contratação por Estados (220MW). O objetivo era regionalizar os projetos que, até aquele momento, era centralizado entre os Estados do Ceará, que ficaria com 95% da energia eólica; Minas

²³ Coube ao Ministério de Minas e Energia (MME), definir as diretrizes, elaborar o planejamento do Programa e definir o valor econômico de cada fonte e à Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás), o papel de agente executora, com a celebração de contratos de compra e venda de energia (CCVE).

Gerais, com a maioria das PCHs; e a biomassa, no Estado de São Paulo. Abaixo, a figura 16 exemplifica a divisão por regiões brasileiras que receberam os maiores incentivos quanto ao desenvolvimento do Proinfa.



Fonte: Eletrobrás, 2009.

Figura 16 - Distribuição regional dos projetos do Proinfa

Porém, poucos foram os avanços na implantação dos projetos contratados pelo Proinfa, um dos fatores foi a viabilidade econômica dos parques eólicos no Brasil. Com um índice de nacionalização obrigatório, na ocasião 60% (sessenta por cento), apenas a Wobben (Enercon/Alemanha) possuía uma fábrica no país, cujo foco de atuação era a exportação à sua matriz alemã, visando atender a demanda no mercado europeu²⁴. Com a obrigatoriedade de uso para os equipamentos, o desenvolvimento do setor de energia eólica no Brasil ficou muito limitado. A viabilidade dos projetos só poderia ocorrer se os componentes utilizados fossem construídos no Brasil. Como havia somente uma fábrica de aerogeradores para a indústria eólica no momento da implantação do programa, bem como a falta de perspectiva quanto à instalação de novas empresas do setor, houve um forte aumento no preço dos componentes utilizados o que dificultou a implantação dos empreendimentos aprovados no Proinfa (Molly, 2004 *apud* Bermann, 2007).

²⁴ A Wobben passou a orientar sua produção para o mercado brasileiro, a partir de fevereiro de 2002 com a construção de uma fábrica em Pecem (CE) e em 2005 uma nova fábrica foi construída em Gravataí (RS).

Com essas condições, houve a necessidade de reformular novamente o acordo, o qual foi feito com a Lei n.º 11.943, de 28 de maio de 2009. A nova lei alterou o calendário de entrada em operação dos projetos previstos inicialmente para o final de 2006. Nela, o prazo para o início de funcionamento desses empreendimentos se encerra em 30 de dezembro de 2010. Com a conclusão dos projetos, estão previstos a contratação de 144 usinas, num total de 3.299,40 MW de capacidade instalada. A entrada em operação dessas usinas responderiam pela geração de, aproximadamente, 12.000 GWh/ano de energia elétrica - quantidade capaz de abastecer cerca de 6,9 milhões de residências e equivalente a 3,2% do consumo total anual do país. Os 3.299,40 MW contratados estão divididos em 1.191,24 MW provenientes de 63 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), 1.422,92 MW de 54 usinas eólicas, e 685,24 MW de 27 usinas a base de biomassa (Eletrobrás, 2009). Os dados apresentados na Tabela 7 permitem analisar o resultado dos projetos contratados pelo Proinfa.

Tabela 7 - Projetos contratados pelo Proinfa;

Resultado da Contratação					
Fonte	Empreendimento	Potência Contratada (MW)	Energia (GWh/ano)	Custo R\$ (milhões/ano)	Investimento (R\$ bilhões)
PCH	63	1.191,24	6.541	802	3,60
Eólica	54	1.422,92	3.719	786	5,53
Biomassa	27	685,24	2.275	230	1,01
Total	144	3.299,40	12.536	1.818	10,14

Fonte: Eletrobras, 2009.

Desde 2006 estão operando 87 usinas do total estipulado e gerando 1.777,26 MW de energia elétrica. Desse total, 877,54 MW provêm de PCH; 514,34 MW são derivados da Biomassa e 385,38 MW são produzidos pelas usinas eólicas. Em 2009, outras 18 novas usinas entraram em operação, totalizando 184,03 MW, mas estão aguardando a regularização para operação comercial pelo Proinfa. Os 92 empreendimentos produzem 2.197,41 MW, num total de R\$ 7,8 bilhões em investimentos financiados, entre outros pelo BNDES, BB e CEF²⁵. Destes, 60 projetos estão inseridos no Programa de Aceleração do Crescimento – PAC (48 PCHs, 10

²⁵ Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social; Banco do Brasil, Caixa Econômica Federal.

Eólicas e 2 UTEs) (MME, 2009). As Tabelas 8, 9 e 10 mostram o resumo dos 144 empreendimentos prospectados pelo Proinfa e seu estágio de desenvolvimento.

Tabela 8 - Projetos em operação pelo Proinfa

FONTE	Em operação			TOTAL	
	Quantidade	MW	%	Quantidade	MW
PCH	46	925,54	78%	63	1.191
Biomassas	20	514,34	75%	27	685
Eólicas	23	385,38	27%	54	1.423
TOTAL	89	1.825,26	55%	144	3.299

Fonte: Eletrobrás / Ref.:08/2009

Tabela 9 - Projetos em construção pelo Proinfa

FONTE	Em construção			TOTAL	
	Quantidade	MW	%	Quantidade	MW
PCH	15	249,00	21	63	1.191
Biomassas	1	35,00	5	27	685
Eólicas	14	445,80	31	54	1.423
TOTAL	30	730,00	55	144	3.299

Fonte: Eletrobrás/ Ref.:08/2009

Tabela 10 - Projetos não iniciados pelo Proinfa.

FONTE	Não iniciada a construção			TOTAL	
	Quantidade	MW	%	Quantidade	MW
PCH	1	6,70	1	63	1.191
Biomassas	0	0,00	0	27	685
Eólicas	17	591,74	42	54	1.423
TOTAL	18	598,44	18	144	3.299

Fonte: Eletrobrás/ Ref.:08/2009

Até 2007 o Brasil dispunha de apenas uma fábrica de aerogeradores instaladas para suprir a demanda interna. Em 28 de maio de 2009, com a aprovação da Lei nº 11.943, o Ministério de Minas e Energia (MME) eliminou a exigência do percentual de nacionalização dos equipamentos, facilitando o uso dos aerogeradores importados nos processos de licitação. Pela nova regra, os empreendedores poderão importá-los com potência nominal igual ou superior a 1.5 MW, porém, foi estabelecido 14% como tarifa de sua importação. No entanto, mantiveram-se as regras de contratação nacional para os equipamentos abaixo dessa capacidade. Anteriormente, apenas aerogeradores com potência superior a 2 MW podiam ser importados (AbeEólica, 2009).

A implementação dos 3.299,40 MW iniciais deveria ser igualmente distribuída em termos de capacidade instalada por cada uma das fontes. A compra da energia gerada basear-se-ia no valor econômico correspondente à tecnologia de cada fonte²⁶, num piso de 50%, 70% e 90%²⁷, para a produção concebida a partir de biomassa, pequenas centrais hidrelétricas e energia eólica, respectivamente. Portanto, o valor por fonte de energia ficará relativamente acima do praticado pela geração hidrelétrica, uma vez que a tecnologia empregada é efetivamente mais cara. Os valores pagos a biomassa foram negociados a R\$ 110 por MW/hora (bagaço de cana), enquanto que para as PCH's, o valor pago ficou em R\$ 135 por MW/hora e a energia eólica, o preço variou entre R\$ 208 e R\$ 240, dependendo da localização do projeto e do fator de capacidade, no caso das usinas eólicas. Esses valores serão corrigidos pelo IGPM, conforme a Portaria nº 45, de 30 de março de 2004/ MME, sendo esta a data de referência para reajuste dos valores (SILVA, 2006). A título de comparação, no último leilão da Aneel (julho 2010)²⁸, o preço da energia hidrelétrica foi negociada em R\$ 99,48 por MW/hora.

²⁶ Valor Econômico Correspondente à Tecnologia Específica de Cada Fonte: “valor de venda de energia elétrica que, em um determinado tempo e para um determinado nível de eficiência, viabiliza economicamente um projeto de padrão médio utilizando a referida fonte”.

²⁷ Cálculo baseado na tarifa média nacional de fornecimento de energia elétrica ao consumidor final dos últimos doze meses.

²⁸ As usinas contratadas foram Garibalci (SC-177,9 MW), Colíder (MT-300 MW), Ferreira Gomes (AP-252 MW), Pirapora (SP-25 MW), Canaã (RO-17 MW), Jamari (RO-20 MW), Santa Cruz de Monte Negro (17 MW).

Esse valor será rateado entre todas as classes de consumidores atendidos pelo SIN²⁹, exceto os consumidores pertencentes à subclasse residencial de baixa renda - esta definida como aqueles consumidores de consumo mensal igual ou inferior a 80 kWh/mês – atendidos pelo Sistema Interligado Nacional³⁰, proporcionalmente ao consumo individual verificado (SILVA, 2006). O preço será determinado pelo Valor Econômico Correspondente à Geração de Energia Competitiva³¹. Essa compra anual condiciona-se ao atendimento mínimo de 15% por fonte de energia, de forma a atender a demanda pelo mercado consumidor nacional. Os dados da Tabela 11 permitem analisar o perfil das usinas de energia eólica contratadas no âmbito do Proinfa.

Tabela 11 - UEE's cadastrada para leilão em maio de 2007

Empreendimento	UF	Potencia (MW)	Empreendedor
BA3 – Caetité	BA	192,10	Heraklion Participações
Campos do Cemitério	PI	22,50	SBER
Jaguarão	RS	50,15	GAMESA
Livramento	RS	74,80	GAMESA
MACACOS 1 e 2	RN	161,50	Nova Energia Serra Verde
Paracuru	CE	100,00	Cataventos de Paracuru
Pedra do Sal	PI	52,60	Seawest do Brasil
REN 01- MEL	RN	89,25	Enerbrasil
Santa Marta	SC	46,50	Enersan
Sta vitória do Palmar	RS	20,00	ENERSAN
Serra dos Antunes	RS	98,60	Gamesa
Três Pinheiros	SC	30,00	Sta Cruz Energia
Ubajara	CE	100,00	Cataventos de Ubajara
Verdes Mares	RN	158,40	Eólica Verdes Mares Ltda.
Total		1.196,40	

Fonte: EPE, 2007

²⁹O Sistema Interligado Nacional (SNI) compreende 96,6% da capacidade de produção de eletricidade do país, sendo composto pelas unidades geradoras localizadas nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Os 3,4% restantes de capacidade de produção elétrica não contemplada pelo SIN encontra-se concentrado em pequenos sistemas isolados, sobremaneira, na região amazônica.

³⁰O sistema brasileiro de geração elétrica tem uma capacidade instalada de 72.843 MW (Dezembro de 2002). O mesmo é predominantemente hídrico, sendo as usinas hidroelétricas responsáveis por aproximadamente 88% da potencia total instalada, as unidades termelétricas respondem por 9,3% e energia nuclear por 2,76%.

³¹Valor Econômico Correspondente à Geração de Energia Competitiva: “custo médio ponderado de geração de novos aproveitamentos hidráulicos com potência superior a 30.000KW e centrais termelétricas a gás natural”.

O Proinfa deveria viabilizar 54 usinas eólicas, num total de 1.422,9MW em potência instalada. Mas, próximo de encerrar a vigência da primeira fase existem, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), 19 empreendimentos eólicos não concluídos. Dados da Aneel afirmam que, destes, nove usinas já estão em construção, com previsão de gerarem energia até 2011. Esses projetos totalizam 315,5MW em capacidade³². Outros 351,2MW são apontados como empreendimentos em que existem "impedimentos para entrada em operação", como obras não iniciadas ou problemas com documentação, localização ou licenciamento ambiental (ANEEL, 2010).

Os dados da Aneel enumeram dez usinas eólicas que sequer tiveram a construção iniciada. Ainda assim, a Aneel estima que, dessas usinas, uma deve iniciar a operação ainda neste ano, gerando 8MW. E outras, somando 202,8MW, devem entrar em funcionamento em 2011 - embora o prazo para os parques do Proinfa tenham como data limite para a geração no ano de 2010. Com isso, há alterações no valor contratado pelo Programa. Isso porque, no final de 2009, o preço máximo reajustado pago aos investidores responsáveis pelas usinas eólicas do Proinfa era de R\$277 por MWh. Nos últimos leilões de reserva e de fontes alternativas de energia (agosto 2010), a tarifa média para os empreendimentos da fonte ficou em R\$130,86 por MWh. Tal condição está associada a irregularidades na área destinada ao desenvolvimento do projeto (Usina Quintanilha Machado I, no Rio de Janeiro)³³ ou por falta de equipamentos (Alhandra, Paraíba)³⁴.

4.7.2 As barreiras brasileiras após o primeiro leilão de energia eólica

O primeiro leilão de energia eólica do Brasil ocorreu em dezembro de 2009, sendo contratados 1.805 megawatts (ou 783 MW médios) nas regiões sul e nordeste do

³² A média mundial do fator de capacidade dos parques eólicos é de 30%. Isso significa que durante 30% do ano há produção de energia, e nos outros 70% a produção não é significativa.

³³ Os investidores não receberam autorização para implantação do projeto devido à influência que as torres teriam sobre o aeroporto de Cabo Frio. No momento, está em andamento um estudo para definir uma nova área para a usina eólica. Inicialmente o projeto foi licitado para gerar 135MW de energia.

³⁴ Embora o contrato para o fornecimento de equipamentos para a usina tenha sido assinado em 2009, a implantação do projeto ainda não começou. Num total, o projeto de Alhandra terá capacidade instalada de 5,4MW.

país. Serão construídos 71 novos empreendimentos, num total de 773 aerogeradores com uma capacidade somada de 1.805,7 megawatts (MW)³⁵. Estes têm como prazo 1º de julho de 2012 para entrar em operação, concessionados por 20 anos, num total de R\$ 19,5 bilhões durante o período. O preço médio da energia comercializada ficou em R\$ 148,39 o MWh, (o preço mínimo ficou em R\$ 131 e o máximo, em R\$ 153,07 o MWh), dependendo das dificuldade do projeto.

O Rio Grande do Norte foi o Estado que mais recebeu investimentos em projetos de energia eólica: 657 MW de potência instalada e 23 parques aprovados, seguido pelo Estado do Ceará, com 542 MW; Bahia, 390 MW; Rio Grande do Sul, 186 MW; e Sergipe, 30 MW. Em operação, esses parques irão produzir 132.015 gigawatts por hora (GWh), 1,4% a mais do que é gerado em um ano pela usina hidrelétrica de Itaipu. Essa logística irá influenciar ainda mais a definição de áreas para a construção de novas fábricas de aerogeradores no Brasil. A Tabela 12 apresenta dados que mostram o salto no número de potencia instalada no Brasil.

Tabela 12 - Desenvolvimento do potencial eólico brasileiro.

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
MW	22	29	29	29	237	247	341	705

Fonte: GWEC, 2009.

Os empreendimentos de energia eólica no Brasil somam atualmente 705 MW e 36 usinas geradoras. Outros dez projetos que somam 256,4 MW e estão em fase de construção e outros 45, com potencial de 2.139,7 MW, já foram licitados (AbeEólica, 2009).

Apesar das políticas de incentivo iniciadas com o PROINFA e os atuais leilões de compra de energia a partir das fontes eólicas, o Brasil enfrenta alguns empecilhos. Uma das primeiras barreiras com a qual depara-se a energia eólica são os marcos regulatórios que ainda estão muito aquém das necessidades de suprimento energético brasileiro. A começar pela denominação atribuída a energia eólica – entendida como

³⁵ Participaram do leilão 339 projetos que, somados, poderiam gerar dez mil megawatts, porém foram descartados todos aqueles que superaram o preço de R\$ 189 por megawatt.

fonte alternativa e, portanto, restrita a projetos de pouco apelo socioeconômico e político. Nessa condição e apesar de apresentar custos compatíveis para a participação em um mercado competitivo, a energia eólica no Brasil ainda necessita de programas de incentivo ao seu desenvolvimento. Ou seja, até agora os programas e projetos desenvolvidos no Brasil não foram capazes de promover e consolidar o setor eólico a médio e longo prazo.

Diferente do cenário alemão, as empresas brasileiras de energia eólica não exercem significativa representatividade (*lobby*) entre os governos estaduais e o governo federal a ponto de influenciar a criação de políticas públicas de desenvolvimento; a sociedade brasileira pouco conhece ou está disposta a pagar pelo uso dessas energias, bem como entende sua viabilidade para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Outra questão, e de forte relevância, refere-se ao modelo de distribuição de energia produzida no Brasil. Esse está estruturado em subestações, o que acarreta um aumento nos custos da geração e conexão da energia eólica, pois os melhores sítios se encontram a grande distância dessas subestações (Silva, 2006).

Estes mecanismos não foram suficientes para promover um crescimento contínuo de projetos em energia eólica, uma vez que seus objetivos não se basearam na inserção no longo prazo. Mesmo com as grandes incertezas e com as freqüentes mudanças regulatórias, alguns projetos eólicos comerciais foram implementados através de Plano Plurianual (PPA's), estabelecidos com as concessionárias locais. De certa maneira, todo o setor de fontes renováveis no Brasil esperava a implantação de um novo mecanismo que viabilizasse novos projetos e que houvesse um planejamento de longo prazo para que os mesmos pudessem ser absorvidos de forma contínua.

Outra dificuldade é a disponibilidade de atendimento da demanda de aerogeradores, pelo mercado nacional, face ao aquecimento do mercado mundial e a taxa de importação impostas. O ideal, para impulsionar o setor brasileiro, seria estabelecer um mercado livre e uma política nacional de longo prazo, com estímulos e regras que atraíssem novas fábricas. Ao mesmo tempo, serviria de contribuição para a capacitação e desenvolvimento tecnológico, uma vez que o Brasil ainda não domina a tecnologia de geração de energia eólica. Frente a demanda energética brasileira, as

crescentes pressões pela redução das emissões de gases de efeito estufa, as limitadas áreas de construção de novas hidroelétricas e os impactos na região amazônica, o país deve avançar no desenvolvimento da tecnologia eólica como forma de suprir a demanda por energia elétrica. O Proinfa tornou-se a primeira possibilidade para abrir espaço e mercado para o desenvolvimento de tecnologia nacional, em virtude da abertura de novos parques eólicos no país. Com algumas fábricas já instaladas e novas empresas que sinalizaram a construção de outras unidades, principalmente no sudeste e nordeste, o Brasil pode tornar-se também um importante mercado de energia eólica.

Os novos parques eólicos em operação prospectados pelo Proinfa e os decorrentes do primeiro leilão brasileiro para o setor, possibilitará, sobretudo no litoral do nordeste, a redução de perdas na transmissão elétricas de longas distâncias e o aumento da eficiência do SIN. A utilização de sistemas eólicos para geração de energia elétrica tornou-se, nos últimos anos, altamente competitiva em relação a outros empreendimentos energéticos: as usinas eólicas contribuem significativamente para a consolidação das metas de desenvolvimento sustentável; para a redução da poluição atmosférica ao substituir combustíveis fósseis; reduz a necessidade de construção de novas hidrelétricas, evitando o alagamento de grandes áreas para o reservatório de água.

4.7.3 Os pontos positivos

Se analisados os pontos positivos à ampliação da matriz energética a partir das fontes eólicas, pode-se começar com o enorme potencial prospectado na costa brasileira (como foi demonstrado); num paralelo direto, tem-se a maior concentração populacional nessas regiões, o que facilitaria atender ainda mais seu abastecimento; entre outros. Associado à geração de energia a partir da energia solar, o potencial a partir de fontes renováveis e limpas do Brasil pode atingir patamares superiores a qualquer outro país do mundo.

Portanto, o empreendimento contribui para a sustentabilidade ambiental local, pois: aumenta o fornecimento de energia limpa sem causar significativas adversidades ambientais, podendo ser compatível com a preservação ambiental ou mesmo com o

desenvolvimento de outras atividades; adota medidas de controle e mitigação de impactos; oferece benefícios sociais; evita a emissão de poluentes atmosféricos e; está de acordo com a legislação ambiental vigente.

Espera-se que em 2012 o Brasil deva possuir cinco fabricantes de aerogeradores instalados no país. Além de Wobben e Impsa, outras multinacionais como GE, Alstom e Vestas projetam construir novas unidades, num total de 2.750MW de capacidade de produção anual, segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (AbeEólica). A indiana Suzlon e a alemã Siemens já iniciaram as atividades de construção de novas indústrias de turbinas eólicas (*onshore* e *offshore*) no nordeste brasileiro. Nesse período, a Wobben, que foi a primeira fabricante eólica a se instalar no Brasil, será também a com maior capacidade de produção anual: vai passar dos atuais 500MW para 750MW nos próximos dois anos. A Impsa também vai apostar na expansão, crescendo de 460MW para 600MW durante o período, mesma capacidade que terá a unidade da GE no país. Alstom e Vestas investirão em plantas para produzir 500MW e 300MW em aerogeradores, respectivamente (AbeEólica, 2010). A realização do leilão específico para a energia eólica (dezembro, 2009) pode contribuir para que novas indústrias de produção de aerogeradores se instale no Brasil. Até 2012, o país deve ter uma capacidade de produção anual de 2.750 MW em equipamentos (AbeEólica, 2010).

Segundo o Plano Decenal de Energia (PDE 2009 -2019), lançado à audiência pública pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), projeta-se a contratação de 6.041MW em parques eólicos até 2019, o que representa próximo de 3% da demanda energética brasileira. Porém, segundo a ABEEOLICA, a energia eólica poderá responder por 10% da matriz energética brasileira até 2019, caso o governo brasileiro adote medidas políticas que possam beneficiar o setor (AbeEólica, 2010). De acordo com o Plano de Expansão do setor elétrico brasileiro, 80% da demanda de energia para os próximos dez anos será proveniente de fontes alternativas e, as bases para a construção desse suplemento energético já estão em construção. Um ponto importante que merece ser destacado no Plano é o percentual das fontes alternativas de energia.

Os benefícios do Proinfa se estendem ao setor socioeconômico com a geração de 150 mil postos de trabalho diretos e indiretos durante a construção e a operação, sem

considerar os de efeito-renda. Ainda foram destinados R\$ 4 bilhões em investimentos tecnológicos na indústria nacional de equipamentos e materiais de geração de energias renováveis. A empresa Wobben Windpower, subsidiária da Enercon (alemã) possui 500 funcionários em Sorocaba e mais 300 em Pecém, no Ceará e pretende gerar cerca de 300 novos empregos a partir de 2011. Esse aumento resulta dos novos contratos assinados com as vencedoras do ultimo leilão: Petrobrás, Eletrosul, CPFL e EDP, entre outras (AbeEólica, 2010).

Por último, mas não menos importante, os projetos do Proinfa irão responder pela emissão evitada de 2,5 milhões de tCO₂/ano e criarão um ambiente potencial de negócios de Certificação de Redução de Emissão de Carbono, nos termos do Protocolo de Kyoto.

5 O CENÁRIO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL E NA ALEMANHA

5.1 A política dos biocombustíveis na UE

O biodiesel começou a ser utilizado na Europa em decorrência dos choques do petróleo dos anos 70. A Áustria iniciou a produção comercial de biodiesel a partir da década de 80, mas este novo combustível ganhou impulso apenas em 1992, quando, em consequência das rodadas de negociações da Organização Mundial do Comércio – OMC ocorreu uma mudança na Política Agrícola Comum da União Europeia. Foi estabelecido um programa em que os produtores seriam obrigados, em troca de compensação financeira, a reservar uma parte de suas terras cultiváveis para produção do biodiesel.

Em 2001, a Comissão Europeia apresentou uma proposta legislativa e, em maio de 2003, foi aprovada como uma diretriz do Parlamento Europeu – Diretriz Biocombustíveis 2003/30/EC e do artigo 16.º da Diretriz Tributação da Energia – Conselho de 08/05/2003 – recomendando a adoção, por parte dos países membros, de leis que garantam um consumo mínimo de 2% de biocombustíveis para transportes a partir de 31 de dezembro de 2005. Esse consumo mínimo geraria uma demanda potencial de 5 milhões de t/ano. Estava previsto um percentual de 5,75% para dezembro de 2010 e de até 20% para 2020. Como parte do incentivo à ampliação da produção de biocombustíveis, a União Europeia estipulou, em junho de 2003, o pagamento de 45 euros por hectare cultivado, valor pago a título de crédito de carbono aos fazendeiros que produzam grãos para uso não-alimentício.

Em outubro de 2003 foi aprovada nova Diretriz - 2003/96/EC – Conselho de 27/10/2003 – recomendando a adoção de políticas de redução ou isenção fiscal para todos os biocombustíveis pelos países membros. Essas políticas fariam parte de programas sociais de incentivo ao uso de biocombustíveis e se estenderiam por seis anos, a contar de 1º de janeiro de 2004, podendo ser prorrogados a critério de cada país até 31 de dezembro de 2012. Na figura 17 mostra a capacidade de produção de biodiesel no mercado europeu a partir do ano de 2002 até 2005, e traz também as

metas a serem alcançadas em 2010. Verifica-se que as metas estabelecidas para 2005 não chegaram a ser atingidas, o que ressaltou em dificuldades adicionais para uma mudança de tal porte na cultura energética baseada no petróleo para fontes renováveis, mesmo com todos os ganhos ambientais e de sustentabilidade.



Fonte: Verband Deutscher Biodieselhersteller e. V. Am Weidendamm
 Figura 17 - Metas da produção de biodiesel na UE.

Nesse momento, os biocombustíveis ainda eram um combustível marginal, representando apenas 0,3% no mercado da UE em 2001. Apenas cinco dos então Estados-Membros dispunham de experiência direta significativa com a produção e utilização desse combustível. Já para a maioria dos outros países, tal *know how* eram um dado desconhecido.

Porém, a partir de 2003 o preço do barril do petróleo iniciou-se num constante aumento. Desde então, a interferência no fornecimento de energia foi sentida pelos países da UE que, por sua vez, foi abalada por interferência de fenômenos isolados e distintos: primeiro com os efeitos do furacão Katrina e a alteração no fornecimento de petróleo em Agosto/Setembro de 2005; segundo pela redução na oferta de gás natural fornecido pela Ucrânia em Janeiro de 2006/2008. Ou seja, fatos que, conseqüentemente, alteram o abastecimento, bem como a segurança energética dos Estados Membros. Concomitantemente, houve um maior estímulo ao uso da mistura do biodiesel ao diesel utilizado nos veículos. Desde então, as principais companhias petrolíferas do bloco anunciaram programas de investimento em biocombustíveis, bem como os fabricantes de veículos começaram a comercializar automóveis capazes de

funcionar com misturas de elevado teor de bioetanol, a exemplo do que vinha acontecendo no Brasil (COMISSÃO, 2007).

Esse mercado cresceu em detrimento ao aumento na necessidade de suprir a demanda por energia, concomitante a de alcançar as metas estabelecidas pelo Protocolo de Kyoto. Para isso, a UE assinou com o Brasil, em julho de 2007, em Bruxelas, um acordo de cooperação para desenvolver energias alternativas e garantir a segurança energética. Nesse acordo, incluiu a produção de etanol e biodiesel.

No acordo, a Diretriz Biocombustíveis versa por

“promover a utilização de biocombustíveis, em cada Estado-Membro, por forma a contribuir para o alcance de objetivos tais como o cumprimento dos compromissos relativos às alterações climáticas, à segurança do abastecimento de forma que não prejudique o ambiente e à promoção das fontes de energia renováveis” (COMISSÃO, 2007).

No entanto, embora as outras metas da União relativas a energias renováveis (para a quota global de energias renováveis e para a produção de eletricidade) eram apenas para 2010, a Diretriz dos Biocombustíveis incluía não só uma meta para 2010 (quota de 5,75% do mercado da gasolina e do óleo diesel nos transportes), mas também uma meta de 2% a partir de 2005. Os Estados-Membros deveriam fixar metas indicativas para 2005 tomando este valor como referência.

Por serem indicativas, essas metas nacionais, uma vez adotadas, não são obrigatórias. Embora constituam um compromisso moral assumido em nome dos Estados-Membros, estes não estão juridicamente obrigados a atingir os níveis de utilização de biocombustíveis que escolheram. A abordagem por fases da política europeia reflete-se no fato de, ao contrário da Diretriz das Energias Renováveis na Eletricidade, a Diretriz dos Biocombustíveis não estabelecer qualquer requisito que obrigue os Estados-Membros a "tomar as medidas apropriadas" para atingir as suas metas a partir de 2005.

Pelo contrário, e de importância crucial, é o fato de a Diretriz conter uma "cláusula de revisão" (n.º 2 do artigo 4.º). Em 2006, a Comissão apresentou um relatório sobre os progressos verificados na utilização de biocombustíveis. Com base

nesse relatório concluiu-se que as metas propostas inicialmente podem não ser atingidas. Essas, por sua vez, deverão incidir em propostas nacionais, incluindo eventualmente metas obrigatórias que venham a ser assumidas pelo Bloco. Desse modo, ao adotar a diretriz, a UE reconheceu que poderia ser necessário um sólido sistema de metas obrigatórias, assegurando seu cumprimento para 2010.

Embora o relatório incida nos progressos realizados para o cumprimento dos objetivos da Diretriz Biocombustíveis, é importante salientar que esses objetivos são apoiados por medidas no âmbito da Política Agrícola Comum. Essa ocorreu em detrimento da reforma do setor em 2003. Ou seja, a reforma do setor agrícola amplia seu mercado, em especial, as terras destinadas à agroindústria de cultivo de plantação e produção das bioenergias. As políticas agrícolas comuns da União Europeia prevêm créditos para essas culturas, e baseiam-se num Plano de Ação para as Florestas e estabelecem medidas em favor da energia lenhosa, bem como criam novas políticas de desenvolvimento rural, incluindo medidas de apoio às novas energias renováveis (COMISSÃO, 2007). Ainda é parte desse plano um sistema de "eco-condicionalidade" no qual o governo de cada Estado-Membro submete pagamentos aos agricultores com a condição de cumprimento da legislação comunitária em matéria de preservação ambiental, bem como à manutenção das terras agrícolas em boas condições ambientais. Esta, por sua vez, garante que as culturas utilizadas para a produção de biocombustíveis, bem como para a produção de alimentos, cumpram as normas de sustentabilidade ambiental dos países membros (COMISSÃO, 2007).

Em 2005 os biocombustíveis eram utilizados em 21 dos atuais 27 Estados-Membros da União Europeia. Na ocasião, apenas 1% da cota estimada pela diretriz foi atingida. Este número representa uma boa taxa de progresso - uma duplicação em dois anos. Todavia, é inferior ao valor de referência 2%, e inferior à quota de 1,4% que teria sido atingida se todos os Estados-Membros tivessem cumprido as suas metas. Além disso, os progressos foram muito desiguais. O valor de referência só foi atingido pela Alemanha (3,8%) e pela Suécia (2,2%). Embora o biodiesel alcançou uma quota de cerca de 1,6% do mercado do óleo diesel, no mercado da gasolina o percentual de mistura do etanol representou apenas 0,4% (COMISSÃO, 2007).

Como demonstrado acima, os Estados Membros da União Europeia fixaram metas de produção dos biocombustíveis para 2010. Sendo assim, se a proposta for mantida, tais cotas nesses estados atingirão os 5,45%. No entanto, há quem questione essas estatísticas, já que em 2005 apenas dois dos 21 Estados-Membros que tinham dados disponíveis atingiram as metas que tinham fixado. Ou seja, em média, cada Estado-Membro aproximou-se cerca de 52% dos objetivos propostos. Mesmo que a diferença seja apenas metade desse percentual a ser alcançado em 2010, a previsão da Comissão Europeia é que os 27 países atinjam uma quota de 4,2% de biocombustíveis (COMISSÃO, 2007). A Comissão considera esta uma estimativa razoável nos resultados prováveis para as políticas e medidas existentes e, por conseguinte, que é provável que as metas da Diretriz para os Biocombustíveis não seja atingida em 2010 (COMISSÃO, 2007).

No entanto, para entender quais são as bases sobre as quais se sustenta as medidas necessárias para avançar as políticas em torno dos biocombustíveis, faz-se necessário a ampliação das pesquisas sobre o caso de dois Estados-Membros, em que se observaram os maiores progressos: a Alemanha e a Suécia. A criação de políticas em torno desses combustíveis na Alemanha perpassou principalmente pelo biodiesel. No entanto, a Suécia concentrou a sua atenção no etanol. Porém, outros aspectos foram comuns nos dois países em torno da criação de políticas de promoção dos biocombustíveis:

Ambos têm desenvolvido atividades neste domínio há vários anos. Ambos promovem não só misturas com elevado teor de biocombustíveis ou biocombustíveis puros (que dão visibilidade à política) como também misturas com baixo teor de biocombustíveis compatíveis com os motores e modalidades de distribuição existentes (que maximizam o alcance da política). Ambos concederam isenções fiscais aos biocombustíveis, sem limitação da quantidade elegível. Ambos combinaram a produção interna com as importações (do Brasil no caso da Suécia, de outros Estados-Membros no caso da Alemanha). Ambos estão investindo em IDT no domínio dos biocombustíveis e têm tratado os biocombustíveis de primeira geração como uma ponte para a segunda geração (COMISSÃO, 2007).

Tem-se nas isenções fiscais uma forma de apoio e consolidação de políticas de desenvolvimento da agroindústria dos biocombustíveis, bem como na sua importação.

Esta por sua vez, está sustentada na garantia do aumento do consumo, bem como quanto à venda da sua produção. A criação da lei obriga que os fornecedores de combustíveis incluam uma determinada percentagem na quantidade total a ser disponibilizada no mercado, garantindo que a produção dos biocombustíveis seja comercializada. A longo prazo, significa afirmar que o aumento na mistura aplicável aos combustíveis fósseis fará diminuir os custos da produção dos biocombustíveis. Em parte pelo fato de assegurarem sua implantação em grande escala, o que se revelará como sendo a abordagem mais eficaz a fim de alcançar as metas propostas pela Comissão Europeia de segurança energética e atingir as metas acordadas no Protocolo de Kyoto.

5.2 As metas dos biocombustíveis na União Europeia

As políticas em torno dos biocombustíveis ganham força no cenário da União Europeia a ponto de ser viável – como uma alternativa credível para os transportes – rever o quadro jurídico das políticas que a compõe entre os Estados Membros. Esses necessitam diminuir sua dependência face à utilização do petróleo nos transportes e, a partir dos biocombustíveis, apresentarem uma proposta viável economicamente, bem como criarem programas de eficiência energética. A promoção dos biocombustíveis assume um caráter de segurança energética entre os membros do bloco, conferindo-lhes uma forma de proteção contra os preços elevados do petróleo. Por conseqüências fortalece as barreiras contra as alterações no cenário econômico, político e social, decorrentes do aumento no preço do petróleo e garante o abastecimento energético entre os membros do bloco.

A criação de leis que regulem em favor dos biocombustíveis será a base de sustentação de ações das empresas, investidores e cientistas que trabalham na criação de tecnologias mais eficientes, visando a superação da dependência dos combustíveis fósseis. No entanto, tal proposta só se torna possível se essas metas estiverem juridicamente vinculadas ao compromisso dos Estados Membros.

Com vista ao envio de um sinal claro da determinação da UE em diminuir a sua dependência face à utilização do petróleo nos transportes, o próximo passo deveria ser a fixação de metas mínimas para a quota-parte futura dos biocombustíveis. Conforme estabelecido no Roteiro das Energias Renováveis, um nível adequado seria de 10% em 2020. Porém, para isso, seria necessário discutir a eficiência na política do Programa de Biocombustíveis a partir da constatação de um crescente aumento no seu consumo. A discussão em torno das metas de promoção dos biocombustíveis faz-se necessária entre a Comissão Europeia, bem como o Parlamento que a representa, frente aos objetivos dos Estados Membros.

A meta de 10% para o uso dos biocombustíveis nos transportes foi fixada igualmente para todos os Estados-Membros de modo a assegurar a coerência das especificações e a disponibilidade dos combustíveis para transportes. Os países que não dispõem dos recursos necessários para a produção poderão obtê-los em outros países. Embora seja tecnicamente possível à União Europeia satisfazer suas necessidades – unicamente com base na produção interna – as diretrizes estabelecidas pela Comissão Europeia enfatizam a necessidade de combinar a produção interna da UE com importações de outros países fora do bloco europeu.

Há um intenso debate na União Europeia quanto a critérios de sustentabilidade na produção dos biocombustíveis. Ainda que estes formem uma parte essencial da política de energias renováveis e constituem uma importante solução para a redução das emissões no setor dos transportes, sua produção e consumo só devem ser promovidos se forem executadas de maneira sustentável. Por esse motivo, as bases das normas europeias para o setor estabelecem critérios rigorosos de sustentabilidade, visando a não contrariedade dos objetivos ambientais globais. Isto significa alcançar um nível máximo na redução das emissões de gases de efeito estufa, a preservação da biodiversidade e a manutenção das áreas destinadas à produção de alimento. Ou seja, sustentar o consumo dos biocombustíveis a partir da produção que não resulte em emissões adicionais de gases de efeito estufa ou que cause danos ambientais significativos - por exemplo, através da utilização de terras convertidas de ambientes naturais de elevada diversidade. Segundo a base dessa diretriz, o objetivo é evitar a

utilização de terras ricas em biodiversidade, como florestas naturais e zonas protegidas e/ou agricultáveis, para a produção de matéria-prima para biocombustíveis (COMISSÃO, 2007).

Atualmente, a produção dos biocombustíveis ainda é a mais cara das fontes de energia renováveis em uso na Europa, o que requer intensos subsídios na condição de impedir atrasos consideráveis quanto ao desenvolvido e uso do combustível no mercado interno. A adoção de alternativas ao combustível fóssil é importante para os países europeus, porque a tendência de aumento das emissões de gases de efeito estufa é mais preocupante no setor dos transportes. Os biocombustíveis são uma das poucas medidas – visando à melhoria na eficiência dos combustíveis – capazes de exercer, de forma realista, um impacto significativo na redução das emissões de gases de efeito estufa provenientes do setor. Além disso, a dependência do petróleo constitui o problema mais grave para a segurança do abastecimento energético da UE.

Dados levantados pela Comissão Europeia, preveem que o setor dos transportes aumentará em 77 milhões de toneladas suas emissões anuais entre 2005 e 2020 - três vezes mais do que em qualquer outro setor (COMISSÃO, 2007). Ou seja, espera-se que, com o aumento no uso dos biocombustíveis, a União Europeia possa aumentar o nível de segurança energética, bem como alcançar metas estabelecidas pelo Protocolo de Kyoto, para o cumprimento dos compromissos assumidos pelo bloco para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

5.2.1 Os biocombustíveis na Alemanha

A Alemanha possui 82 milhões de habitantes que consomem perto de 60 bilhões de litros de combustíveis, dos quais 27 bilhões de gasolina e 33 bilhões de diesel. Com base nas instabilidades do preço do petróleo e constantes ameaças ao abastecimento, soma-se a obrigatoriedade no cumprimento das metas de redução das emissões de gases de efeito estufa.

A Alemanha, no início dos anos 1990, dispunha de apenas algumas esmagadoras dedicadas à produção de biodiesel. Mediante essa nova conjuntura econômica e

ambiental, o governo alemão estabeleceu um expressivo programa de incentivo à produção de Biodiesel a partir da canola. Neste período, ampliaram-se na Alemanha as atividades em torno do biodiesel e os agricultores alemães perceberam as oportunidades financeiras que viriam com este novo combustível. No modelo alemão de produção, os agricultores plantam a canola para nitrogenar naturalmente o solo, uma vez que este está bastante exaurido, demandando uma quantidade significativa de fertilizantes.

O sistema produtivo de biodiesel na Alemanha, bem como dos demais países europeus, tem a seguinte configuração: o óleo é extraído da canola (rape seed). O farelo protéico produzido nesta etapa é direcionado para ração de animais; o óleo de canola é transformado em óleo diesel vegetal, agora caracterizado como biodiesel; este é distribuído de forma pura (B100), isento de qualquer mistura ou aditivação, para uma enorme rede de abastecimento de combustíveis composta de mais de 1.000 postos. Nos postos de abastecimento alemão, é possível dispor de dois bicos numa mesma bomba de combustível, sendo um para o óleo diesel de petróleo, e o outro, com selo verde, para o biodiesel. Ou seja, o mesmo modelo de abastecimento adotado com o consumo de etanol. Essas estruturas de abastecimento possibilitam aos alemães um amplo acesso aos combustíveis alternativos e a redução do consumo dos fósseis (COMISSÃO, 2007).

Inicialmente ao processo, grande parte dos usuários misturava, nas mais diversas proporções, o biodiesel com o diesel comum, até ganhar confiança no novo combustível, cerca de 12% mais barato. Outro mecanismo de incentivo ao uso do biodiesel foi as vantagens ambientais, dentre as quais uma menor emissão de gases de efeito estufa. Isso ajudou a reduzir as emissões de gases com efeito de estufa no setor dos transportes e melhorar o fornecimento de energia.

No ano 2000, a produção alemã chegou a 265 toneladas de biodiesel e o rápido crescimento veio com a criação da lei federal de subsídio aos biocombustíveis, que elevou a capacidade de produção de biodiesel em 2006 para volumes acima de 2 milhões de toneladas. Em 2007 a capacidade produtiva chegou a 4,5 milhões de toneladas, sendo hoje o maior produtor e consumidor europeu.

A prática de um menor preço para o biodiesel na Alemanha foi sustentada inicialmente pela completa isenção dos impostos em toda a cadeia produtiva. Hoje, o biodiesel representa 2% do total do diesel que é consumido naquele país. Porém, até o fim de 2010, a meta era substituir 10% do diesel fóssil pelo biodiesel. Mas muitos são os agravantes que impedem que o país consiga atingir esta meta. A Alemanha, considerada o país mais avançado do mundo em programas de biodiesel, enfrenta desafios para manter o combustível competitivo sem os subsídios iniciais de governo. Esse, como demonstra a Tabela 13, será gradativamente taxado em cumprimento da *Biofuel Quota Act*, substituindo os incentivos fiscais que estavam em vigor anteriormente. O efeito desta medida provoca uma redução gradual dos incentivos ao biodiesel e óleo vegetal e que, por sua vez, acabam por elevar o preço dos biocombustíveis.

Tabela 13 - Imposto sobre o Biodiesel na Alemanha

Ano	Imposto biodiesel (euro/litro)	Imposto óleo vegetal (euro/litro)
2007	0,09	0,00
2008	0,15	0,10
2009	0,21	0,18
2010	0,27	0,26
2011	0,33	0,33
A partir de 2012	0,45	0,45

Fonte: UFOP, 2007

A isenção de impostos sobre biodiesel acaba exatamente quando o combustível se torna mais popular entre os alemães, e os fazendeiros expandem a produção para atender à crescente demanda. Em consequência, o preço do litro do biodiesel aumentou nove centavos de euro a partir de 2007. Posteriormente, aumentos de seis centavos por ano, a partir de 2008, vão fazer com que os preços do biodiesel e do diesel convencional estejam equiparados em 2012. Entretanto, é consenso entre especialistas em energias alternativas que a capacidade de produção de combustíveis, especialmente a preços competitivos, é reduzida na Alemanha e nos demais países europeus.

Outro problema característico dos países europeus é o total de área agricultável. Hoje, mais de dois milhões de hectares de terras são utilizadas para o plantio de

matérias-primas para a indústria de energia - cinco vezes mais que no final dos anos 1990. Destes, cerca de 1,1 milhão de hectares são reservados à canola. Por isso, tanto a Alemanha como os demais países da Europa, dispõe de restrições referentes a disponibilidade de terras agricultáveis. Um maior incentivo no aumento da produção das bioenergias poderia competir com as áreas destinadas à produção de alimentos, causando sérios problemas de abastecimento. Tal cenário nos remete a discussão inicial (no capítulo I). Ou seja, o governo alemão precisa escolher entre produzir alimentos e abastecer a população ou óleo vegetal para substituir a gasolina usada nos carros que circulam no país.

Outro ponto importante refere-se ao clima. Na Alemanha o clima frio não possibilita o desenvolvimento de práticas agrícolas que favoreça. Se o país utilizasse metade da superfície disponível para plantar esta oleaginosa, a produção total seria de 1,5 bilhão de litros de biodiesel, menos de 5% do consumo total anual de diesel. Com esses impedimentos, criam-se condicionantes favoráveis ao desenvolvimento de oportunidade para os países em desenvolvimento, em especial o Brasil, no suprimento da demanda crescente por biocombustíveis na Alemanha.

Em 2008 a Alemanha esperava substituir 12% do consumo de diesel com biodiesel (sendo 5% misturado ao diesel e o restante B100). Porém, para que se mantenha o percentual de mistura ao diesel, a Alemanha precisou importar, em 2005, 400 mil toneladas de biodiesel, enquanto sua produção foi de 1,5 milhões de toneladas. Dados da UFOP estimam que a Alemanha investiu nos últimos anos cerca de 400 a 500 milhões de Euros no crescimento da produção de biodiesel.

Porém, os cenários de exportação ainda se encontram ligados a aspectos político-econômicos, sobretudo porque na UE há inúmeras dificuldades quanto à adoção efetiva de aumento na mistura do etanol da gasolina a 10% até 2020. No entanto, ainda não é possível obter uma avaliação fundamentada da produção de biodiesel, isso porque o processo é recente e atende somente ao mercado nacional. Já para o Brasil, o aumento do lucro pela exportação de biocombustíveis, isto é, do etanol e biodiesel, é muito importante (KOHLHEPP, 2008).

Para Kohlhepp (2008) há um forte *lobby* das indústrias do petróleo, das empresas de produção de alimentos, a forte influência da indústria automobilística, bem como a atuação dos produtores de biocombustíveis europeus nas críticas à produção de etanol no Brasil. Essas se fundamentam na tentativa de impedir as possíveis importações do produto pela Europa, usando de subsídio a forte influencia das organizações não governamentais (ONG's) na estruturação das críticas ao programa de produção das bioenergias do governo brasileiro.

5.3 A agroindústria de energia no Brasil

As pressões sociais (emprego, renda, fluxos migratórios) e ambientais (mudanças climáticas, poluição) reforçam a problemática da escassez de energia no cenário geopolítico. Nesse momento, o Brasil assume a dianteira no estado da arte na liderança mundial de tecnologia, produção e consumo das bioenergias. Essas condições estão postas e servem de trampolim para que as bioenergias consolidem-se enquanto uma alternativa socioeconômica e ambiental sustentável. Ainda reforçam as projeções do agronegócio brasileiro incorporando o biodiesel como um de seus componentes de maior importância que, somando-se ao etanol e às demais formas de bioenergias, garantem o abastecimento energético nacional e torna-se referência para o cenário internacional.

O setor agroindustrial é um dos que mais cresce no Brasil, consolidando a cadeia produtiva do etanol à base de cana de açúcar³⁶ como a mais eficiente do mundo. O etanol é utilizado em mistura com a gasolina em até 25% de álcool anídrico. Por outro lado, a tecnologia *flex fuel* dos novos veículos em circulação no país, fortaleceu o mercado consumidor do etanol hidratado que, consumido puro ou com qualquer percentual de mistura com a gasolina nos carros com motor bicom bustíveis, tornou competitivo no mercado mundial das bioenergias.

Isso porque o Brasil tem uma série de vantagens que o qualificam a liderar a agricultura para a produção das bioenergias, atendendo a demanda do mercado em escala nacional e também mundial. A primeira dessas vantagens está nas áreas agricultáveis, ou seja, a possibilidade de destinar um maior percentual de terras à produção das bioenergias, sem necessidade de reduzir a área utilizada ao cultivo de alimentos. A área de expansão nos cerrados, a integração pecuária-lavoura, as pastagens degradadas, as áreas de reflorestamento e as atualmente marginalizadas –

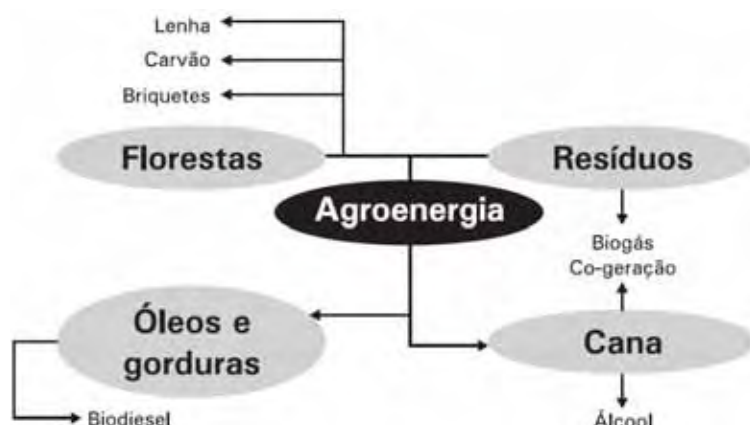
³⁶ As primeiras mudas de cana de açúcar que chegaram ao Brasil com os portugueses e foram a base da formação econômica nacional não existem mais - a não ser em bancos de germoplasma. Os novos tipos são batizados com uma sigla que indica as instituições onde foram criados e números que mostram o ano em que foi feito o cruzamento e a série. Cada nova planta precisa ter alto teor de sacarose, resistência a doenças e possibilitar a colheita o quanto antes. Os agricultores escolhem a cana que vão plantar, levando em conta o tipo de solo e o clima, mas do ponto de vista científico, as variedades são concorrentes.

como o semi-árido nordestino – somam cerca de 200 milhões de hectares (Mapa/Embrapa, 2006). Embora esta tenha sido uma avaliação das terras em potencial, hoje, pressionado por críticas que afetam a imagem do Brasil na sua política externa, o governo vem minimizando esta estimativa para ‘apenas’ 90 milhões de hectares de áreas potenciais para agroenergia, incluindo, prioritariamente a ‘reconversão de pastagens’ e ‘intensificação da lotação animal/hectare, ainda que não detenha de instrumentos ou zoneamentos compulsórios que limitem as áreas de expansão sobre uma determinada atividade ou área chamada “degradada”. Neste quadro geral de reordenamento territorial do agronegócio, estaria contemplada a expansão massiva das monoculturas para energia/combustíveis como: cana de açúcar, soja, eucalipto (na rubrica das ‘florestas energéticas’, para carvão e futuramente etanol celulósico), palma africana (dendê) e as novas monoculturas do “agronegócinho”: da mamona e potencialmente do pinhão manso (Mapa/Embrapa, 2006).

Para os efeitos desse plano, considera-se que a agroenergia é composta por quatro grandes grupos: etanol e co-geração de energia provenientes da cana de açúcar; biodiesel de fontes lipídicas (animais e vegetais); biomassa florestal e resíduos; e dejetos agropecuários e da agroindústria. Das florestas energéticas obtêm-se diferentes formas de energia, como lenha, carvão, briquetes, finos (fragmentos de carvão com diâmetro pequeno) e licor negro. O biogás é originário da digestão anaeróbica da matéria orgânica. O biodiesel pode ser obtido de óleos vegetais, gorduras animais ou resíduos da agroindústria. O etanol, embora possa ser obtido de outras fontes, apresenta competitividade quase imbatível quando resultante da cana de açúcar³⁷. Os resíduos, tanto da produção agropecuária quanto da agroindústria, bem como os dejetos desse processo, podem ser convertidos em diferentes formas secundárias de energia, como briquetes, biogás, biodiesel, entre outros (Mapa/Embrapa, 2006).

No diagrama mostrado na Figura 18, é possível visualizar a estrutura das bioenergias na matriz energética brasileira:

³⁷ A cana mais plantada hoje no Brasil foi desenvolvida com a ajuda de ex-cientistas e técnicos do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA). As canas RB - República do Brasil - dominam solenemente as maiores áreas de cultivo. No outro naco, em 39% dos plantios, estão as do tipo SP - São Paulo - e 1% restante, está a IAC, uma cana mais nova. A RB e sua principal rival a SP foram desenvolvida pela Copersucar (que reúne as maiores usinas do país).



Fonte: (Mapa/Embrapa, 2006)

Figura 18 - Estrutura de produção das bioenergias brasileira

A primeira vantagem comparativa brasileira baseia-se na possibilidade de incorporar novas áreas à agricultura para o cultivo da bioenergia, sem competir com a agricultura de alimentos e de baixo impacto ambiental; a segunda decorre da possibilidade de múltiplos cultivos no ano. São períodos de entressafras com riscos razoáveis para a cultura principal, porém aceitáveis para culturas menos exigentes de recursos hídricos – como mamona ou girassol –, ideal à agricultura de energia aplicável a um cultivo de inverno e um duplo cultivo de verão; a terceira vantagem advém da extensão geográfica do Brasil, intensa radiação solar (fonte da bioenergia), intensa biodiversidade, o que permite várias opções associadas à agricultura de energia, adequando-a a mais conveniente geograficamente. Essa possibilidade é bastante restrita na Europa (restrita a colza e a beterraba) e nos Estados Unidos (restrito ao milho e a soja); a quarta vantagem refere-se quanto a sua reserva de água doce. Hoje o Brasil detém um quarto das reservas de água doce na superfície e no subsolo, o que lhe permite o cultivo irrigado em larga escala (Mapa/Embrapa, 2006).

Abaixo (figura 19) é possível analisar o mapa desenvolvido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em parceria com a Embrapa Energia referente às áreas de expansão da agroenergia brasileira



Fonte: Mapa/Embrapa.

Figura 19 - Área de Expansão da Agroenergia brasileira

Entre as vantagens competitivas, destaca-se a pesquisa, a inovação científica e tecnológica no desenvolvimento da agricultura tropical. Estas, foram estimuladas no Brasil a partir do Pro-Álcool que, por sua vez, acabaram por reduzir o custo de produção do álcool, tornando-o compatível com a gasolina, bem como provou ser mais viável energeticamente, como é possível analisar a seguir.

5.3.1 Programa Nacional do Álcool – Pro-Álcool

Após a primeira grande crise do petróleo, ocorrida em 1976, o Governo Federal criou o Pro-Álcool, visando expandir o uso do álcool anidro na gasolina³⁸. Em 1979, nova crise abalou o mercado do petróleo internacional e o preço do barril voltou a subir. Nesse momento, iniciou-se no Brasil a segunda fase do programa que consistia em hidratar o álcool para ser um substituto da gasolina. Além de altamente dependente do petróleo importado, a pauta de exportações do Brasil se baseava em *commodities* agrícolas, impossibilitando o país de equilibrar a balança comercial, caso se mantivesse a tendência de crescimento das importações de petróleo.

³⁸ As primeiras experiências com a utilização do etanol em motores do Ciclo Otto datam do início do século 20. Em 1912, alguns veículos foram movimentados em caráter experimental. Em 1931, o governo brasileiro autorizou a utilização do álcool em mistura à gasolina, em proporções entre 2% e 5%, intervalo elevado em 1961 para de 5% a 10%.

Abalados com o segundo choque do petróleo, o governo e a indústria automotiva firmaram parceria para privilegiar o desenvolvimento tecnológico de veículos movidos exclusivamente a álcool. Em 1980, o governo federal decretou que o álcool seria vendido aos consumidores por 60% do valor da gasolina, estabelecendo paridade vantajosa na relação preço–poder calorífico. Como resultado, entre 1983 e 1988, dos veículos novos comercializados, mais de 90%, em média, eram movidos a álcool. Paralelamente, foi criado o Programa Nacional do Álcool (Pro-Álcool), o maior programa mundial de energia renovável, que congregou incentivos múltiplos ao aumento da capacidade instalada: canaviais, usinas, destilarias e infra-estrutura de armazenagem. Essa política ensejou rápida implantação de canaviais e vertiginoso crescimento da produção de álcool, sem perturbar o abastecimento de açúcar.

Entre 1980 e 1985, dinamizou-se o processo de aprendizado e desenvolvimento tecnológico. Os ganhos de produtividade na agricultura e no processamento da matéria prima permitiram sensível redução de custo de produção de álcool. Houve, também, notável melhoria da eficiência dos motores a álcool, aumentando a confiabilidade da população nos veículos. Em 1986, o preço do petróleo começou a cair abruptamente, baixando da média superior a US\$ 27,00/barril, em 1985, para menos de US\$ 14,00/barril, impossibilitando o governo de manter o estímulo de preços ao álcool. O consumo de álcool hidratado continuou crescendo. Entre 1989 e 1990, porém, houve uma crise de abastecimento que levou a população a perder a confiança nesse combustível e, conseqüentemente, no carro a álcool, cujas vendas despencaram para 11,55%, em 1990, contra 52,5% no ano anterior.

Passada essa crise, quando as vendas já davam sinais de recuperação (em 1992 e 1993, os veículos a álcool representaram média superior a 25% do total), novos padrões tecnológicos colocaram o carro a álcool definitivamente em desvantagem: o conceito do carro-mundial e os motores de até 1.000 cilindradas. Como a relação de preços não era favorável ao álcool, a indústria automotiva concentrou sua pesquisa na geração de veículos a gasolina mais econômicos. Estes, em 1996, alcançaram 75% das vendas, enquanto a comercialização dos carros a álcool desabou a menos de 1%.

Para evitar o colapso de toda a estrutura de produção de álcool montada no país, em 1993, o governo promulgou lei elevando para 22% o teor de álcool anidro na mistura com gasolina. As vendas de álcool ainda continuaram subindo, até 1997. Em 2000, a redução do consumo de álcool hidratado superou o aumento do consumo de álcool anidro. A utilização total de álcool voltou a crescer a partir de meados de 2001, quando o uso de álcool anidro foi maior do que a queda absoluta do consumo de álcool hidratado.

Paralelamente, enquanto o setor sucroalcooleiro acumulava ganhos de produtividade, as cotações do petróleo voltaram a subir, flutuando ao redor de US\$ 25,00/barril, entre 2000 e 2002. Com preços mais elevados e maior carga tributária sobre o combustível fóssil, o álcool se recuperou, levando a indústria automotiva a investir num novo padrão tecnológico: o carro bicombustível (álcool/gasolina), também denominado pela expressão norte-americana *flex fuel*. Essa flexibilidade de abastecimento, que praticamente eliminava os riscos de desabastecimento, combinada com os preços atrativos do álcool, redirecionou o mercado brasileiro: lançados em março de 2003, já circulavam, em fins de 2005, no território nacional, 850 mil desses veículos, distribuídos em 52 modelos fabricados por seis das indústrias automobilísticas instaladas no país. Esses números indicavam a predominância quase absoluta de veículos bicombustíveis. Atualmente, cerca de 30% a 40% de todo o combustível automotivo usado no Brasil é proveniente do etanol produzido a partir da cana de açúcar.

A Lei nº 9.478, de 6.8.9714 e a Emenda Constitucional nº 33, de 11.12.0115, depois complementados pelas Leis nº 10.336, de 19.12.0116 e 10.453, de 13.05.0217 foram os dois pilares do marco regulatório do setor que regeram a implantação do ambiente de livre mercado (fim do monopólio estatal na indústria de petróleo) e a definição do modelo tributário sobre combustíveis. O governo também dispõe de outros dois instrumentos de intervenção no mercado de álcool combustível: a fixação dos níveis de mistura do álcool anidro à gasolina, que pode variar entre 20% e 25%, conforme a disponibilidade do produto; e outro, de natureza mais estrutural, referente a alíquotas menores do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) para os veículos automotores movidos a álcool, exceto para aqueles de até mil cilindradas.

Isto posto, o cenário brasileiro é bastante promissor: a estimativa é de que sejam produzidos na safra 2009/2010, 25,87 bilhões de litros de etanol, enquanto o consumo doméstico deverá atingir 21 bilhões de litros, sendo 70% de álcool etílico hidratado e o restante de álcool etílico anidro misturado à gasolina (CONAB, 2010). Somados, o álcool volta a ter participação superior a 40% no mercado brasileiro de combustíveis dos veículos do Ciclo Otto.

5.3.2 A indústria da cana no Brasil: novo ciclo

As regiões do país que, historicamente, têm cultivado a cana em larga escala são o Nordeste e o Estado de São Paulo. Mais recentemente, os investimentos da indústria de cana de açúcar estão se expandindo para a região centro oeste, nos Estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás. No sul do Brasil, o Paraná já é o segundo maior produtor do país. No sudeste, a forte expansão em São Paulo se dá no noroeste e no oeste do Estado, com cerca de 39 novas usinas. Com Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo, bem como Bahia e Maranhão no Nordeste do Brasil, chega-se a cerca de 90 novos projetos. Em comparação à safra de 2006, é possível observar que todas as regiões do Brasil aumentaram suas áreas de cultivo de cana, sendo um crescimento de 24,1% no Sul, 12,5% no Sudeste, 17,5% no Centro-Oeste, 7,4% no Nordeste e 8,5% no Norte. Na safra 2009/2010, foram cultivados 7.531 mil hectares, sendo a maior concentração no Estado de São Paulo – 4.101,4 mil ha; seguido pelo Estado do Paraná – 590,1 mil ha; Minas Gerais – 587,1 mil ha; Goiás – 520,3 mil ha e Alagoas – 448 mil ha. A média brasileira de produtividade está em 81.293 kg/hectare, 0,4% maior que a da safra 2008/2009. No mapa abaixo é possível perceber a área de cultivo atualmente de cana no Brasil (CONAB, 2010).



Fonte: MAPA, 2009.

Figura 20- Mapa da expansão da área plantada de cana de açúcar.

As projeções para 2020 mostram que o Estado de São Paulo deverá aumentar a produção de cana de açúcar em 50,3%, passando de 400,5 milhões de toneladas em 2008/09 para 602 milhões em 2019/2020. Por sua vez, a área com cana nesse estado deve expandir-se em 46%: passará de 4,7 milhões de hectares em 2008/2009 para 6,8 milhões em 2019/2020. Atualmente o Estado responde por 60,7% da área total plantada de cana de açúcar para a agroindústria brasileira. Em 2015 esta participação poderá diminuir para 54,9%, em consequência, principalmente, da maior disponibilidade e menor preço da terra em outras regiões. Outro ponto que poderá influenciar esse cenário é a reestruturação e uma maior expansão no centro oeste em decorrência da melhora na logística de escoamento da produção, com a possível construção por parte da Transpetro de dutos que interligariam o terminal São Simão em Goiás à refinaria de Paulínia e ao terminal de Guararema em São Paulo (TORQUATO, 2006).



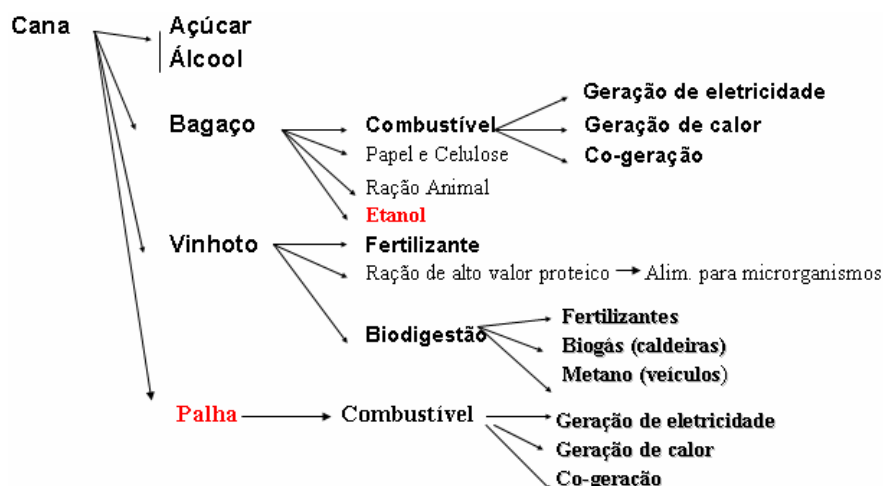
Fonte: P.A.C., 2006

Figura 21 - Polidutos/alcooldutos de escoamento da produção de etanol.

Com a manutenção desse incremento na demanda por etanol, a área estimada para a safra de cana 2015/16, deve ser de 12,2 milhões de hectares. Com isso, o país será capaz de produzir cerca de 902,8 milhões de toneladas de cana de açúcar, o suficiente para gerar aproximadamente 36 bilhões de litros de álcool. Destaque para a cana de açúcar, que vem crescendo em estados sem tradição no cultivo, como Paraná, Mato Grosso e Minas Gerais. Esse último deve registrar expansão de 75% na produção, passando de 56 milhões de toneladas, obtidas na safra 2008/2009, para 98,15 milhões, em 2019/2020. Tais condições proporcionaram um aumento nas exportações de etanol, cujas estimativa de crescimento chegam a 222,9%, passando de 4,6 bilhões de litros, na safra 2008/2009, para 15,1 bilhões de litros, no período 2019/2020.

5.4 Produção do etanol

O etanol pode ser produzido a partir de matérias primas distintas: amiláceo (mandioca, batata-doce, milho e outros grãos), celulósica (madeiras e resíduos agrícolas, dentre os quais: bagaço da cana de açúcar) e sacarina (cana de açúcar, sorgo sacarino e beterraba). Abaixo é possível analisar a cadeia produtiva do etanol da cana de açúcar.



Fonte: Dedini³⁹

Figura 22 - Cadeia produtiva do etanol da cana de açúcar.

Até a produção do caldo, passando pelo corte, lavagem e extração do caldo da cana de açúcar, o processo de produção do etanol obedece aos mesmos critérios. Isto porque, para se obter o caldo, as moendas podem ser compostas de quatro a sete ternos de moenda. Esses são compostos por três cilindros com seu eixo posicionado nos vértices de um triângulo isósceles que produz o esmagamento da cana e a extração do caldo. Depois o caldo misto é peneirado, decantado e filtrado, objetivando tirar todas as impurezas possíveis. Em seguida, o caldo é enviado para tanques denominados dornas. Leveduras e microorganismos unicelulares são adicionados ao caldo e produzem um conjunto de enzimas que catalisam a reação da fermentação.

A dorna volante alimenta a destilaria e sua finalidade é purificar e concentrar o álcool obtido na fermentação. A destilaria é constituída por uma série de colunas de destilação, variando o número de acordo com o tipo e a qualidade do álcool desejado. Após a sequência de colunas de destilação os vapores alcoólicos produzidos através do vapor d'água por troca direta ou indireta são condensados originando o álcool hidratado com 96° GL, o álcool de segunda com 92° GL e subprodutos como a

³⁹ Em 2002, a Dedini e a Copesucar assinaram com a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) um acordo de desenvolvimento conjunto de pesquisas, que tornou possível implantar a etapa semi-industrial, para 5 mil litros/dia de etanol, instalado na Usina São Luiz, em Pirassununga-SP, pertencente ao grupo Dedini. O processo foi denominado DHR (Dedini Hidrólise Rápida).

vinhaça⁴⁰, flegmaça e óleo fúsel⁴¹. O álcool hidratado, com concentração de 96° GL é um composto azeótropo que não pode ser separado da água por destilação convencional, sendo utilizado o benzeno, benzol comercial para promover a desidratação final e produzir o álcool anidro.

As formas de energia final empregadas no processo produtivo das usinas de açúcar e etanol são a energia térmica na forma de calor e a energia mecânica para acionamentos diversos. O subproduto da cana (bagaço) pode atender a demanda por energia elétrica usada nos processos produtivos, tanto térmico quanto mecânico e provêm de vapor d'água. São resultantes das caldeiras centralizadas e seu uso concentra-se no atendimento energético dos equipamentos de acionamento mecânico de grandes potências: moendas, facas rotativas, desfibriladores, niveladores, bombas, ventiladores e outros, além dos geradores de energia elétrica.

Por tal aplicação, esse subproduto vem ganhando destaque como grande agente de redução dos insumos utilizados para a produção de etanol. Sendo assim, os principais subprodutos da indústria sucroalcooleira são: biomassa no estágio da colheita da cana de açúcar, composto pelas folhas e ponteiros que eram perdidos no processo de queima antes do corte; o bagaço da cana, depois da moagem; a vinhaça ou vinhoto, resultante da destilação do etanol; a torta de filtro proveniente do processo de clarificação do açúcar; a levedura oriunda do processo de fermentação; as cinzas residuais, resultados do processo da combustão do bagaço nas caldeiras; e o carvão, retirado das chaminés.

Entre as medidas de valorização do bagaço da cana de açúcar estão seu uso como insumo energético para a geração de energia elétrica, vapor ou calor e como matéria prima na indústria de papel e celulose. Ainda, o bagaço pode ser usado na produção de furfural⁴², na hidrólise (produção de excedentes do etanol), bem como insumos não industriais (ração para gado de corte em regime de confinamento), fertilizante para sua

⁴⁰ Também conhecido como vinhoto ou restilo é o resíduo final do processo de produção do açúcar nas usinas de processamento da cana ou da destilação para a obtenção do álcool ou a aguardente de cana. Este resíduo se não for adequadamente tratado, provoca a poluição de águas e solo.

⁴¹ O fúsel é um subproduto da fermentação alcoólica (isopropílico e amílico) e muito usado na produção de derivados (éteres, acetatos, ésteres) e explosivo.

⁴² Substância ($C_5H_4O_2$) usada como solvente no refino de óleos derivados do petróleo, no *nylon* e também como inseticida, fungicida, etc.

própria cultura, mediante sua aplicação direta do bagaço, da torta de filtro, das cinzas das caldeiras e do carvão retirado das chaminés. Aplicado em seu estado bruto, os “restos” da produção do etanol poderão contribuir para a fertilização e melhora das características físico/químico do solo.

O vinhoto, um dos subprodutos de maior importância no processo industrial de fabricação do etanol, tanto pelos volumes produzidos como pelo impacto ambiental gerado, pode ser tratado e seu uso destinado a fértil-irrigação, bem como as fermentações anaeróbicas e aeróbicas. Nesses processos, a fértil-irrigação pode ser destinada à própria lavoura da cana de açúcar substituindo os fertilizantes tradicionais. Já a fermentação aeróbica e anaeróbica servem como substrato para o desenvolvimento de microorganismos de elevado valor protéico que dão origem as proteínas unicelulares empregadas na alimentação da ração animal. No que se refere ao teor energético, o potencial dos produtos e subprodutos da cana de açúcar podem ser divididos em: etano equivale a 24,5%; a biomassa da palha e as pontas a 34,4%; o bagaço a 36,8% e o vinhoto a 4,3%.

5.4.1 Co-geração da cana de açúcar

O processamento da cana de açúcar demanda muita energia térmica, mecânica e elétrica. Após a extração do caldo, um dos subprodutos (o bagaço) pode ser queimado em caldeiras, produzindo vapor, que é utilizado para obter outras fontes de energia, como calor, eletricidade ou tração mecânica. O bagaço representa entre 25% e 30% do peso da cana processada e já foi utilizado nas usinas como substituto da lenha para geração de calor. Recentemente com os constantes aumentos nos custos da energia elétrica e do petróleo, tornou-se atraente a utilização do bagaço para a co-geração, tecnologia em plena aplicação no processo de produção visando à máxima eficiência.

Afora o bagaço, restam ainda a palha e os ponteiros, que representam outros 55% da energia acumulada no canavial. Esse percentual – a maior parte deixada no campo – pode representar até 30% da biomassa total da cana. Seu poder calorífico superior é da ordem de 15 GJ/t, e o inferior é de cerca de 13 GJ/t. Todo esse potencial, que pode

mais do que dobrar a quantidade de energia que se obtém da cana, é muito pouco aproveitado, na maioria dos casos, é queimado no campo.

As amplas possibilidades da co-geração foram percebidas pelos formuladores da política energética brasileira. A Aneel (Resolução Normativa nº 109, de 26.10.2004) instituiu a Convenção de Comercialização de Energia Elétrica, que prevê o *auto-produtor*, titular de concessão, permissão ou autorização para produzir energia elétrica para seu uso exclusivo; o *consumidor livre*, aquele que tenha exercido a opção de compra de energia elétrica; e o *produtor independente*, pessoa jurídica ou consórcio de empresas titulares de concessão, permissão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou de parte da energia produzida por sua conta e risco.

O potencial autorizado pela Aneel para empreendimentos de co-geração é de 1.376,5 MW, considerando-se apenas as centrais geradoras que utilizam bagaço de cana de açúcar (1.198,2 MW), resíduos de madeira (41,2 MW), biogás ou gás de aterro (20 MW) e licor negro (117,1 MW). Em 2010, três novas centrais geradoras a partir do bagaço de cana entraram em operação comercial no país, inserindo 59,44 MW à matriz de energia elétrica nacional.

Alternativamente à co-geração, o bagaço ainda pode ter uso fora das usinas e destilarias, como insumo volumoso de ração animal, na fabricação de papel, de elementos estruturais e até na produção de álcool combustível adicional, por hidrólise. Na verdade, tecnologias de produção de etanol a partir da hidrólise do bagaço estão em desenvolvimento e poderão atingir estágio comercial em 10 a 15 anos. Portanto, passa a ser importante o custo de oportunidade do aproveitamento do bagaço, em virtude das múltiplas alternativas disponíveis.

Embora se utilize o uso residual do processo de produção da cana de açúcar para a geração de energia, esse processo nunca foi eficiente do ponto de vista energético. Seu principal fator consiste na superação do potencial energético frente ao processo produtivo e a estrutura energética das usinas sucroalcooleiras, da forma como está teria que simplesmente eliminar os resíduos. Por isso, a discussão sobre como melhor aproveitar o potencial econômico da biomassa da cana de açúcar: bagaço, folhas,

pontas e palhas. Busca-se, com isso, a valorização dessa biomassa, por meio da conversão de seu potencial energético em energia elétrica, valorado por modificações estruturais em andamento no setor energético brasileiro, cujas principais características identificam-se com as pressões sociais para a minimização dos impactos ambientais, o uso racional dos insumos e o provisionamento da infraestrutura. Nesse novo cenário energético brasileiro, o marco regulatório já foi definido, remetendo a oportunidade de comercialização dos excedentes de energia elétrica produzidas pelos sistemas de co-geração das indústrias sucroalcooleiras.

O potencial técnico de geração de eletricidade excedente a partir da biomassa da cana, tem como principal determinante a alternativa tecnológica adotada para o ciclo termoelétrico de co-geração, alterações técnicas para a redução dos consumos específicos de energia mecânica, térmica e elétrica no processo produtivo de açúcar e etanol. Já nos ciclos termoelétricos diversas alternativas tecnológicas de co-geração e geração de eletricidade podem ser adotadas, dentre elas: o ciclo tradicional de contrapressão; os ciclos de vapor de condensação e extração e os sistemas integrados de gaseificação da biomassa e turbinas a gás.

As disponibilidades abertas pelo novo mercado sucroalcooleiro, o método tradicional aplicado a queima das folhas, pontas e palhas da planta, é alterado mediante a concepção que as mesmas podem ser matéria prima e, com isso, amplia-se o uso da biomassa oriunda do bagaço da cana. Esse aproveitamento depende da possibilidade de mecanização da lavoura e do volume que deve permanecer no campo para a adubação e a proteção do solo. Alternativa está no vinhoto, cujo aproveitamento energético é possível por meio da biodigestão anaeróbica e da obtenção de biogás. Atualmente, o principal destino do vinhoto é a fértil irrigação na própria lavoura da cana. Porém, a produção de gás tem sido objeto de estudos e tentativas de viabilização comercial por apresentar um alto poder calorífico, estimado em $21,32 \text{ J/m}^3$. Só recentemente, porém, surgiu o interesse de usar o biogás para gerar energia elétrica. A tecnologia usada na produção de biogás avançou consideravelmente nos últimos anos, mas permanecem algumas incertezas quanto aos efeitos corrosivos do biogás nos equipamentos auxiliares e moto-gerador, bem como a estabilidade da biodigestão

diante das flutuações de quantidade e de qualidade do vinhoto processado. Esses problemas potenciais podem causar impactos negativos no comércio futuro dessa tecnologia, que somente poderão ser avaliados e resolvidos com a entrada em operação de algumas unidades produtoras.

Para aproveitar plenamente as oportunidades que se abrem à co-geração, é necessário substituir os principais equipamentos dos sistemas de potência existentes, instalá-los nas novas usinas e ampliar outras. No entanto, isso representa investimentos mais vultosos do que os que estão sendo feitos pela maioria das empresas e empresários do setor. Os investimentos em curso prevêm a adoção de soluções tecnológicas menos eficientes, o que limitará o potencial efetivo adicional de apenas 0,5 – 2 GW nos próximos cinco anos, mesmo com o aumento na produção de cana. Configurações tecnologicamente mais avançadas e disponíveis no mercado permitiriam elevar o potencial excedente entre 3 e 6,4 GW, dos quais de 1,7 GW a 3,8 GW seriam economicamente viáveis.

5.4.2 Problemas socioambientais da produção de cana de açúcar

Para Brown (2007) o plantio de cana de açúcar para a produção de biocombustível é possível somente em países que dispõem de extensas áreas agrícolas. Em países como o Brasil, aonde essa cultura vem sendo disseminada, o cultivo poderá ocorrer em regiões de áreas de florestas nativas. A crítica dos ambientalistas baseia-se no avanço da cultura da cana, que vem ocorrendo em áreas de florestas nativas. Tal afirmação sustenta-se na hipótese de que com a expansão da cana de açúcar para áreas de outras culturas (a soja, por exemplo) essa poderá ocupar áreas de florestas. Já no sudeste Asiático, Malásia e Indonésia (os principais produtores de óleo de Palma), a floresta está sendo substituída pela produção do biodiesel. Brown aponta que dentre as maiores ameaças, a produção do etanol no Brasil e o biodiesel no sudeste asiático, pode ser o desencadeador de agravantes perdas da biodiversidade. O presidente da Earth Policy Institute, afirma que o Brasil deve diversificar sua matriz energética e optar por fontes como a solar e a eólica, pois possuem potenciais a serem explorados.

A ocupação econômica desordenada da monocultura da cana de açúcar pode causar graves problemas ambientais, visíveis no Estado de São Paulo, bem como ser cenário do desmatamento descontrolado da Amazônia nas próximas décadas. Muitas vezes, há complexos *trade-offs* neste assunto, a exemplo da polêmica questão da queima da cana de açúcar. A queima é usada para viabilizar a colheita manual, porém, apresenta balanços desfavoráveis a sua prática: espalha fuligem nas cidades próximas, acentuando problemas respiratórios em épocas de seca; afeta a saúde dos trabalhadores; e, reduz o balanço favorável de carbono da cana.

A colheita 100% mecanizada resolveria boa parte dos problemas socioambientais decorrentes da queima da cana de açúcar, mas na área social seria a responsável pelo desemprego dos trabalhadores da lavoura. Hoje no Brasil existem cerca de 250 mil cortadores de cana, muito deles migrantes de regiões do semi-árido nordestino e do Centro-Sul do país. Esses, muitas vezes, deslocam-se de suas regiões para trabalharem durante o período da colheita da cana.

No atual cenário internacional, faz-se necessário discutir o desenvolvimento desse novo paradigma ambiental pela lógica do desenvolvimento social, da mitigação do aquecimento global e produção dos biocombustíveis - uma vez que estas temáticas estão intrinsecamente correlacionadas. No Estado de São Paulo, maior produtor do país, a meta de cada trabalhador é cortar entre 10 e 15 toneladas de cana por dia; os trabalhadores recebem R\$2,92 por tonelada de cana cortada e empilhada. Segundo dados do Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Cosmópolis (SP), atualmente o piso salarial é de R\$ 475,00 por mês e para receber esse valor, os trabalhadores têm que cortar uma média de 10 toneladas de cana por dia.

Com o desenvolvimento da pesquisa no setor sucroalcooleiro, a cana de açúcar transgênica vem ganhando mais espaço no cultivo da monocultura. Mais leve e com maior nível de sacarose, a cana transgênica significa mais lucros para os usineiros, porém maior esforço dos trabalhadores para conseguir o mesmo nível de renda. Segundo pesquisa do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), as 10 toneladas cortadas eram conseguidas em 100m² de cana, hoje são necessários 300m² para somar 10 toneladas.

Esse padrão de exploração tem causado sérios problemas de saúde e até a morte dos trabalhadores. Entre 2004 e julho de 2008 foram registradas 21 mortes por exaustão no corte da cana; só em 2005, outras 450 mortes de trabalhadores foram registradas pelo MTE nas usinas de São Paulo. As causas destas mortes são assassinatos; acidentes no precário transporte para as usinas; em consequência de doenças como parada cardíaca; câncer; trabalhadores carbonizados durante as queimadas, entre outras.

Outro problema do setor é o trabalho escravo. Prática ainda comum no setor, os trabalhadores são aliciados por intermediários ou “gatos”, que selecionam a mão de obra para as usinas. Estes, muitas vezes, também são os donos dos caminhões ou ônibus que realizam o transporte para as usinas. Os trabalhadores contraem a dívida com o transporte (em grande parte, clandestino, chamado de “excursão”) que custa em média R\$ 200,00 por trabalhador que migrante. Dados da Pastoral dos Migrantes estimam que cerca de 200 mil trabalhadores migrantes trabalhem somente no Estado de São Paulo no período da safra da cana, laranja e café. No setor canavieiro, o número por safra é estimado em 40 mil. Entre novembro de 2007 a novembro de 2009, durante operação do Grupo Móvel de Combate ao Trabalho Escravo, da Secretaria de Inspeção do Trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego, foram liberadas 1.468 pessoas em condições análogas a escravidão. Todos esses trabalhadores estavam vinculados a Companhia Brasileira de Açúcar e Alcool (CBAA), autuada nos diferentes estados do país: Mato Grosso do Sul, São Paulo e Rio de Janeiro. Somente na cidade de Sidrolândia (MS) 1011 trabalhadores, dentre os quais, 831 eram indígenas, foram liberados do trabalho escravo. Outro exemplo, desta vez em Campos dos Goytacazes (RJ), 280 pessoas, entre elas quatro adolescentes (três com 16 anos e um com apenas 13) e 22 mulheres, foram libertadas de área que produzia cana de açúcar para a Usina Santa Cruz (CAMARGO; HASHIZUME, 2007).

Associado as regiões dos canaviais, encontram-se as chamadas “cidades-dormitórios”, onde os trabalhadores migrantes vivem em cortiços, barracos ou nas “pensões”. Apesar da situação precária, os custos com moradia e alimentação são muito acima da média paga pela população em geral. Tanto os alojamentos das usinas

quanto as “pensões” são barracos ou galpões improvisados, superlotados, sem ventilação ou condições mínimas de higiene.

O corte mecanizado se tornou referência para a quantidade cortada pelos trabalhadores nas lavouras de cana em todo o Brasil. Essa subiu de 5 a 6 toneladas por dia para cada trabalhador na década de 80, para 9 a 10 toneladas por dia na década de 90. Hoje, já se registra uma exigência das usinas de 12 a 15 toneladas por dia, principalmente em regiões onde o ritmo das máquinas se tornou referência de produtividade. O não cumprimento da meta frequentemente significa que o trabalhador será dispensado e colocado em uma lista que circulará por diversas usinas, o que o impede de voltar a trabalhar na safra seguinte. Um estudo apresentado por pesquisadores da Universidade Metodista de Piracicaba e do Centro de Referência de Saúde do Trabalhador, Erivelton Fontana de Laat e Rodolfo Vilela, respectivamente, mostra uma situação assustadora quanto às condições físicas em que ficam os cortadores de cana, em 10 minutos o trabalhador derruba 400 quilos de cana, desfere 131 golpes de podão, faz 138 flexões de coluna, num ciclo médio de 5,6 segundos cada ação. O trabalho é feito em temperaturas acima de 27° C com muita fuligem no ar e ao final do dia terá ingerido mais de 7,8 litros de água, em média, desferido 3.792 golpes de podão e feito 3.994 flexões com rotação da coluna. A carga cardiovascular é alta, acima de 40%, e em momentos de pico os batimentos cardíacos chegam a 200 por minuto (LAAT, E.; VILELA, R.A.G., 200?)

A mecanização da colheita da cana de açúcar vem aumentando e preocupando os trabalhadores, uma vez que tem o desemprego como sua principal consequência. Em São Paulo, em dez anos, de 1997 a 2007, o avanço foi de 4% para 40%. O relatório da missão internacional apontou dados preocupantes da União das Indústrias de Cana de Açúcar (ÚNICA):

[...] com a mecanização serão desativados todos os 189 mil postos de trabalho manuais em São Paulo até a safra 2010/12. Por outro lado, serão criados 55 mil postos em funções mecânicas e, possivelmente, outros 20 mil nas usinas. Ou seja, o desemprego atingirá, no mínimo, 114 mil trabalhadores somente em São Paulo até a safra 2020/2021.

A incorporação de novas tecnologias no setor canavieiro aprofundou a dinâmica de exploração do trabalho, através de formas precárias de arregimentação, contratação, moradia, alimentação etc. As colheitadeiras funcionam em áreas planas e contínuas, mas causam maior compactação do solo e prejudicam as mudas que deveriam rebrotar. A mecanização gera super exploração do trabalho porque cria novas exigências como o corte rente ao solo (para maior aproveitamento da concentração de sacarose) e a ponteira da cana bem aparada. Isso aumenta o esforço dos trabalhadores e a jornada de trabalho. Com a mecanização do setor, foi transferido para os trabalhadores o corte da cana em condições mais difíceis, onde o terreno não é plano, o plantio é mais irregular e a cana é de pior qualidade.

5.5 O que entra na conta da emissão de GEES

Desde 1984, como um dos principais produtores de biocombustíveis, o Brasil vem desenvolvendo metodologias para quantificar as emissões de GEEs na cadeia produtiva do açúcar e do etanol. A partir de 2006, aumentou a preocupação em definir metodologias mediante aos interesses dos países desenvolvidos em usar etanol e biodiesel. A partir de então, detalhou-se o que é analisado nas emissões de GEEs em etanol. Primeiro, são contabilizadas as emissões nos fluxos de carbono associados com a absorção do carbono atmosférico por fotossíntese; a liberação na queima da palha da cana na colheita; a liberação gradual por oxidação de resíduos não queimados no campo; a liberação de gás carbônico na fermentação da sacarose e combustão do bagaço nas usinas; e a liberação do gás carbônico pelos motores dos automóveis. Essas emissões são consideradas neutras na emissão total, pois os volumes de carbono emitido e sequestrado são semelhantes.

Outros dados que entram no balanço de emissões se relacionam aos fluxos de carbono associados com o uso de combustíveis e a produção dos insumos usados na agricultura e na indústria, na fabricação de equipamentos, prédios e em sua manutenção. Aqui entra o gás carbônico emitido pelo uso de combustíveis fósseis na agricultura, como o diesel consumido pelos veículos que transportam a cana para as

usinas, por exemplo. E também o gás emitido pelos produtores de insumos agrícolas, como herbicidas, pesticidas, mudas etc. Nesse quesito, disse Macedo⁴³, há um aumento da quantidade de gás carbônico na atmosfera.

Um terceiro item que entra na conta de emissão dos GEEs são os gases não associados ao uso de combustíveis fósseis, principalmente metano e óxido nitroso. A emissão desses gases é medida no processo de queima da cana, na liberação com o uso de fertilizantes, na combustão dos bagaços nas caldeiras e do etanol nos motores. Também são fluxos que ampliam o volume de GEEs na atmosfera.

Um quarto grupo trata das emissões que seriam evitadas ou emissões de mitigação. É uma conta que diz quanto haveria de carbono a mais na atmosfera se, ao invés do etanol, fosse utilizado um combustível fóssil. Aqui entram as emissões de GEEs evitadas pela substituição de gasolina por etanol, de óleo combustível por bagaço para geração de energia nas usinas, e com a co-geração de energia. Emissões por conta da mudança do uso do solo são consideradas à parte.

Na atual metodologia adotada, descarta-se a contabilização dos “efeitos indiretos” da produção dos biocombustíveis e destaca-se a importância na contabilização do balanço final das emissões dos GEEs resultantes do efeito indireto da mudança do uso do solo. Nas metodologias hoje existentes, incluem-se apenas o uso direto, ou seja, a substituição de uma cultura por outra - por exemplo, laranja por cana de açúcar. Faz-se a conta para ver se essa substituição aumentou ou diminuiu a emissão de GEEs. Quando se leva em conta as emissões de carbono que ocorrem quando agricultores de todo o mundo convertem florestas e pastagens em novas áreas cultivadas para repor os grãos (ou a área plantada) desviados para a produção dos biocombustíveis, estima-se que as emissões resultantes dessa mudança do uso do solo, ao invés de produzir uma redução de 20% nas emissões, dobram as emissões de gases em 30 anos e aumenta as emissões durante 167 anos. Esses resultados trazem preocupações sobre a obrigação de adicionar percentuais de biocombustíveis em gasolina e enfatizam o valor do uso de resíduos.

⁴³ Isaías Macedo, do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (Nipe) da Unicamp, coordenador do painel "A evolução do etanol: do programa de álcool do Brasil à quebra de lignocelulose".

Com isso as metodologias adotadas envolvem dados de forma mais abrangentes, devido ao aumento da complexidade do sistema produtivo do etanol. Muitas usinas estão produzindo co-produtos, como ácido cítrico, lisina, leveduras especiais; há o uso do bagaço e da palha para produção de energia que pode ser co-gerada e vendida ao mercado, substituindo as formas convencionais de produção de energia elétrica; há a produção de plásticos e solventes, o uso conjugado de etanol e biodiesel na parte agrícola e industrial, em rotação de cultura de soja. Esses elementos não têm sido considerados nas metodologias.

Outro ponto da metodologia que não é discutida em âmbito internacional refere-se ao cálculo de remoção futura de floresta por conta do deslocamento de culturas promovido pela expansão do uso de biocombustíveis. Ou seja, quando o cultivo dos biocombustíveis é feito em regiões degradadas, o balanço é positivo. No entanto, quando esse plantio é feito em regiões de florestas, tal ação elevaria as emissões percentuais de carbono. Isso porque, a monocultura de cana ameaça mais o Cerrado brasileiro que a Floresta Amazônica. Na safra de 2007, as lavouras de cana de açúcar ocupavam 5,8 milhões de hectares no cerrado, contra 16.033 hectares da Amazônia, segundo o levantamento do IBGE que será utilizado no estudo. Nos Estados que compõem a Amazônia brasileira, há três usinas de processamento de cana de açúcar instaladas e, em contrapartida, somente em Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul são 58 usinas. O Cerrado brasileiro apresenta condições ideais de plantio de cana de açúcar se comparado a Amazônia (PNUD, 2008). Tal bioma apresenta melhores condições climáticas, irrigação e topografia. Por um lado, há uma forte pressão internacional de preservação da Amazônia, por outro lado, há vários planos de combate ao desmatamento da floresta. Portanto, ainda é necessário, frente à política de preservação da Amazônia, a criação de financiamento para o desenvolvimento agrícola, mas que sejam acompanhados de políticas de preservação dos demais biomas brasileiros. Segundo pesquisas divulgadas recentemente, a monocultura da cana traz significativas perdas na biodiversidade brasileira. Seu plantio mexe no meio bioquímico do cerrado, principalmente na acidez do solo, que é muito alto nessa região. O bioma do cerrado é o segundo em perdas de mata nativa no Brasil depois da

Mata Atlântica, segundo o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA) (PNUD, 2008).

5.6 Cenário atual e perspectivas

O cenário atual do setor sucroalcooleiro brasileiro beneficia-se, atualmente, de uma conjunção de fatores favoráveis, interna e externamente. Estima-se que, nos próximos anos, o mercado consuma anualmente 1 milhão de veículos bicom bustíveis, o que significa incremento superior a 1,5 bilhão de litros/ano de álcool hidratado e demanda estimada em 25 bilhões de litros em 2013. Ao se agregar o volume previsível para a exportação, é possível imaginar demanda total de etanol próxima a 30 bilhões de litros em 2015, a qual poderá ser perfeitamente atendida pela produção nacional.

Na safra 2009/2010, o Brasil possuía 320 usinas produtoras de açúcar e álcool, com capacidade instalada para processar mais de 430 milhões de toneladas de cana. Estas são capazes de produzir 29 milhões de toneladas de açúcar e 18 bilhões de litros de álcool. Nesta safra foram processados aproximadamente 612.211,20 mil de toneladas de cana, volume superior em 7,1% colhido na safra passada⁴⁴. Do total da cana esmagada, 276.007,1 mil toneladas (45,08%) foram destinadas à produção de açúcar, produzindo 34.636,9 mil toneladas e 336.204,1 mil toneladas (54,9992%) destinadas à produção de álcool, gerando um volume total de 25.866,06 milhões de litros de álcool. Deste total, 7.652,3 milhões de litros são de álcool anidro e 18.213,76 bilhões de litros são de álcool hidratado (MAPA/CONAB, 2010). O atual desenvolvimento da produção da cana de açúcar está ilustrado no gráfico abaixo.

⁴⁴ Há previsão também que em torno de 20 milhões toneladas de cana ficarão no campo para próxima colheita – cana bisada - devido principalmente ao excesso de chuvas ocorrido no período de safra.



Fonte, ÚNICA, 2008

Figura 23 - Produção de cana de açúcar, açúcar e etanol.

Houve um aumento da área colhida na ordem de 6,7% em relação a safra 2008/09 correspondendo 473 mil ha. Este incremento de área resultou em maior produção de cana, mas não refletiu na mesma proporção em relação à produção de açúcar e álcool. Isso porque, ocorreu queda acentuada da concentração de açúcar total recuperável (ATR), resultando numa redução da produção de álcool anidro da ordem de 23,96 milhões de litros. O setor estima a expansão da oferta de cana da ordem de 220 milhões de toneladas, o que significa incorporar outros 3 milhões de hectares em áreas de plantio nos próximos 6 a 8 anos. No entanto, essa área pode ser substancialmente reduzida se houver ganho contínuo de produtividade da cultura e aumento do teor de sacarose.

Segundo a previsão para a safra 2010/2011 divulgados pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a produção de cana será recorde: 664,33 milhões de toneladas. O estudo aponta que a maior parte da safra 2010/2011 será destinada à fabricação de etanol (362,8 milhões de toneladas ou 54,62%), aproximadamente 28,5 milhões de litros. Desses, 20,14 bilhões são do tipo hidratado e 8,4 bilhões de anidro. O restante da produção, 301,5 milhões (45,38%) será destinado à produção de açúcar.

A produção total de álcool (anidro e hidratado) estimado à safra 2010/2011, representa um valor superior a 10,6% em relação a última safra (MAPA/CONAB, 2010). Se esse volume se consumir, o total de álcool produzido será capaz de atender a demanda por etanol no mercado interno, aumentando ainda mais a cota das energias renováveis na matriz energética brasileira.

Isso porque, por ser um combustível renovável, o uso de etanol adicionado à gasolina (25%) ou usado puro nos carros *flex fuel* melhora a qualidade do ar, especialmente nos grandes centros urbanos, além de contribuir para a redução da emissão dos gases de efeito estufa em até 90%.

Para a safra 2012/2013 a meta é de 685 milhões de toneladas de cana processada, o que resultaria em mais de 6,4 milhões de hectares cultivados. Para atender somente a demanda interna seriam necessários investimentos da ordem de US\$ 14,6 bilhões para a construção de mais 77 novas usinas de processamento. Do total estimado para a safra 2012/2013, 60% seria destinado ao mercado interno, ou seja, 35,7 milhões de metros cúbicos de etanol. Outros 7 milhões de metros cúbicos seriam destinados a exportação. A agroindústria brasileira é a maior produtora de cana, respondendo por 33,9% de todo o mercado mundial, assim como na produção de açúcar (18,5%) e etanol (36,4%). Hoje o etanol responde por 40,6% do combustível para veículos leves (MAPA/CONAB, 2010).

6 A CONTRIBUIÇÃO DO MODELO ENERGÉTICO BRASILEIRO E ALEMÃO

6.1 Perspectivas eólicas no Brasil

O Brasil dispõe de uma ampla referência internacional, em especial pela geração de energia por meio da hidroeletricidade, assim como pelo desenvolvimento do biocombustível e da biomassa⁴⁵. No entanto, outra condicionante favorável é o enorme potencial eólico disponível, resultado da extensa área territorial brasileira⁴⁶ e pelos 7.367 km de costas que ainda são pouco aproveitados. Estudos realizados para o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (APEB), em 2001, mostraram que o país dispõe de uma

⁴⁵ O potencial de crescimento da eletricidade de cana, a chamada bioeletricidade, deve passar dos atuais 3% da matriz energética elétrica nacional para cerca de 15% em 2020, isso considerando apenas a utilização do bagaço e da palha da cana em níveis idênticos ao do volume plantado atualmente no Brasil.

⁴⁶ O Brasil é o quinto maior país do mundo em área territorial.

potência instalável de 143 mil megawatts (MW) de energia ou 143 GW (equivalente a dez usinas de Itaipu), revelada a partir de medições feitas em torres de 50 metros de altura e ventos com velocidade igual ou superior a 7m/s. Potencial que, hipoteticamente, permitiria uma geração de energia de 272 TWh/ano.

Estudos preliminares desenvolvidos pelo Centro de Pesquisa de Energia (Cepel) da Eletrobrás apontam que o potencial brasileiro pode ser maior do que o apresentado no primeiro Atlas brasileiro. Ou seja, no momento da medição, as torres anemométricas - que mensuram a velocidade, a direção e a força dos ventos - referenciavam-se em até 50 m ou a metade da altura das torres de hoje, que estão sendo projetadas acima dos 100 metros.

As mudanças no padrão de medição favoreceram a compilação de novos dados que pudessem ser analisados sem a interferência sofrida em decorrência das condições de terreno e relevo. Ou seja, o aumento no comprimento das torres garante uma captação maior dos ventos. Dessa forma, podem ser mais intensos, atingindo velocidades maiores as analisadas pelo primeiro Atlas eólico brasileiro.

De acordo com o novo mapeamento, esse potencial eólico pode ultrapassar 250 GW. Os cálculos serão baseados entre 90 e 100 metros acima do solo, uma vez que algumas usinas eólicas já operam com equipamentos nessa faixa de altura. Porém, segundo dados da Associação Brasileira de Energia Eólica (AbeEólica), o potencial real é consideravelmente maior, podendo chegar a mais de 350 GW. Caso essa potência instalável seja ainda que parcialmente aproveitada, o Brasil poderia entrar para o grupo das cinco maiores potências mundiais de energia eólica. Hoje a capacidade instalada brasileira é de 705 MW, muito abaixo dos 9.645 MW da potência instalada da Índia, quinto maior país em capacidade instalada no mundo. A Tabela 14 apresenta dados comparativos entre os países com a maior potencia instalada e o percentual em relação ao potencial mundial. Nota-se que o Brasil contribui muito pouco frente à tamanha capacidade de geração.

Tabela 14 - Capacidade instalada de energia eólica entre alguns países no final de 2009 e o percentual mundial.

Capacidade instalada de produção de energia eólica no final de 2009

País	EUA	Alemanha	China	Espanha	Índia	Itália	França	Reino Unido	Portugal	Brasil
MW	35.159	25.777	25.104	19.149	10.926	4.850	4.492	4.051	3.535	705
%	22,3	16,3	15,9	12,1	6,9	3,1	2,8	2,6	2,2	0,7

Fonte: GWEC, 2009

A dinâmica brasileira de incentivos a energia eólica deverá ocorrer baseado nas atuais diretrizes metodológicas adotadas pelo Plano Decenal 2009/2019. Ou seja, em 2009 iniciou-se com o primeiro leilão específico para as energias eólicas e, nos próximos dez anos, irá repetir o atual modelo de promoção das fontes alternativas de energia. Durante os próximos dez anos, a energia eólica será vendida na faixa de 1 a 2 GW por ano, isso representará entre 10 GW e 20 GW de energia no país nos próximos dez anos. Ainda continuaremos com uma inexpressiva capacidade instalada frente ao enorme potencial disponível no território brasileiro e muito inferior a qualquer taxa de investimento feito nos países desenvolvidos ou até mesmo nas economias em desenvolvimento. Países com baixo potencial eólico como Portugal, Espanha, Itália e França tem como meta superar em 30GW o potencial instalado até 2020.

6.1.1 A distribuição da energia eólica no Brasil

Alguns estados brasileiros apresentam algumas especificidades quanto as condições de geração de energia elétrica. Atualmente, os maiores parques eólicos estão instalado nos Estados do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Norte e Ceará. Entre os 45 parques, que somam 705 MW de capacidade instalada no Brasil, a maior parte está localizada no estado do Rio Grande do Sul, onde estão as usinas de Osório, Sangradouro e Índios, conhecida como Parque de Osório. Juntas essas usinas somam 150 MW de capacidade instalada. O Ceará destaca-se por conter o maior número de usinas em operação: são quatro usinas (de Taíba, Prainha, Mucuri e Beberibe). O Ceará ainda detém o maior número de projetos em desenvolvimento, com uma

potência projetada de 513 MW. Na época de publicação do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, em 2001, o Ceará concentrava quase 65% da capacidade instalada do país.

A produção de energia a partir da fonte eólica apresentou um crescimento de 132,8%, desde dezembro de 2008. Somente em 2009, a capacidade de geração de energia eólica cresceu 77,7% em relação ao ano anterior, chegando a capacidade instalada de 705 MW contra os 400 MW de 2008. Nos últimos leilões, foram contratados 1808 MW, para entrar em operação em 2012. Porém, em termos mundiais, o potencial eólico instalado chegou a 157,9 GW em 2009. Em termos de redução das emissões de gases de efeito estufa, o desenvolvimento desses projetos foi capaz de evitar cerca de 204 milhões de toneladas equivalentes de carbono por ano (AbeEólica, 2010).

No entanto, muitos estados brasileiros ainda não possuem projetos em usinas de energia eólica instaladas, mas apresentam grande potencial de geração, como é o caso dos Estados de Alagoas⁴⁷, Espírito Santo e Rio Grande do Sul. Tais iniciativas basearam-se no potencial mapeado a partir da elaboração do APEB. Estados como São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Rio Grande do Sul estão mapeando seu potencial eólico.

O que se constata a partir do cálculo dos regimes de vento médio anual para todos os estados brasileiros, em especial os que posteriormente apresentaram seus respectivos mapas eólicos, é a imensa capacidade de geração de energia a partir dessa fonte. Na base de cálculo desse potencial foi utilizando o geoprocessamento, no qual foi possível analisar o desempenho e a produção de energia elétrica. Segundo dados do Estado do Espírito Santo (AGENCIA, 2009), em termos de velocidade média anual, entre 5,5 m/s e 7,0 m/s⁴⁸, os resultados da integração cumulativa indicam um potencial estimado de 0,53 GW, 1,79 GW e 4,06 GW, para áreas com ventos iguais ou superiores a 6,5 m/s, nas alturas de 50 m, 75 m e 100 m, respectivamente, com o pode ser analisado na Tabela 15.

Tabela 15 - Velocidade média de vento no Espírito Santo.

⁴⁷ O Atlas eólico do Estado de Alagoas foi desenvolvido pela Eletrobrás e publicado no início de 2009 e contou com a parceria das universidades federais de Pernambuco e de Alagoas.

⁴⁸ Tecnicamente, médias anuais a partir de 6,0 m/s já constituem condições favoráveis para a operação de usinas eólicas.

Integração por faixa de velocidade					Integração cumulativa		
Altura	Vento (m/s)	Área km ²	Potencia Instalável (MW)	Energia anual (TWh/ano)	Área km ²	Potencia Instalável (MW)	Energia anual (TWh/ano)
50 m	> 6,0	879	1.319	2.297	1.230	1.846	3.459
	> 6,5	266	399	837	352	528	1.162
	> 7,0	68	102	249	86	129	235
	> 7,5	15	23	63	18	27	76
	> 8,0	3	4	11	3	4	13
	> 8,5	0	0	2	0	1	2
75m	> 6,0	2.498	3.747	6.023	3.693	5.540	9.732
	> 6,5	896	1.345	2.636	1.195	1.793	3.709
	> 7,0	236	354	818	299	448	1073
	> 7,5	50	75	196	63	94	255
	> 8,0	12	17	51	13	20	59
	> 8,5	2	3	8	2	3	9
100m	> 6,0	4.306	6.460	8.738	7.015	10.522	16.038
	> 6,5	1.946	2.919	4.903	2708	4.062	7.300
	> 7,0	598	897	1.804	762	1.143	2.397
	> 7,5	131	196	460	164	247	593
	> 8,0	28	42	111	33	50	134
	> 8,5	5	8	22	6	9	25

Fonte: AGENCIA, 2009

O Estado de Alagoas desenvolveu a mesma pesquisa, estimulado pelo mapeamento nacional realizado para o atlas eólico brasileiro. No Estado, as cinco áreas identificadas com potencial satisfatório para geração de energia eólica foram: Dunas de Piaçabuçu, Serras de Água Branca e Mata Grande e Região de Carneiros, Senador Rui Palmeira e Girau do Ponciano. Nessas cinco regiões, o potencial calculado para áreas com ventos iguais ou superiores a 7 m/s foi de 173 MW, 336 MW e 649 MW, tendo como referência as alturas de 50 m, 75 m e 100 m, respectivamente. Nessa mesma faixa de análise, o fator de capacidade de produção anual de energia pode chegar de 458 GW/h, 822 GW/h e 1.340 GW/h, nas alturas de 50 m, 75 m e 100 m, o que representaria, respectivamente, 22%, 39% e 64% do consumo do Estado, superior a 2,1 TWh, com base em 2006 (AGENCIA, 2009).

Os limiares de atratividade para investimentos em geração eólica dependem dos contextos econômicos e institucionais de cada país, variando, em termos de velocidades médias anuais, entre 5,5m/s e 7,0m/s. Tecnicamente, médias anuais a partir de 6,0m/s já constituem condições favoráveis para a operação de usinas eólicas.

O aproveitamento na energia eólica no Estado do Rio Grande do Sul é bastante significativo, as melhores áreas identificadas, como o litoral centro-sul, proporcionariam um reforço à rede elétrica, justamente nas pontas do sistema elétrico estadual. Segundo os dados do Atlas eólico do Rio Grande do Sul, há a possibilidade de se desenvolver um grande potencial de aproveitamento eólio-elétrico em terra (*onshore*), da ordem de 15,8GW, 54,4GW e 115,2GW, para áreas com ventos iguais ou superiores a 7,0 m/s, nas alturas de 50m, 75 m e 100 m, respectivamente. No entanto, houve um estudo sobre a magnitude do potencial eólico sobre água (*offshore*)⁴⁹, resultante da integração das velocidades médias anuais calculadas sobre as Lagoas dos Patos, Mirim e Mangueira, estimado em 18,52GW, 19,51GW e 19,74GW, para ventos iguais ou superiores a 7,0 m/s, nas alturas de 50 m, 75 m e 100 m. Possuindo rugosidade baixíssima, nessas áreas a camada-limite atmosférica recupera parte da energia cinética perdida ao passar pelos terrenos da costa atlântica, registrando as maiores velocidades médias no RS. Observa-se também que, devido à baixa rugosidade sobre a água, os potenciais eólicos nas três alturas diferem pouco, uma vez que a variação do perfil vertical de velocidade do vento na atmosfera é função da rugosidade do terreno, além da estabilidade térmica vertical. A Tabela 16 mostra dados sobre o potencial eólico estimado para o Rio Grande do Sul, com base na velocidade do vento nas alturas de 50m, 75m e 100m.

Tabela 16 - Velocidade média de vento no Rio Grande do Sul

Potencial eólico – elétrico estimado							
Solo firme (<i>onshore</i>)					Sobre água (<i>offshore</i>)		
Altura	Vento (m/s)	Área km ²	Potencia instalável (GW)	Energia anual (TWh/ano)	Área km ²	Potencia instalável (GW)	Energia anual (TWh/ano)

⁴⁹ No desenvolvimento desse estudo, foram considerados apenas as três principais lagoas.

50 m	> 6,0	113.760	170,64	326,23	13.227	19,84	54,64
	> 6,5	39.603	59,40	133,72	13.106	19,66	54,32
	> 7,0	10.558	15,84	41,69	12.346	18,52	51,84
	> 7,5	2.367	3,55	10,70	6.202	9,30	28,12
	> 8,0	374	0,56	1,88	839	1,16	4,22
	> 8,5	11	0,02	0,06	12	0,02	0,07
75m	> 6,0	195.516	293,27	554,16	13.282	19,92	55,40
	> 6,5	109.481	164,22	347,98	13.210	19,82	55,40
	> 7,0	36.284	54,43	132,86	13006	19,51	54,61
	> 7,5	8.073	12,11	34,02	9.932	14,90	43,52
	> 8,0	1.329	1,99	6,32	3279	4,92	15,64
	> 8,5	83	0,12	0,44	70	0,11	0,37
100m	> 6,0	230.820	346,23	607,55	13.307	19,96	51,08
	> 6,5	173.044	259,56	490,68	13.264	19,90	50,99
	> 7,0	76.797	115,19	247,11	13.159	19,74	50,72
	> 7,5	21.695	32,54	79,93	12.084	18,13	47,36
	> 8,0	3.298	0,34	13,93	4.878	7,32	20,82
	> 8,5	230	0,34	1,08	242	0,36	1,16

SECRETARIA, 2009

O potencial eólico estimado para o Estado Rio Grande do Sul é bastante elevado. Como referência comparativa aos valores resultantes da integração, o sistema elétrico brasileiro possuía uma capacidade total instalada de 77,0GW, até o final de 2001, o total de recursos hidráulicos no Brasil (inventariado mais estimado) é de 143,4GW. O Estado ocupa uma área de apenas 3,32% do território brasileiro e possui um potencial de geração eólica, a 50m de altura sobre solo firme, e para velocidades a partir de 7,0m/s, equivalente a 15% do potencial eólico estimado para o Brasil, se comparados sob os mesmos critérios. O consumo total de eletricidade do Estado foi de 19,31TWh no ano de 1999, ou seja, 46,3% da geração eólica anual estimada (41,7TWh/ano) (SECRETARIA, 2009).

Já o potencial eólico do Estado de Minas Gerais é bastante significativo, segundo o Atlas Eólico desenvolvido pela Cemig. O potencial pode chegar a 40 GW, a uma altura de 100 metros, sendo a região norte de Minas, ao longo da Serra do Espinhaço, o local de maior potencial, seguido do Triângulo Mineiro.

O Estado do Ceará destaca-se por representar o maior potencial brasileiro de projetos em energia eólica. Em 2010 entraram em operação todos os 14 parques prospectados pelo Proinfa, totalizando 518,3 MW de potência instalada. Em 2012 dobrará a produção, com a entrada em funcionamento de novas usinas, que somarão 542 MW, contratados no leilão promovido Aneel, em 2009. A soma da potência dos 14 projetos desenvolvidos pelo Proinfa, e as três existentes anteriormente, darão ao estado 1.060,3 MW, condições que faz o Estado do Ceará ganhar maior importância quanto à produção de energia elétrica a partir de fonte limpa no país. Porém, esse potencial poderia ser maior aproveitado, caso não houvesse impedimentos burocráticos no processo de licenciamento ambiental. Os problemas iniciaram após críticas do Ministério Público ao licenciamento de parques eólicos. A Secretaria de Meio Ambiente do Ceará (Semace) decidiu exigir dos empreendedores a elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (Rima) dos projetos com licitação. No entanto, pelas normas da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), os parques eólicos precisam apresentar apenas um Relatório Ambiental Simplificado (RAS). Com isso, os custos dos parques eólicos aumentaram a competitividade dos empreendimentos planejados e, no último leilão da Aneel, os Estados do Rio Grande do Norte e Bahia ultrapassaram o Estado do Ceará em números de projetos licitados.

Tais cenários demonstram que as políticas de promoção da energia eólica precisam estar baseadas numa melhor gestão em energias renováveis. Ou seja, tais projetos ainda baseiam-se nas referências de promoção de políticas ambientais, muito distante de modelos alemães que baseiam a ampliação da energia eólica no suprimento energético.

6.1.2 O leilão de energia eólica

O primeiro leilão de energia eólica brasileiro ocorreu em dezembro de 2009 e caracterizou-se como um importante marco no mercado brasileiro. Foi o primeiro destinado a compra de energia eólica, promovido pela ANEEL no dia 14 de dezembro

de 2009. No total foram negociadas a construção e operação de 71 empreendimentos, com uma capacidade somada de 1.805 MW. Os projetos abrigaram um total de 773 aerogeradores que poderão entrar em operação a partir de 1º de julho de 2012 e terão um prazo de concessão de 20 anos. Das usinas contratadas, 23 encontram-se no estado do Rio Grande do Norte, 21 no Ceará, 18 na Bahia, 8 no Rio Grande do Sul e 1 no Sergipe (MME, 2009).

Já o leilão ocorrido entre os dias 25 e 26 de agosto de 2010, foi dividido em dois momentos: o primeiro dia de Leilão destinou-se a contratar Energias de Reserva. O Leilão de Reserva 2010 contratou 1.206,6 MW de potência instalada. Um total de 33 empreendimentos venderam energia a um preço médio de R\$ 125,07/MWh. A energia negociada no leilão totaliza 445,1 MW médios, sendo 255,1 MW médios de eólica, 168,3 MW médios de biomassa (bagaço de cana) e 21,7 MW médios em pequenas hidrelétricas. O Leilão de Reserva tem como objetivo contratar energia além da necessária para atender à demanda dos consumidores. O objetivo dessa contratação é aumentar a segurança e a garantia de fornecimento de energia elétrica no país.

A energia adquirida no Leilão de A-3 proporcionou a contratação de uma potência instalada total de 1.685,6 MW, a partir de um conjunto de 56 empreendimentos que negociaram contratos de compra e venda com 15 empresas de distribuição de energia elétrica. A energia negociada no leilão totaliza 714,3 MW médios, sendo 643,9 MW médios de eólica, 22,3 MW médios de biomassa (bagaço de cana) e 48,1 MW médios em pequenas hidrelétricas. O preço médio final ficou em R\$ 135,48/MWh. A energia adquirida no Leilão A-3/2010 será destinada especificamente ao suprimento da demanda de mercado indicado pelas distribuidoras de eletricidade para os próximos três anos. Todos os empreendimentos contratados terão que entrar em operação até 1º de janeiro de 2013 (EPE, 2010).

Somados, os Leilões de Fontes Alternativas de Energia Elétrica de 2010 (A-3 e Reserva), resultaram na contratação de 2.892,2 MW de potência instalada e corresponde a 1.159,4 MW médios. No geral, foram contratadas 70 centrais eólicas, 12 termelétricas à biomassa e sete pequenas centrais hidrelétricas (PCHs).

Os 89 projetos receberão investimentos próximos a R\$ 10 bilhões e alcançarão R\$ 26,9 bilhões ao final do período de vigência dos contratos – que variam entre 15 anos (biomassa), 20 anos (eólica) e 30 anos (PCH) de duração.

Tabela 17 - Leilão de fontes alternativas 2010 – resultado final

Fonte	Projetos contratados	Potência instalada (MW)	Energia negociada MW médios	Preço médio (R\$/MWh)
Eólica	70	2.047,8	899,0	130,86
Biomassa	12	712,9	190,6	144,20
PCH	7	131,5	69,8	141,93
TOTAL	89	2.892,2	1.159,4	133,56

Fonte: EPE, 2010

Foram contemplados com os empreendimentos negociados os estados da Bahia (587,4 MW), Ceará (150 MW), Goiás (191 MW), Minas Gerais (21 MW), Mato Grosso do Sul (126 MW), Mato Grosso (20,6 MW), Paraná (19 MW), Rio Grande do Norte (1.064,6 MW), Rio Grande do Sul (245,8 MW), Santa Catarina (29,9 MW), São Paulo (356,9 MW), Tocantins (80 MW) (EPE, 2010).

Porém, sem a ausência de marco regulatório com um fator de garantia quanto ao ritmo de investimentos no país não haverá condições de consolidar o mercado eólico nacional. Isso porque a alta carga tributária (que pode chegar a 30%) e a ausência de um procedimento ambiental padrão nacional (as exigências variam de Estado para Estado) geram insegurança aos investidores.

Por meio dos dados das Tabelas 18 e 19 é possível analisar o enorme potencial de geração de energia renovável disponível no Brasil. Os projetos habilitados no ultimo leilão demonstram o potencial de ampliar nossas fontes de energias renováveis.

Tabela18 - Leilão de Reserva 2010 – empreendimentos habilitados

Fonte	Nº de empreendimentos	Potência total (MW)
--------------	------------------------------	----------------------------

PCH	10	168
Eólica	316	8.202
Biomassa	40	2.375
TOTAL	366	10.745

Fonte.: EPE, 2010

Tabela 19 - Leilão de A-3 2010 – empreendimentos habilitado

Fonte	Nº de empreendimentos	Potência total (MW)
PCH	15	287
Eólica	320	8.304
Biomassa	33	1.824
TOTAL	368	10.415

Fonte.: EPE, 2010

Um exemplo da incerteza jurídica é o que acontece com a vigência do Convênio de Isenção de ICMS do Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz). O órgão prorrogou a isenção do imposto para operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento de energia solar e eólica até 31 de janeiro de 2012, porém, os projetos habilitados pelo leilão de agosto só serão entregues em 2013.

Tabela 20 - Expansão de Fontes Alternativas de Energia (2010 - 2012)

Potência				
Tipo	Região	2010	2011	2012
Biomassa	Sudeste	2.176	641	239
	Sul	29	0	0
	Nordeste	95	62	0
	Norte	0	0	0
	Madeira	0	0	0
	Total	2.300	703	239

Cont.

Potência				
Tipo	Região	2010	2011	2012
PCH	Sudeste	671	35	0
	Sul	241	32	0
	Nordeste	25	7	0
	Norte	43	0	0
	Madeira	43	0	0
	Total	980	74	0
Eólica	Sudeste	163	74	0
	Sul	295	0	186
	Nordeste	247	0	1.620
	Norte	0	0	0
	Madeira	0	0	0
	Total	705	0	1.806
TOTAL		3.995	777	2.045

Fonte: EPE, 2009

O renomado reconhecimento brasileiro pela detenção de grandes hidrelétricas, bem como as recentes reservas de petróleo, acaba por desestimular investimentos em outras fontes alternativas de energia. A esta problemática soma-se a dificuldade de pequenos e médios empreendedores terem acesso a crédito, devido à excessiva burocracia e exigências de garantias. Por isso, a energia eólica apresenta um baixo potencial instalado, mesmo frente ao atual modelo de gestão dessa energia no atendimento a demanda brasileira. Nota-se ainda que, as metas do Proinfa de instalar 1.423 MW no fim de 2010 não serão atingidas, estando longe dos objetivos propostos.

6.1.3 Plano decenal de expansão de energia elétrica no Brasil (2010-2019)

O PDEE (2010-2019) baseia-se na descrição do planejamento do setor energético brasileiro, no qual identifica as necessidades de investimentos e expansão da oferta e demanda de energia e as diretrizes de política energética do país. Esses dados projetam um crescimento do PIB na taxa de 5,1% a.a. e, em termos de consumo final de energia, essa projeção é de 5,9% a.a. Para atender as perspectivas de crescimento do PIB, o país precisa agregar 6,3 MW de nova capacidade instalada ao ano. Até 2013, a base da

expansão brasileira de geração de eletricidade é determinada pelos resultados dos leilões de energia nova que já foram realizados. Por isso, a capacidade de geração termoelétrica cresce nesse período.

Tabela 21 - Evolução da intensidade de emissões de GEE na economia.

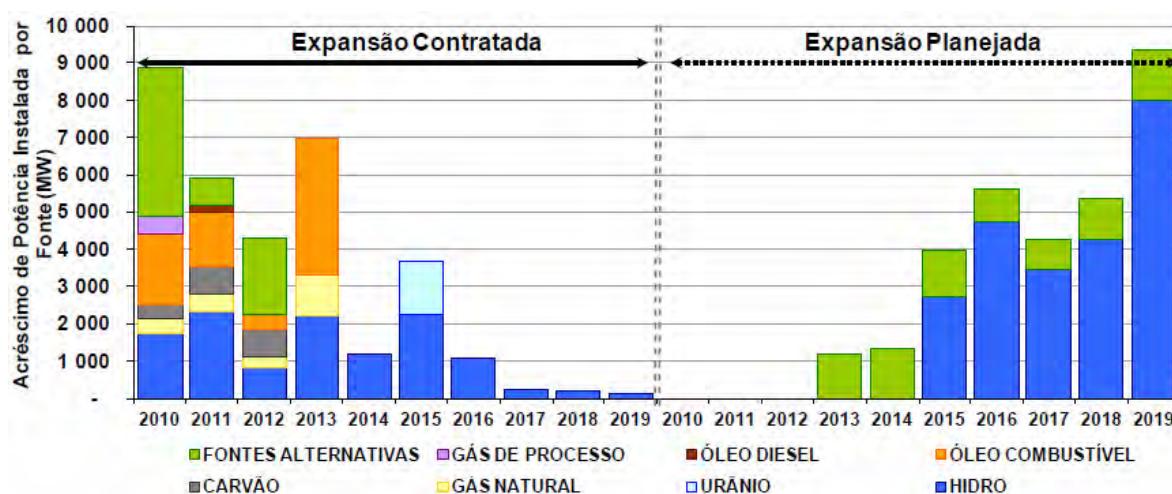
Panorama Macroeconômico	2009	2019	Incremento no Período	%
PIB (10 ⁹ R\$)	3.143	4.966	1823	58%
População (10 ⁶ hab)	191	207	15	8%
PIB per capita (R\$/hab)	16.416	24.042	7.626	46%
OIE per capita (tep/hab)	1,274	2,081	0,807	63%
OIE PIB (tep ³ R\$)	0,078	0,089	0,009	12%
OIE PIB (kWh/10 ³ R\$)	162,1	167,1	5,0	3%

Fonte: EPE, 2010

A partir de 2014, somente centrais hidrelétricas e de fontes alternativas são contempladas no planejamento. A política de diversificação da matriz de geração, que foi um objetivo de política energética nas duas últimas décadas, não orienta mais o planejamento setorial. Assim, a participação da capacidade de geração hidrelétrica voltará a crescer a partir de 2014. Como o potencial hidrelétrico remanescente se localiza na região Amazônica, o PDE 2019 indica a construção de um conjunto de centrais na região. Além das centrais já leiloadas, nos Rios Madeira (Santo Antônio e Jirau) e Xingu (Belo Monto), são planejadas centrais de grande porte nos Rios Tapajós e Rio Jamanxim (Complexo Tapajós) e serão baseadas no conceito de usinas plataforma⁵⁰. Entre as usinas estão São Luiz do Tapajós (6.133 MW) e Jatobá (2.336 MW) no rio Tapajós e Cachoeira do Caí (802 MW), Jamanxim (881MW) e Cachoeira dos Patos (528MW), no Rio Jamanxim. O Complexo Tapajós terá capacidade de geração de 10.682 MW (EPE, 2010).

⁵⁰ O MME se inspirou na produção de petróleo offshore para encontrar a solução para a geração de energia elétrica na floresta amazônica, no Pará. Os cinco projetos hidrelétricos do Complexo Tapajós que serão leiloados em 2011, terão capacidade de produzir eletricidade equivalente a uma usina de Itaipu, porém ocuparão o menor espaço físico e reduzirá o impacto ambiental.

Ainda, o Plano Decenal prevê a instalação de 14.655 MW de fontes alternativas, número correspondente a uma Itaipu, ou 23% dos 63.480 MW projetados para os próximos dez anos. Essa projeção aumentará a participação no parque de geração do SIN de 12%, em 2014, para 13%, em 2019 e indicam que 3,9 mil MW serão geradas pelas PCHs, 5,4 mil MW a partir de usinas a biomassa e 5,3 mil MW a partir de usinas eólicas. No gráfico abaixo é possível analisar o desenvolvimento das fontes renováveis ao longo dos próximos dez anos.



Fonte: EPE, 2010

Figura 24 - Acréscimo de Capacidade Instalada Anual por Fonte (MW)

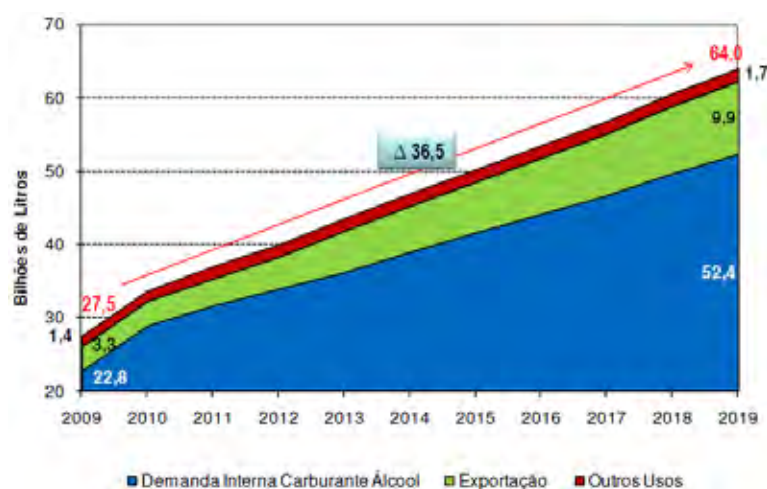
O destaque será o aumento da produção de petróleo e gás natural, como resultado do aproveitamento dos recursos do pré-sal. No PDE 2019, a produção de petróleo crescerá a uma taxa de 10% a.a. e, segundo as projeções, o Brasil produzirá 5,1 milhões de barris por dia, metade proveniente de campos do pré-sal, no final de 2019. O desenvolvimento do setor colocará o país entre os quatro maiores produtores de petróleo do mundo (após Arábia Saudita, Rússia e EUA). O gás natural decorrente da produção de petróleo (40% proveniente de campos do pré-sal) apresentará uma taxa significativa de crescimento próximo a 12% a.a., alcançando 231 milhões de m³ diários no período. Hoje esse representa metade da produção total de gás natural e representará 80% em 2019 (EPE, 2010).



Fonte: Petrobras

Figura 25 - Evolução das reserva de petróleo e gás natural no Brasil.

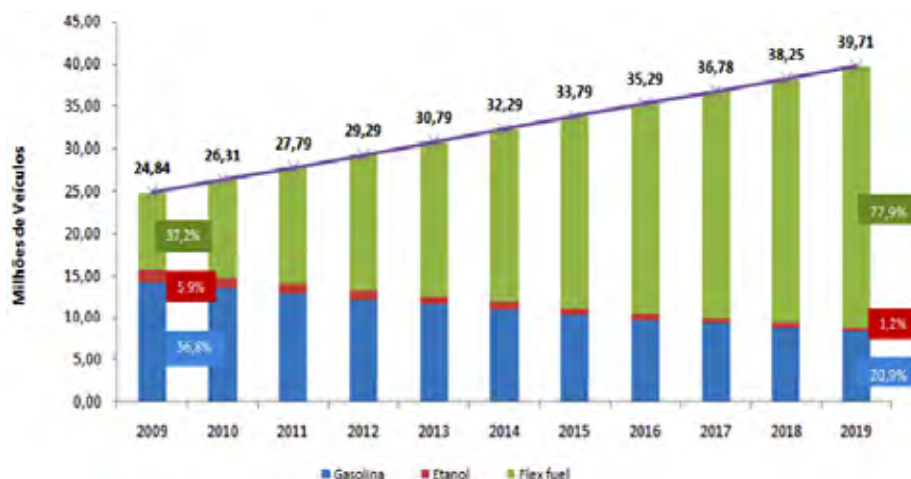
Segundo a EPE (PDE, 2019), a produção de etanol, ainda que considere expansão significativa, reflete os acontecimentos recentes, apontando para frustração de expectativas apresentadas no plano anterior (PDE 2008-2017). A crise econômica levou ao adiamento de projetos de novas usinas e o aumento do preço do açúcar no mercado internacional, deslocando a produção de etanol em 2009. A produção de etanol em 2009 (26,1 bilhões de litros) foi 7% inferior ao valor projetado. Até 2019, a produção de etanol crescerá a uma taxa de 7,4% a.a., alcançando 64 bilhões de litros. A maior parte deste crescimento será ancorada pelo aumento da demanda interna, que passará de 22,8 para 52,4 bilhões de litros. Na figura abaixo é possível analisar o crescimento da produção do etanol brasileiro.



Fonte: EPE, 2010.

Figura 26 - Projeção da demanda total de etanol.

A demanda será impulsionada pelo crescimento da frota de veículos (figura 27), dos atuais 24,8 milhões de unidades para 39,7 milhões em 2019. Haverá ainda um expressivo aumento da proporção de carros *flexfuel*, que passam de 37% para 78% em 2019. As exportações triplicarão nesse período, passando de 3,3 para 9,9 bilhões de litros.



Fonte: EPE, 2010

Figura 27 - Venda de veículos no Brasil

Pelo estudo da EPE, a principal fonte de energia renovável será o etanol, com 21,5% de participação na matriz energética; seguida pela hidráulica, com 12,7% e a lenha e o carvão vegetal, com participação de 9,9%. O forte crescimento projetado para o setor de siderurgia também elevará a participação da energia proveniente do carvão mineral e seus derivados, que passará dos atuais 5,5% para 7,4%, em 2019. A Tabela 22 mostra dados relativos à participação por fonte na geração de energia (em MW) para o período analisado.

Tabela 22 - Evolução da Capacidade Instalada por Fonte de Geração (MW)

Fonte	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Hidro	83.169	85483	86295	88499	89861	94656	100476	104151	108598	116699
Urânio	2007	2007	2007	2007	2007	3412	3412	3412	3412	3412
Gas	8860	9356	9856	11327	11533	11533	11533	11533	11533	11533
Carvão	1765	2485	3205	3205	3205	3205	3205	3205	3205	3205
Óleo combustível	3380	4820	5236	8864	8864	8864	8864	8864	8864	8864
Óleo Diesel	1728	1903	1703	1356	1149	1149	1149	1149	1149	1149
Gás Processo	687	687	687	687	687	687	687	687	687	687
PCH	4043	4116	4116	4516	5066	5566	5816	6066	6416	6966

Biomassa	5380	6083	6321	6671	7071	7421	7621	7771	8121	8521
Eólica	1436	1436	3241	3641	4041	4441	4841	5241	5641	6041
Total	112455	118375	122676	130774	133305	140935	147605	152080	157628	167078

Fonte: EPE, 2009

Para alcançar tais resultados, os investimentos para os próximos dez anos atingirão o montante de R\$ 951 bilhões, entre projetos nas áreas de energia elétrica, petróleo, gás natural e biocombustíveis. As áreas de petróleo e de gás natural absorverão 70% desses recursos até 2019, o que equivale a um aporte total de R\$ 672 bilhões em atividades de exploração, produção e oferta de derivados de ambos os insumos. O setor elétrico terá acesso, de acordo com o Plano, a investimentos de cerca de R\$ 214 bilhões nos segmentos de geração e transmissão de energia elétrica, representando 22,5% do total. Estes investimentos são fundamentais para garantir o crescimento da economia brasileira nos próximos 10 anos. Do total, R\$ 108 bilhões serão destinados a empreendimentos hidrelétricos (70%) e de fontes renováveis como Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), biomassa e eólica (30%). A oferta de biocombustíveis líquidos, por sua vez, demandará recursos da ordem de R\$ 66 bilhões, ou 6,9% do total, destinados à produção e ao transporte de etanol e biodiesel.

Em 2009, o país alcançou a capacidade instalada de 106.301 MW com 2.180 usinas em operação. O consumo de energia elétrica no Brasil somou 388.204 TWh em 2009, 1% a menos dos 392.688 TWh de 2008. O resultado no ano foi devido principalmente pela queda de 6% no uso de energia pelas indústrias no país, enquanto os segmentos residenciais e comerciais apresentaram altas de 6% respectivamente. Nesse contexto, a participação da hidroeletricidade⁵¹ na geração de energia é de 71%, seguidas pelas termoeletricas que, segundo a ANEEL, são responsáveis por 23,6% do parque gerador. O relatório da ANEEL mostra que os empreendimentos que entraram em operação comercial ao longo de 2008 geraram uma potência de 3.565,11 MW. Deste montante, 610,86 MW foram grandes hidrelétricas, 463,32 MW pequenas centrais hidrelétricas, 266,93 MW eólicas e 2.224 MW de térmicas a carvão e diesel (ANEEL, 2009). Ou seja, a matriz energética brasileira começa gerar energia a partir

⁵¹ Segundo um estudo desenvolvido pelo Prof. da USP Célio Bermann (2002), o Brasil ainda dispõe de um potencial hidrelétrico próximo de 260 mil MW o que garante o interesse dos empreendedores a construção de novas hidroelétricas.

de fontes fósseis, mesmo frente a tamanho potencial eólico, biomassa, solar e hídrico disponíveis.

Para 2010, projeta-se um aumento no consumo total de energia elétrica próximo a 455,2 TWh, o que equivale a um crescimento de 9,4% em relação a 2009. Em termos per capita o consumo brasileiro aumentará 45% até 2017. Segundo os cenários oficiais estima-se que entre 2010 e 2018 o consumo total de eletricidade no Brasil cresça a uma taxa média de 5,2% a.a., chegando a 681,7 TWh em 2018. A Tabela 23 demonstra o percentual por setor quanto ao aumento no consumo de energia elétrica.

Tabela 23 - Consumo de eletricidade por classe na rede (TWh).

Classe	2008	2010	2019	Variação (% ao ano)	
				2009-2010	2010-2019
Residencial	100,30	105,50	156,65	5,3	4,5
Industrial	166,50	182,30	274,80	9,5	4,7
Comercial	65,00	69,20	118,40	6,6	6,1
Outras	56,30	58,80	83,30	4,4	4,0
Total	388,00	415,00	633,00	7,2	4,8

Fonte: EPE, 2010.

Portanto, as mudanças necessárias da matriz energética brasileira têm que, necessariamente, ser baseadas na ampliação e uso das fontes renováveis de energia (particularmente a eólica), bem como apresentar soluções às questões socioeconômicas e ambientais para atender ao crescimento da demanda energética para os próximos dez anos. Em termos socioeconômicos, essas fontes geram empregos, tanto na área de desenvolvimento como na pesquisa científica, instalação e manutenção. Já em termos ambientais são os principais mecanismos de redução das emissões de gases de efeito estufa à atmosfera.

6.1.4 A intensidade das emissões e redução das emissões de gases de efeito estufa

O governo brasileiro sancionou em 29/12/2009 a Lei n.º 12187, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) que estabelece entre 36,1% e

38,9% as meta de redução dos gases de efeito estufa, visando o cumprimento voluntário das metas do Protocolo de Kyoto. O plano governamental, intitulado "Ações para Mitigação de Emissões até 2020", se divide em quatro tópicos fundamentais: Uso da Terra (que compete à redução do desmatamento da Amazônia e do Cerrado, estabelecida em 80% e 40%, respectivamente); Agropecuária (recuperação de pastos, integração de lavouras, plantio direto, fixação biológica de nitrogênio); Energia (eficiência energética, aumento de uso dos biocombustíveis, expansão de oferta de energia por hidroelétricas e fontes alternativas); e outros (siderurgia, a partir da substituição do carvão de desmate por carvão de reflorestamento).

A compreensão quanto às perspectivas de desenvolvimento do setor energético brasileiro faz-se necessário mediante a manutenção de um modelo energético limpo e renovável. Tal análise contribui enormemente para o entendimento da participação do setor energético em termos de emissões e/ou redução dos GEE, bem como desenvolver planos de ação referentes à mitigação do aquecimento global. Por esse motivo, optou-se por uma análise de acordo com as projeções de oferta e demanda de energia, a participação setorial no total de emissões futuras e, em especial, as reduções nas emissões de gases de efeito estufa decorrentes da geração de energia eólica e o uso de etanol na matriz energética brasileira.

A base de análise será sustentada nos cenários dos próximos dez anos, referida na estimativa de emissões. A partir de tais modelos, pode-se conhecer o montante e emissões por tipo de combustível e por setor econômico de acordo com o cenário de expansão do consumo de energia adotado para o próximo decênio. Um ponto fundamental na análise realizada consiste na avaliação da participação setorial no total de emissões. Essa abordagem é importante por permitir vislumbrar as tendências de aumento ou diminuição de emissões em cada setor, que por sua vez, permitem uma avaliação de possíveis ações no sentido de diminuir as emissões setoriais e, como consequência, diminuir as emissões totais. A Tabela 24 mostra as emissões setoriais devido à queima de combustíveis fósseis com fins energéticos ao longo do horizonte decenal.

Tabela 24 - Emissões de GEE por setor no horizonte decenal (2010-2019)

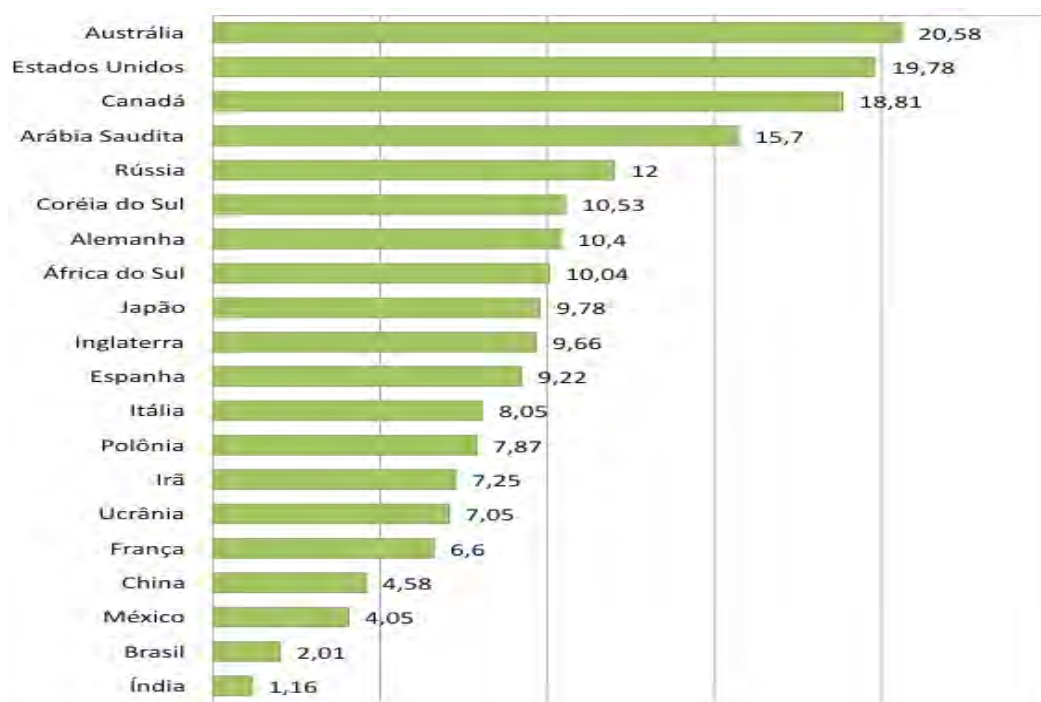
Mt.CO₂eq	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Setor Energético	31	38	44	48	49	49	50	50	50	49
Setor elétrico	26	32	38	46	50	47	46	47	49	51
Residencial	18	18	19	19	20	20	21	22	22	23
Comercial	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Público	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
Agropecuário	18	19	29	21	22	23	24	25	26	27
Transportes	167	174	180	187	196	206	217	228	241	252
Industrial	123	132	145	161	174	182	194	205	216	225
Emissões fugitivas	20	24	26	29	30	32	35	37	39	31
TOTAL	407	441	476	516	545	564	592	620	649	674

Fonte: EPE, 2010

Como podemos analisar, os setores industriais e de transportes são os que mais emitem GEE devido a queima de combustíveis fósseis. Em 2010, cerca de 71% das emissões com fins energéticos são provenientes desses dois setores e essa tendência pode permanecer durante todo o horizonte decenal devido à continuidade da prevalência do modelo de transporte rodoviário adotado no Brasil, bem como a forte expansão industrial prevista para o período. O setor de transportes, apesar de continuar respondendo pela maior parcela das emissões por queima de combustíveis, reduzirá sua participação de 41% em 2010 para 38% em 2019. No entanto, a participação do setor industrial aumentará de 30% em 2009 para 33% em 2018, seu percentual de emissões, devido ao aumento na demanda de carvão mineral (sidero-metalurgia) e gás natural no setor industrial. Já o setor elétrico, apesar de aumentar sua participação de 6% para 8%, continuará com uma participação pequena no total de emissões decorrentes da queima de combustíveis fósseis (EPE, 2010).

O setor energético brasileiro contribui muito pouco para as emissões de gases de efeito estufa lançados à atmosfera. Quando considerados quatro indicadores homogêneos de comparação mundial de gases de efeito estufa, ou seja: o valor absoluto das emissões de CO₂, os valores relativos por habitante, por quilômetro quadrado e por riqueza produzida, o Brasil está entre os que menos contribuem para o aquecimento global e as mudanças climáticas. Em termos per capita, cada brasileiro emite, em média, 2,0 toneladas de CO₂ por ano. Isso equivale a 12 vezes menos a

emissão dos americanos, quatro vezes menos dos europeus e menos da metade da média mundial. E ainda menos do que os latino-americanos (3,1t), do que a Ásia e a Oceania (2,87 t) e o Oriente Médio (7,9 t). Abaixo é possível analisar as emissões per capita entre os principais países desenvolvidos e em desenvolvimento (MIRANDA, 2008).



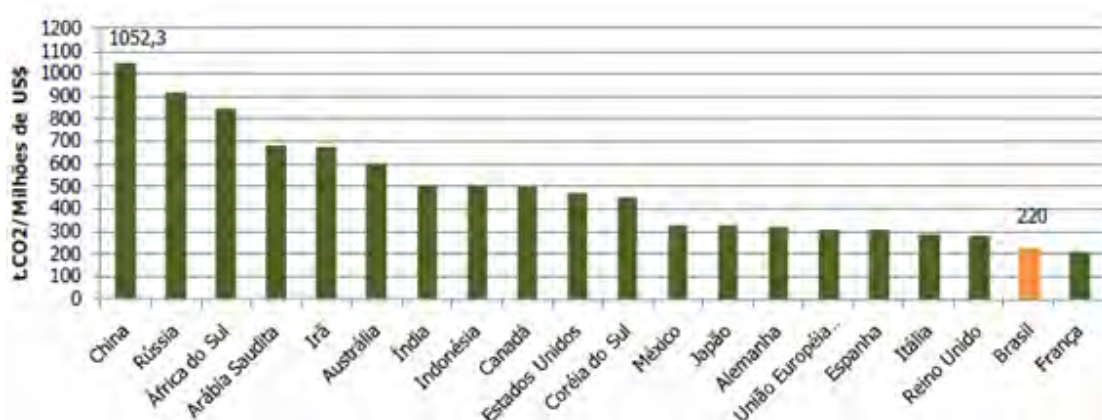
Fonte: Union of Concerned Scientists, 2006

Figura 28 - Emissões por habitantes (Toneladas de CO₂ por habitante)

A estimativa das emissões de CO₂ por quilômetro quadrado coloca o Brasil num cenário muito favorável. As emissões são da ordem de 42 toneladas de CO₂/km²/ano, enquanto que, no Canadá, as emissões são de 69 toneladas; na China, de 555 toneladas; nos EUA, de 710 toneladas; na Alemanha, de 2.365 t; no Japão 3.256 t. A Holanda destaca-se entre os demais países por seu alto teor de emissões: 6.493 t/CO₂/km²/ano. Já em termo de emissões equivalentes por unidade do PIB, a China (0,63) e Holanda (0,62), estão entre as mais sujas. A média mundial é 0,49 e a da Europa, 0,39. O uso intensivo de energia nuclear e a boa eficiência geram índices mais baixos em países com alta performance energética, como Japão (0,36) e França (0,26). O Brasil destaca-se com um quociente de 0,24, e é mais eficiente do que a média da América Latina (0,32) e muito distante de Bolívia (0,40), Venezuela (0,80), Antilhas

Holandesas (3,34) e Suriname (5,10). Portanto, para o Brasil ser o quarto emissor mundial, logo após a Rússia, teria que multiplicar por quatro as emissões anuais, mesmo agregando nossas emissões de origem não fóssil (derivadas da queima e desmatamento de florestas). Entretanto, os projetos de construção de usinas à base do carvão mineral, diesel e nuclear, podem reverter ao longo prazo a condição de matriz energética limpa da qual é privilegiado (MIRANDA, 2008).

No balanço brasileiro entre os dados socioeconômicos (população e o PIB), comparando-os com dados de outros países, nota-se que o nível de emissões no Brasil é bastante inferior àqueles dos países que mais contribuem com o aquecimento global. Conforme mostrado no Gráfico anterior um cidadão norte-americano emite cerca de 9 vezes mais GEE (20,5 t.CO₂/hab.) que um cidadão brasileiro (2,0 t.CO₂/hab.). Já o gráfico de intensidade da economia mostra que para produzir 1 milhão de PIB, excluindo as emissões devido ao desmatamento, a China emite 1.052 t.CO₂, os Estados Unidos emitem 473 t.CO₂, enquanto o Brasil emite 220 t.CO₂.

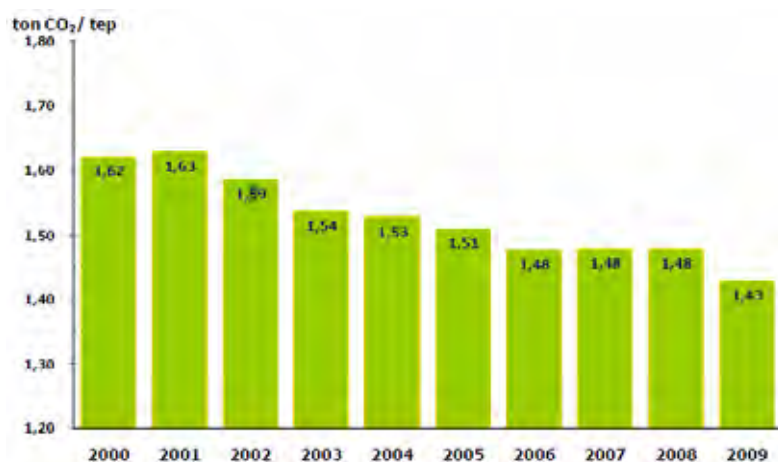


Fonte: EPE, 2010

Figura 29 - Intensidade de emissões por milhões de dólares (PIB).

O maior volume de emissões de GEE brasileiras provém da mudança de uso do solo, em especial o desmatamento na Região Amazônica. As atividades no setor emitem 200 milhões de toneladas de dióxido de carbono ou 75% do total das emissões brasileiras – próximas a 360 milhões de toneladas ou 1,3% do total mundial. No entanto, a adoção de políticas de preservação e combate ao desmatamento tem contribuído para a redução no percentual de desmatamento e deverá refletir na redução das emissões totais do país nos próximos anos.

Tanto em termos de produção de energia ou do uso do solo e desmatamento, o Brasil tenderá no médio e longo prazo diminuir suas emissões de GEE devido à relação direta entre desenvolvimento econômico e emissões de gases de efeito estufa. Busca-se um padrão de desenvolvimento distinto daquele promovido pelos países ditos desenvolvidos e perseguir soluções para, simultaneamente, crescer economicamente e reduzir o ritmo de aumento de suas emissões. Em 2009, o indicador que mede a razão entre emissões geradas e energia consumida no país foi de 1,43 tonelada de CO₂ por tep (tCO₂/tep), contra 1,48 tCO₂/tep registrados em 2008. Essa queda decorre da maior participação das fontes renováveis de energia na matriz nacional. Destaque-se que a média mundial de emissões decorrentes da produção e do uso da energia é de 2,39 tCO₂/tep e nos países membros da OCDE é de 2,37 tCO₂/tep (EPE, 2010). Na figura 30 é possível analisar tendencialmente a queda na emissão de CO₂ relacionada ao consumo de energia.



Fonte: EPE, 2010

Figura 30 - Emissões de CO₂ relacionadas ao consumo de energia.

Os dados do PDE 2019 mostram que o Brasil atingirá, ao final do horizonte decenal, o índice de 136 kg.CO₂/mil R\$, se comparado a 2005, quando este índice era de 138 kg CO₂/mil R\$. Embora, a diferença seja pequena comparando estes dois anos, verifica-se que a partir de 2014 há uma tendência de redução contínua neste índice, como demonstra na figura 31.

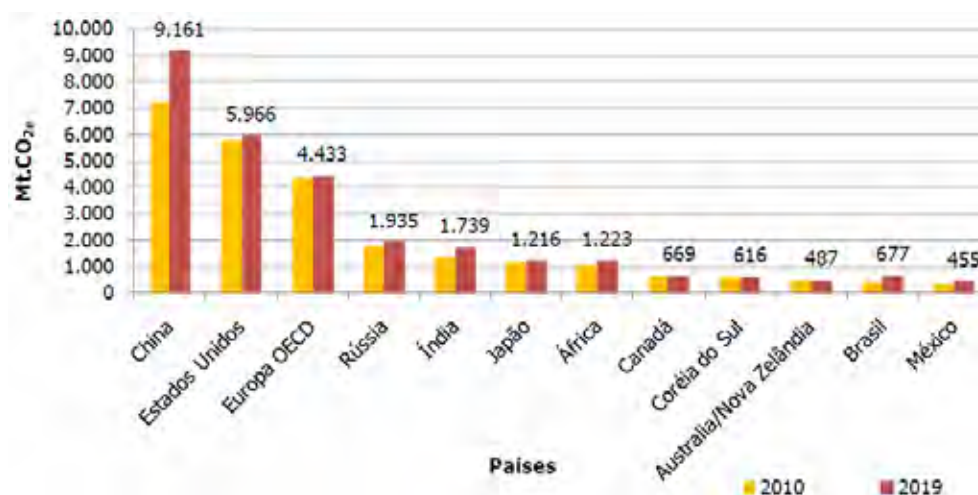


Fonte: EPE, 2010

Figura 31 - Intensidade de emissões de CO₂ por unidades do PIB produzido.

As projeções quanto ao ganho de eficiência no setor energético equivalem a 257,3 mil barris de óleo por dia (bbl/dia), o que representa uma economia de 13,3 mil toneladas equivalentes de petróleo (tep) – ou 12,5% do consumo de petróleo no Brasil. Estima-se que 50% dessa economia devam-se ao setor industrial e 41% ao setor de transporte.

A intensidade das emissões e redução das emissões de gases de efeito estufa apresentados nos dados do PDE 2010-2019 mostram que, comparativamente a 2005, a intensidade de emissões diminuiu significativamente no início do horizonte decenal devido aos efeitos da crise econômica dos anos de 2008 e 2009. O cenário do PDE 2010-2019 resulta num pico da intensidade de emissões no ano de 2014, a partir de quando o Brasil passa a reduzir progressivamente esse índice, atingindo no final do horizonte decenal intensidade inferior ao ano de 2005, devendo essa tendência de redução permanecer nos anos subsequentes. A manutenção de um cenário favorável ao uso de energias renováveis e a manutenção da hidroeletricidade na geração de energia elétrica brasileira destaca o país entre os demais emergentes, bem como entre as grandes economias, como analisado no gráfico abaixo. Concomitantemente, redução neste índice é importante, pois o Brasil destaca-se como precursor no cumprimento das metas para o segundo período do Protocolo de Kyoto (2012 – 2018).



Fonte: EPE, 2010

Figura 32 - Comparativo entre países das emissões de GEE por queima de combustíveis fósseis com finalidade energética.

Um ponto fundamental na análise realizada consiste na avaliação da participação setorial no total de emissões. Essa abordagem é importante por permitir vislumbrar as tendências de aumento ou diminuição de emissões em cada setor, que por sua vez, permitem uma avaliação de possíveis ações no sentido de diminuir as emissões setoriais e, como consequência, diminuir as emissões totais.

6.2 O modelo eólico alemão como referência brasileira

O potencial brasileiro de geração de energia eólica é bastante significativo, porém o desenvolvimento dos parques eólicos ainda está condicionado a novos investimentos e desenvolvimento da pesquisa, assim como novos paradigmas quanto à viabilidade e visibilidade socioeconômica e política desta fonte. Em termos de energia eólica, o investimento brasileiro no setor responde por cerca da metade da capacidade instalada na América Latina, mas representa apenas 0,7% do total mundial. No último leilão foi possível constatar que o quadro da energia eólica no Brasil começa a mudar. A capacidade instalada deve crescer ainda mais nos próximos anos decorrentes dos últimos leilões realizados em agosto de 2010. Na prática, os leilões representaram a construção de 161 parques eólicos (2013), frente a 45 em 2010, acrescentando até sete vezes a capacidade instalada no período, saindo dos atuais 705 MW para 5.250 MW.

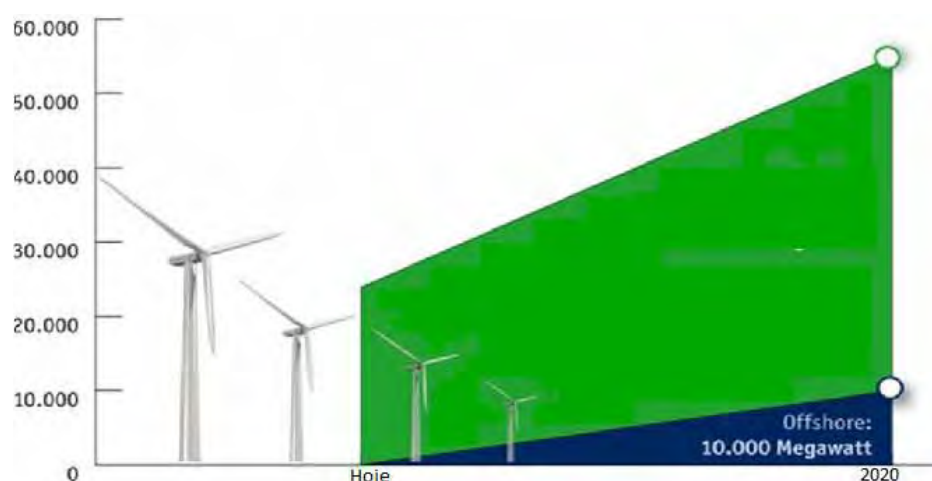
Tendo como cenário o atual fator de capacidade instalada no Brasil, bem como a entrada em operação das atuais usinas em construção, o percentual instalado (0,7% da matriz energética) ainda é muito baixo. Um dos pontos importantes que sugere esse trabalho para alavancar o desenvolvimento do mercado de energia eólica no Brasil, está ligado ao fortalecimento das políticas de promoção e a busca por *know how*, principalmente entre as grandes potências geradoras, visando consolidar a energia eólica na matriz energética renovável brasileira.

É neste momento que se procura apresentar algumas análises frente as possibilidade de modelos de programas específicos para energia eólica. Esses serão baseados em modelos que se relacionam as vantagens da energia eólica enquanto proposta de abastecimento energético, bem como capaz de contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa no longo prazo.

O modelo alemão de produção de energia eólica destaca-se por apresentar baixa qualidade/intensidade de vento (em média 5m/s), porém com altíssimo potencial instalado. O desenvolvimento tecnológico permite ao país substituir as turbinas antigas por novas que apresentam maior potencial de geração de energia a alturas muito maiores. Desta forma e com os últimos leilões brasileiros (de reserva e A3), bem como valendo-se do potencial eólico apresentado em alguns estados, a criação de cenários nos quais a energia eólica venha a substituir as atuais tendências na matriz energética brasileira é bastante favorável.

Com base nessas considerações, a estrutura de promoção da energia eólica alemã, bem como as perspectivas quanto ao desenvolvimento do mercado eólico são as bases da conclusão desse trabalho. Acompanhamos no Capítulo III, as estruturas do desenvolvimento eólico alemão e sua contribuição quanto às metas de redução das emissões de gases de efeito estufa, bem como políticas de promoção e leis de incentivo a energia eólica na Alemanha. Na Figura 33 é possível analisar as perspectivas futuras de consolidação e ampliação do potencial frente ao suprimento da demanda, bem como o aumento no potencial *offshore* no país. Esse está sendo possível graças a um leque estrutural que perpassa por questões tecnológicas (investimento), política (leis de

incentivo), social (matriz energética) e ambiental (redução das emissões de gases de efeito estufa).

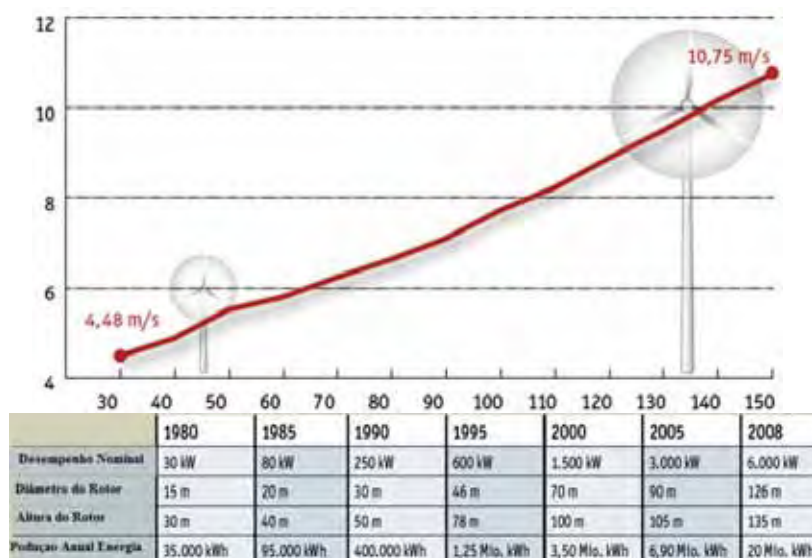


Fonte: EWEA, 2009

Figura 33 - Potencial atual e perspectivas da energia eólica na Alemanha.

As perspectivas para o desenvolvimento da energia eólica na Alemanha estão baseadas na repotenciação e aumento *offshore*. Atualmente estão em operação cerca de 20.301 turbinas eólicas com capacidade total de 25.777 MW, instalados até o início de 2010. Esse potencial gera cerca de 45 TWh de eletricidade e representa até 7,5% do consumo líquido de eletricidade na Alemanha. Segundo cálculos da Bundesverband WindEnergie e.v. (BWE), a energia eólica pode alcançar uma produção de aproximadamente 150 TWh/ano ou 25% do consumo de eletricidade alemã até 2020, o que representa 55.000 MW em potência instalada. Isto significa aumentar em 30.000 MW de capacidade de energia eólica, sendo 10.000 MW em *offshore* (construídos entre 20-60 km da costa e entre 20-40 metros de profundidade). Ou seja, 1 em cada 4 quilowatt-hora virá de energia eólica nos próximos 11 anos, sendo 6% a partir de energia eólica *offshore* e 19% de *onshore*.

O chamado programa de repotenciação alemão está sendo desenvolvido a partir de turbinas acima de 100 m. Abaixo é possível analisar o potencial eólico e a energia gerada a partir da adoção desses projetos.



Fonte: EWEA, 2009

Figura 34 - Evolução das turbinas eólicas e o potencial de geração de energia

Nesse momento, é importante voltarmos ao PDEE 2010-2019, onde se constata que os setores de transporte e industrial são os que mais contribuem para as emissões brasileiras de gases de efeito estufa. Nesse cenário, sabemos que as termoeletricas a carvão e a gás natural serão amplamente estimuladas no Brasil para os próximos anos. Isto decorre frente à enorme oferta de gás natural e a intensa demanda energética em setores como a siderurgia, cimento, etc.

Isso posto, é possível afirmar que a energia gerada a partir das usinas eólicas pode, quando comparada às termoeletricas, significar uma alternativa viável economicamente em termos de geração de energia e apresentam inúmeras vantagens quanto à redução das emissões de gases de efeito estufa, em especial, o CO₂ emitido em centrais termelétricas. Com esse objetivo, buscou-se analisar o processo de produção e instalação das turbinas e parques eólicos. Ou seja, em termos de recuperação da energia gasta para a entrada em operação de um parque eólico, os ganhos são ainda mais satisfatórios. Isso porque, esses se tornam viáveis em torno de três a cinco meses (SILVA, 2006). Durante o processo de produção de energia (operacionalização), as usinas eólicas não emitem gases de efeito estufa. Em termos industriais, ou seja, as emissões decorrentes da produção dos equipamentos, transporte até os parques geradores e instalação, a cadeia de emissão está calculada entre 7 e 10g CO₂/kWh. Outros fatores de infra-estrutura como as estradas e/ou linhas de transmissão podem ser condicionantes no computo geral das metas a serem

viabilizadas (em termos econômicos e ambientais), de instalação de um parque eólico. Segundo Silva (2006) uma turbina eólica de 600 kW disponível no mercado, quando operacionalizada em substituição a fontes fósseis tem potencial de evitar, durante seus 20 anos de vida útil, emissões de CO₂ na ordem de 20.000 - 36.000 toneladas.

Portanto, se trouxermos para o setor energético brasileiro e nos referenciarmos a partir do ultimo leilão para as fontes de energias renováveis (A3 e Reserva) e do PDEE 2010-2019, serão comercializados nos próximos anos 5.250 MW, o que dá um ganho na redução das emissões de gases de efeito estufa superior a 175 milhões de toneladas de CO₂, somente do setor eólico nos próximos 20 anos. Os ganhos podem ainda se estender as linhas de transmissão e instalação dos parques. Esses na maioria dos casos brasileiros estão projetados próximos a costa brasileira, cuja região possui a maior densidade demográfica do país. Os ganhos refletem em redução dos impactos ambientais (decorrentes das linhas de transmissão), das áreas destinadas a construção dos parques (essas podem ser usadas tanto para a agricultura quanto para a pecuária), e reduzem as emissões de gases de efeito estufa.

6.3 O modelo brasileiro das bioenergias como referencia ao modelo alemão.

A Diretriz 2009/28/CE sobre Energias Renováveis lançada pela Comissão Europeia de 23 de abril de 2009 estabelece que o percentual de energias renováveis nos 27 países da União Europeia deveria chegar a 20% até o ano 2020. No setor dos transportes, a meta de energias renováveis é aumentar para 10% o consumo total de combustíveis no mesmo período. Esta taxa de mistura é obrigatória e não se aplica apenas aos biocombustíveis, mas a todas as energias renováveis utilizadas no setor, incluindo energia elétrica e hidrogênio, produzido a partir de fontes renováveis.

É na publicação dessa lei que se estabelece normas sobre a produção sustentável de biocombustíveis, bem como as condições de apoio do governo europeu para o reconhecimento no âmbito da UE. Com a introdução de critérios de sustentabilidade, objetiva-se também assegurar que, no futuro, só os biocombustíveis produzidos de forma sustentável serão utilizados no setor dos transportes. O objetivo consiste em reduzir as

emissões de gases de efeito estufa em pelo menos 35% em 2017, e que esse percentual chegue a 50% em 2020. A Comissão Europeia divulgou as diretrizes para assegurar que os biocombustíveis - feitos basicamente de culturas como colza, trigo, milho e açúcar - não seja produzido em áreas de florestas, terras pantanosas e reservas naturais.

Na União Europeia, a mistura (hoje de 2%) deverá ser de 5,75% de etanol (extraído da beterraba) a partir de 2012 e de 10% a partir de 2020. O objetivo é esclarecer as partes da lei Europeia que exige um mínimo de 10% de fontes renováveis nos combustíveis para o transporte ferroviário e rodoviário até 2020, em todo o bloco. Em 2008, os biocombustíveis representaram 3,4% do consumo em meios de transporte na UE, segundo informações do bloco econômico. Em 2007, 26% do biodiesel e 31% do etanol consumidos na UE foram importados, principalmente do Brasil e dos EUA. (COMISSÃO, 2007). A Tabela 25 traz um paralelo direto entre os gastos com a produção do biodiesel na Europa, Estados Unidos e Brasil, correlacionados com a matéria prima utilizada. Com isso, é possível analisar o atual custo benefício da produção brasileira frente aos demais países produtores.

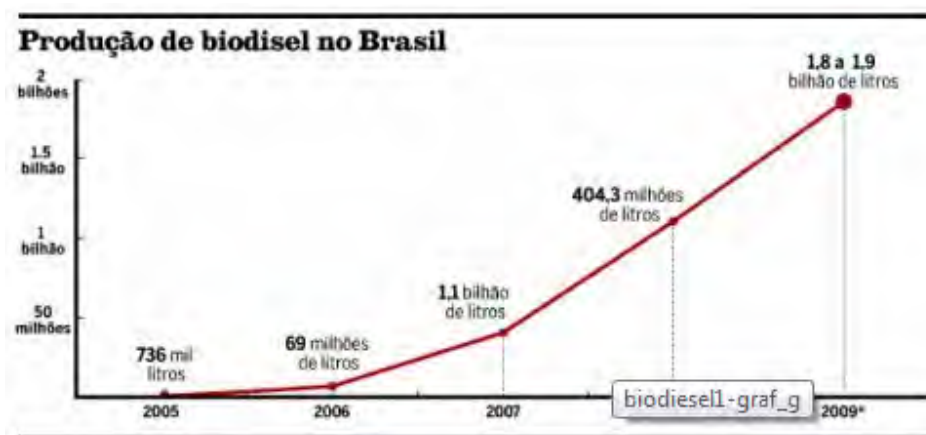
Tabela 25 - Gastos com produção do biodiesel na Europa, USA e Brasil.

	Brasil	EUA	Alemanha	Alemanha
	Cana	Milho	Trigo	Beterraba
Estrutura	0,21	0,39	0,82	0,82
Equipamentos	1,15	3,40	5,30	5,30
Trabalho	0,52	2,83	1,40	1,40
Seguro, taxas, outros custos	0,48	0,61	1,02	1,02
Matéria prima	9,80	20,93	27,75	35,10
Custos operacionais	2,32	11,31	18,68	15,93
Custo de Produção	14,48	39,47	54,97	59,57
Venda de subprodutos	----	6,71	6,80	7,20
Subsídios de governo	----	7,93	----	----
Custo líquido da produção	14,48	24,83	48,17	52,37

Fonte: FMI, José Goldemberg, 2008

Porém, um dos maiores problemas que a Europa enfrenta, refere-se às restrições a expansão da produção e suprimento da crescente demanda, principalmente em razão da escassez de áreas para plantio. Por essas limitações, poderá ser mais atraente a

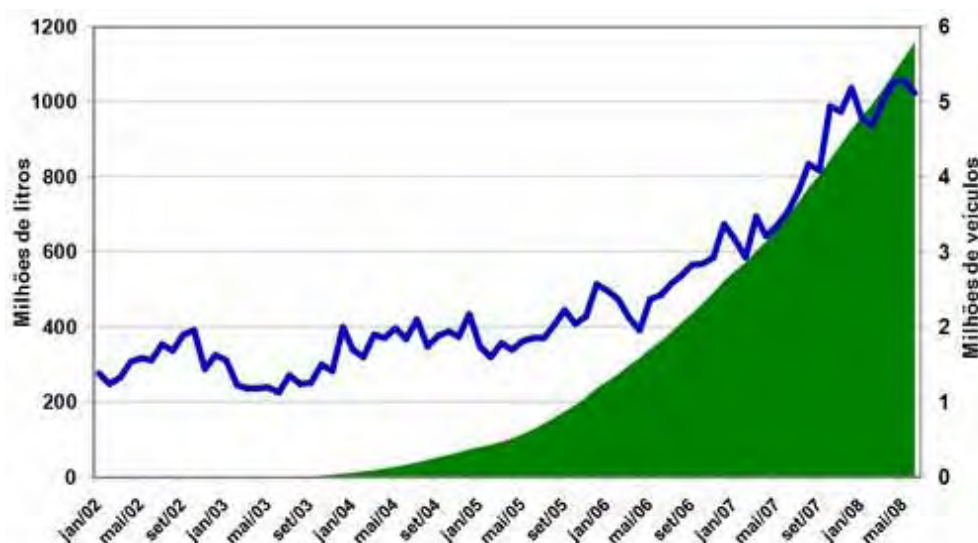
aquisição do biodiesel e etanol de países exportadores, sendo o Brasil um dos principais candidatos a atender a demanda europeia. No gráfico abaixo é possível analisar o potencial de produção brasileira, caracterizando-o enquanto potencial exportador desse combustível.



Fonte: ANP, 2009

Figura 35 - Produção brasileira de biodiesel

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de etanol, com um total de 23,9 milhões de m³ e este é oferecido tanto como combustível puro (E100), como misturado com gasolina convencional, no qual o teor é de 20 a 25%. No ano de 2002, foi apresentado o primeiro veículo com motor *flex-fuel*, cujo modelo foi desenvolvido por empresas alemãs e produzido em série no Brasil a partir de março de 2003. Motores bicom bustíveis são movidos a gasolina, a etanol ou com uma mistura dos dois. Em março de 2004, 16% dos veículos novos vendidos no Brasil já eram equipados com esse tipo de motor. Em fevereiro de 2006 já havia 76,6%, em novembro de 2007, 86,1% e hoje mais de 90% (Xavier, 2007). Desde então, é possível fazer a escolha do tipo de combustível de acordo com o preço e a disponibilidade nos postos. O que faz do Brasil um dos principais produtores de biocombustíveis, refere-se a sua extensão agrícola e a produção de etanol a partir da cana de açúcar. Esse diferencial possibilita uma redução significativa no custo, como demonstra o gráfico da Figura 35. O país torna-se um dos principais fornecedores de etanol do mundo. Tais características devem ser associadas a uma ampla experiência no desenvolvimento de tecnologia do uso do etanol nos motores automotivos.



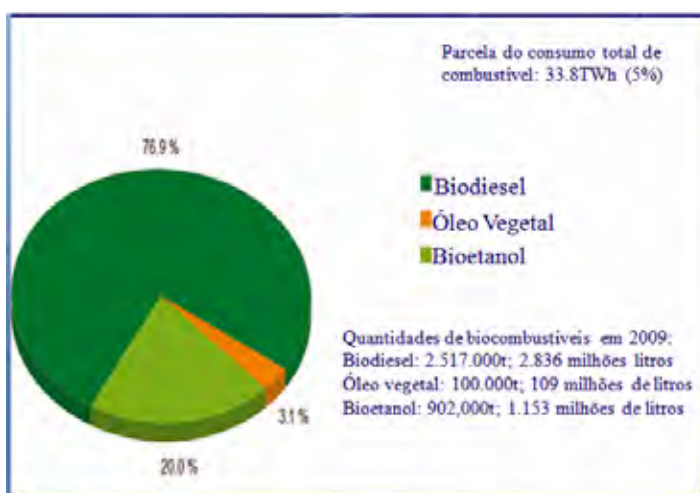
Fonte: ANP, 2008 / Anfavea, 2008.

Figura 36 – Consumo de etanol hidratado e venda de veículo *Flex-Fuel* no Brasil

O Brasil, maior produtor mundial de etanol a partir da cana de açúcar e a Alemanha, líder mundial na extração de biodiesel, principalmente a partir da canola, poderão, num futuro próximo, estabelecer importantes mecanismos de cooperação. Os dois países negociam desde 2007 a troca de tecnologias na produção de biocombustíveis. Para o Brasil, abre-se uma oportunidade de exportar tanto o álcool de cana quanto o biodiesel de soja. Para a Alemanha, é a chance de vender sua tecnologia de extração do biodiesel e aumentar o teor de mistura da gasolina com o etanol produzido no Brasil e alcançar as metas do bloco econômico europeu.

Na Alemanha, a obrigatoriedade na mistura de biocombustíveis aos combustíveis fósseis iniciou-se em 01 de janeiro de 2007, com taxas diferentes para a gasolina e o diesel. A taxa de mistura de etanol na gasolina foi estabelecida a partir de 1,2% em 2007, na condição de aumentar sucessivamente em 0,8% a cada ano até 2009, com a previsão de alcançar 10% em 2010. Depois das discussões sobre a mistura de etanol à gasolina, houve ainda os temores quanto a incompatibilidade do combustível em motores antigos, discussão da qual participaram os mais diversos lobistas. Por isso, o governo alemão cancelou, em abril de 2008, a medida precipitada do biocombustível, isto é, juntar imediatamente até 10% de etanol à gasolina (KOHLHEPP, 2008).

Com base nas previsões da Associação da Indústria de Óleo Mineral para consumo de gasolina na Alemanha, a demanda por etanol aumentou em 1,2 milhões de m³, apenas para satisfazer as quotas mínimas de mistura estabelecidas até 2009. Nesse mesmo ano, o potencial adicional foi apresentado pela quota de biocombustíveis total introduzido na Alemanha e aumentou em 36% a partir de 588.000 m³ em 2007 para 799.000 m³ em 2008. Mediante ao aumento na estrutura de fornecimento das bioenergias, foi possível uma economia de aproximadamente um bilhão de litros de gasolina em apenas dois anos.



Fonte: BMU, 2008.

Figura 37 - Estrutura do fornecimento de combustível com base em energia renováveis na Alemanha de 2009.

De acordo com o padrão EN228 combustível, cada litro da gasolina consumido na Alemanha tem a permissão de conter até 5% de etanol. Este combustível é chamado de E5. Todos os veículos com motores de combustão interna na Alemanha estão habilitados para utilizar este combustível. No entanto, visando cumprir as metas da UE sobre biocombustíveis, é provável que a mistura direta de etanol a gasolina deva aumentar acentuadamente nos próximos anos o que causará uma maior procura por biocombustíveis entre os países do bloco.

A partir de 01 de janeiro de 2009 a gasolina consumida na Alemanha passou a conter 2,8% de etanol. Isso porque, em decorrência da demanda da indústria dos biocombustíveis alemão, estabeleceu-se a quota combinada. Ou seja, devido ao alto potencial de etanol para reduzir os gases com efeito de estufa, a indústria de etanol

alemão está solicitando a introdução de uma "quota combinada". Esta quota associa o aumento nas metas de mistura a gasolina, com o aumento das metas de redução dos gases de efeito estufa. Caso contrário, a meta de mistura de 10% para o setor dos transportes em 2020, definido pela "Diretriz de Energias Renováveis", não pode ser alcançada. Caso o etanol seja adicionado à gasolina na proporção de 10%, isso criará uma demanda de 2,7 bilhões de litros de álcool ao ano na Alemanha. Demanda que o país não tem condições de atender frente às restritas áreas de cultivo e produção.

Os chamados "veículos de combustível flexível" também estão sendo produzidos na Alemanha desde 2005. Uma modificação técnica permite que veículos possam ser abastecidos tanto a gasolina convencional como com uma mistura com um teor de etanol de até 86%. Essa flexibilidade na escolha por tipos de combustíveis, associada ao apelo econômico e ambiental fortemente experimentado na Alemanha, acaba por proporcionar uma forte redução no consumo de combustível fóssil (diesel e gasolina) e reduzir as emissões de CO₂. Essa mobilidade na escolha pelos biocombustíveis é possível, pois o motorista pode escolher entre dois tipos de combustível de acordo com a disponibilidade e preço nas bombas de combustíveis facilmente identificadas. Esse processo ocorre enquanto se constrói uma rede nacional de postos visando a venda de E85. O setor industrial alemão já está produzindo automóveis que possuem tecnologia capaz de rodar com combustível flexível. Porém, devido às condições de temperatura no inverno em muitas regiões da Europa, esses veículos não podem utilizar 100% de etanol. Isso porque, a adição de gasolina melhora as características de arranque a frio no inverno. Mas, devido ao seu elevado teor de etanol, a utilização de E85 oferece o maior potencial para reduzir a dependência dos combustíveis fósseis e redução das emissões de gases de efeito estufa.

Hoje, a indústria e o mercado automobilístico na Alemanha já oferecem modelos da Ford, Saab, Renault e Volvo, com tecnologia de combustível flexível: a partir da fabricação do Ford Focus, C-MAX, Galaxy, Mondeo, e os modelos S-MAX, o Saab 9-3 e 9-5 modelos, o Mégane Renault, Volvo e os modelos C30, S40, V50, V70 e S80. A Volvo adicionou outro mecanismo de *flex fuel* a sua escala em 2008. Desde o final de

2009, a Audi é a primeira fabricante de carros alemã a oferecer um carro compatível com o E85: O Audi A4 2.0 TFSI está disponível como veículo de combustível flexível.

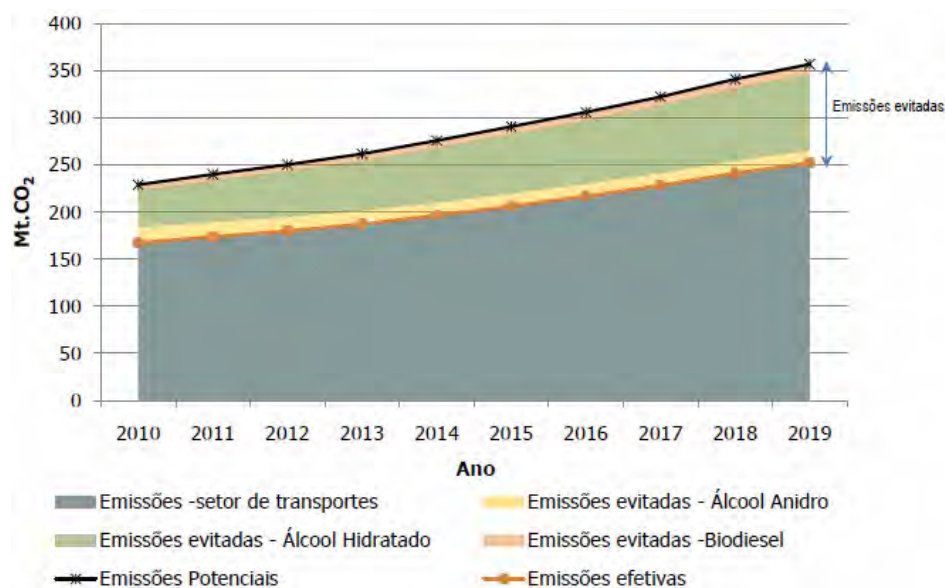
Já existe um intercâmbio intenso e o planejamento de projetos concretos na área de biocombustíveis no âmbito da iniciativa de cooperação Brasil – Alemanha para a agroindústria dos biocombustíveis. A indústria automobilística alemã tem um crescente interesse pela tecnologia *flex fuel* – inicialmente através da adição gradativa de etanol à gasolina. Caso o etanol seja adicionado à gasolina na proporção de 10%, criará uma demanda por 2,7 bilhões de litros de álcool ao ano. Todavia, o que está em discussão entre as preocupações dos europeus é a substituição de um monopólio (o do petróleo) por outro (o do álcool de cana).

Ainda no âmbito da cooperação, há também interesses quanto a projetos desenvolvidos no arcabouço de possibilidades do Protocolo de Kyoto. Ou seja, usar de mecanismos que possibilitam uma eficiente cooperação para a redução das emissões de CO₂. Nesse campo, porém a indústria alemã ainda precisa de uma estratégia de planejamento de longo prazo. Isso inclui setores tradicionais como o automobilístico ou mecânico, agronegócios, energia e infra-estrutura, mas também novos campos como a biotecnologia, nanotecnologia ou cooperações no desenvolvimento de projetos no âmbito do MDL.

Em análise ao Plano Decenal de Expansão de Energia 2010 - 2019 brasileiro, é importante destacar o volume de emissões evitado pelo uso de biocombustíveis líquidos. Conforme ilustrado no gráfico, o volume de emissões evitadas pelo uso do etanol e do biodiesel em 2019 serão da ordem de 105 milhões de toneladas, representado cerca de 42% da projeção de emissão do setor de transportes para 2019, ou seja, de 252 MtCO₂. Ao longo do decênio, as emissões evitadas pelo uso de biocombustíveis somam 824 MtCO₂. Abaixo é possível analisar o potencial evitado na redução das emissões de gases de efeito estufa a partir do uso dos biocombustíveis na matriz energética brasileiro, sobretudo no setor de transporte.

O modelo de produção e consumo dos biocombustíveis brasileiro, caracteriza-se como uma proposta concreta em termos ambientais, sociais, econômicos e energéticos, pois supri a demanda energética, reduz as emissões de gases de efeito estufa e

contribui para a mitigação do aquecimento global, aumenta a oferta de empregos no país, bem como possui condições de suprir a demanda no mercado externo atual. Ou seja, optou-se pelo modelo brasileiro de produção e consumo de biocombustíveis, pois como base nos dados da Figura 38, a mistura das bioenergias poderão reduzir as emissões de CO₂ em até 100 milhões de toneladas nos próximos 10 anos.



Fonte: EPE, 2010

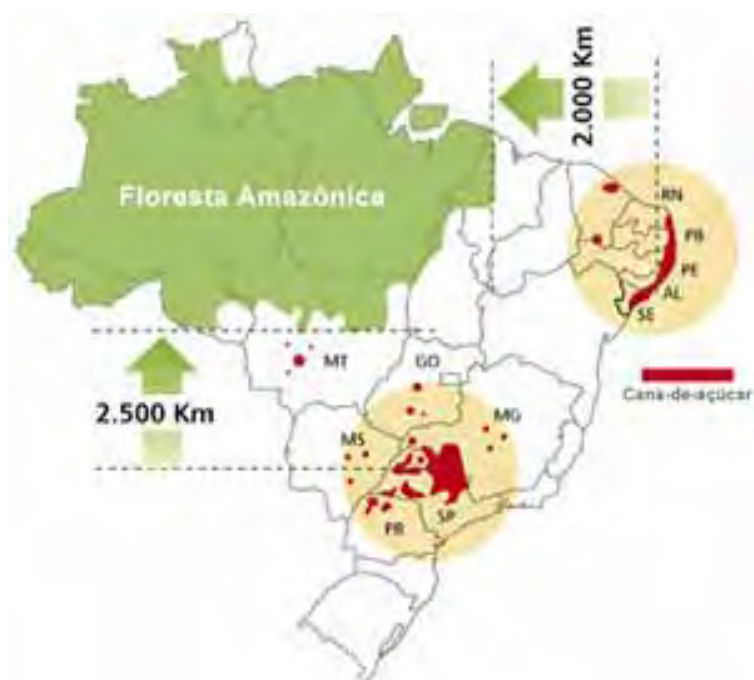
Figura 38 - Emissões do setor de transportes e emissões evitadas pelo consumo de biocombustíveis.

6.4 Proposta de cooperação

Inúmeras são as dificuldades de entrada do etanol no mercado europeu. Ainda há intensas discussões e o Brasil espera maiores aberturas do mercado dos biocombustíveis na Europa. Entretanto, as discussões quanto ao acesso da produção brasileira ao mercado alemão e europeu está sendo conduzida com base em informações errôneas, sustentadas em interesses de produtores locais e de grupos lobistas.

Muitas vezes esses argumentos estão sendo pautados pela afirmação de que a produção das bioenergias brasileiras está sendo desenvolvida a partir do desmatamento da Amazônia e demais importantes ecossistemas como a Caatinga, Serrado e a Mata Atlântica. Em parte, a expansão do plantio da cana de açúcar não está sendo feita em áreas de floresta. Ou seja, não há um avanço direto no plantio da cana, tendo em vista

que as áreas atuais de plantio e os potenciais para a expansão encontram-se muito distantes das florestas tropicais (KOHLHEPP, 2008). No mapa abaixo é possível ter uma parâmetro das áreas de expansão da produção de cana de açúcar para a produção de etanol.



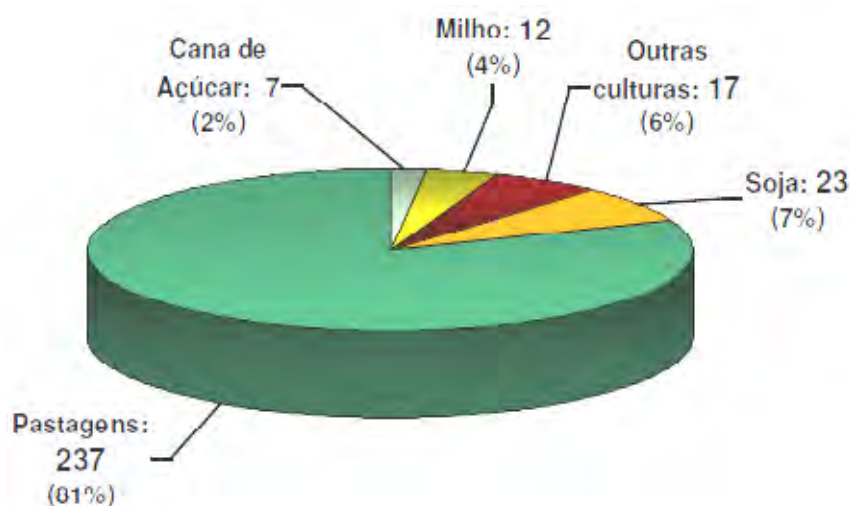
Fonte: NIPE-UNICAMP e CTC

Figura 39 - Área de expansão do cultivo da cana de açúcar

O Brasil dispõe de 90 milhões de hectares agricultáveis e mais 62 milhões de hectares agricultados. Destes, apenas 6 milhões são destinados a produção de cana. Porém, outros 200 milhões de hectares são de pastagens, dos quais 90 milhões são aptos para agricultura tropical, pois dispõem de clima, topografia e relevo adequados; destes, 22 milhões são aptos para o plantio de cana. Com base nessas estatísticas, o cenário da agricultura começa a mudar no Brasil: a pecuária extensiva começa a dar lugar a intensiva e, nos campos cerrados, cuja vegetação natural já está reduzida a 20% em razão da agricultura, o número de gado por área poderá aumentar facilmente com o melhoramento dos pastos: em vez de criar uma cabeça de gado em 2 ha, seria possível criar uma cabeça por 0,7 ha (média em São Paulo). Isso mostra que, com uso reduzido de área, a pecuária pode ser conduzida muito mais eficientemente do que nas

pastagens na floresta tropical – que também é climaticamente desfavorável (MACEDO, 2005).

Ou seja, a melhor redefinição das áreas agrícolas do Brasil, o uso de tecnologias mais eficientes e novas técnicas de produção, poderão multiplicar por seis a produção de cana no Brasil. A partir do aprimoramento das técnicas da hidrólise será possível produzir etanol não apenas no suco da cana de açúcar, mas também a partir do bagaço. No gráfico abaixo é possível analisar o percentual de terras ocupadas pelas atividades de uso da terra no Brasil. Nos próximos 15 anos pastos degradados podem ser liberados para cultivar cana de açúcar em áreas onde novas unidades estão sendo construídas, ou onde usinas estão sendo ampliadas, sem ser preciso avançar em áreas de florestas.



Fonte: FMI/Goldemberg, 2009

Figura 40 - Uso da terra do Brasil 2009 (Milhões/hectares)

Portanto, a discussão necessária a ser feita a partir da proposta de expansão do uso dos biocombustíveis remete-nos às perspectivas do que é essencial, ou seja, será necessário estabelecer em que região haverá expansão do plantio da cana de açúcar. Para tanto, é necessário estabelecer as restrições quanto ao desenvolvimento do plantio. Para que este cenário possa ser desenhado, faz-se necessário o

desenvolvimento de estudos de Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE)⁵². Esse estudo deve estar acompanhado com a obrigatoriedade da criação de áreas de proteção ambiental, parques e reservas visando sua proteção definitiva.

Outro ponto bastante criticado pelos argumentos contrários ao desenvolvimento das bioenergias baseia-se em usar áreas de plantio para a produção de etanol ao invés de cultivar alimentos. Esses argumentos também não se sustentam, já que nas últimas colheitas, viu-se um aumento tanto na produção de matéria-prima para biocombustíveis quanto na produção de alimentos e de grãos para o mercado mundial. Estudos de Zoneamento Agro-Ecológicos demonstram que o Brasil tem terra suficiente para expandir tanto a produção de cana de açúcar como a de grãos e alimentos sem comprometer ou ameaçar ecossistemas e biomas sensíveis, como a Amazônia e o Pantanal.

Diversos estudos governamentais e privados – conduzidos por agências especializadas como a EPE (Empresa de Pesquisa Energética), a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e o CTC (Centro de Tecnologia Canavieira) e por universidades como Unicamp e Coppe-UFRJ – demonstraram que o Brasil tem todas as condições de expandir sua produção de biocombustíveis a níveis muito mais altos do que os atuais. O país dispõe de áreas agricultáveis, tecnologia agrícola e tecnologia industrial para atender à demanda sem comprometer a oferta de alimentos e o aumento do plantio de grãos, como demonstrado nos últimos anos.

Por isso, a consolidação de acordos de cooperação entre o Brasil e a Alemanha na troca de tecnologia e na importação dos biocombustíveis serão possíveis desde que assegurada a sustentabilidade da sua produção. Esses procedimentos serão mais fáceis principalmente no etanol, quando comparado ao biodiesel. Por isso, para que tais acordos

⁵² O Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) é um instrumento de planejamento e uso do solo e gestão ambiental que consiste na delimitação de zonas ambientais e atribuição de usos e atividades compatíveis segundo as características (potencialidades e restrições) de cada uma delas, visando o uso sustentável dos recursos naturais e o equilíbrio dos ecossistemas existentes. O ZEE deve, portanto, basear-se em uma análise minuciosa e integrada da região, considerando-se os impactos decorrentes da ação antrópica e a capacidade de suporte do meio ambiente. No Brasil, o ZEE é previsto no inciso II do artigo 9º da Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, que estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente. Já o Decreto N° 4.297, de 10 de julho de 2002 regulamenta o Art. 9º, inciso II, da Lei n° 6.938 estabelecendo critérios para o ZEE.

possam se consolidar, o Brasil precisará desenvolver importantes esforços quanto ao cumprimento dos critérios ecológicos e sociais impostos pela União Europeia.

O ZEE poderá ser um forte instrumento brasileiro de adoção das normas de produção das bioenergias e o cumprimento desses critérios poderá consolidar o Brasil como um forte competidor no mercado global dos biocombustíveis. A posição do etanol certamente será reforçada a partir dos impostos cobrados pela UE tendo como base os calculados das emissões de CO₂ veicular.

No âmbito da discussão sobre a segurança climática e a mitigação do aquecimento global, fica evidente que, a princípio, somente o etanol à base da cana de açúcar poderá, no setor dos transportes, realmente contribuir para a redução substancial das emissões de CO₂. Esta está ligada diretamente aos objetivos do Protocolo de Kyoto no cumprimento dos compromissos de redução das emissões de gases de efeito estufa. Um estudo da OCDE (2008), no entanto, ressalta que os gases estufa pelo uso de etanol da cana de açúcar são excepcionalmente reduzidos de 70% a 90%, comparado com o uso da gasolina. Observa-se que a redução desses gases no uso do etanol é menor quando produzido do milho (20%-50%), da beterraba (30%-50%) e do trigo (30%-60%) (COMISSÃO, 2007).

Porém, para KOHLHEPP (2008) as bioenergias representam uma fase de transição até o amadurecimento técnico e o uso em massa, no futuro próximo, dos motores elétricos e movidos a hidrogênio. Os carros híbridos, movidos a motores elétricos e a gasolina e/ou protótipos de carros com motores elétricos, estão em destaque nas feiras internacionais de automóveis e chamam muito mais atenção do que carros com motores *flex-fuel*. Obviamente os biocombustíveis de primeira geração, como etanol da cana de açúcar, são vistos na Europa e na Ásia como uma tecnologia de transição cuja época já terminou antes mesmo de ter sido usada nos automóveis nesses continentes (KOHLHEPP, 2008).

7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

A atual problemática das mudanças climáticas coloca-se como uma das principais discussões internacionais sobre o meio ambiente global. A consolidação de metas de redução de emissão de gases de efeito estufa, em nível local e internacional, na tentativa de mitigar o aquecimento global, significou a consolidação de uma nova leitura sobre a atual política ambiental. Longe de construir uma proposta efetiva de redução das emissões de gases de efeito estufa para a mitigação das mudanças climáticas globais, a assinatura do Protocolo de Kyoto significou uma proposta concreta na criação de instrumentos jurídicos internacionais que poderiam tornar exeqüíveis o cumprimento de tais metas.

Assim, a ratificação do Protocolo de Kyoto foi a primeira, de uma série de medidas a serem tomadas pelos governos mundiais para alcançar a mitigação do aquecimento global. No que tange ao regime climático internacional, as metas quantitativas de redução das emissões são muito modestas, do ponto de vista da mitigação do aquecimento global, assim como contribuem muito pouco para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Fica evidente que as negociações internacionais atribuem a mesma ordem de importância às metas de crescimento econômico, liberalização do comércio e a segurança do clima global. Com o avanço das negociações, constata-se que, dificilmente, essas metas serão alcançadas conjuntamente, já que o sistema mundial do comércio não levou em consideração a necessidade de discorrer em prol das mudanças do clima. Isto posto, torna-se evidente que o desenvolvimento econômico continua permeando todos os acordos acerca da segurança climática e, portanto, suas soluções ainda estão muito longe de acontecerem.

Porém, este processo obedece a uma perspectiva internacional: as mudanças climáticas são globais nas suas causas e conseqüências e as

ações coletivas serão necessárias para impulsionar uma resposta eficaz, eficiente e eqüitativa na mesma escala. Responder às mudanças climáticas internacionais exigirá uma cooperação internacional mais profunda em muitas áreas, dentre as quais, o estímulo à pesquisa; desenvolvimento e implementação de tecnologias e a promoção da adaptação, principalmente no que toca os países em desenvolvimento.

Nesse sentido, o desenvolvimento dessa tese perpassou pela expectativa de apresentar as energias renováveis como instrumento de vantagens políticas, econômicas e ambientais significativas. Ou seja, reduz-se a importações de energias fósseis e amplia-se o uso de fontes alternativas, disponíveis em todos os locais, estimula-se o desenvolvimento econômico e consolida a cooperação geopolítica, bem como reduz as emissões de gases de efeito estufa. Tem-se, com isso, a segurança energética, já que atualmente a maioria do petróleo consumido provem do monopólio de um número reduzido de países e acaba por influenciar no aumento do preço no mercado internacional. Observam-se novos impulsos às estruturas econômicas locais, já que se reduz a necessidade de infra-estruturas e instrumentaliza a busca pela segurança climática.

A aproximação do tema proposto – o uso das energias renováveis para a redução das emissões de gases de efeito estufa e a mitigação do aquecimento global e das mudanças climáticas – fez com que este trabalho se deparasse com a atual política econômica mundial: longas negociações acerca da soberania entre os grandes líderes mundiais, vislumbrando a imposição de um modelo de desenvolvimento econômico que tende a aumentar a desigualdade social e a degradação ambiental.

As ameaças à segurança ambiental global precisam ser os instrumentos de uma política voltada para o bem comum global, o que necessariamente requer a participação das nações mais desenvolvidas na tentativa de consolidar instrumentos de contenção dos gases de efeito estufa. Por isso, as

mudanças climáticas ocasionadas pelo aumento gradativo na concentração antrópica de gases de efeito estufa, ganhou dimensões nas relações geopolíticas frente aos alardes de um aumento expressivo na temperatura média da superfície terrestre para os próximos anos e, por conseqüência, seus impactos nos sistemas econômicos, sociais, políticos e ambientais globais.

A partir dessas constatações, o cenário de revolução energética tem como meta principal reduzir as emissões de dióxido de carbono dos cerca de 25 bilhões de t/ano de CO₂ - que emitimos pela queima de combustíveis fósseis -, para um máximo de 11 bilhões de t/ano ou 50%, até 2050. É evidente que se trata de uma mudança pioneira, uma vez que não há precedentes históricos que tenha alcançado tais objetivos. Considerada isoladamente, essas reduções poderiam significar uma mudança no patamar de eficiência com que aproveitamos dos recursos naturais, o que no Brasil não é algo novo no tocante à geração de eletricidade e consumo de combustíveis líquidos. Entretanto, leva-se em conta os diferentes estágios em que essa emissão ocorre no mundo e, em conseqüência, o quadro político internacional em que essas reduções deverão ocorrer, veremos que as reduções das emissões só são possíveis através de um esforço multilateral nos diferentes estágios de desenvolvimento que possa contribuir com a redução global das emissões. Alcançar esses objetivos seriam necessárias para limitar o aumento da temperatura abaixo de 2°C e permitir um processo natural de adaptação as mudanças decorrentes desse aumento.

O que se observou ao longo desse trabalho sustenta-se nos diversos “caminhos” disponíveis quanto a suprimento da demanda energética. Sabe-se que num futuro próximo, diversas serão as fontes de geração de energia que substituirão os combustíveis fósseis, em especial o petróleo. Os demais (carvão e gás natural, por exemplo) terão sobrevida que ultrapassa uma centena de anos. Portanto, a transição para uma sociedade de baixo carbono ocorrerá tendo como cenário reservas abundantes de gás e carvão. Ou seja,

essas duas fontes fósseis, de baixo custo extrativista, encontram-se disponíveis em inúmeros países - quebrando o monopólio do petróleo – e, no caso do carvão, concentram um percentual muito maior a níveis de concentrações de gases com efeito de estufa, podendo elevar muito além a concentração de CO₂eq em 750 ppm, o que teria consequências muito graves aos ecossistemas da Terra.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi sugerir a energia eólica como uma alternativa concreta, em termos ambientais e econômicos, de redução das emissões de gases de efeito estufa. Esta, em conjunto com outras fontes alternativas e limpas, propõe a resignificação do uso e geração de energia e consolida um novo paradigma energético mundial. Isso porque, quando comparada a outras fontes de geração elétrica – termoelétrica, por exemplo - a energia eólica apresenta-se como uma alternativa viável no cumprimento das metas de redução das emissões de gases de efeito estufa.

O mesmo pode se dizer dos custos para a sua implantação. Esse está relacionado com a queda no preço dos aerogeradores; aumento de potência e diâmetro; melhor tecnologia; melhor eficiência; quedas nos custos de operação e manutenção, refletindo no preço da energia elétrica produzida a partir das turbinas eólicas. Cabe destacar que o preço para a instalação de um parque eólico está diretamente relacionado ao custo da turbina. A esse pode ser acrescido entre 15% e 40%, dependendo do número de aerogeradores, sua potência, as dificuldades do local onde serão instalados (DUTRA, 2004). Porém, seria inviável tentar aqui estabelecer critérios que viabilizassem a redução no preço final das turbinas eólicas. Porém, é importante destacar que a implantação e ampliação das inúmeras fábricas instaladas no Brasil, bem como o amplo desenvolvimento tecnológico, podem contribuir para uma redução significativa no preço final quando comparado a outras fontes de geração de energia e a suas externalidades.

Ainda foi proposta dessa discussão, apontar os biocombustíveis (etanol e biodiesel) como instrumento direto de substituição e mistura aos combustíveis fósseis (gasolina e diesel). Porém, esse se mostrou bastante complexo e envolve inúmeros fatores que tentaram ser apresentados nessa discussão.

Uma das questões mais polêmicas no cenário internacional refere-se, principalmente, às áreas destinadas à expansão da produção das bioenergias no Brasil e o plano de expansão de áreas destinadas a agroenergia, sem afetar a segurança alimentar e sem recorrer ao desmatamento. Como constatou-se o Brasil ainda apresenta um programa muito limitado quanto à preservação das florestas nativas. O impacto da produção das bioenergias vai depender dos cultivos escolhidos, da maneira como são cultivados e processados. Como resultado, tanto pode haver um aumento nas emissões de gases de efeito estufa, como uma redução. Essas condicionantes podem ser minimizadas a partir de um amplo estudo de Zoneamento Ecológico Econômico, bem como de viabilidade em infraestrutura de transporte e processamento da produção. Tal condição possibilitaria ampliar as áreas de produção, hoje restritas a São Paulo e Minas Gerais.

Esse estudo é necessário uma vez que os grandes desafios à expansão da produção da cana de açúcar no Brasil estão amparados na falta de investimento em infra-estrutura de escoamento, principalmente no interior do país. Hoje se observa um forte crescimento no Centro-Oeste, e outras regiões como o Tocantins, o leste do Pará e o leste e o sul do Maranhão e do Piauí. Essas regiões têm potencial para ser novo eixo de produção, porém ainda são carentes em investimentos em infra-estrutura que possam viabilizar o escoamento da produção aos portos de São Luís (MA) e Fortaleza (CE).

Hoje no Brasil mais de 90% das vendas de veículos novos já estão incorporadas a tecnologia do bicomcombustível. Como consequência, o álcool voltou a ser caracterizado com uma possibilidade de grande negócio. Por isso, faz-se necessário uma maior participação e grandes investimentos dos setores públicos e privados para que o País possa atender ao crescimento das demandas interna e externa. Mesmo com o amplo *know how* do setor, faz-se necessário uma maior participação do governo na tentativa de ater-se ao aumento do preço do álcool pelos usineiros, o que pode, de novo, prejudicar essa alternativa e criar problemas para os carros bicomcombustíveis, como ocorreu no passado com os carros movidos exclusivamente a álcool.

Outro desafio refere-se a tentativa de consolidação do Brasil enquanto fornecedor do etanol, enquanto biocomcombustível que vá substituir o combustível fóssil no mercado

mundial. Atualmente o consumo de etanol superou o consumo de gasolina no mercado interno. Porém, a produção mundial de etanol ainda é insignificante, assim como sua demanda está crescendo significativamente. Por isso, é fundamental estabelecer parcerias, principalmente com os demais países produtores de açúcar de cana, dentre os quais, os Africanos e alguns países do Pacífico. Tal condição possibilitaria maior aproximação com o Brasil e acesso a mercados nos EUA e na Comunidade Europeia. Portanto, a agricultura está entre as alternativas viáveis, do ponto de vista econômico, social e ambiental para a geração de energia renovável. A produção de álcool, a partir de cana de açúcar, é um exemplo que pode viabilizar, se desenvolvida de forma sustentável, a substituição de parte da gasolina e diesel utilizados no transporte.

Existem vários desafios, entre os quais estão o desenvolvimento de tecnologias de produção agrícola, com definição de plantas mais aptas, e sistemas de produção eficientes e a definição de regiões com potencial para a produção. Há necessidade de novas tecnologias industriais, que transformem os produtos agrícolas em bioenergia. A produção de agroenergia, em larga escala, além da redução de custos em relação ao petróleo, apresenta vantagens ambientais, e gera renda e emprego no setor rural.

Isto posto, cabe concluir que este trabalho alcançou as finalidades iniciais ao discorrer sobre as propostas de indicar os caminhos quanto a substituição das fontes fósseis e poluidoras por fontes limpas e renováveis e quantificá-las enquanto instrumento legítimo de redução das emissões de gases de efeito estufa. Por isso, baseou-se num levantamento bibliográfico bastante complexo, pois os dados estão sempre em constante alteração. Procurou-se, em termos de análise quantitativa, aproximar-se dos dados mais recentes sobre a temática tratada, assim como esmiuçar todas as possibilidades de análise disponível. Tal condição demonstra o quanto dinâmico é o tema pesquisado, bem como sua relevância frente aos cenários constantes de mudanças socioeconômicas, políticas e ambientais.

Portanto, o trabalho baseou-se em uma análise teórica e de avaliação da experiência internacional, associada aos principais mecanismos de desenvolvimento das fontes de energias, em especial aquelas de geração renovável, este trabalho

apresentou contribuições e limitações de cada uma das fontes pesquisadas (eólica e bioenergias). Isso porque, e em decorrência da dinâmica dos setores, os mecanismos de desenvolvimento e implementados dos projetos, obedecem a distintos cenários, também, políticos e econômicos, no âmbito de geração de energia elétrica e da redução das emissões de gases de efeito estufa.

BIBLIOGRAFIA

ABRANCHES, S. Mudança climática: uma agenda realista para a 2010. **Ecopolítica**, fev. 2010. Disponível em: <<http://www.ecopolitica.com.br/22/02/2010/mudanca-climatica-uma-agenda-realista-para-a-2010/>> Acesso em 25 fev. 2010.

ALVEZ, J.E.D. Existe dinheiro para limpar a matriz energética do mundo? **EcoDebate**, fev. 2010. Disponível em <http://www.ecodebate.com.br/2010/02/26/existe-dinheiro-para-limpar-a-matriz-energetica-do-mundo-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>. Acessado em 10 ago. 2010.

AMIGOS DA TERRA. **Construindo a soberania energética e alimentar**: experiências autônomas de produção de combustíveis renováveis na agricultura familiar e de enfrentamento do agronegócio da energia. Porto Alegre: Brasil, 2007.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2009. Banco de informações de geração. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=15>> Acesso em: 15 mar. 2009.

_____. Fiscalização PROINFA – Energia Eólica. Disponível na em <http://www.aneel.gov.br>. Acessado em 20 fev. 2008.

_____. Banco de Dados de Geração Elétrica. Disponível em <http://www.aneel.gov.br>. Acessado em 20 fev. 2008.

ARAÚJO, M. S. M. **O uso da palavra ética no discurso ambiental**: o caso dos acordos internacionais sobre mudanças climáticas. 2000. Tese (Doutorado Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação de Pesquisa e Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

ARRIGHUI, G. **A ilusão do desenvolvimento**. Petrópolis: Vozes, 1997.

ARDOZO, Elza. A governabilidade democrática regional e o papel (des) integrador da energia. *Política Externa*, São Paulo, v. 15, n.3, p. 35 - 43, dez/jan/fev., 2007.

AGÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Altas eólico do Estado do Espírito Santo**. Disponível em: <http://www.aspe.es.gov.br/atlaseolico/eo_atm.htm> Acesso em: 30 mar. 2009.

ASSIS, W. F T.; ZUCARELLI, M. C. **Despoluindo incertezas: impactos territoriais da expansão de agrocombustíveis e perspectivas para uma produção sustentável**. Belo Horizonte: o lutador, 2007.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. **Bioetanol de cana de açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: BNDES, CGEE, 2008.

BARROS, G. S. C.; NETO, R. M. A “**velha**” e a **nova bioeconomia: desafios para o desenvolvimento sustentável**, CEPEA, Piracicaba, 2007. Disponível em: <www.cepea.esalq.usp.br>. Acesso em: 12 mar. 2008.

BELINI, L. **Mudanças climáticas: políticas e negociações internacionais**. 2005. 189 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) – Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Marília, 2005.

BERMANN, C. **Energia no Brasil: para que? Para quem? Crise e alternativa para um país sustentável**. São Paulo: Livraria da Física, 2001.

_____. (Org). **As novas energias no Brasil: dilemas da inclusão social e programas de governo**. Rio de Janeiro: FASE, 2007.

_____. Impasse e controvérsia da hidroeletricidade. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n.59, p. 139- 153, 2007.

BLOCK, R. V. Energias para el desarrollo: uma oportunidade para los países del sur. **Dialog**, Born, v.2, p.316, fev. 2006.

BRASIL. Comitê Interministerial Sobre Mudança Do Clima. Plano Nacional sobre Mudanças do Clima. Decreto nº 6.263, de 21 de novembro de 2007. Brasília, 2008. Dispoe sobre orientações a elaboração do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, e dá outras providências. Brasília, 2007.

_____. Agência Nacional de Energia Elétrica. Decreto nº 5.025, de 30 de março de 2004. Brasília, 2004. Dispoem sobre o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA, primeira etapa. Brasília, 2004.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Contribuição do Brasil para evitar as mudanças climáticas**. Brasília, DF, 2007.

_____. **Inventário brasileiro das emissões e remoções de gases de efeito estufa**. Brasília, DF, 2009.

_____. **Convenção quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília, DF, 1992.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira : cana de açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2009**. Brasília, DF, 2009.

_____. **Plano nacional de agroenergia 2006-2011**. 2. ed. rev. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Balanço energético nacional 2007**: ano base 2006. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2007.

_____. **Programa nacional de energia 2030**: programa energético nacional. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2005.

_____. **Resenha energética brasileira**: exercício de 2009. Brasília, DF, 2010.

_____. **Leilão de eólica contrata 1.805,7 MW de potência**. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/menu/leiloes_de_energia/leilao_de_eolica.html>. Acesso em: 20 maio 2009.

_____. **Plano nacional de agroenergia 2006-2011**. 2. ed. rev. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Mudanças climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade**. Brasília, DF, 2007.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano nacional de agroenergia 2006-2011**. 2. ed. rev. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Programa de incentivo às fontes alternativas de energia**. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/menu/beneficios.html>>. Acesso em: 21 jun. 2009.

_____. Senado Federal. **Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento**: a agenda 21. Brasília, DF: Subsecretária de Edições técnicas, 1996.

BRADSHER, K. Aumento dos preços é sentido nas mesas de jantar ao redor do mundo. **The New York Times**, Nova York, 19 jan. 2008.

BRAUNBECK, O. ; CORTEZ, L. A. B. O cultivo da cana de açúcar e o uso de resíduo. In: ROSILLO-CALLE, B.; ROTHMAN, H.; BAJAY, S. V. (Org.). **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

BRAVIN, L. F. Study tour biodiesel Brasil – Alemanha. **Dialog**, Born, v.2, p. IV-V, fev. 2006.

BROWN, L. Biocombustíveis são maior ameaça à diversidade na Terra. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 2 jul. 2007. Caderno Mundo, p.10

_____. O futuro do Meio Ambiente. **WWI-UMA**, Cairú, 24 jan. 2002. Disponível em: <<http://www.wwiuma.org.br>>. Acesso em: 7 mar.2002.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND Reaktorsicherheit. **Entwicklung der Offshore-Windenergienutzung in Deutschland**. Berlin: BMU, 2008.

CAMPOS, A. Biodiesel e agricultura familiar no Brasil: resultados socioeconômicos e expectativa futura. In: FERREIRA, J. R.; CRISTO, C. M. N. N. (Coord.). **O futuro da indústria: biodiesel**. Brasília, DF: MDIC-STI/IEL, 2006.

CANÍZIO, M. J. Ecologia e ordem Internacional: uma discussão sobre os paradigmas de análise. **Contexto Internacional**, Rio de Janeiro, n. 12, p.19-52, jul./ dez. 1990.

CAPELA, M; Chiaretti, D. Após 5 anos, Proinfa só atinge 26% da meta. **Valor Econômico**, São Paulo, p.09, 24 maio 2007.

CAUBET. C. G. O comércio acima de tudo (o meio ambiente fora dele). **Lua Nova**, São Paulo, n.52, p. 151-172, 2001.

CARDOZO, E. A governabilidade democrática regional e o papel (des) integrador da energia. *Política Externa*, São Paulo, vl. 15, n.3, p. 35 - 43, jan./fev. 2007.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. **Limitação das alterações climáticas globais a 2 graus Celsius: trajetória até 2020 e para além desta data**. Bruxelas, 10 jan. 2007. Disponível em: < <http://euro-ex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0845:FIN:PT:HTML>>. Acesso em: 23 out. 2007.

_____. **Rumo à celebração em Copenhaga de um acordo abrangente sobre as alterações climáticas**. Bruxelas, 28 jan. 2009. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/future_action/communication.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2009.

_____. **Livro branco: adaptação às alterações climáticas para um quadro de acção europeu**. Bruxelas, 1 abr. 2009. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SEC:2009:0386:FIN:EN:PDF>>. Acesso em: 21 jul. 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Avaliação da safra agrícola de cana de açúcar. Brasília, DF, maio 2010. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3cana_09.pdf>. Acesso em: 23 maio 2010.

COHEM, C. Padrões de consumo e energia: efeito sobre o meio ambiente e desenvolvimento. In: MAY, P. et al. (Org.). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. Parte II: Economia, Meio Ambiente e Sociedade.

COMISSÃO DE CONSELHO EUROPEU. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009. **Official Journal of the European Union**, Bruxelas, 5 jun. 2009.

COSTA, C. V. **Política de promoção de fontes novas e renováveis para a geração de energia elétrica: lições da experiência europeia para o caso brasileiro**. 2006. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação de Pesquisa e Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

COSTA, H. S. da. A energia que o mundo precisa é renovável. **Instituto Ideal**, Florianópolis, 9 set. 2009. Disponível em: <<http://www.institutoideal.org/index.php?sys=biblioteca&&id=150>>. Acesso em: 12 set. 2009.

COUTO, M. R. **Projeto e desenvolvimento de um sistema automatizado para monitoramento de fontes alternativas de energia**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2007.

CUNHA, K. B. **Mecanismo de desenvolvimento limpo: evolução do instrumento e suas perspectivas**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

DALIA, W. S. A produção do biodiesel: uma perspectiva para a agroecologia no nordeste brasileiro. In: FERREIRA, J. R.; CRISTO, C. M. N. N. (Coord.). **O futuro da indústria: biodiesel**. Brasília, DF: MDIC-STI/IEL, 2006.

DALY, H. E. **A economia ecológica e o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: SAPTA, 1991.

DIAS, G. L. da S. Um desafio novo: o biodiesel. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 179-183, jan./abr. 2007.

DIEGUES, A. C. S. Desenvolvimento sustentável ou sociedade sustentável: da crítica dos modelos aos novos paradigmas. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, n. 6, p.22-29, 1996.

DIEGUES, F. As propostas energéticas: o mundo busca formas limpas e baratas de obter eletricidade e combustível. **Galileu**, ano11, n.127, p. 39-50, 1992.

DUPAS, G. A questão ambiental e o futuro da humanidade. **Política Externa**, São Paulo, v. 16, n.1, p. 09–23, jun./ago. 2007.

DUTRA, R. M. Energia Eólica. In: **Alternativas energéticas sustentáveis no Brasil**. TOLMASQUIM, M. T. (org.). Rio de Janeiro. Relume Dumará, COPPE CENERGIA, 2004.

_____. Propostas de políticas específicas para energia eólica no Brasil após a primeira fase do PROINFA. 2007. 349 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação de Pesquisa e Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICA. **Leilões de fontes alternativas 2010**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20100826_1.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2010.

FALKSOHN, Rüdiger et al. A fúria dos pobres. **Der Spiegel**, Bohn. 15 abr. 2008. Disponível em: <http://www.spiegel.de/international/> Acesso em: 15 abr. 2008.

FICHAUX, N.; WIKES, J. **Oceans of Opportunity**: harnessing Europe's largest domestic energy resource. [S.l.]: EWEA, 2009. Disponível em: <<http://www.ewea.org>>. Acesso em: 29 dez. 2009.

FERREIRA, F. et al. Biodiesel: potencializador da performance brasileira no mercado energético internacional. **Jovens pesquisadores**, São Paulo, ano 3, n.5, 2006.

FERREIRA, J. R.; CRISTO, C. M. P. N. (Org.) **O futuro da indústria**: biodiesel. Brasília, DF: MDIC-STI/IEL, 2006.

FLANNERY, T. **Os senhores do clima**: como o homem está alterando as condições climáticas e o que isso significa para o futuro do planeta. Rio de Janeiro: Record, 2007.

FOCHT, P. Biomasse: Wachstum jeden Tag. **Mande in Germany**, Berlin, p.4-5, [2002?].

FONSECA JR, G. Pensando o futuro do sistema internacional. **Revista da USP**, São Paulo, n.74, p. 36-51, jun./ago. 2007.

GALVÃO, L. C. R.; GRIMONI, J. A. B.; UDAETA, M. E. M. (Org.) **Iniciação a conceitos de sistemas energéticos para o desenvolvimento limpo**. São Paulo: Edusp, 2004.

GELLER, H. S. **Revolução energética**: políticas para um futuro sustentável. Trad. Maria Vidal Barbosa. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003.

GOLDEMBERG, J. Etanol para um futuro energético sustentável. **Jornal da USP**, São Paulo, p.2 de 19 - 25 mar. 2007.

GOLDEMBERG, J.; PRADO, L. T S. **Reforma e crise do setor elétrico no período FHC**. *Tempo e Sociedade*, Nov 2003, vol.15, n.2, p.219-235.

GOLDEMBERG, J.; MOREIRA, J. R. Política energética no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.18, n. 59, p. 21-38, 2005.

GREENPEACE BRASIL. **[R]evolução energética**: perspectivas para uma energia global sustentável. São Paulo: EREC/GREENPEACE, 2007.

GUARDABASSI, P. M. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia**: perspectivas para países em desenvolvimento. 2006. 123f. Dissertação. (Interunidade em Energia) - Interunidade em Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GUEDES FILHO, E. M. **Energia**: as razões da crise e como sair dela. São Paulo: Gente, 2002.

GUIDENS, A. **A política das mudanças climáticas**. Rio de Janeiro: Zahar, 2010.

GUIMARAES, Alexandre Queiroz. **O capitalismo coordenado alemão**: do *boom* do pós-guerra à Agenda 2010. **Lua Nova**, São Paulo, n.66, p.23-56, 2006.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Global Market Forecast for 2008-2012**. Disponível em: <<http://www.wind-energy-the-facts.org/en/scenarios-and-targets/chapter-5-global-scenarios>>. Acesso em: 01 out. 2010.

GUTBERLET, J. Sociedade e meio ambiente: desafio local e global. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, n.14, p.5-14, 1998.

HAGE, J. A. A. **O poder político na energia e relações internacionais**: o difícil equilíbrio entre o direito e a busca de segurança do Estado brasileiro. *Revista Brasileira. Política Internacional*, Brasília, v.51, n.1, p.169-186, 2008.

HASSUANI, S. J.; Leal, M. R. L. V. ; MACEDO, I. C. Biomass power geration: sugar cane bagasse and trash. Piracicaba: PNUD, Centro de Tecnologia Canavieira CTC, 2005. (Série Caminhos para a Sustentabilidade)

HUNTINGTON, S. P. A superpotência Solitária. **Política Externa**, São Paulo, v.8, n.4, p. 12-25, mar/maio 2000.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook 2009**. Disponível

em: <<http://www.iea.org/W/bookshop/add.aspx?id=388>>. Acesso em: 23 jun. 2009.

_____. World Energy Outlook 2006. Disponível em: <www.iea.org>. Acesso em: 15 ago. 2007.

JANK, M. S. **A cana de açúcar, de etanol e de eletricidade: uma commodity global**. Disponível em: <www.portalunica.com.br>. Acesso em: 10 abr. 2010.

KEMENES, A.; FORSBERG, B.; MELACK, J. As hidrelétricas e o aquecimento global: emissão de metano e gás natural é elevada em usinas do trópico úmido. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 41, p. 20–25, jan./fev. 2008.

KHALIL, C. N. As tecnologias de produção do biodiesel. In: FERREIRA, J. R. ; CRISTO, C. M. N. N. (Coord.). **O futuro da indústria: biodiesel**. Brasília, DF: MDIC-STI/IEL, 2006.

KLOSS, E. C. **A arena e os atores na negociação e aprovação do Protocolo de Kyoto**. 2000. Dissertação (Mestrado em Relações Internacionais)- Instituto de Ciência Política e Relações Internacionais, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2000.

KNOTHE, G. et al. **Manual de biodiesel**. Tradução Luiz Pereira Ramos. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

KOHLHEPP, G. Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.16, n.45, p.37-61, 2002.

_____. A análise da situação produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.24, n.68, p.223– 253, 2008.

KOZULJ, R. A integração gasífera latino-americana: uma prospectiva cercada de incertezas. **Política Externa**, São Paulo, v. 15, n.3, jan/fev. 2007.

KURDZIEL, M. Erneuerbare Energien für den Klimaschutz. **Mande in Germany**, Berlin, p.4-5, [2002?].

KURZ, R. **O colapso da modernização: da derrocada do socialismo de caserna à crise da economia mundial**. Tradução Karen E. Barbosa. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

LA ROVERE **Modernidade insustentável: as críticas do ambientalismo à sociedade contemporânea**. Petrópolis: Vozes; Santa Catarina: UFSC, 1999.

LAVRATTI, P. C; PRESTES, V. B. **Diagnóstico da legislação: identificação das normas com incidência em mitigação e adaptação às mudanças climáticas**. [S. l.]: Instituto o Direito por um Planeta Verde, 2010.

LEIS, H. R. Ambientalismo: um projeto realista utópico para a política mundial. In: VIOLA E.J. et al. 2.ed. São Paulo: Cortez, 1998. p.9.

_____. As desventuras teórico crítico do ambientalismo no sociedade globalizada. **Contexto Internacional**. Rio de Janeiro, v.20, n.2, p.349-384. jul./dez. 1998.

LEITE, A. P.; FALCAO, D. M.; BORGES, C. L.T. Modelagem de usinas eólicas para estudos de confiabilidade. **Sba Controle & Automação**, [S.l], v.17, n.2, p.177-188, abr./jun. 2006.

LEITE, M. Um novo clima no Brasil. **Ciências&Ambiente**, Santa Maria, ed.34, jan./jun. 2007.

LE PRESTRE, P. **Ecopolítica internacional**. Tradução Jacob Gorender. São Paulo: Editora Senac, 2000.

LOBO, F. Fome de mudança. **Revista Pagina 22**, São Paulo, n.12, set. 2007. Disponível em <<http://pagina22.com.br/index.php/2007/09/fome-de-mudanca>> Acesso em: 15 abr. 2007.

LUCON, O.; COELHO, S. Depois da Rio + 10: as lições aprendidas em Johannesburgo. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, São Paulo, n.15, p.11-18, 2002.

LUSTOSA, M. C. J.; CÁPERA, E. M.; YOUNG, C. E. F. Política Ambiental. In: MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. da (Org.). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, Campus, EcoEco, 2003. Parte II: Economia, Meio Ambeinte e Sociedade.

MACEDO, I. C. Situação atual e perspectivas do etanol. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.21, n.59, p.157-159, jan./abr. 2007.

_____. SOUZA, L. (Org). **Etanol e bioeletricidade: a cana de açúcar no futuro da matriz energética**. São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010.

_____. (Org.) Sugar cane's energy: twelve studies on Brazilian sugar cane agribusiness and its sustainability. São Paulo: [s. n], 2005.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Porto Alegre, v.30, n. 1, 2008.

MELLO, V. C. Globalização e Desenvolvimento Sustentável: o caso da Amazônia Brasileira. **Contexto Internacional**, Rio de Janeiro, v.18, n.2, p.291-328, jul./dez. 1996.

MILANE, C. O meio Ambiente e a regulação de ordem internacional. **Contexto Internacional**, Rio de Janeiro, v. 20, n.2, p.303–347, jul./dez. 1998.

_____. Governança global e meio ambiente: como compatibilizar economia, política e meio ambiente. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, n8, p.97-125, 1998.

MIRANDA, E. E. Nos como falsos vilões. Brasil. **Carta na Escola**, São Paulo. p.24-25, ago. 2008. Disponível em <<http://www.geografiaparatodos.com.br/index.php?pag=sl237>>. Acesso em: 15 abr. 2007.

MOLLY, J. P. Economics of Wind Farms in Brazil. **DWI Magazin**, n.25, p.50-62, out. 2004.

MONTAÑO, M. O Zoneamento ambiental e a sua importância para a localização de atividades. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, Brasília, n. 6, p. 49– 64, jun. 2007.

MOREIRA, H. M.; GIOMETTI, A. B. R. Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de projetos em energia limpa. **Contexto Internacional**, Rio de Janeiro, v.30, n.1, p.9-47, 2008.

OLIVEIRA, A. S.; RIBEIRO, L. da S. Relato do quarto dia. **Centro Clima - COPPE e MMA**. Disponível em: <http://www.forumclimabr.org.br/rel_marrak_pag.asp?cod=15> Acesso em: 5 nov. 2001.

_____. Relato do Nono dia Centro Clima - **Centro Clima - COPPE e MMA**, Disponível em http://www.forumclimabr.org.br/rel_marrak_pag.asp?cod=15 acesso em 7nov/2001.

_____. O décimo dia da COP-7: seguiu com os discursos dos Ministros e Representantes de Delegações. **Centro Clima - COPPE e MMA**. Disponível em http://www.forumclimabr.org.br/rel_marrak_pag.asp?cod=15 acesso em 5/nov/2001

_____. Relato do décimo primeiro dia da COP7 - A última da turma do guarda-chuva. **Centro Clima - COPPE e MMA**. Disponível em http://www.forumclimabr.org.br/rel_marrak_pag.asp?cod=15 acesso em 5/nov/2001

_____. Relato do Sétimo dia – **Centro clima COPPE e MMA** Disponível em http://www.forumclimabr.org.br/rel_marrak_pag.asp?cod=27 acesso em 10/dez./2001.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Mudança do Clima 2007**: mitigação da mudança do clima. Genebra: OMM, PNUMA, 2007. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima.

_____. **Mudança do Clima 2007: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade.** Genebra: OMM, PNUMA, 2007. Contribuição do Grupo de Trabalho II ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima.

_____. **Mudança do Clima 2007: Mitigação da Mudança do Clima.** Genebra: OMM, PNUMA, 2007. Contribuição do Grupo de Trabalho III ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima.

PEREIRA, 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**, São Paulo, v.28, n.1, p.19-23, 2005.

PEZZO, C. R.; AMARAL, W. A. N. O papel do Brasil no estabelecimento do mercado internacional de biocombustíveis. **Revista USP**, São Paulo, n.75 p.18-31, set./nov. 2007.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Combater as alterações climáticas: solidariedade humana num mundo dividido. In:_____. **Relatório de desenvolvimento humano 2007/2008.** Portugal: IPAD, 2007.

_____. **Cana pressiona área de proteção no Cerrado.** Brasília, DF, 8 abr. 2008. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/meioambiente/reportagens>>. Acesso em: 8 abr. 2008.

PREARCE, D.; TURNER, R. Kerry. **Economics of natural resources and the environment.** 3th ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1994.

_____. An intellectual history of environmental economics. **Annual Review of Energy and the Environment**, London, n 27, p. 57-81, 2002. Disponível em , <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.energy.27.122001.083429>> Acesso em 12 ab. 2007

PECKA, M. Windkraft: Rotoren für sauberen Strom. **Made in Germany**, Berlin, p.4-5, [2002?].

PONTES, N. Brasil é o maior exportador de "água virtual" para a Alemanha. **Deutsch Welle**, 4 ago.2009. Disponível em: <<http://www.dw-world.de/dw/0,,10395,00.html>>. Acesso em: 12 out. 2009.

RATTNER, H. **O meio ambiente e desenvolvimento sustentável:** o mundo na encruzilhada da história, jun. 2002. Disponível em: <www.abdl.org.br>. Acesso em: 04 out. 2002.

REDE BRASILEIRA PARA INTEGRAÇÃO DOS POVOS. **Agro-combustíveis e agricultura familiar e camponesa**: subsídio ao debate. Rio de Janeiro: REBRIP/FASE, 2008.

REIS, H. **Democracia ambiental e democracia política** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <belini@marilia.unesp.br>. Acesso em: 13 fev. 2002.

RIBAS, R. P. **Estratégia das empresas de petróleo no cenário das mudanças climáticas globais**. 2008. 158 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação de Pesquisa e Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

RIBEIRO, W. C. Desenvolvimento sustentável e segurança ambiental global. **Revista Bibliográfica de Geografia y Ciencias sociales**, Barcelona, 2001. Disponível em <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-312.htm>> Acesso em: 20 out. 2010.

_____. **A Ordem Ambiental Internacional**. 1999. 357f. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

RICHARDSON, K. et al. **Mudanças climáticas**: riscos, desafios e decisões globais. Copenhagen: Universty of Copenhagen, 2009.

RICUPERO, R. **A mãe de todas as ameaças**: as mudanças climáticas e o futuro da vida. Revista da USP, São Paulo, n.74, p.146-159, jun./ago. 2007.

ROBERTS, P. Biocombustíveis troca um problema pelo outro. Folha de São Paulo, São Paulo, 5 ago. 2008. Caderno Mundo, p. A9. Entrevista a Sergio Dávila.

RODRIGUES, R. A. Biodiesel: diversificação energética e inclusão social com sustentabilidade. In: FERREIRA, J. R.; CRISTO, C. M. N. N. (Coord.). **O futuro da Indústria: biodiesel**. Brasília, DF: MDIC-STI/IEL, 2006.

RODRIGUES, R. Um plano para o etanol. **Revista Página 22**, São Paulo, n.6, p. 30-31, março 2007.

ROSA, L. P. Geração Hidroelétrica, termoeletrica e nuclear. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21 n.59, p.39-58, 2007.

SACHS, I. Da civilização do petróleo a uma nova civilização verde. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.19, n.55, p.197-214, 2005.

_____. A revolução energética do século XXI. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.21 n. 59, p. 21-38, 2007.

SAFATLE, F. Uma proposta de descentralizar o Programa do Álcool. **Adiante**: inovação para a sustentabilidade, São Paulo, n.8, janeiro de 2006.

SAFATLE, A. Quem sai ganhando com o Biodiesel. **Adiante**: inovação para a sustentabilidade. São Paulo, n.1, p.18-28, janeiro de 2006.

_____. A democracia pede Licença. **Página 22**, São Paulo, n. 10, p. 18-25, jul. 2007.

SANTOS, E. O. dos. **Contribuição ao estudo do fluxo de dióxido de carbono dentro da Floresta Amazônica**. Rio de Janeiro: UFRJ, COPPE, 2000.

SANTOS, M. A. dos. **Inserção do biodiesel na matriz energética brasileira**: aspectos técnicos e ambientais ao seu uso em motores de combustão. 2007. 118f. Dissertação (Mestrado em Energia. Universidade de São Paulo). Interunidade em Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SAWIN, J. Integrando energia renovável em instrumentos de política nacional do século 21. **Worldwatch Institute**, 31 out 2007. Disponível em: <<http://bp.mainstreamrp.com/pages/Alemanha-lidera-em-fontes-renov%C3%A1veis.html>>. Acesso em: 23 jan. 2008.

SECRETARIA DE INFRA ESTRUTURA E LOGÍSTICA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Altas eólico do Estado do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.seinfra.rs.gov.br/index.php?menu=atlaseolico>>. Acesso em: 20 jul. 2010

SEN, A. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Cia das Letras, 1999.

SCHEER, H. **Economia solar global**: estratégia para a modernidade ecológica. Rio de Janeiro: CRESEB-CEPEL, 2002.

SCHMIDHUBER, J. Die Industriestaaten sollten die Bioenergie nicht fördern. *Neue Zürcher Zeitung*, Zurique, n.107, p.30, 9 maio 2008.

SCHRADER, M. **Retorno ao carvão mineral**: resposta ao impasse energético-ambiental? Disponível em <<http://www.dw-3d.de/dw/0,2142,9136,00.html>> Acesso em: 1 maio 2008.

SYDOW, E.; MENDONÇA, M. L.; MELLO, M. Direitos humanos e a Indústria da cana. **Rede Social de Justiça e Direitos Humanos**, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.boell-latinoamerica.org/download_pt/paper_dh_e_a_industria_da_cana_rev.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2008.

SILVA, A. L. R. da. **Energia**: estratégias e soberania. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

SILVA, B. B. da et al. Potencial eólico na direção predominante do vento no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.431-439, set./dez. 2002.

SILVA, N. F. **Fontes de energia renováveis complementares na expansão do setor elétrico brasileiro: o caso da energia eólica**. 2006. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação de Pesquisa e Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SIMÕES, A. J. F. Petróleo, gás natural e biocombustíveis: o desafio estratégico no mundo e no Brasil. *Política Externa*, São Paulo, v. 15, n.3, p. 21- 33, jan/fev. 2007.

SIMIONI, C.A. **O uso de energia renovável sustentável na matriz energética brasileira: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis**. 2006. 300 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2006.

SUARÉZ, M. L. H. **Políticas dos impactos macroeconômicos quanto à implementação de uma eco-taxa no Brasil**. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

TESKE, S. et al. Cenário para a oferta futura de energia. In: _____. **[re] evolução energética: perspectivas para um energia global sustentável**. EREC/Greenpeace. São Paulo, 2007.

TOLMASQUIM, M. T. (Org.) **Alternativas energéticas sustentáveis no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, COPPE CENERGIA, 2004.

_____. (Coord.). **Geração de energia elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

TORQUATO, S. A. Cana de açúcar para indústria: o quanto vai precisar crescer. *Análise de Indicadores do Agronegócio*. **Instituto de Economia Agrícola (IEA)/Secretaria de Agricultura e Abastecimento**. v.1, n.10, 2006.

União Nacional das Indústrias da Cana de Açúcar. **Produção e uso do etanol combustível no Brasil**, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.unica.com.br>>. Acesso em: 12.10.2008.

UNEP RISO CENTRE. **Mecanismo de desarrollo limpio: introducción al MDL**. Roskilde: Unep Riso Centre – Riso, National Laboratory, 2003.

VEIGA, J. E. da. **Os desafios da transição ao baixo carbono pós-Copenhague**. Jornal da Ciência. São Paulo, 2010. Disponível em < <http://www.azevedosette.com.br/sustentabilidade-ambiental/artigos/exibir/586>> Acesso em: 12 jan. 2010

_____. **Meio ambiente de desenvolvimento**. São Paulo: Editora Senac, 2006.

_____.; VALE, P. M. Aquecimento global: um balanço das controvérsias. **FEA/USP**, 2007. Disponível em: <www.zeeli.pro.br>. Acesso 12.11.2008.

VIDAL, J. W. B. A posição do Brasil frente ao novo ambiente mundial. **Revista Eco 21**, São Paulo, ano 13, n. 75, fev. 2003. Disponível em: <[HTTP://www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br)>. Acesso em: 17 jul. 2007.

VIEIRA, J. N. S. A agroenergia e os novos desafios para a política agrícola no Brasil. In: FERREIRA, J. R.; CRISTO, C. M. N. N. (Coord.). **O futuro da Indústria: biodiesel**. Brasília, DF: MDIC-STI/IEL, 2006.

VIEIRA, J. P. A. et al. Controladores fuzzy aplicados ao conversor de geradores de indução duplamente excitados em sistemas eólicos integrados a sistemas de potência. **Sba Controle & Automação**. Porto Alegre, RS. v.18, n.1, p.115-126, fev./mar. 2007.

VIOLA, E.; BARROS-PLATIAU, A. F.; LEIS, H. R. **Governança e Segurança Climática na América do Sul**. Brasília. iFHC & CIEPLAN, 2008.

_____. A participação do Brasil no Protocolo de Kyoto. **Carta Internacional**, São Paulo, ano10, n. 107/108, p.16-17, jan./fev. 2002.

_____. O regime internacional de mudança climática e o Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, v.17, n.50, p.25– 46, out. 2002.

WATKINS, Kevin; UGAZ, Cecília; CARVAJAL, Liliana, et al. Evitar alterações climáticas perigosas: estratégias para mitigação. In: **Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008** – combater as alterações climáticas: solidariedade humana em um mundo dividido. New York: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento –, 2007.

WILLE, J. Proteger el clima tiene prioridad. **Deutschland**. Frankfurt do Meno. Societäts-Verlag. N. 3, junio/julio 2007.

World Wildlife Fund for Nature - Brasil. **Agenda Elétrica Sustentável 2020**: estudo de cenários para um setor elétrico seguro, eficiente e competitivo.2.ed. Brasília, DF: WWF-Brasil, 2007.

_____. O impacto do mercado mundial de biocombustíveis na expansão da agricultura brasileira e suas consequências para as mudanças climáticas. Brasília, DF: WWF/Brasil, 2009.

XAVIER, M. The Brazilian sugarcane ethanol experience. **Issue analysis 3**, Washington, DC, 2007. Disponível em: <<http://www.cei.org/pdf/5774.pdf>>. Acesso em 12.10.2007

YUNG, R. Estará chegando o tempo da energia eólica no Brasil? Carta Capital. Local de São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.cartacapital.com.br/sociedade/estara-chegando-o-tempo-da-energia-eolica-no-brasil>>. Acesso em: 12 jul. 2010.

ZERVOS, A.; KJAER, C. Pure Power: wind energy targets of 2020 and 2030. **EWEA**, 2009. Disponível em: <http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/Pure_Power_Full_Report.pdf>. Acesso em: 30. nov. 2009.

ZANELLA, J. **Os problemas do avanço da cana em São Paulo**. Jornal UNESP. n. 228, nov. 2007.