



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

CÉLIA APARECIDA PERES

BIOMASSA: POSSIBILIDADE ENERGÉTICA BRASILEIRA

Contrapontos, desafios e problemas

CÉLIA APARECIDA PERES

BIOMASSA: POSSIBILIDADE ENERGÉTICA BRASILEIRA

Contrapontos, desafios e problemas

Trabalho apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Londrina, na linha de pesquisa Geografia Dinâmica Geo-Ambiental, como requisito à obtenção do título de Mestre.

Orientadores: Prof.^a Dr.^a Rosana Figueiredo
Salvi
Prof.^a Dr.^a Yoshiya Nakaguawara
Ferreira

Londrina
2012

CÉLIA APARECIDA PERES

BIOMASSA: POSSIBILIDADE ENERGÉTICA BRASILEIRA

Contrapontos, desafios e problemas

Trabalho apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Londrina, na linha de pesquisa Geografia Dinâmica Geo-Ambiental, como requisito à obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Orientadora: Dr^a Rosana Figueiredo Salvi
Universidade Estadual de Londrina

Prof^a Dr^a Rosely Sampaio Anchela
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr^o Bruno Luiz Domingos De Angelis
Universidade Estadual de Maringá

Londrina, 31 de janeiro de 2012.

Dedico este trabalho a minha família e aos
meus verdadeiros amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores não só pela constante orientação neste trabalho, mas sobretudo pela sua amizade, paciência e dedicação, em especial a amiga Yoshiya pela harmônica parceria e carinho, desde o primeiro momento.

Aos professores do programa de mestrado em Geografia da UEL, pela contribuição na minha formação.

Aos colegas de classe que fizeram parte desta jornada.

Gostaria de agradecer também algumas pessoas especiais que contribuíram para o êxito deste trabalho:

Ao meu marido Paulo Jorge Dib Júnior pelo apoio, paciência e companherismo.

Aos meus filhos: Maria Júlia e Felipe pela perseverante tolerância da espera.

Ao querido casal Zelina e Leopoldo pelo apoio preciso e construtivo nas horas mais importantes.

À Cetesb e aos funcionários: Medel, Gizele, Larissa, Vera, Marina, Pedro, Valdevino, João, Celso, Edson, Wander, Luciana e Fernanda pela valiosa contribuição em meu estágio da pós graduação e também pela amizade construída.

“O ecodesenvolvimento não pode ser realizado sem uma ampla autonomia local e sem recorrer ao saber popular, nem por isso, se deixando levar pelo romantismo vernacular ao ponto de negligenciar a contribuição decisiva da ciência”.

Ignacy Sachs

PERES, Célia Aparecida. **Biomassa: uma alternativa brasileira - contrapontos, desafios e problemas.** 2012. 170 fls. Dissertação (Mestrado em Geografia, Dinâmica Espaço Ambiental) – Universidade Estadual de Londrina – UEL, Londrina, 2012.

RESUMO

Desde os mais longínquos tempos da existência humana até a época contemporânea, houve incessante busca e domínio da energia, essencial para a manutenção da vida humana. Inicialmente, utilizou-se a própria força física e o uso das fontes mais primárias da natureza – a água, os ventos, o sol e os animais. Mas a procura pelas novas fontes de energia sempre prosseguiram no mundo. A partir dos meados do século XX, houve uma intensificação da extração e uso do combustível fóssil, o petróleo, seguido de outras formas de fonte energética, como a nuclear, eólica, etc. A civilização teve grande impulso com utilização do petróleo, tornando-se assim a principal fonte energética e motor do desenvolvimento das nações do século XX até o presente momento. Mas consequências ambientais, como as mudanças climáticas e poluição ambiental, decorrentes do seu exacerbado uso, como também sua condição geopolítica e de finitude coloca em evidência a questão da renovação da matriz energética como condição essencial ao desenvolvimento das nações. A busca por novas fontes energéticas, limpas e renováveis passam a ser objeto de pesquisas tecnológicas. A biomassa, foco desta pesquisa, passa a ser considerada como uma das alternativas renováveis para a produção de combustíveis líquidos, como o etanol e o biodiesel. O Brasil é um grande detentor de tecnologia da produção cultura da cana-de-açúcar, assim como da produção de etanol e seus corolários, pois está localizado em posição estratégica, possuindo grande área cultivável e clima favorável. Assim, está em constante investigação de soluções técnicas e políticas públicas para aperfeiçoar e viabilizar a biomassa não só da cana-de-açúcar, mas também de outras fontes, como possibilidades na renovação da matriz energética brasileira. Paralelamente, a grande preocupação é a questão social envolvida no aperfeiçoamento tecnológico da produção da cana-de-açúcar e também do Zoneamento Agroambiental, que ainda não foi resolvida. Desta forma, o setor sucroalcooleiro tem sido alvo de muita preocupação, críticas, pesquisas e é objeto de políticas públicas entre o setor privado e público. A partir disso, esta pesquisa procura estudar e apresentar tanto as questões sociais e econômicas, como políticas envolvidas na geração da energia a partir da biomassa.

Palavras-chave: Energia. Energia renovável. Biomassa. Alternativas energéticas. Consumo energético.

PERES, Célia Aparecida. **Biomass: a Brazilian alternative – counterpoints, challenges and problems.** 2012. 170 fls. Dissertation (Master's Degree in Geography, Environmental Space Dynamics) – Universidade Estadual de Londrina – UEL, Londrina, 2012.

ABSTRACT

Since the most remote times of human existence to the contemporary time, there was incessant search and control of energy, essential for the human life maintenance. Initially the physical strength itself and the use of the most primary sources of nature - water, wind, sun and animals, were used. But the search for new sources of energy has always continued in the world. From the mid-twentieth century, there was an intensification of the extraction and use of fossil fuel, oil, followed by other forms of energy source such as nuclear, wind and so on. The civilization has been increased greatly with the use of oil, thus becoming the main source of energy and motor for the development of the twentieth century nations up to the present. But environmental consequences, such as climate change and environmental pollution coming from its exacerbated use, as well as its geopolitical and finiteness conditions highlight the issue of renewal of the energy matrix as essential to the development of nations. The search for new, clean and renewable energy sources becomes the object of technological researches. The biomass, focus of this research, is now considered as a renewable alternative for the production of liquid fuels such as ethanol and biodiesel. Brazil is a large holder of the production technology of sugar cane culture, as well as the production of ethanol and its corollaries, for it is located in a strategic place, and has large arable land and favorable climate. It is therefore in constant investigation for technical solutions as well as public policies to improve and facilitate not only the biomass of sugar cane, but also of other sources, as possibilities for the renewal of the Brazilian energy matrix. At the same time, the major concern is the social issue involved in the technological improvement of sugar cane production and also the Agro-Zoning, which has not been resolved yet. Thus, the alcohol sector has been the subject of much concern, criticism, research, and is the object of public policy between the private and public sector. This research tries to display and analyze the social and economic issues, as well as the political ones involved in generating energy from biomass.

Key-words: Energy. Renewable energy. Biomass. Energy alternatives. Energy consumption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - População Mundial 1950-2050.....	36
Figura 2 - Taxa de Crescimento da População Mundial 1.950-2050.....	36
Figura 3 - Consumo de Energia per capita em 2007	40
Figura 4 - Reservas mundiais de Carvão Mineral – 2007 (em milhões de toneladas)	46
Figura 5 - Consumo mundial de Carvão Mineral – 2007 (em Mtep).....	46
Figura 6 - Reservas provadas de Petróleo em 2007 (bilhões de barris)	49
Figura 7 - Participação do gás natural na oferta primaria de energia no mundo em 2006	54
Figura 8 - Participação do gás natural na produção mundial de energia elétrica em 2006	55
Figura 8a - Participação do Gás natural na oferta primária de energia no Brasil em 2007	55
Figura 9 - Participação do Gás Natural na produção de energia elétrica no Brasil em 2007	57
Figura 10 - Reservas de Gás Natural no mundo em trilhões de m ³	58
Figura 11 - Cana-de-açúcar plantada no país	92
Figura 12 - Localização das Usinas na Região Centro Sul	93
Figura 13 - Porcentagem da área da Região Administrativa ocupada com cultivo de cana	94
Figura 14 - Mapa de Produção do Setor Sucroalcooleiro	99
Figura 15 - Cultura da cana-de-açúcar em fase de brotação	102
Figura 16 - Cultura da cana-de-açúcar após a geada do inverno de 2011	103
Figura 17 - Estimativa de área plantada da cana-de-açúcar para indústria no Brasil.....	108
Figura 18 - Fluxograma da produção de açúcar e etanol da cana-de-açúcar	113
Figura 19 - Comparaçao entre a produção, a exportação e o consumo internode AEHC	119
Figura 20 - Usina de cana-de-açúcar e a cogeração	122
Figura 21 - Cultura da cana-de-açúcar e APP reconstituída	131
Figura 22 - Etapas do processo produtivo.....	134

Figura 23 - Balanço das emissões de CO ₂ para cada mil litros de etanol decana-de-açúcar produzido e consumido	139
Figura 24 - A colheita mecânica da cana-de-açúcar, no município de Assis	142
Figura 25 - Etapas do processo de colheita mecânica da cana-de-açúcar	143
Figura 26 - Zoneamento Agroambiental para o setor sucroalcooleiro, no estado de São Paulo	146
Figura 27 - Remuneração mensal comparada	152
Figura 28 - Rendimento médio mensal no setor agrícola para culturas Selecionadas	152
Figura 29 - Distribuição dos empregos formais na produção de cana e etanol	153
Figura 30 - Distribuição dos empregos formais na extração de petróleo e na Produção de derivados	154

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução do consumo energético por fonte do período de 1997 a 2006 (10 ³ tep)	38
Tabela 2 - Consumo final energético por fonte (10 ³ tep) ¹	40
Tabela 3 - Consumo mundial de energia por setor em 2006 (Mtep) ²	41
Tabela 4 - Os dez maiores produtores de Carvão Mineral (em Mtep)	47
Tabela 5 - Os dez maiores consumidores de Carvão Mineral (em Mtep)	47
Tabela 6 - Análise das principais fontes da matriz energética.....	69
Tabela 7 - Rendimento da Produção de etanol por cultura.....	109
Tabela 8 - Produção Brasileira de Etanol	116
Tabela 9 - Principais Impactos causados pela expansão do Etanol	125
Tabela 10 - Principais Resíduos da produção de açúcar e álcool	140
Tabela 11 - Cronograma de eliminação da queima da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, segundo o Protocolo Ambiental	142

¹ Tonelada equivalente de petróleo.

² Milhão de Tep.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional de Petróleo
APP	Área de Preservação Permanente
BEN	Balanço Energético Nacional
CETESB	Companhia Ambiental Paulista
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
CTCa	Centro de Tecnologia Canavieira
CUT	Central Única dos Trabalhadores
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FEA/USP	Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.
FMI	Fundo Monetário Internacional
GEEs	Gases de Efeito Estufa
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GNL	Gás Natural Liquefeito
GNV	Gás Natural Veicular
GWh	Gigawatt-hora
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Instituto de Economia Agrícola
IEAa	<i>International Energy Agency</i>
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas das Nações Unidas
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
kWh	Quilowatt-hora
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia

MP	Material Particulado
Mtep	Milhão de tep
MW	Megawatt
MWh	Megawatt-hora
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organizações das Nações Unidas
ORPLANA	Associação de Plantadores de Cana-de-açúcar da Região Centro-Sul do Brasil
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PNUD	Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RA	Região Administrativa
RIDES	Rede Universitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SBPC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEMA	Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SIN	Sistema Interligado Nacional
SMA	Secretaria de Meio Ambiente
Tep	Tonelada Equivalente de Petróleo
TWh	Terawatt-hora
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
UNICA	União da Indústria de cana-de-açúcar
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E ANTECEDENTES SOBRE A EVOLUÇÃO DO USO DA ENERGIA PARA A SOCIEDADE..... 18	
1ª PARTE - APORTE Sobre GEOGRAFIA, DESENVOLVIMENTO E ENERGIA 18	
1. 1 ANTECEDENTES	18
1.2 GEOGRAFIA DO DESENVOLVIMENTO.....	20
1.2.1 Dimensões econômicas da Geografia do Desenvolvimento.....	24
1.2.2 Dimensões sociais da Geografia do Desenvolvimento.....	25
1.2.3 Dimensões políticas da Geografia do Desenvolvimento.....	25
1.2.4 Dimensões culturais da Geografia do Desenvolvimento.....	26
2ª PARTE - IMPORTÂNCIA DA ENERGIA PARA A CIVILIZAÇÃO HUMANA..... 30	
1.3 EVOLUÇÕES DO USO DAS ENERGIAS DISPONÍVEIS NA NATUREZA	30
1.3.1 Natureza, Fonte Energética: Formas de Uso E Problemas	37
1.3.2 Antecedentes da Devastação Florestal	42
1.3.3 Raízes da Devastação da Floresta Brasileira	44
1.4 CARVÃO MINERAL	45
1.5 PETRÓLEO E GÁS NATURAL	48
1.6 RECURSOS EM ESGOTAMENTO, PROBLEMAS AMBIENTAIS E A QUESTÃO ENERGÉTICA.....	60
CAPÍTULO 2 – BIOMASSA POSSIBILIDADES DE UMA FONTE ENERGÉTICA RENOVÁVEL..... 71	
2.1 FORMAS DE RENOVAÇÃO ENERGÉTICA E QUESTÕES ENVOLVIDAS	71
2.2 BIOMASSA E AGROENERGIA	71
2.3 BIOCOMBUSTÍVEIS E PRODUÇÃO DE ALIMENTOS	81

CAPÍTULO 3 – CANA-DE-AÇÚCAR	89
3.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA CANA-DE-AÇÚCAR	89
3.2 FORMAS DE USO DO SOLO NA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR: ASPECTOS TÉCNICOS	100
3.3 ASPECTOS POLÍTICOS DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	104
3.4 PERSPECTIVAS DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	104
CAPÍTULO 4 – ETANOL	108
4.1 AGROENERGIA: ETANOL	111
4.2 BIOCOMBUSTÍVEIS – ETANOL	113
4.2.1 PRODUÇÃO BRASILEIRA DE ETANOL	115
4.3 ETANOL E COGERAÇÃO	120
4.4 ETANOL E O MEIO AMBIENTE	123
4.5 RESÍDUOS INDUSTRIAL DO SETOR SUCROALCOOLEIRO	132
4.5.1 Vinhaça	132
4.5.2 Torta de filtro	134
4.5.3 Bagaço	135
4.5.4 Cinzas das Caldeiras e Fuligem das Chaminés	137
4.5.5 Emissão de Gases	138
4.6 ZONEAMENTO AGROAMBIENTAL	141
4.7 RELAÇÕES TRABALHISTAS	148
4.8 PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO DE ETANOL	158
CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	160
REFERÊNCIAS	164

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa aborda a sequência das conquistas do domínio das fontes de energia, afunila questões sobre suas influências na vida do homem e no meio ambiente, destaca a biomassa e a agroenergia como alternativa às energias fósseis, resultados sociopolíticos em processo ainda, resgatando estes aspectos no campo teórico da Geografia do Desenvolvimento, que surgiu na Alemanha na década de 1970, particularmente como um dos subcampos da Geografia. O objeto desta pesquisa é levantar questões sociais e econômicas sobre a importância da renovação energética no processo de crescimento e desenvolvimento, tendo como eixo de discussão a utilização da biomassa como uma das alternativas brasileiras. Trata também da importância da energia para a sociedade e aborda a relação intrínseca que existe entre energia, homem e sociedade, principalmente no Brasil.

Nos tempos de consumo exacerbado da sociedade contemporânea, a fonte energética é um importante recurso da natureza para o desenvolvimento sócio-político do mundo atual. Entretanto, com a escassez das fontes energéticas de origem fóssil, hoje, tendo como principal fonte o petróleo, há uma série de debates e discussões sobre a necessidade de alternativas energéticas, não só para sua utilização na produção e circulação de mercadorias, como também nas atividades da área rural ou para o consumo urbano.

As políticas energéticas brasileiras ainda não estão claramente definidas sobre os rumos da renovação energética, embora haja uma série de pesquisas e políticas em processo de implementação.

Algumas justificativas embasam a elaboração desta dissertação, como uma pesquisa que necessita de discussões interdisciplinares, pela falta de trabalhos e pesquisas de cunho acadêmico, ao lado das publicações institucionais públicas ou privadas. Portanto, desta forma, optou-se em realizar levantamentos e pesquisas independentes dos setores tradicionais do desenvolvimento científico, buscando-se uma integração de conhecimentos para embasar e justificar a temática proposta.

Esta pesquisa tem como principal discussão a questão energética, cujo objetivo foi estudar a biomassa e a agroenergia como alternativa para renovação energética. Algumas questões relacionadas à energia renovável, como a sua importância social, sobretudo no campo, foi uma das discussões levantadas, além da escassez energética e a apresentação de alternativas para o século XXI. Também foi objeto de análise a importância da renovação energética no desenvolvimento econômico com a consideração da atividade rural, como um forte componente do desenvolvimento brasileiro.

O eixo norteador desta pesquisa tem como fundamento teórico a questão da relação entre o desenvolvimento das fontes energéticas e a questão social envolvida nesse processo. No afunilamento da questão energética foram retomadas as ideias de Pierre George contidas na obra *Geografia da Energia*, que é uma obra clássica, escrita em 1952. Inclusive foi de suma importância revisitá-la. Revelam-se de grande valor as discussões iniciais sobre o crescimento e desenvolvimento brasileiro.

Para a consecução dos objetivos propostos fez-se necessário, do ponto de vista metodológico, elaborar e esquematizar o assunto para equacioná-lo no tempo e no espaço, partindo da evolução histórica da luta dos países para a obtenção da energia, para em seguida, estudar com certa profundidade os avanços conseguidos na cultura da cana-de-açúcar no Brasil. Ainda, do ponto de vista metodológico, estudou-se a questão da industrialização canavieira relacionadas às novas tecnologias, como também uma análise crítica sobre problemas envolvidos de cunho social, particularmente sobre a utilização ou liberação da mão de obra no trabalho rural.

A pesquisa procura ainda destacar o pioneirismo do Brasil no plano da produção do etanol e a contrapartida - a fabricação de carros flex (motores movidos a álcool e/ou gasolina). O trabalho se encerra com o levantamento dos problemas ambientais e sociais que, dadas as extraordinárias dimensões do programa, não poderiam deixar de existir e se vislumbram no horizonte próximo do desenvolvimento da cultura canavieira, mas sem deixar de examinar o que já vem sendo feito pelos órgãos governamentais, entidades e a própria iniciativa privada, para que esses problemas sejam amenizados ou dirimidos.

A tarefa inicial apresentada no capítulo 1 faz menção a alguns aportes teóricos sobre a discussão recentemente difundida sobre a “Geografia do Desenvolvimento” abordando seu contexto científico a partir da Universidade Bonn na Alemanha, prosseguindo com a fundamentação teórica sobre crescimento e desenvolvimento. Com isso, procura-se resgatar alguns conceitos emanados há mais de 60 anos no campo da Geografia da Energia levantado por Pierre George. Também são apresentados alguns conceitos veiculados no campo da economia sobre crescimento e desenvolvimento.

O capítulo 2 oportuniza a revisão sobre as fontes energéticas não renováveis e algumas consequências de sua utilização para a sociedade e para o ambiente.

No capítulo 3 a questão energética merece destaque dada a importância da biomassa como uma importante fonte energética e um dos principais objetivos desta pesquisa é enfatizar as matérias primas procedentes da cana-de-açúcar, especialmente, para a fabricação do etanol, como uma importante fonte de agroenergia e como bicompostível.

A evolução histórica da produção de cana-de-açúcar, aspectos políticos e perspectivas da cultura é tratada no capítulo 4.

No capítulo 5 o etanol é salientado não só como a energia principal extraída da cana-de-açúcar, como também o contexto ambiental, socioeconômico e político.

Por fim, tanto as considerações finais como algumas referências abordadas na pesquisa apontam a biomassa como uma alternativa brasileira, o que viabiliza alguns pontos fundamentais para a continuidade dessa discussão.

Palavras-chave: Energia. Energia renovável. Biomassa. Alternativas energéticas. Energia e desenvolvimento.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E ANTECEDENTES SOBRE A EVOLUÇÃO DO USO DA ENERGIA PARA A SOCIEDADE

1^a PARTE: APORTES TEÓRICOS SOBRE GEOGRAFIA, DESENVOLVIMENTO E ENERGIA.

1. 1 ANTECEDENTES

A seguir são apresentados, os principais elementos referenciais subsidiados pela revisão de leituras no campo da Geografia da Energia e revisão bibliográfica realizadas nos campos da Agronomia e Economia, como importantes contribuições para organizar a arquitetura do suporte teórico para o desenvolvimento desta pesquisa.

A princípio, merece destaque um dos geógrafos pioneiros que enfatizou a relação da energia como base civilizatória da atividade humana. Pierre George, geógrafo social de nacionalidade francesa, foi um dos pioneiros a levantar questões e considerações sociais como um importante esteio teórico-científico para a Geografia.

Na sua densa obra sobre a *Geografía de la Energía* (tradução espanhola de 1952), escrita inicialmente logo após a 2^a Guerra Mundial e publicada na França em 1950, de 424 páginas, pode ser considerada como uma obra pioneira no campo da Geografia Social no mundo.

A sua leitura permitiu vislumbrar a importância do alcance do estudo da Geografia da Energia para a compreensão das transformações socioeconômicas da sociedade como também a sua relevância nas considerações das políticas sociais e econômicas dos países.

George (1952) comentou que ao projetar alguma luz sobre os aspectos esquecidos da Geografia Geral e Regional pode-se compreender e estimular novos estudos, pois “[...] os trabalhos básicos sobre o particular são quase inexistentes.” Relata que:

[...] la geografía de la energía aporta también su contribución a la comprensión del mundo e incita a efectuar análisis concretos de la producción y consumo en los diversos países y por parte o en beneficio de las diversas clases sociales de cada país (GEORGE, 1952, p. 402).

Prossegue na sua explanação observando que o estudo da distribuição do consumo de energia exige o exame de múltiplos problemas da Geografia Econômica e da Geografia Social, “[...] porque el uso de la energía está en la base misma de las civilizaciones materiales más diversas. Este uso permite ciertas emancipaciones, pero hace posibles también sevidumbres” (GEORGE, 1952).

Dessa forma, o mundo se divide em conjuntos geográficos que tem tido acesso a formas modernas de produção e consumo de energia e outros conjuntos geográficos sem acesso a esse serviço. George (1952) lembra que esta grande divisão surgiu na Revolução Industrial nos fins do século XIX e princípio do século XX, e até hoje uma se perfila na sombra da outra, pois “[...] a que vai surgir entre os países produtores de energia atômica e os que embora com nível científico elevado ainda não tem as condições para tal equipamento.” Lembra a importância da detenção dos processos energéticos para o futuro dos países, pois:

Estas distinciones, que en apariencia son puramente técnicas y económicas, acarrean cierta estructura de distribución política del mundo dentro del marco de los sistemas económicos y sociales surgidos del capitalismo (GEORGE, 1952, p. 403).

O conselho de Pierre George (1952) em estudos regionais ou nacionais é porque nesses estudos, perfilam sempre os aspectos sociais. E, as formas mais democráticas de utilização da energia se subordinam à gestão de coletividade pública. Lembra ainda que, do ponto de vista social “[...] su evaluación ayuda a diagnosticar formas de economía que, com frecuencia, son base de distinciones sociales.” E, ainda aborda a importância da análise do seu uso para compreender a própria evolução do mundo social e econômico, conforme explicita abaixo:

Por ser el uso de la energía mecánica la clave de la civilización industrial, se asocia estructuralmente a los tipos de economía y sociedad que corresponden al energía es um instrumento de análisis muy penetrante que sirve para definir los sistemas económicos, sociales y políticos del mundo contemporáneo (1952, p. 403).

As considerações e os ensinamentos de Pierre George feitos há mais de sessenta anos, infelizmente no Brasil não tiveram muito eco, pois são poucos ou quase inexistentes os trabalhos de Geografia da Energia, abordando sociais e economicopolíticas, razão pela qual a presente pesquisa pretende contribuir em parte com esta lacuna.

1.2 GEOGRAFIA DO DESENVOLVIMENTO

Neste item, são apresentados alguns marcos teóricos no desenvolvimento da pesquisa sobre a discussão da temática crescimento e desenvolvimento, relacionados com os objetivos propostos com vistas a dar apoio teórico ao presente estudo.

Bohle (2010), professor da Universidade da Alemanha – Bonn, no seu trabalho sobre geografia do desenvolvimento, relata que essa Geografia é um novo sub-campo da Geografia que visa captar e revelar processos de desenvolvimento sociais e problemas de desenvolvimento em suas dimensões e estruturas espaciais.

O autor explica que o caminho da Geografia do Desenvolvimento, se fez nos últimos quinze anos, como uma nova subdisciplina da Geografia, refere-se ao espaço do ser humano, exigindo hoje uma abordagem multidimensional e transdisciplinar, ela é orientada teoricamente para problemas políticos e sociais. A pesquisa na área do desenvolvimento não é mais uma ciência de interface entre espaço e sociedade, ou entre estrutura e agência, mas participa na gestão de crises e conflitos humanos (BOHLE, 2010, p.7).

Na concepção do autor, o espectro deste campo de pesquisa é muito amplo; trata-se, evidentemente, mais do que estudar a erosão do solo, catástrofes naturais ou escassez de alimentos. A Geografia do Desenvolvimento usa abordagens das Ciências Sociais, mas aproveita também idéias da própria Geografia como, por exemplo, a “redescoberta da cultura” e a natureza construída dos espaços; como ciência orientada para a ação e o ator, ela pretende dar conta de conflitos políticos e de mudanças socioeconômicas, de vulnerabilidade social e ecológica, de marginalização e de miserabilização, de estratégias de sobrevivência e do conhecimento do ambiente, de relações de poder e do acesso à alimentação.

Considerando as concepções de Bohle e as indicações de estudos com abordagem da Geografia do Desenvolvimento, o estudo da Geografia da Energia possibilita utilizar seus ensinamentos para o desenvolvimento da presente pesquisa, pois, as questões da vulnerabilidade social e ecológica, mudanças socioeconômicas radicais e relações de poder são assuntos diretamente vinculados ao presente estudo. Portanto, na Geografia do Desenvolvimento Bohle explica que:

Diferentemente da Geografia dos países em desenvolvimento, o interesse da Geografia do desenvolvimento está não mais só em países e regiões em si, em pesquisas geográficas em ou sobre países em desenvolvimento, mas a articulação e relevância espacial do desenvolvimento e do subdesenvolvimento (SCHOLZ, 2004 apud BOHLE, 2010, p.8).

Citando um ensaio de Jürgen Blenck, Bohle assinala em 1979, com a publicação do Desenvolvimento da Pesquisa Geográfica, que:

[...] partiu da idéia de que a ciência seria uma empresa financiada pela sociedade e para a sociedade. Daí ela teria a tarefa de ocupar-se com a solução de problemas e de lidar com abordagens sociais. Para Blenck, no centro da Geografia do desenvolvimento está a tese de que não há problemas “geográficos” em si, ou seja, o espaço em si não tem problemas, mas apenas os seres humanos, grupos e sociedades humanas, que têm que lidar com o seu meio geográfico (BOHLE, 2010, p.8).

Colocadas essas questões, no ensaio de Blenck (1979 apud BOHLE, 2010, p.8) “[...] o objeto científico não seria mais o país em desenvolvimento em si, mas o desenvolvimento e o subdesenvolvimento. Assim, a variável explicativa é o desenvolvimento, e não mais o espaço geográfico”.

Portanto, a Geografia do Desenvolvimento se ocuparia, então, dos problemas sociais dos países em desenvolvimento. Por isso, a Geografia não poderia ser neutra e apolítica, mas seria necessário que o cientista revelasse seu posicionamento teórico e social nas questões estudadas. A Geografia do desenvolvimento transitaria de uma ciência espacial *stricto sensu* para uma ciência social.

Confirmado portanto, seus pensamentos, têm-se que a Geografia do Desenvolvimento transitaria de uma ciência espacial *stricto sensu* para uma ciência social, ou seja, aparece como relevância e necessidade o estudo das questões sociais atrelada diretamente a Geografia espacial. Para explicar problemas sociais de desenvolvimento ou de subdesenvolvimento seria, portanto, indispensável incluir na análise também teorias sobre o desenvolvimento provenientes das Ciências sociais. Essa era justamente a preocupação do “Grupo de trabalho geográfico sobre teorias do desenvolvimento” acima mencionado. Este grupo de trabalho persegue até hoje o objetivo de aproximar a Geografia do Desenvolvimento à discussão teórica interdisciplinar e de introduzir, mediante estudos regionais empiricamente fundados, a importância do espaço no discurso social-cientista sobre o desenvolvimento (SCHOLZ, 1988 apud BOHLE, 2010, p.8).

A seguir, como principal fundamento teórico da pesquisa, é importante registrar uma síntese feita das teorias do desenvolvimento na Geografia do desenvolvimento, apresentando as suas dimensões:

- 1.2.1 Dimensões econômicas da Geografia do Desenvolvimento
- 1.2.2 Dimensões sociais da Geografia do Desenvolvimento
- 1.2.3 Dimensões políticas da Geografia do Desenvolvimento

1.2.4 Dimensões culturais da Geografia do Desenvolvimento

Bohle observa que, quando a Geografia do Desenvolvimento surgiu na década de 1970, na Alemanha, o discurso social-cientista sobre desenvolvimento era dividido em dois campos teóricos: teoria da modernização e a teoria da dependência.

Essas dimensões vão ser apresentadas a seguir, tendo em vista que esses dois campos teóricos não foram suficientes para explicar o processo de crescimento e desenvolvimento de regiões e países.

O subdesenvolvimento era interpretado como atraso social, econômico e cultural, ou seja, causado por fatores internos aos países. A falta de dinâmica nesses países seria resultado de um bloqueio, causado por tradicionalidades, de potenciais endógenos - potenciais inteiramente existentes, mas não explorados - dos países em desenvolvimento. Padrões de comportamento tradicionais (por exemplo, a falta de capacidade de inovação), estruturas sócio-culturais tradicionais (por exemplo, o sistema de castas indiano com sua falta de ascensão social) e tradicionais estruturas econômicas e espaciais (por exemplo, estruturas segmentares de habitação e de mercado) evitariam, assim, um desenvolvimento econômico dinâmico do padrão dos países industrializados, com as consequências de estagnação, de atraso econômico e de pobreza em massa (BOHLE, 2010, p.9).

Nas teorias da dependência, introduzidas no discurso desenvolvimentista alemão, conforme explica o referido autor, o subdesenvolvimento era explicado a partir de uma deformação das estruturas sociais, econômicas e espaciais dos países em desenvolvimento, como resultado de um “desenvolvimento dependente”, por exemplo, por meio do colonialismo e do imperialismo. Não as estruturas endógenas, mas o bloqueio de desenvolvimento pelo “subdesenvolvimento estrutural” causaria o subdesenvolvimento. Tais deformações manifestam-se, por exemplo, sob a forma de uma saída sistemática de recursos dos países em desenvolvimento como resultado de mecanismos de extração e exploração coloniais, sob a forma de estruturas espaciais disparitárias (por exemplo, “cabeças de ponte” coloniais como centros de uma periferia rural explorada) e sob a forma de estruturas sociais polarizadas com poucos vencedores prósperos e inúmeros perdedores empobrecidos. Bohle (2009) ainda relata que as estruturas deformadas se mantêm mesmo longe após o fim das relações formais de dependência; por isso, um desenvolvimento dinâmico - que é entendido, tanto para os teóricos da modernização como para os teóricos da dependência, como desenvolvimento retardatário “[...] é bloqueado permanentemente”.

Bohle (2010, p.10) destaca que:

Reconheceu-se logo, com base em estudos regionais empíricos, que a formação e a continuação do subdesenvolvimento não podem ser explicadas unilateralmente por fatores endógenos (teoria da modernização) ou fatores exógenos (teoria da dependência). Pois as estruturas espaciais deformadas seriam, em princípio, o resultado de uma ligação estrutural entre determinantes endógenos e exógenos, como nos casos das estruturas sociais e espaciais pré-coloniais que foram sistematicamente apropriadas para fins coloniais.

Concluindo seu pensamento Kreutzmann (2003 apud BOHLE, 2010, p. 10), relata que:

A falta de sucesso das políticas de desenvolvimento e o limitado poder explicativo das teorias da modernização e da dependência, especialmente para os países mais pobres do mundo, resultaram no final da década de 1980 na confissão que as grandes teorias fracassaram [...]. É por isso que a Geografia do desenvolvimento considera, sobretudo, teorias de “médio alcance” [...]. Fazem parte disso, por exemplo, o debate sobre os modos de produção na Índia [...], ou a questão sobre como explicar os caminhos diferenciados de desenvolvimento dentro do Terceiro Mundo (por exemplo, das chamadas economias emergentes do Leste Asiático ou dos Tigres do Leste e do Sudeste da Ásia frente aos países cada vez mais pobres da África). Diferentemente do desenvolvimento global das disparidades, a crescente divergência dentro do próprio Terceiro Mundo parece manifestar-se mais fortemente em nichos econômicos específicos, condições sócio-culturais particulares e nas atividades e ambientes institucionais de pequenos grupos.

Confirmando as expressões de Bohle (2010), observamos que no primeiro plano da Geografia do Desenvolvimento estão, atualmente, aquelas abordagens que compreendem as estruturas espaciais como fenômenos e processos sociais regionais, e que compreendem o espaço como “arena” de processos de negociação sociais e como “palco” da ação social (SCHOLZ, 2004). Assim, a tensão epistemológica dificilmente comprehensível entre o espacial e o social, entre espaço e desenvolvimento, entre estrutura e ação humana (*structure e agency*; GIDDENS, 1988), entra (como em outras sub-disciplinas geográficas) no foco da Geografia do desenvolvimento (apud BOHLE, 2010, p.10-11).

Na sua defesa sobre a *Geografia do Desenvolvimento*, Bohle (2010, p. 11) tenta demonstrar que:

[...] os campos de pesquisa da Geografia do desenvolvimento sempre foram também uma expressão de discursos atuais nas Ciências sociais. Além disso, pretendemos esclarecer em que medida a Geografia do desenvolvimento se refere a novas discussões nas sub-disciplinas da

Geografia humana. Finalmente tentamos mostrar os déficits da Geografia do desenvolvimento relativo a abordagens mais recentes das Ciências sociais e da Geografia humana, e quais as perspectivas que, por isso, se oferecem para a Geografia do desenvolvimento.

1.2.1 Dimensões Econômicas da Geografia do Desenvolvimento

A expressão desenvolvimento, hoje está muito vinculada a outras formas de expansão. Alguns exemplos podem ser citados: desenvolvimento social, desenvolvimento cultural, desenvolvimento político e outros. Entretanto, durante muito tempo, essa expressão desenvolvimento foi quase sempre igualada ou comparada com o desenvolvimento econômico. Mesmo nos Relatórios oficiais muito usados em vários países, utilizavam-se apenas o índice de desenvolvimento mundial do Banco Mundial. Essa medida era produto nacional bruto - PNB. Uma das críticas levantadas por Bohle (2010, p. 11) é que, “[...] ignorou-se, primeiro, a distribuição de riqueza dentro das sociedades, e segundo, questões sobre o que foi feito com os recursos econômicos para os seres humanos e suas necessidades.” Há muitas críticas que foram feitas e, recentemente, há outros índices que vêm sendo considerados a partir dos anos de 1990.

Alguns relatórios que hoje são considerados importantes para os índices de desenvolvimento são:

- Relatórios de Desenvolvimento Humano, publicados a partir de 1990 pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).
- Os relatórios posteriores do Banco Mundial (por exemplo, BANCO MUNDIAL, 2001), incluíram no seu conceito de desenvolvimento, o Índice de Desenvolvimento Humano, aspectos sociais como alfabetização e expectativa de vida.
- No final da década de 1990 o Banco Mundial introduziu, sob a ideia da “Nova Riqueza das Nações”, outra dimensão de desenvolvimento na discussão sobre o desenvolvimento.

Sob essa abordagem, os países do mundo são classificados de acordo com seu respectivo estoque de capital natural, físico e humano (BOHLE; GRANER, 1997 apud BOHLE, 2010, p.11). Segundo essa abordagem, nos países industrializados ocidentais, mas também em muitos Estados do Sudeste e do Leste da Ásia, predomina o capital humano, enquanto que os países em desenvolvimento na África dispõem, quando muito, de capital natural.

Outra discussão importante da Geografia do desenvolvimento é feita sobre o papel das instituições no processo de desenvolvimento econômico, e relaciona-se, com isso, com tendências atuais nas Ciências econômicas (“Nova Economia Institucional”; NORTH, 1990 apud BOHLE, 2010, p.11) e na Geografia econômica, por exemplo, no contexto de processos de descentralização (RAUCH, 2001; THOMI, 2001 apud BOHLE, 2010, p.11).

Além de questões sobre descentralização em países do Sul, esta discussão trata também de regulamentos institucionais nos conflitos por terra (COY, 2001; NEUBURGER, 2001 apud BOHLE, 2010, p.11), água (BÜTTNER, 2001 apud BOHLE, 2010, p.11) e floresta (GRANER, 1997 apud BOHLE, 2010, p.11), assim como de conservação da natureza (BACKHAUS; KOLLMAIR, 2001 apud BOHLE, 2010, p.11).

Outra discussão importante da Geografia do desenvolvimento é feita sobre o papel das instituições no processo de desenvolvimento econômico, e relaciona-se, com isso, com tendências atuais nas Ciências econômicas (“Nova Economia Institucional”; NORTH, 1990 apud BOHLE, 2010, p.11).

1.2.2 Dimensões Sociais da Geografia do Desenvolvimento

Na concepção das dimensões sociais de desenvolvimento, apoiando-se em Krüger (2003), Bohle faz a seguinte referência: no contexto social-cientista e social-geográfico da Geografia do desenvolvimento, abordagens orientadas aos atores e baseadas em teorias da ação conheceram recentemente uma expansão e, conforme análise do autor:

Trata-se, em geral, de análises que observam atores do desenvolvimento em todos os níveis geográficos – do nível local ao global - e que focam as possibilidades ou pressões de ação desses atores, orientadas para diferentes interesses e baseadas em instrumentos de poder desiguais (BOHLE, 2010, p. 14).

Essa nova dimensão de análise envolvendo os aspectos sociais em um contexto geográfico com a utilização de vários níveis de análise parece sugerir uma melhor compreensão da expressão desenvolvimento.

1.2.3 Dimensões Políticas da Geografia do Desenvolvimento

É muito recente dentro da geografia humana, também uma Geografia política orientada para a ação. Bohle cita dois autores: Wolkersdorfer (2001) e Reuber (2000), que

abordam os atores políticos no campo de tensão entre espaço, poder e interesses políticos. Reuber (2000 apud BOHLE 2010, p. 14) identifica como novos campos de pesquisa da Geografia política orientada para a ação: as disputas políticas por recursos ecológicos; conflitos políticos por controle territorial (poder) e por fronteiras; globalização e novas relações internacionais; conflitos regionais e novos movimentos sociais; conflitos políticos e identidades relacionadas com o espaço; e a representação simbólica de poder político.

Bohle (2010, p. 15) relata que:

A dimensão política de desenvolvimento ainda não foi abordada de forma sistemática pela Geografia do desenvolvimento. No contexto de regulamentos institucionais no processo desenvolvimento foram tematizadas, evidentemente, também abordagens de ajustamento estrutural, de políticas de descentralização ou ambientais, ou questões de *empowerment*, de discriminação política ou de exclusão política. Conflitos políticos também estão colocados cada vez mais no ponto de mira da Pesquisa do desenvolvimento político-geográfica, por exemplo, pelo papel atual de *leitbilder* geopolíticos, por potenciais de conflito e resolução de conflitos no sudeste da Ásia, pelas crises e conflitos ambientais secretos da China ou pela heterogeneidade étnica conflitiva na África Oriental (*Themenheft 2004/2 de Petermanns Geographische Mitteilungen sobre Krisen und Konflikte; KRAAS; BORK, 2004*).

1.2.4 Dimensões Culturais da Geografia do Desenvolvimento

Na conclusão do autor,

[...] uma Geografia do desenvolvimento relacionada com conflitos só pode ser frutífera na interface entre política, economia, cultura e espaço. Neste ponto, têm conjuntura atualmente tais abordagens que combinam diversas dimensões de desenvolvimento ou subdesenvolvimento, e que atuam de maneira trans-disciplinar (BOHLE, 2010, p. 16).

Parece haver uma “redescoberta” da geografia cultural na geografia alemã, ou seja, um renascimento da Geografia cultural mais forte, caminhando para se tornar “motor de diferenciação social e política do nosso mundo” e, ao mesmo tempo nas ciências culturais, “[...] o espaço tornar-se-ia uma categoria simbólica de distinção social e cultural. Uma *verräumlichung* (especialização) das Ciências culturais andaria, assim, de mãos dadas com uma redescoberta da cultura na Geografia humana”, segundo Bohle (2010, p. 15).

Prosseguindo na sua explanação sobre a Geografia do Desenvolvimento, Bohle (2010, p. 15) relata que:

[...] são reconhecíveis princípios de uma pesquisa orientada para as ciências culturais, por exemplo, na interface da antropologia com as ciências ambientais. Assim, a etno-ecologia (MÜLLER-BÖKER, 1995, 1999) trata das relações homem-meio de culturas pré-industriais tradicionais, especialmente de experiências tradicionalmente transmitidas e de estratégias culturais, que possibilitaram a sobrevivência sob condições ambientais extremas (por exemplo, em espaços secos ou em regiões de alta montanha). Abordagens etno-ecológicas da Geografia do desenvolvimento concentram-se, no sentido de uma Geografia orientada para a ação, na busca ativa de estratégias para a sobrevivência culturalmente autônomas, adaptadas [...].

Na coerência apresentada por Bohle (2010, p.23), tanto do ponto de vista historiográfico como social, no processo de estruturação da geografia do desenvolvimento pode-se perceber que ainda há um longo caminho a ser percorrido para uma maior coesão e difusão da Geografia do Desenvolvimento.

[...] desafios até agora abordados como pobreza, fome ou sustentabilidade, se dirige também a novos campos de problemas tais como crises, conflitos, fragmentações ou exclusões, o conceito de espaço, ou espacialidade, também deve ser reformulado. Pois, para a Geografia do desenvolvimento, o espaço não é apenas um palco de processos ecológicos e sociais; o espaço é, em muitos aspectos, também o instrumento social e político de transformações.

Com essas observações Bohle (2010, p. 24), pode afirmar que:

[...] o espaço não é em primeiro lugar significativo “por si”, mas como produto de relações e interações, como fonte de fragmentações e de pluralidades, e ao mesmo tempo como um construto, ou seja, como um espaço socialmente, culturalmente e ecologicamente marcado, instrumentalizado, interpretado e imaginado. A transição da convencional Geografia dos países em desenvolvimento para uma Geografia do desenvolvimento só pode ser concluída com tal concepção de espacialidade no contexto de processos de desenvolvimento sociais e de problemas de desenvolvimento – para uma Pesquisa do desenvolvimento capaz de dar conta das grandes questões sociais do futuro na era da globalização.

E, do ponto de vista econômico as discussões sobre o conceito de desenvolvimento no âmbito econômico dos pensamentos clássicos aos neoclássicos, muitos aspectos de abordagens e indicadores foram analisados, sendo bastante rico no meio acadêmico.

Oliveira (2002, p.37-38), discutindo o conceito de desenvolvimento, e apoiando-se em Vasconcelos e Garcia (1988, p. 205) apresenta o seguinte registro:

O desenvolvimento, em qualquer concepção, deve resultar do crescimento econômico acompanhado de melhoria na qualidade de vida, ou seja, deve incluir “as alterações da composição do produto e a alocação de recursos pelos diferentes setores da economia, de forma a melhorar os indicadores de bem-estar econômico e social (pobreza, desemprego, desigualdade, condições de saúde, alimentação, educação e moradia)”.

Para a presente pesquisa interessa muito as discussões que vêm ocorrendo na vinculação da ideia de desenvolvimento com a sustentabilidade, geralmente ligada a história do pensamento ambiental.

O conceito de desenvolvimento sustentável possui várias definições e ideias geralmente como fazendo parte do movimento ambientalista que surgiu na Europa e nos Estados Unidos nas décadas de 1960 e 1970. Basicamente, é possível dividir a evolução da preocupação com o desenvolvimento sustentável em cinco temas, de acordo com Oliveira (2002, p. 43):

- 1) preservação da natureza;
- 2) desenvolvimento da administração (gerenciamento) e da ciência ecológica nos trópicos;
- 3) ambientalismo e crise global;
- 4) ecologia global, conservação e meio ambiente;
- 5) ambientalismo global

Desta forma, o conceito de desenvolvimento tem evoluído tornando-se cada vez mais próximo a realidade da vida do homem, pois, conforme observa Oliveira (2002, p. 45), após várias décadas na busca de como promover o crescimento econômico, está se redescobrindo que este por si só não é suficiente. Pensa-se hoje, cada vez mais, como as pessoas são afetadas pelo processo de crescimento, ou seja, se os incrementos positivos no produto e na renda total estão sendo utilizados ou direcionados para promover o desenvolvimento humano.

O conceito de desenvolvimento humano é, portanto, corroborando os pensamentos de Oliveira (2002, p. 45), “[...] mais amplo do que o de desenvolvimento econômico, estritamente associado à ideia de crescimento. Isso não significa contrapô-los”.

Por conseguinte, pode-se afirmar com o autor que:

[...] o crescimento econômico é condição necessária para o desenvolvimento humano [e social] e a produtividade é componente essencial desse processo. Contudo, o crescimento não é, em si, o objetivo último do processo de desenvolvimento; tampouco assegura, por si só, a melhoria do nível de vida da população (OLIVEIRA, 2002, p. 45).

Colocadas as questões teóricas e conceituais acima e, tendo como um eixo norteador a ideia da importância do desenvolvimento humano no processo do desenvolvimento econômico, pretende-se desenvolver algumas questões fundamentais propostas na presente pesquisa.

Após a revisão bibliográfica, realizamos uma análise crítica das obras mais vinculadas direta ou indiretamente a temática desta pesquisa, levantando desta forma características e problemas pertinentes ao desenvolvimento deste trabalho.

Foi realizado um estágio de pós-graduação na CETESB – Companhia Ambiental Paulista, onde foi realizada uma análise entre a teoria acadêmica e a realidade no campo e nas usinas, foi elemento fundamental que deram suporte ao desenvolvimento da pesquisa.

A seguir e no outro tópico iniciaremos com a revisão bibliográfica, apresentando os fundamentos teóricos da pesquisa.

2ª PARTE: IMPORTÂNCIA DA ENERGIA PARA A CIVILIZAÇÃO HUMANA

Nesta segunda parte do capítulo 1, será realizada uma breve síntese histórica da relação entre energia e sua importância para civilização humana. Daí, a importância de iniciar com o uso das energias disponíveis na natureza, não só como recursos à disposição do homem, como fonte energética, mas a relação intrínseca entre a energia, o homem e a sociedade.

A energia sempre foi muito importante para vida do homem desde os primórdios da sociedade humana. Até recentemente, a utilização de combustíveis fósseis, chamada de energia convencional era a mais utilizada pelo homem. Além da sua limitação e não reposição, provocaram impactos negativos no ambiente e na sociedade (que implicam grandes custos socioeconômicos). Segundo Ribeiro (2010, p. 01), “[...] os principais impactos ambientais são a deterioração da camada de ozônio e o efeito de estufa” e assim a “[...] criação de dependência econômica dos países não produtores das matérias-primas, pois a sua distribuição geográfica não é homogênea”.

Assim, devido ao grande crescimento demográfico e consequentemente, aumento de consumo, há necessidade de encontrar energias alternativas àquelas que são esgotáveis e finitas, no intuito de mitigar os problemas ambientais e suprir o consumo atual. Essa renovação deve ser pautada em um modelo baseado na eficiência e na poupança energética e implementação das energias renováveis, que geralmente são consumidas no local onde são geradas. Isto faz com que diminua a dependência dos fornecimentos externos e também os custos com linhas de transmissão, além da contribuição para o equilíbrio interterritorial e geração de empregos em zonas mais deficitárias, facilitando o desenvolvimento regional.

Nesse contexto, será apresentado um estudo sobre a evolução do uso de energias disponíveis na natureza, para a melhor compreensão da realidade brasileira e o porquê da necessidade da renovação energética.

1.3 EVOLUÇÕES DO USO DE ENERGIAS DISPONÍVEIS NA NATUREZA

Neste item será dado enfoque à questão quanto a energia disponível na natureza, e como ela tem sido utilizada pela humanidade. Goldemberg e Lucon (2007), no artigo sobre *Energia e meio Ambiente no Brasil*, fazem uma referência bem sintética colocando a energia, ar e água como ingredientes essenciais à vida humana. Nas sociedades

primitivas seu custo era praticamente zero. Uma rápida ideia de seu consumo é expressa na citação abaixo:

A energia era obtida da lenha das florestas, para aquecimento e atividades domésticas, como cozinhar. Aos poucos, porém, o consumo de energia foi crescendo tanto que outras fontes se tornaram necessárias. Durante a Idade Média, as energias de cursos d'água e dos ventos foram utilizadas, mas em quantidades insuficientes para suprir as necessidades de populações crescentes, sobretudo nas cidades. Após a Revolução Industrial, foi preciso usar mais carvão, petróleo e gás, que têm um custo elevado para a produção e transporte até os centros consumidores (GOLDEMBERG; LUCON, 2007, p. 7).

A natureza fornecia ao homem, até meados do século XVII, a energia necessária para atender suas necessidades, usando-a nas suas formas primárias, direta ou indiretamente: energia dos rios, quedas d'água, energia dos ventos e as proporcionadas como resultado da fotossíntese - processo pelo qual as plantas utilizam parte da energia do sol para converter o dióxido de carbono e água em substâncias combustíveis e alimento - além da utilização pelo homem da tração animal e lenha para aquecimento (OLINTO, 2006, p. 01).

Os autores fazem uma importante referência sobre energia e água “[...] O consumo de água também aumentou consideravelmente, tanto que se tornou necessário cobrar pelo seu uso para pagar os custos para sua purificação e transporte até os usuários” (2007, p. 07).

Fazendo um breve retrospecto histórico do consumo de energia pelo homem, Tessmer (2002) relata que o homem viveu em longos períodos no estado nômade, quando a energia utilizada era proveniente da força muscular. O uso do fogo, iniciado a algumas centenas de milhares de anos - homem de Pequim há 400 mil anos - foi o primeiro avanço tecnológico, em matéria de energia.

Há cerca de doze mil anos ocorreu a primeira grande revolução energética, no início do chamado período neolítico, no qual o homem passou do uso da energia primária fornecida pela natureza para uma energia final derivada de diversos tipos de conversores, com a produção agrícola e a pecuária. Com isso visualiza-se os conversores biológicos com o transporte e armazenamento em grosso, somados a preparação culinária de alimentos. Com a utilização de animais de tração tem-se a potência disponível aumentada de no mínimo um fator quatro vezes maior (TESSMER, 2002).

Há exemplos de aproveitamentos de conversores energéticos desenvolvidos por grupos humanos. Daí, ao retorno ao IV milênio antes de Cristo, emerge um conjunto de

focos civilizatórios de grande influência posterior. Estes focos surgem nos grandes vales aluviais como o Indu, Tigre, Eufrates, Nilo e utilizam a cultura irrigada de cereais. Caracterizam-se pelo início da ordenação inteligente da natureza e pela produção calculada de bens de consumo. Surgem os primeiros Estados com eminentes construções arquitetônicas, conforme Tessmer (2002, p. 1).

Em várias partes do mundo, a civilização primitiva utilizou como conversores energéticos várias formas de energia, como a água, a madeira, a força humana, os ventos e etc. Tessmer (2002, p.1) relata que “[...] por um longo período, incluindo as civilizações grega e romana a energia motriz mais eficiente e solicitada é a do homem. Em Atenas na Grécia a mão-de-obra escrava correspondia a 80% da população [...]”.

Alves (2010, p.1) referindo-se à relação homem-técnica e evolução, relata que o ser humano no paleolítico (idade da pedra lascada) ou no neolítico (idade da pedra polida) usava ferramentas e armas feitas de pedra e dependia da própria força física para sobreviver. Não foi por falta de pedras que se chegou à metalurgia, à construção de ferramentas mais elaboradas e o uso da energia animal (para mover um moinho, para arar ou para transporte). Estes avanços tecnológicos possibilitaram a expansão da espécie e o controle humano sobre a natureza.

Após o feudalismo clássico que durou em torno de 700 anos, ocorreram as Cruzadas, o que ocasionou um sensível aumento no comércio. Assim começaram a renascer as cidades, embora pequenas, por ocuparem pouca mão de obra com a faina principal que eram as atividades comerciais.

Nessa época, o uso de energia baseava-se nos bioconversores (lenha, tração animal) e fontes renováveis como a hidráulica e ventos. A agricultura, base da economia, usava a energia de animais de tiro como bois e cavalos, que também eram os principais meios de transporte. A lenha e o carvão vegetal eram intensamente utilizados para cocção de alimentos e padarias, aquecimento, olarias, forjas, manufatura de vidros. A madeira para marcenaria, construções civis e estaleiros. Tal era a devastação florestal para estes usos e também para expansão das áreas de agricultura que a Europa teve sérias dificuldades com o suprimento de madeira e lenha. Consequentemente, as florestas acabaram-se em vastas áreas (TESSMER 2002, p. 2).

Para movimentar as pequenas cidades e o comércio cada vez mais florescente da Idade Média na Europa, merecem destaque os moinhos hidráulicos, os quais foram muito usados numa primeira fase. A seguir, os moinhos a vento, que representaram uma descentralização de poder no controle por engenhos pelos senhores feudais e pelo clero.

Os moinhos eram largamente usados no trato de cereais - descascamento, quebra e moagem - fabricação de óleos, para acionar foles em forjas, marteletes no preparo de couros, apisoar tecidos e malhar peças de ferro, preparo de tanino para curtumes, para levantes de água, etc. Também representaram uma protoindustrialização e um caminho irreversível na utilização de recursos técnicos de melhor rendimento produtivo ao homem. Tudo isso marcou o início dos empreendimentos capitalistas energéticos (TESSMER, 2002).

Nos séculos iniciais do segundo milênio d.C. principiou uma mudança básica nos sistemas econômicos com a ampliação na navegação marítima pelo transporte de alto rendimento de cargas na área mediterrânea e no Mar do Norte, que desoneraram os custosos transportes terrestres entre a Itália e o Mar do Norte e trouxeram novas fortunas a comerciantes.

A soma desses fatores colaborou para a mudança rumo a um novo sistema energético. Outros fatores que ocasionaram mudanças na sociedade medieval foram os grandes descobrimentos, a Reforma e o Renascimento. Vários conhecimentos técnicos e científicos deram sustentação a alterações nos sistemas produtivos do futuro. Exemplos significativos é a introdução nas fundições, dos altos fornos operando a 1150°C na combinação ferro-carbono no início do século XIV e as caravelas com leme de popa no transporte marítimo (TESSMER, 2002, p. 4).

Grandes transformações ocorreram na Europa, principalmente com o advento da Revolução Industrial, entre 1760 e 1840. Após essa data a Inglaterra assume o poder do mundo moderno, sob profundas mudanças nesse Continente. Com a ampla utilização do conhecimento científico foi possível ter início, numa primeira fase, a fabricação dos bens de produção e consumo em escala industrial. Segundo Tessmer (2002), nesse período iniciou-se também a especialização da atividade econômica para a produção de bens, o que não ocorria anteriormente, pois os trabalhadores eram remanejados das atividades metalúrgicas para a agricultura e vice-versa sazonalmente. Resultado, houve um grande surto de urbanização com o deslocamento de mão-de-obra do setor primário para o setor secundário, ou seja, de bens manufaturados e em menor escala, para o terciário ou de serviços.

Nesse contexto, o aumento na extração de carvão mineral teve grandes reflexos na indústria siderúrgica inglesa. No início do século XVII a Inglaterra tinha grande dependência da importação de madeira de outros países e viu-se na contingência de reciclar-se, passando a usar o carvão mineral ao invés do vegetal. O setor metalúrgico foi montado desde o início em moldes empresariais, altamente capitalizado e provocou outras evoluções

importantes com o uso da caldeira a vapor nos transportes ferroviários e na indústria, fortalecendo a empresa privada para garantir o crescimento econômico (TESSMER, 2002).

A partir do início do século XVII, com a invenção do primeiro motor a vapor - em 1706 pelo francês Papin - tornado operacional em 1768 por Watt na Inglaterra, foram empregados investimentos em meios de transporte de massa, como trens e navios e nos processos industriais para a geração de energia mecânica. Inicialmente, queimava-se lenha e para melhorar seu rendimento, foi adaptado para o uso do carvão mineral, tornando-se assim possível ampliar seus benefícios para a sociedade (OLINTO, 2006, p. 2).

A segunda fase da industrialização tem como base a energia elétrica, pois, a partir da descoberta de Oersted em 1819, a evolução dos geradores e a invenção da lâmpada elétrica, em 1879, por Thomas Edison, deram início a uma nova fase da industrialização, conforme o autor acima referenciou.

Prosseguindo no seu estudo, Olinto (2006) relata que no século XIX, com a construção do motor de combustão interna de quatro tempos foi possível o desenvolvimento do automóvel, do avião, estimulando grandemente a demanda por um novo tipo de combustível fóssil, o petróleo. O petróleo tornou-se o mais versátil dos combustíveis a partir de meados do século XX passou a ser usado em larga escala. A seguir o desenvolvimento das turbinas contribuiu ao acréscimo da demanda energética, cujos princípios já haviam sido enunciados na Idade Média por Leonardo da Vinci. A turbina proporcionou a base para o desenvolvimento do motor a jato. Por volta de 1930 e 1938 desenvolve-se a energia nuclear na Alemanha, sendo o primeiro reator atômico construído em 1942 em Chicago.

Note-se que a Revolução industrial foi liderada pela Inglaterra e em seguida disseminou-se pela Europa e pelos Estados Unidos. A tecnologia foi evoluindo depressa, passando da utilização das fontes energéticas primárias, como lenha e carvão mineral, para a energia elétrica, o petróleo e, posteriormente, a nuclear, eólica, etc.

O autor ainda relata que recentemente, os aparelhos domésticos e a difusão dos meios de comunicação de massa, que aumentam o conforto da vida das pessoas, vem contribuindo para uma maior e incessante demanda energética. Também, convém ressaltar que a descoberta dos fertilizantes sintéticos, que permitiram aumento na produção primária e os avanços na área da medicina, com descobertas de novas vacinas e antibióticos, favoreceram o aumento nas taxas de crescimento populacional, consequentemente aumentando também o consumo de energia.

Olinto (2006, p. 3) faz a seguinte análise:

Se essas invenções permitiram a melhoria da qualidade de vida do homem, pelo aumento da produtividade, redução do esforço físico, aumento do conforto em seus lares e ambientes de trabalho, redução das distâncias pela facilidade de transporte e comunicação, favoreceram, também, o crescimento da demanda de energia de forma exponencial no começo do século passado.

A partir do que foi exposto, procurou-se apresentar de forma geral e sintética a importância da evolução do consumo energético, desde as primeiras necessidades do homem, utilizando as fontes naturais e seu próprio corpo como aspectos importantes da evolução energética através dos tempos.

É importante ressaltar a observação de Goldemberg (2008, p. 113) que relata o seguinte: “[...] um quinto da população mundial, que vive nos países da Europa Ocidental, nos EUA e no Japão, tem um nível de vida elevado e consome quatro quintos dos recursos naturais disponíveis no mundo”.

Essa demanda compreende também a energia e, desta forma, energia barata e abundante é fundamental para o desenvolvimento de um território. Nos países em desenvolvimento há grande pressão para melhorar o padrão de vida de sua população e, consequentemente, desencadeia a competição pelo acesso aos recursos energéticos, levando assim a aumento nos preços ou a conflitos localizados em várias partes do mundo. Também provoca movimentos migratórios para os Estados Unidos e Europa, analisa o referido autor.

De acordo com Hinrichs e Kleinbach (2009, p. 7) no livro *Energia e Meio Ambiente*, assinalam que:

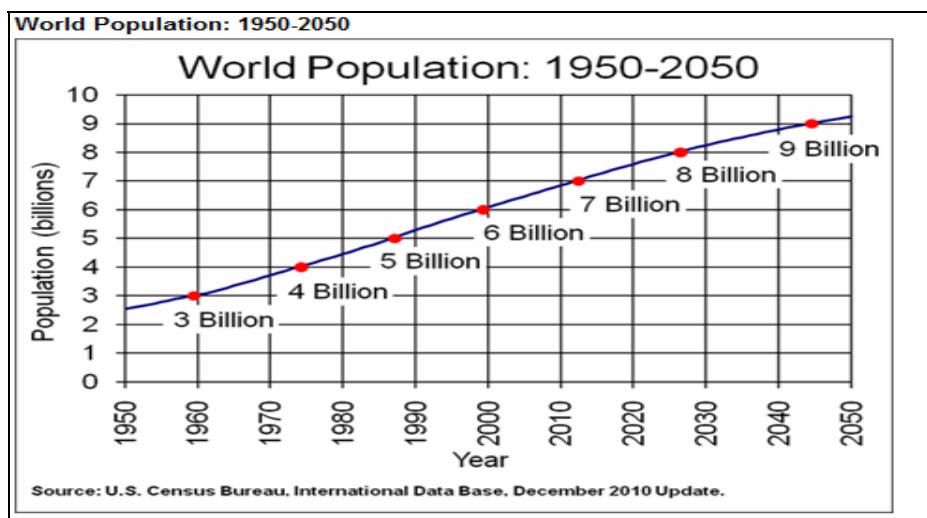
A demanda global por energia triplicou nos últimos 50 anos e pode triplicar novamente nos próximos 30 anos. A maioria desta demanda aumentada no passado ocorreu nos países industrializados, e 90% dela foi satisfeita por combustíveis fósseis. Contudo nos anos vindouros, a maior parte da demanda aumentada por energia virá dos países em desenvolvimento, já que esses buscam atingir objetivos e metas de desenvolvimento e têm experimentado aumentos populacionais muito maiores que os observados nos países industrializados.

O consumo energético cresce junto com o crescimento populacional e os padrões atuais de produção e consumo de energia está baseado nas fontes fósseis, o que gera emissões de poluentes locais, gases de efeito estufa e põem em risco o suprimento de longo prazo no planeta (GOLDEMBERG; LUCON, 2007, p. 7).

Os autores acima (2007, p.19), referindo-se às projeções do consumo de energia, alertam sobre a importância da participação governamental. Também, dependendo dos órgãos do governo, o tipo de desenvolvimento e crescimento econômico está relacionado criticamente às projeções e às políticas adotadas. Portanto, segundo os autores, os resultados irão depender muito das visões de longo prazo dos governantes dos países.

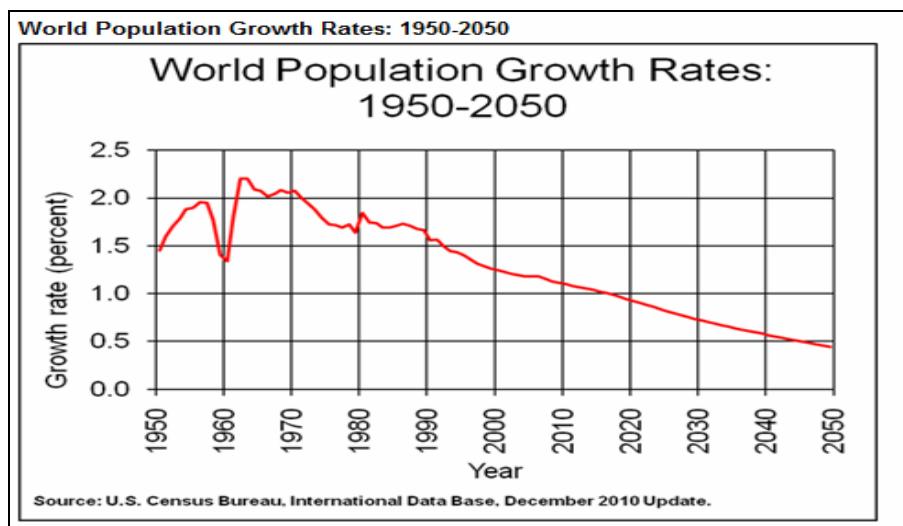
Vislumbrando a ligação intrínseca do crescimento populacional o crescente aumento do consumo de energia, a seguir é apresentada uma breve análise do crescimento da população mundial (figura 1) e sobre a taxa de crescimento da população mundial (figura 2).

Figura 1- População Mundial 1950-2050



Fonte: U.S. CENSUS BEREAU (2010)

Figura 2 - Taxa de Crescimento da População Mundial 1.950-2050



Fonte: U.S. CENSUS BEREAU (2010)

Segundo os dados apurados a população mundial cresceu de 3 bilhões em 1959 para 6 bilhões em 1.999, isto é, duplicando em quarenta anos. O último censo projetou crescimento um pouco mais lento para o século XXI. A população projetada para 2044 crescerá para aproximadamente 9 bilhões, um crescimento percentual de 50% em aproximadamente 45 anos.

É possível observar também que a população mundial cresceu a uma taxa de 1,5% a.a de 1950 a 1951 para um pico de mais de 2% a.a nos anos de 1960, devido ao aumento da natalidade nesse período. A partir daí a média de crescimento começou a declinar em razão da idade mais avançada dos casamentos e também do uso de métodos contraceptivos. Este declínio, que começou nos anos 1970 e perdura até hoje, se acentuou a partir dos anos de 1990, conforme demonstra a figura 2.

A estimativa da população mundial é de dez bilhões de pessoas para meados do próximo século (XXII), e junto crescerá a demanda por energia e também por alimentos. Todavia, vários autores enfatizam que o crescimento populacional é responsável por apenas metade do aumento do consumo de energia; o restante é responsabilidade dos padrões de consumo dos mais ricos, como uso de automóvel nas grandes cidades. Essas considerações acentuam a gravidade dos problemas a serem enfrentados de forma urgente pela sociedade.

Sem que seja desconsiderado o foco do assunto, far-se-á a seguir uma rápida análise retrospectiva sobre as formas de uso da natureza como fonte energética e alguns problemas relacionados ao assunto.

1.3.1 NATUREZA, FONTE ENERGÉTICA: FORMAS DE USO E PROBLEMAS

É importante salientar que atualmente, a maior fonte energética do mundo é o petróleo e seus derivados, utilizados para vários tipos de consumo, desde a locomoção do homem com seus vários meios de transporte, como combustível para o setor mecânico das indústrias, para o consumo urbano e rural em geral. Além desses grandes sistemas de consumo, o petróleo é a matéria prima para a fabricação de vários tipos de cosméticos e alimentação humana. A tabela 01, a seguir, demonstra a evolução do consumo energético por fonte, do período de 1997 à 2006, em tonelada equivalente de petróleo (10^3 tep).

A energia elétrica foi a modalidade mais consumida no Brasil em 2007, se considerados os derivados de petróleo, separadamente, em vez de somados, desmembrados em óleo diesel, gasolina e gás liquefeito de petróleo (GLP), etc., como ocorre no Balanço Energético Nacional - BEN 2008. O volume de eletricidade absorvida, 35.443 milhões de tep,

correspondeu a uma participação de 17,6% no volume total e a um aumento de 5,7% sobre o ano anterior. Com este desempenho, a tendência à expansão contínua e acentuada, que se iniciou em 2003, manteve-se inalterada. Saliente-se que em função do racionamento ocorrido em 2001 – e das correspondentes práticas de eficiência energética adotadas, como utilização de lâmpadas econômicas no setor residencial – houve sensível economia de energia elétrica. Em 2002 o consumo de energia elétrica verificado no país, de 321.551 GWh, segundo série histórica constante do BEN 2008, ficou em níveis próximos aos verificados entre 1999 e 2000. Porém, a partir desse ano, ingressou em novo ritmo de crescimento – 6,5% em 2003; 5,2% em 2004; 4,2% em 2005 e 3,9% em 2006 – o que provocou, inclusive, preocupações com relação à capacidade de a oferta acompanhar esta evolução, conforme estudos da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2008, p. 45), na obra *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*.

Tabela 1 - Evolução do consumo energético, no Brasil, por fonte do período de 1997 à 2007 (10^3 tep).

Identificação	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Gás natural	4.196	4.305	4.893	6.384	7.552	9.202	10.184	11.448	12.663	13.625	14.731
Carvão mineral	2.101	2.084	2.525	2.841	2.759	3.016	3.294	3.594	3.519	3.496	3.743
Lenha	12.919	13.296	13.500	13.627	13.699	14.390	15.218	15.752	16.119	16.414	16.310
Bagaço de cana	16.674	16.684	16.687	13.381	15.676	17.495	19.355	20.273	21.147	24.208	26.745
Lixivia	1.946	2.069	2.246	2.291	2.280	2.456	2.976	3.144	3.342	3.598	3.842
Outras recuperações	436	460	641	709	775	804	904	874	907	709	761
Gás de coqueria	1.382	1.320	1.155	1.247	1.219	1.178	1.259	1.342	1.328	1.289	1.387
Coque de carvão mineral	6.695	6.538	5.829	6.506	6.327	6.673	6.688	6.817	6.420	6.137	6.716
Eletrociadade	25.333	26.394	27.144	28.509	26.626	27.642	29.430	30.955	32.267	33.536	35.443
Carvão vegetal	4.379	3.986	4.401	4.814	4.409	4.609	5.432	6.353	6.248	6.085	6.247
Álcool etílico	6.910	6.783	6.798	5.820	5.377	5.776	5.794	6.445	6.963	6.395	8.612
Outras secundárias - alcatrão	97	58	78	77	75	78	38	50	37	48	56
Subtotal derivados de petróleo	69.157	71.303	70.918	71.450	71.869	71.210	69.049	71.177	71.726	72.706	76.449
Óleo diesel	27.569	28.541	29.084	29.505	30.619	31.694	30.885	32.657	32.382	32.816	34.836
Óleo combustível	12.301	11.997	10.544	9.500	8.469	8.239	7.223	6.513	6.574	6.126	6.498
Gasolina	14.215	14.834	13.828	13.319	13.051	12.468	13.162	13.607	13.638	14.494	14.342
Gás liquefeito de petróleo	7.116	7.335	7.661	7.844	7.742	7.402	6.996	7.182	7.121	7.199	7.433
Nafta	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0
Querosene	2.931	3.202	2.988	3.180	3.286	3.161	2.221	2.369	2.578	2.401	2.632
Gás canalizado	108	111	94	85	35	26	0	0	0	0	0
Outras secundárias de petróleo	4.914	5.279	6.715	8.014	8.664	8.216	8.562	8.848	9.433	9.670	10.709
Total	152.226	155.280	156.815	157.657	158.643	164.530	169.622	178.221	182.687	188.245	201.043

Fonte: MME, 2008.

Fonte: ANEEL (2008, p.46).

A tabela 1 - Evolução do consumo energético, no Brasil, por fonte do período de 1997 à 2007 (10^3 tep), demonstra a evolução do consumo final energético por fonte no período de 10 anos. Pode-se observar um crescimento relativamente lento até praticamente

o ano de 2001, quando pode ser visualizada a retomada de um crescimento ascendente até o ano de 2007. Em 1997 o total do consumo era de 152.226 (10^3 tep) e após uma década totalizava 201.043 (10^3 tep). Pode-se constatar que a participação dos tipos de consumo apresenta uma modificação nesse período, pois considerando que alguns tipos de energias se identificaram com um perfil de crescimento enquanto que outros tipos tiveram uma regressão no consumo e alguns estagnaram.

Com relação ao perfil por setores, o setor industrial, como ocorre tradicionalmente, continuou a liderar o *ranking* dos maiores consumidores de energia elétrica, com a aplicação de 192.616 GWh em 2007. Este setor se caracteriza, também, por ser o principal abrigo de uma tendência que tem evoluído nos últimos anos: a autoprodução de energia, ou investimentos realizados por consumidores de grande porte em usinas geradoras para suprimento próprio e venda do excedente em mercado. Conforme série histórica constante do BEN 2008, em 1992 essa atividade foi responsável pelo consumo de 13.020 GWh. Em 2007, por 47.138 GWh. Em 15 anos, a variação acumulada foi, portanto, de 262% (ANEEL, 2008, p.44).

Há duas variáveis muito importantes que refletem no consumo da energia: desenvolvimento econômico e o crescimento da população – indicador obtido tanto pela comparação entre as taxas de natalidade e mortalidade quanto pela medição de fluxos migratórios. Segundo dados do Ministério de Minas e Energia e da Aneel, no Brasil, entre 2000 e 2005, a tendência do consumo de energia no período foi de crescimento: 13,93%. A exemplo do que ocorre no mercado mundial, também neste caso o movimento pode, portanto, ser atribuído principalmente ao desempenho da economia. O Produto Interno Bruto do país, no mesmo período, registrou um crescimento acumulado de 14,72%, conforme dados do Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas – IPEA, publicado no Atlas de Energia Elétrica do Brasil (2008).

Conforme o Balanço Energético Nacional (BEN, 2008), Tabela 1, os derivados de petróleo eram os principais energéticos utilizados no país em 2007 – um comportamento verificado ao longo dos últimos anos. Se somados óleo diesel, gasolina, GLP (gás liquefeito de petróleo) e outros derivados; o consumo atingiu 76,449 milhões de tep, diante de um consumo total de 201,043 milhões de tep. Foi muito superior, portanto, ao da energia elétrica com 35,443 milhões de tep (ANEEL, 2008, p. 47).

Analizando os dados da tabela 2 - Consumo final energético por fonte (10^3 tep), no Brasil de 2006 – 2007, sobre a comparação do consumo energético nos anos 2006 e 2007, verifica-se que enquanto a gasolina automotiva registrou recuo de 1% entre um ano e

outro, o consumo de etanol aumentou 34,7% ao passar de 6,395 milhões para 8,612 milhões de tep. Inclusive, o Etanol e bagaço de cana foram, os grupos a registrar maior variação no período, o que justifica a consolidação da cana-de-açúcar como segunda principal fonte primária para produção de energia no país.

Tabela 2 - Consumo final energético por fonte (10^3 tep), no Brasil de 2006 – 2007.

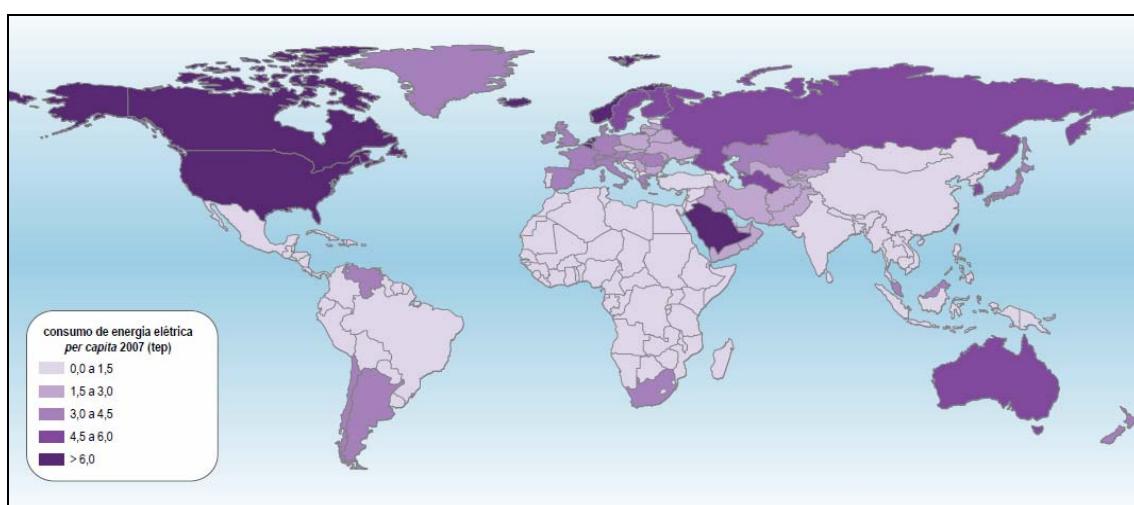
Fonte	2006	2007	Variação %
Eletricidade	33.536	35.443	5,7%
Óleo diesel	32.816	34.836	6,2%
Bagaço de cana	24.208	26.745	10,5%
Lenha	16.414	16.310	-0,6%
Gás natural	13.625	14.731	8,1%
Gasolina*	14.494	14.342	-1,0%
Álcool etílico	6.395	8.612	34,7%
Gás liquefeito de petróleo	7.199	7.433	3,2%
Outras fontes**	39.887	42.957	7,7%

* Inclui apenas gasolina A (automotiva).
** Inclui lixívia, óleo combustível, gás de refinaria, coque de carvão mineral e carvão vegetal, entre outros.
Fonte: MME, 2008 (Adaptado do BEN 2008).

Fonte: ANEEL (2008, p.44)

Com relação ao consumo de energia no mundo, a figura 3 que ilustra o mapa Mundi a seguir ilustra bem a situação do consumo de energia elétrica que foi construído em relação ao consumo *per capita* com dados de 2007 (tep).

Figura 3 - Consumo Mundial de Energia per capita em 2007.



Fonte: ANEEL (2008, p.41)

Coincidemente, o maior consumo de energia está localizado nos países do hemisfério norte. Os 30 países desenvolvidos que compõem a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) são, historicamente, os maiores consumidores mundiais de energia. Sua participação no total mundial, porém, tem recuado ao longo do tempo. Já nos países em desenvolvimento, a participação relativa, ainda que em alguns casos seja pouco expressiva, como na América Latina, registrou aumento acumulado superior a 100% nas últimas três décadas, segundo fonte de 2008 da Agência Nacional Energia Elétrica (p. 41.)

Quanto à distribuição da energia por setor, observa-se na tabela 3 que no ano de 2006 a indústria consumiu mais carvão mineral e petróleo do que as outras fontes de consumo e os transportes sobressaíram no consumo de derivados de petróleo.

Tabela 3 - Consumo mundial de energia por setor em 2006 (Mtep)

Fontes e consumo	Carvão Mineral	Petróleo	Derivados de Petróleo	Gás Natural	Energia Nuclear	Energia Hidrelétrica	Biomassa	Outras fontes*	Total
Indústria	550,57	4,19	325,35	434,28	-	-	187,83	678,24	2.180,46
Transportes**	3,78	0,01	2.104,85	71,28	-	-	23,71	22,80	2.226,43
Outros setores	114,21	0,32	471,39	592,90	-	-	828,57	930,22	2.937,62
Usos não energéticos	29,69	6,55	568,72	134,99	-	-	-	-	739,94

(*) Outras fontes incluem: Geotérmica, solar, eólica etc.
(**) Inclui bunkers marítimos.
Fonte: IEA, 2008.

Fonte: ANEEL (2008, p. 40)

A seguir, será feita uma breve discussão das fontes de energias não renováveis e a sua importância dentro da sociedade contemporânea, como a madeira nativa, o carvão, o petróleo e o gás natural.

Iniciando a discussão sobre as fontes energéticas naturais e o seu consumo, é possível abordar discussões sobre a madeira e a sua contribuição para o atual desenvolvimento. Parte desta pesquisa foi apresentada no Encontro de Geógrafos da América Latina em 2009, no Uruguai, cujo conteúdo segue no próximo item.

1.3.2 Antecedentes da Devastação Florestal

Na evolução histórica da civilização até o presente momento, a floresta, as matas ou o “verde” como se denomina popularmente hoje em dia, tem sido objeto de várias concepções, dependendo da sociedade, das regiões ou do momento histórico. Tem sido também estudada por filósofos, sociólogos, agrônomos, geógrafos, legisladores como um importante componente da natureza, tanto para a sua preservação, conservação, como para sua utilização.

O homem, desde os tempos imemoriais sempre conviveu com a floresta, utilizando-a como abrigo, esconderijo ou retirando dela os alimentos para sua subsistência.

Conforme relatou Perlin, na obra *A floresta e o homem*,

[...] a madeira representou uma importante matéria prima que o homem não poderia dispensar para o seu processo de revolução tecnológica. A madeira, extraída da floresta, foi um dos pilares na construção de abrigos, de artefatos, como também um importante combustível que, nas expressões do autor, a madeira foi o herói não reconhecido de uma revolução tecnológica que impulsionou a humanidade da idade da Pedra até o progresso dos dias atuais (PERLIN apud LEÃO, 2000, p.17).

Por outro lado, as florestas, ao longo da história das civilizações, foram queimadas ou destruídas pelos diversos povos em nome do progresso e da expansão de seus domínios. Apesar de o homem saber há muito tempo sobre as consequências de sua remoção, os trabalhos de recomposição da cobertura vegetal foram relativamente pequenos até a segunda metade do século XX (LEÃO, 2000, p. 20).

Hoje, sabe-se que é muito importante esse elemento da natureza como um grande protetor do nosso planeta e, como foi mencionado pela autora da obra *A Floresta e o Homem*, as florestas representam, ao mesmo tempo, “os aparelhos de ar condicionado” e os “cobertores” da Terra; sem elas nosso planeta seria um lugar desolado e inóspito. Elas constituem complexos sistemas ecológicos, responsáveis por eliminar o excesso de dióxido de carbono do ar e restituir o oxigênio; protege contra os efeitos do vento, chuva, calor, frio, não apenas o solo, mas também todos os animais e vegetais que nelas habitam.

No caso brasileiro as florestas têm sido devastadas desde o início da ocupação de suas terras. Ramos (2000, p.1), informa no seu artigo que, originalmente, a Mata Atlântica, ou a Floresta Atlântica, ocupava cerca de 15% do território brasileiro, estando distribuída em uma área superior a 1,3 milhão km². A mata se estendia do Rio Grande do Sul

ao Rio Grande do Norte, ao longo de 17 estados. Entretanto, hoje seus remanescentes correspondem a menos de 8% desse total e ela é considerada uma das florestas tropicais mais ameaçadas do mundo. De acordo com estatísticas oficiais, o ritmo de devastação hoje em dia é, comparativamente, de um campo de futebol a cada quatro minutos.

Em 1998, a ONG *Conservation International* listou as áreas naturais mais ameaçadas do mundo e a Mata Atlântica acabou ocupando o segundo lugar, perdendo apenas para as florestas de Madagascar (África), que têm 95% de suas áreas devastadas. No ano passado, a riqueza e importância da floresta brasileira para o planeta foi reconhecida pela UNESCO, que declarou a Mata Atlântica como patrimônio da humanidade.

De acordo com o *Atlas da Evolução dos Remanescentes Florestais e Ecossistemas Associados da Mata Atlântica 1990-1995*, produzido pela ONG SOS Mata Atlântica, em convênio com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e publicado em 1998, somente nesse período de cinco anos, a floresta sofreu um desmatamento de 500 mil hectares.

O Rio de Janeiro foi o estado que apresentou maior agressão ambiental, devastando cerca de 13,3% de seus remanescentes florestais. Os outros estados que mais devastaram foram Mato Grosso do Sul (destruiu 9,59% de sua floresta), Goiás (9,10%), Minas Gerais (7,32%), Espírito Santo (5,47%), Rio Grande do Sul (5,38%), Paraná (4,66%), Santa Catarina (3,64%) e São Paulo (3,62%). São Paulo é o estado que possui hoje a maior quantidade de remanescentes da floresta (1 milhão e 700 mil hectares).

Apesar da grande devastação sofrida no decorrer dos nossos 500 anos, a riqueza das espécies animais e vegetais que ainda se abrigam na Mata Atlântica é surpreendente. Em alguns trechos remanescentes da floresta, os níveis de biodiversidade são considerados os maiores do planeta. Um bom exemplo foi um levantamento realizado por entidades internacionais em 1993: o estudo constatou que um fragmento da floresta em Una, município no sul da Bahia, era a área com maior biodiversidade por metro quadrado do mundo.

Há mais de 40 anos quando foi instituída no Brasil a Lei nº 4.771/65 de 15/09/1965, que regulamenta o código Florestal, muitas ações foram efetuadas no sentido de se fazer uma adequação da realidade brasileira aos problemas surgidos com o crescente desmatamento observado. Trata-se da lei mais conhecida, entretanto essa Lei foi a segunda sobre o Código Florestal.

A primeira lei florestal brasileira foi criada em 1934, culminando com a criação do instrumento de gestão ambiental, denominado Reserva Legal - RL (RIGONATTO e NOGUEIRA, 2006, p. 1).

1.3.3 Raízes da Devastação da Floresta Brasileira

Há muitas versões sobre a devastação da floresta brasileira, desde a justificativa para o assentamento da população rural e urbana nos primórdios da colonização, até injustificadas degradações em grande escala para a atividade agropastoril nas regiões centrais do Brasil até à região norte, como também depredações e tráficos de madeira.

Ramos (2000, p.1) relata que a Mata Atlântica propiciou lucro fácil para muitos no decorrer da história do Brasil e é o ecossistema brasileiro que mais sofreu os impactos ambientais decorrentes dos ciclos econômicos do país. A madeira, o comércio de plantas e animais, a agricultura e a extração de ouro, entre outros, enriqueceram um grande número de pessoas ao longo dos anos. Além disso, a sua prática insustentável, um processo desorientado de desenvolvimento, quase levou a floresta ao seu fim. Já no século XVI, houve extração predatória do pau-brasil utilizada para tintura e construção.

As florestas brasileiras sempre foram alvo de cobiça, principalmente dos europeus. As atividades econômicas exploratórias no Brasil deixaram profundas marcas na natureza.

O ciclo da cana-de-açúcar foi também responsável por grande parte do desmatamento. Extensos trechos de Mata Atlântica foram derrubados para dar lugar aos canaviais. No século XVIII as jazidas de ouro atraíram para o interior um grande número de portugueses e a imigração levou a novos desmatamentos. Esta devastação se estendeu até os limites com o Cerrado, com a implantação da atividade agropastoril de grande investimento, principalmente para a produção de grãos e pecuária de corte, com alta tecnologia e economia de escala (RAMOS, 2000, p.1).

No século seguinte e até recentemente, a atividade cafeeira provocou a necessidade de muito desmatamento no sul do Brasil. Dando início à extração de madeira. No Espírito Santo, por exemplo, as matas passaram a ser derrubadas para o fornecimento de matéria-prima para a indústria de papel e celulose. Em São Paulo, a implantação do Pólo Petroquímico de Cubatão tornou-se conhecida internacionalmente como exemplo de poluição urbana.

De acordo com Crestana et al. (2004, p. 41), o estado de São Paulo tinha 82 % de suas terras cobertas com florestas tropicais e 14% de cerrado antes do desenfreado desmatamento; hoje, esse percentual é reduzido a pouco mais de 10% de florestas tropicais e 1% de cerrado - fragmentos localizados em reservas oficiais.

No estado do Paraná a situação é semelhante. Levantamento recente, realizado pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA, indica que dos 80% de florestas originais do Estado restam hoje apenas 20% de florestas primitivas, concentrados basicamente na Serra do Mar, Parque Nacional do Iguaçu e região centro sul. Os impactos ambientais causados pelo acelerado processo de desmatamento tem causado muitos danos, tais como: degradação de solos férteis, surgimento de microclimas danosos ao homem, principalmente na área urbana e, do ponto de vista global, esses danos se juntam a outros fatores de degradação ambiental, somando-se aos efeitos danosos do aquecimento global.

1.4 CARVÃO MINERAL

O carvão nacional é de baixa qualidade com impurezas de óxidos de enxofre que podem atingir até 7%. No estudo de Goldemberg e Lucon (2007, p.9), a sua participação em 2004 era de 6,7% na matriz energética brasileira, sendo um quarto desse total de origem nacional.

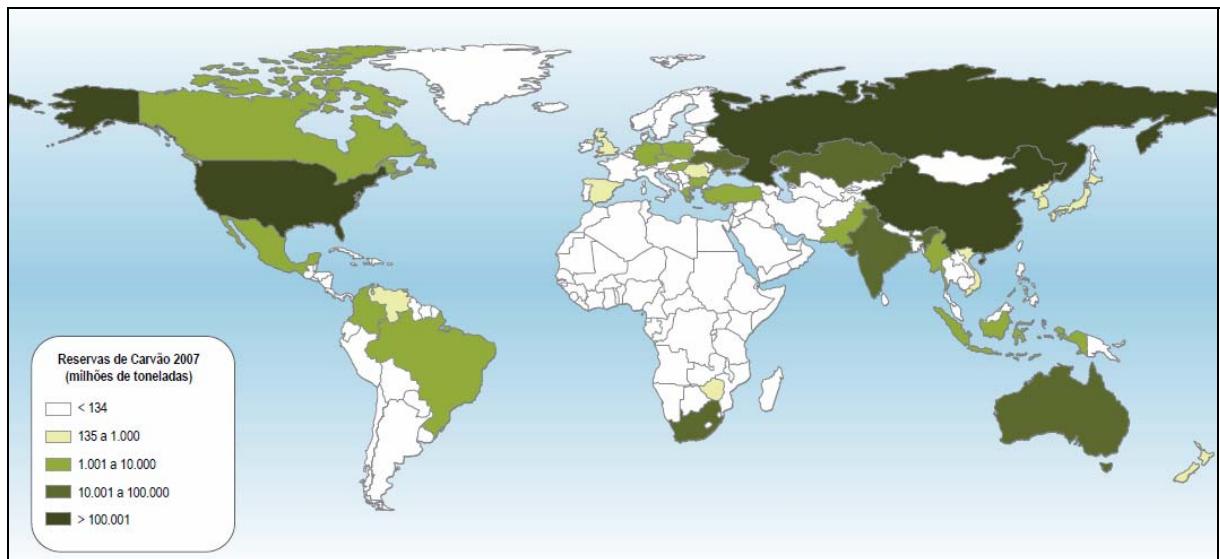
Para esses autores o Brasil estaria na contramão da história, já que o resto do mundo vem procurando alternativas para diminuir a participação de fontes poluentes na matriz energética. Além da sua contribuição ao “efeito estufa”, as impurezas de carvão provocam um fenômeno conhecido há mais de um século nas grandes cidades, o *smog* – camada de névoa escura altamente tóxica que provoca problemas respiratórios. O óleo combustível também tem os mesmos problemas, ainda que em menor proporção, segundo os referidos autores.

Segundo Goldemberg e Lucon (2007, p. 15):

A vocação do país está nas hidrelétricas e há grandes potenciais ainda não explorados. É o caso do complexo de usinas no Rio Madeira (6.450 MW, R\$ 20 bilhões em investimentos) e da usina de Belo Monte (11.000 MW, R\$ 7,5 bilhões), pontos de grande conflito entre o Ministério de Minas e Energia com determinados setores da sociedade, principalmente as organizações não-governamentais. Há um motivo evidente para esse conflito: os grandes impactos ambientais que projetos como Tucuruí e Balbina apresentaram no passado.

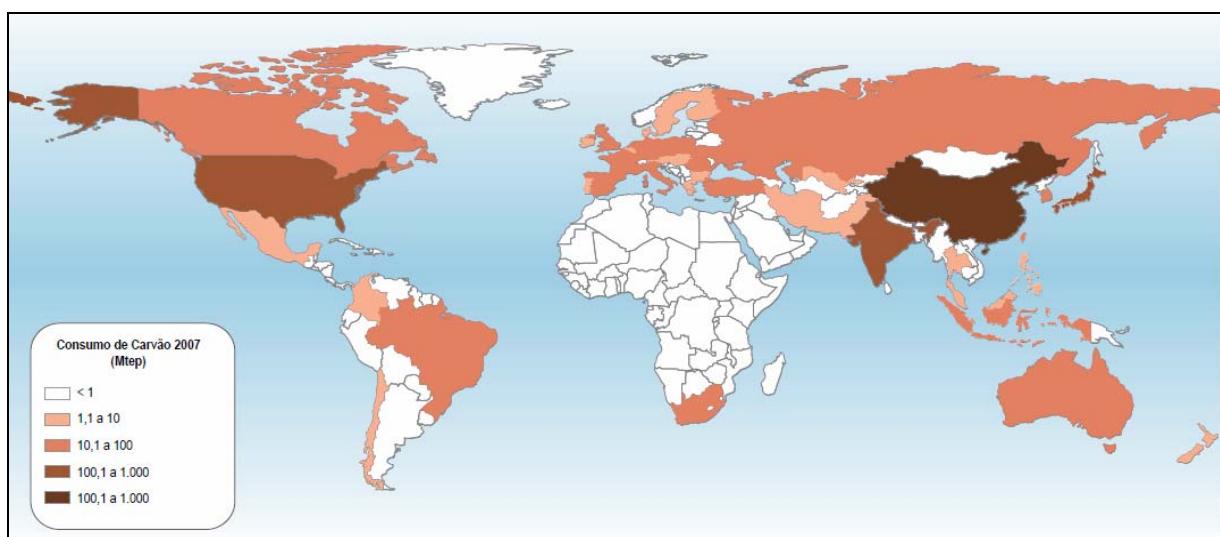
A seguir, a figura 4 e 5, ilustram as principais reservas mundiais de carvão mineral e os maiores consumidores de carvão mineral, respectivamente.

Figura 4 - Reservas mundiais de Carvão Mineral – 2007 (em milhões de toneladas).



Fonte: ANEEL, (2008, p.134)

Figura 5 - Consumo mundial de Carvão Mineral – 2007 (em Mtep).



Fonte: ANEEL (2008, p.135)

De acordo com as figuras 4 e 5 juntamente com as tabelas 4 e 5, pode-se observar que os maiores produtores são também os maiores consumidores, coincidentemente ou não esses países são grandes poluidores da sociedade contemporânea.

Tabela 4 - Os dez maiores produtores de Carvão Mineral (em Mtep)

País	Mtep	%
1 ^a China	1289,6	41,1
2 ^a Estados Unidos	587,2	18,7
3 ^a Austrália	215,4	6,9
4 ^a Índia	181,0	5,8
5 ^a África do Sul	151,8	4,8
6 ^a Rússia	148,2	4,7
7 ^a Indonésia	107,5	3,4
8 ^a Polônia	62,3	2,0
9 ^a Alemanha	51,5	1,6
10 ^a Cazaquistão	48,3	1,5
26 ^a Brasil	2,2	0,1
Total	3135,6	100

Fonte: ANEEL (2008, p.135).

Tabela 5 - Os dez maiores consumidores de Carvão Mineral (em Mtep)

País	Mtep	%
1 ^a China	1311,4	41,3
2 ^a Estados Unidos	573,7	18,1
3 ^a Índia	208,0	6,5
4 ^a Japão	125,3	3,9
5 ^a África do Sul	97,7	3,1
6 ^a Rússia	94,5	3,0
7 ^a Alemanha	86,0	2,7
8 ^a Coréia do Sul	59,7	1,9
9 ^a Polônia	57,1	1,8
10 ^a Austrália	53,1	1,7
21 ^a Brasil	13,6	0,4
Total	3177,5	100

Fonte: ANEEL (2008, p.135).

Para o carvão que trafega pelo Oceano Atlântico – e que, por questões logísticas, atenderia ao Brasil –, os principais exportadores são África do Sul e Colômbia, enquanto os maiores importadores são: Reino Unido, Alemanha e Estados Unidos. Do volume de reservas brasileiras, o Rio Grande do Sul responde por 89,25%; Santa Catarina, 10,41%; Paraná, 0,32% e São Paulo, 0,02%. Somente a Jazida de Candiota (RS) possui 38% de todo o carvão nacional. Mas o minério do Brasil é pobre do ponto de vista energético e não admite beneficiamento nem transporte, em função do elevado teor de impurezas. Isto faz com que sua utilização seja feita sem beneficiamento e na boca da mina (ANEEL, 2008, p. 136).

A baixa qualidade da maior parte do carvão nacional, além de interferir no seu transporte por grandes distâncias, afeta o grau de rendimento da usina termelétrica, quando do seu uso, uma vez que a quantidade de energia produzida é inferior àquela obtida com carvões de alto poder calorífico, conforme relata ANEEL (2008).

Assim, o carvão responde pela maior parte da produção da eletricidade em vários países. Por exemplo, China e Estados Unidos que, segundo a IEA, em 2006 produziram mais da metade gerada no mundo. Além disso, países como Alemanha, Polônia, Austrália e África do Sul usam o carvão como base da geração de energia elétrica devido à segurança de suprimento e ao menor custo na comparação com outros combustíveis, como foi visto nas figuras 4 e 5, esses países são grandes produtores e grandes consumidores. No Brasil, o minério representa, no entanto, pouco mais de 1,5% da matriz da energia elétrica.

Conforme observação da ANEEL (2008, p. 140),

Considerando-se a atual pressão existente no mundo pela preservação ambiental – principalmente com relação ao efeito estufa e às mudanças climáticas – é possível dizer, portanto, que o futuro da utilização do carvão está diretamente atrelado a investimentos em obras de mitigação e em desenvolvimento de tecnologias limpas (*clean coal technologies*, ou CCT).

Por outro lado, também há restrições de natureza geopolítica (dependência de importações, por exemplo) e entraves tecnológicos e econômicos que se refletem no custo da geração da eletricidade. Há 20 anos, as pesquisas na área do carvão no Brasil estão virtualmente paralisadas, apoiado ainda nos estudos da ANEEL.

O carvão é uma das formas de produção de energia mais agressivas ao meio ambiente. Ainda que sua extração e posterior utilização na produção de energia gerem benefícios econômicos (como empregos diretos e indiretos, aumento da demanda por bens e serviços na região e aumento da arrecadação tributária), o processo de produção, da extração até a combustão, provoca significativos impactos socioambientais (ANEEL, 2008, p. 140).

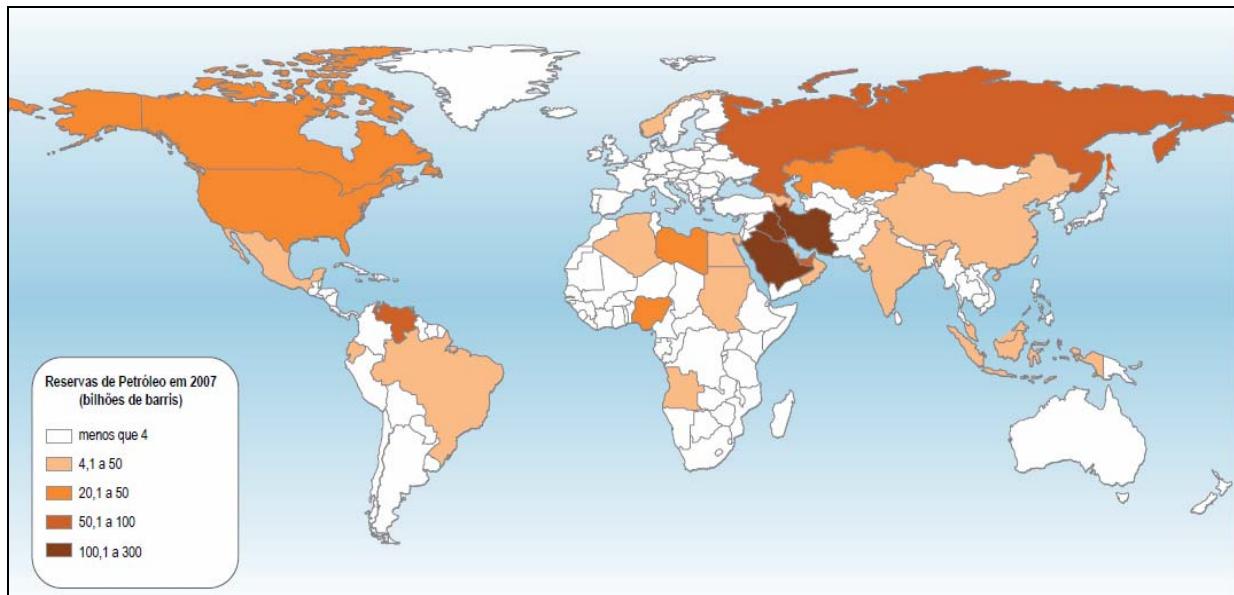
O Brasil, conforme já apresentado neste item, não possui grandes reservas de carvão e salientamos que sua eficiência energética é baixa e ainda produz agressivos impactos ambientais. Portanto, não desperta grande interesse na sua utilização na matriz energética. A seguir, prosseguindo na análise dos recursos não renováveis, vão ser abordadas questões relacionadas ao petróleo e gás natural.

1.5 PETRÓLEO E GÁS NATURAL

A importância do petróleo, como combustível e matéria prima vital para as atividades humanas e a sobrevivência do mundo como está organizado, têm sido alvo de muitas guerras políticas e econômicas, suscitando domínios e preponderâncias nas relações internacionais.

A seguir, a figura 6 ilustra as principais reservas provadas de petróleo em 2007, e como as maiores reservas estão concentradas em um pequeno território conflituoso e radical.

Figura 6 - Reservas provadas de Petróleo em 2007 (bilhões de barris).



Fonte: ANEEL (2008, p. 111).

O petróleo consiste fundamentalmente de carbono, hidrogênio e quase sempre enxofre, sob a forma de hidrocarbonetos, isto é: os derivados já estão com os arranjos químicos feitos pela natureza, portanto, prontos para serem separados nas refinarias. É a principal fonte de energia do mundo. Não há tecnologia capaz de criá-lo ou inventá-lo. Portanto, é um bem estratégico, de importância vital para a economia dos países produtores. O petróleo e o gás representam 52% de toda a energia consumida no mundo e são fundamentais para o desenvolvimento dos países. Porém, nem todos os países ou regiões têm reservas suficientes para seu próprio consumo, como podemos observar acima, no figura 6. Por esse motivo, há necessidade de procurar e preservar fontes petrolíferas. Nos países produtores ou potenciais, há políticas energéticas específicas para a sua exploração (SEBRAE, 2000, p.1).

A utilidade do petróleo para a sociedade contemporânea é ampla e diversificada, sendo vital para os padrões atuais da sociedade contemporânea. Há muitas aplicações em vários setores da sociedade e da economia, constituindo-se em importante esteio para a mobilidade humana, pelas imprescindíveis necessidades diárias do homem. A sua utilização está presente nas várias formas dos combustíveis, como também está presente em fertilizantes, plásticos, tintas, borracha, entre outros. Esse óleo de origem fóssil, que levou milhões de anos para ser formado nas rochas sedimentares, se tornou a principal fonte de energia do mundo moderno. Aqui no Brasil a maior parte das reservas está nos campos marítimos, em lâminas d'água com profundidades maiores do que as dos demais países

produtores. Nas refinarias o óleo bruto passa por uma série de processos até a obtenção dos produtos derivados, como gasolina, diesel, lubrificantes, nafta, querosene de aviação. Outros produtos obtidos a partir do petróleo são os petroquímicos. Eles substituem uma grande quantidade de matérias-primas, como madeira, vidro, algodão, metais, celulose e até mesmo as de origem animal, como lã, couro e marfim.

A Petrobrás ou Petróleo Brasileiro S/A é uma empresa de capital aberto (sociedade anônima), sendo uma empresa estatal de economia mista que basicamente controla o setor petrolífero, apesar da presença de empresas multinacionais no setor. Os esforços brasileiros sempre “[...] se concentraram na busca da auto-suficiência na produção, explorando os recursos nas profundidades da plataforma continental brasileira” (GOLDEMBERG; LUCON, 2007, p.12).

Em 2006 o Brasil atingiu a auto-suficiência na produção de petróleo.

Entre janeiro e setembro desse ano, a Petrobras produziu 1,763 milhão de barris por dia, volume 5% superior ao do ano anterior. A meta de produção é de 1,88 milhões de barris/dia. Contudo, as vendas internas de combustíveis só cresceram 2%. O país exporta 450 mil barris/dia de petróleo. Segundo a Agência Internacional de Energia, o consumo mundial de petróleo deve crescer 1,1% em 2006 (GOLDEMBERG; LUCON, 2007, p. 12).

Segundo dados de 2007, as reservas provadas de petróleo no Brasil de 11.243 milhões de barris, equivalentes a cerca de vinte anos da atual produção, asseguram uma situação confortável para o país no curto e no médio prazo. Para os países da OCDE, as reservas equivalem a cerca de dez anos da produção, enquanto a média mundial é de quarenta anos, conforme afirmam os referidos autores.

Atualmente, a produção de petróleo no Brasil totalizou 2,122 milhões de barris por dia (bbl/d) em janeiro deste ano de 2011, uma expansão de 6,3% em relação ao mesmo período de 2010, segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP - 2011). Na comparação com dezembro do ano passado o indicador apresentou queda de 2,65%. A retração nessa base comparativa, ponderou a ANP, tem como fundamento a forte base de comparação. "O volume de petróleo produzido em janeiro de 2011 é superior aos 2,089 milhões de barris/dia de novembro de 2010 [...]", destacou a ANP em nota, segundo o jornalista André Magnabosco (2011), do jornal *"O Estado de São Paulo"*.

Nos dias atuais, com as descobertas de novos poços de petróleo e com o preço em baixa, parece ser paradoxo falar em fim da era do petróleo, mas José Goldemberg

(2008), em seu livro *O mundo homem e o homem: uma agenda do século XXI à luz da ciência* reforça a necessidade de renovação da matriz energética, principalmente a energia limpa.

O autor relata que à crise do petróleo de 1973 e 1979, incentivou a pesquisa de novos poços e proporcionou o aumento das reservas, da mesma forma que a tecnologia de extração também melhorou e tornou viável a exploração em áreas que até então pareciam antieconômicas como, por exemplo, águas profundas da plataforma continental, em que a Petrobrás se tornou líder. Além disso, analisa que a redução do desperdício e a melhoria da eficiência energética dos grandes responsáveis pelo consumo de derivados de petróleo, os transportes rodoviários em geral, colocaram a hegemonia do Oriente Médio em decadência (GOLGEMBERG, 2008, p. 102).

Referindo-se a crise de 1973, é possível observar que atualmente, há uma situação parecida, onde as empresas petrolíferas inflam ou reduzem as reservas de petróleo de acordo com conveniência política do momento.

Recentemente, no Brasil, com a descoberta de novos campos petrolíferos, como o pré-sal, verifica-se, inclusive, uma mudança nas características socioeconômicas das regiões produtoras.

Um dos casos mais evidentes que pode ser ilustrado é a cidade de Macaé, no litoral norte do Rio de Janeiro, que se transformou em base da produção do petróleo em alto mar. Nos últimos 10 anos, a economia do município aumentou 600%; a população, de 60 mil habitantes em 1980, saltou para 170 mil habitantes em 2008 e a cidade transformou-se em pólo regional. Isso ocasionou um resultado positivo, tanto do pagamento de *royalties* pelas petrolíferas, quanto do aquecimento de atividades decorrentes da prospecção do petróleo – valorização imobiliária, aumento de vendas do comércio, investimentos públicos municipais, entre outras (ANEEL, 2008, p.115).

Em contrapartida, nem sempre a exploração do petróleo só traz sucessos econômicos, pois muitos fatos estão em jogo, como a segurança da população, as alterações locais e regionais, a poluição dos mares por vazamentos, que podem trazer impactos imprevisíveis. A afirmativa pode ser comprovada de acordo com os dados abaixo:

Em terra, a exploração, prospecção e produção podem provocar alterações e degradação do solo. No mar, além da interferência no ambiente, há a possibilidade da ocorrência de vazamentos do óleo, o que coloca em risco a fauna e a flora aquática. Por isso, a cadeia produtiva do petróleo tende a ser submetida a uma forte legislação ambiental (ANEEL, 2008, p.115).

Há ainda outros danos que podem ser citados e nem sempre podem ser evitados. Por exemplo: “Na etapa de combustão dos derivados – seja para a geração de energia elétrica, seja para utilização nos motores – o maior fator de agressão é a emissão de gases poluentes, responsáveis pelo efeito estufa”.

Desde a assinatura do Protocolo de Kyoto, nos anos 1990, os grandes consumidores vêm sendo pressionados a reduzir a dependência do petróleo e, em consequência, o volume de emissões.

No entanto, países como Estados Unidos, que assinaram o protocolo, mas não ratificaram, evitam se comprometer com metas mensuráveis. Atualmente, essas questões ambientais estão entre os principais limitadores da expansão de usinas termelétricas movidas a derivados de petróleo. De outro lado, se constituem no impulso para o desenvolvimento de mecanismos e tecnologias que atenuem ou compensem o volume de emissões (ANEEL, 2008, p.115).

Vale lembrar nesse momento, que com o objetivo de reduzir as emissões poluidoras, alguns mecanismos foram criados: Mercado de Crédito de Carbono e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL. Com o intuito de incentivo e uma espécie de financiamento para os países em desenvolvimento possam promover a redução das emissões e o desenvolvimento sustentável, e assim também os países desenvolvidos possam compensar o volume das emissões pela aquisição de títulos de projetos ambientais realizados por terceiros.

A concepção de um mundo sem as comodidades e benefícios oferecidos pelo petróleo implicaria na necessidade de uma total mudança de mentalidade e hábitos por parte da população, numa total reformulação da maneira como a nossa sociedade funciona, conforme relata Mariano (2001, p.11).

Goldemberg (2008, p.102) reforça a idéia que “[...] é imprescindível que a procura por alternativas como o etanol, que é um combustível limpo e renovável, deve ser mantida, e esforços devem ser feitos para ampliar o leque com outras opções de energias renováveis.”

Os problemas ambientais causados pelo uso dos combustíveis fósseis são graves, dos quais os que mais se destacam são: a deterioração da qualidade do ar nas grandes cidades; chuva ácida e o efeito estufa, que são causados pelo dióxido de carbono resultante da queima desses combustíveis.

As agências das Nações Unidas e o Conselho Mundial de Energia, preocupados com a escassez e problemas ambientais advindos do uso dos combustíveis

fósseis, decidiram realizar um novo estudo que analise o problema da energia na primeira metade do século XXI, tendo como meta identificar o que pode ser feito para tornar o sistema energético mais sustentável do que o atual, conforme relatou Goldemberg (2008).

As principais metas podem ser assim especificadas: a importância na melhora e eficiência do sistema atual, objetivando desperdícios, mais economia, portanto adequados à idéia de sustentabilidade.

Com essa política e com o uso crescente de novas fontes de energias renováveis, como da energia solar em suas diversas formas, como o vento, aquecimento solar, geração de energia com dispositivos técnicos avançados, cria-se a possibilidade do seu uso em grande escala de biomassa. O Brasil é um dos exemplos, com a cana-de-açúcar.

Nas expressões de Goldemberg (2008, p.111):

[...] O uso de biomassa (lenha, resíduos agrícolas, lixo urbano e resíduos animais) está associado, em geral, a técnicas primitivas, mas isso está sendo mudado, como o Programa do Álcool demonstrou. É possível transformar biomassa em combustíveis gasosos ou líquidos de alta qualidade.

O desenvolvimento de novas tecnologias, como o uso de hidrogênio ou novos tipos de reatores nucleares mais seguros.

Esse estudo das Nações Unidas e Conselho Mundial de energia, “[...] identifica as políticas públicas necessárias para que tais desenvolvimentos ocorram, uma vez que as leis do mercado são lentas”. O autor ressalta também que o próprio mercado tem distorções que precisam ser eliminadas para que desenvolvimentos ocorram como o subsídio ao uso do carvão, usados por diversos países.

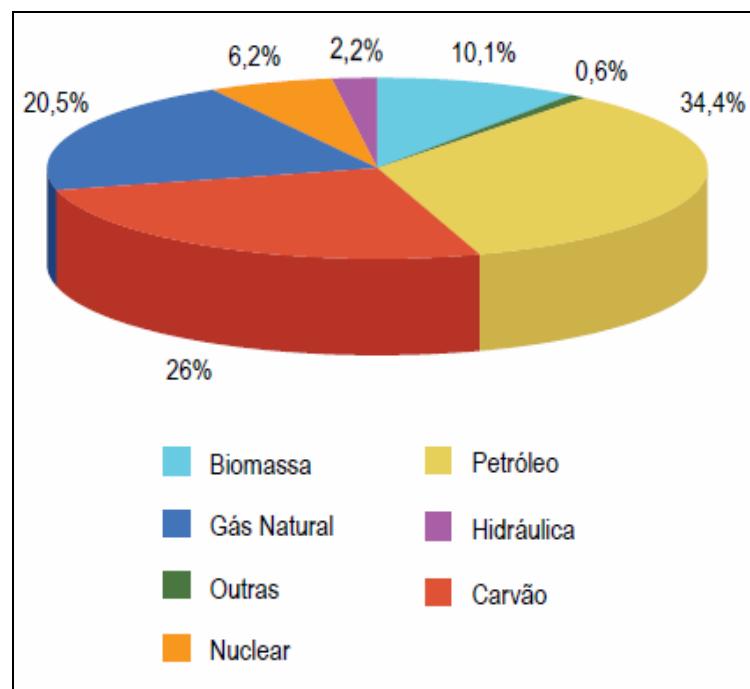
Com relação ao gás natural, suas reservas mundiais provadas são de 326,1 bilhões de metros cúbicos (m³), ou seja, são 33% superiores às de 2003 e equivalem a dezenove anos da atual produção. Para os países da OCDE as reservas equivalem a cerca quatorze anos de produção, enquanto a média mundial é de sessenta anos.

Anteriormente, o gás natural, um subproduto da exploração do petróleo, era pouco valorizado e pouco utilizado e era lançado para a atmosfera através de queimadores. Porém, recentemente, houve um aumento significativo do consumo e uma consequente valorização, segundo os autores.

O gás natural, no século XIX, nos Estados Unidos, era considerado um estorvo ao ser encontrado junto com o petróleo, pois exigia uma série de procedimentos de segurança que encareciam e complicavam as atividades de prospecção. No século XX, a partir dos anos de 1980, o consumo entrou em franca expansão e o gás natural transformou-se na

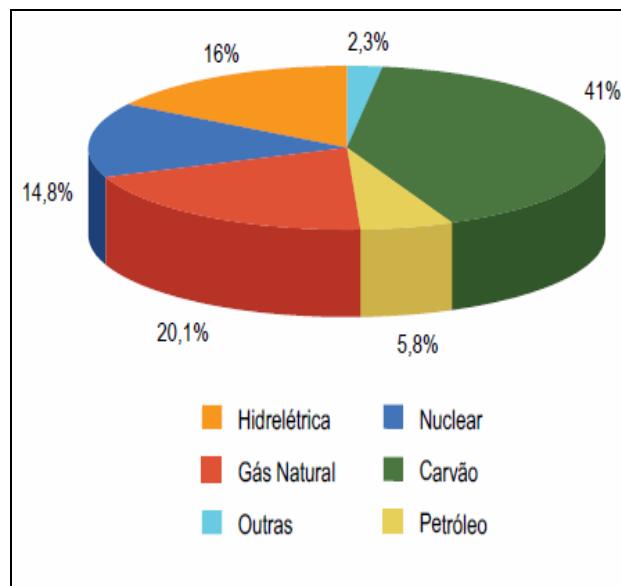
fonte de energia de origem fóssil a registrar maior crescimento no mundo; uma posição que detém até hoje e que deverá manter no médio prazo. Apenas como exemplo: entre 1973 e 2007, a produção mundial mais que dobrou, ao passar de 1,227 bilhões de metros cúbicos (m^3) para 3,031 bilhões de m^3 , segundo o estudo *Key World Energy Statistics, publicado pela International Energy Agency - IEA* em 2008. Ainda assim, o gás natural manteve a terceira posição na matriz energética mundial (abaixo de carvão e derivados de petróleo). No entanto, saltou do quarto para o segundo lugar dentre as principais fontes produtoras da energia elétrica, sendo superado apenas pelo carvão – figuras 7 e 8 abaixo (ANEEL, 2008, p. 93).

Figura 7 - Participação do gás natural na oferta primária de energia no mundo em 2006.



Fonte: ANEEL, (2008, p.93).

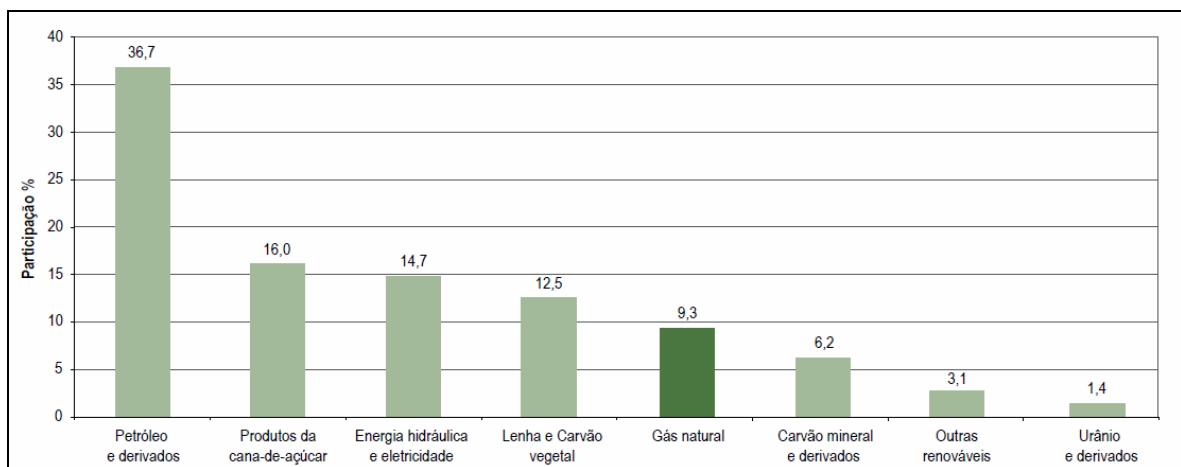
Figura 8 - Participação do gás natural na produção mundial de energia elétrica em 2006.



Fonte: ANEEL, (2008, p.93).

No Brasil, ocorreu um salto mais expressivo de crescimento da utilização do gás natural. “[...] a evolução no mesmo período foi ainda mais expressiva: 5650%, ao passar de 0,2 bilhões de m³ para 11,3 bilhões de m³, como registra o estudo *BP Statistical Review of World Energy 2008*”. Observe-se que o gás natural ocupa a quinta posição na matriz energética nacional, com 9,3%, sendo superado por lenha e carvão vegetal; energia hidráulica e eletricidade; produtos da cana-de-açúcar e petróleo e derivados como mostra o Gráfico 8a abaixo (ANEEL, 2008, p.93).

Figura 8^a - Participação do gás natural na oferta primária de energia no Brasil em 2007.



Fonte: ANEEL (2008, p.94).

Embora o Brasil tenha conseguido a auto-suficiência em petróleo, na produção de gás natural a nossa auto-suficiência não está completa. Em 2004,

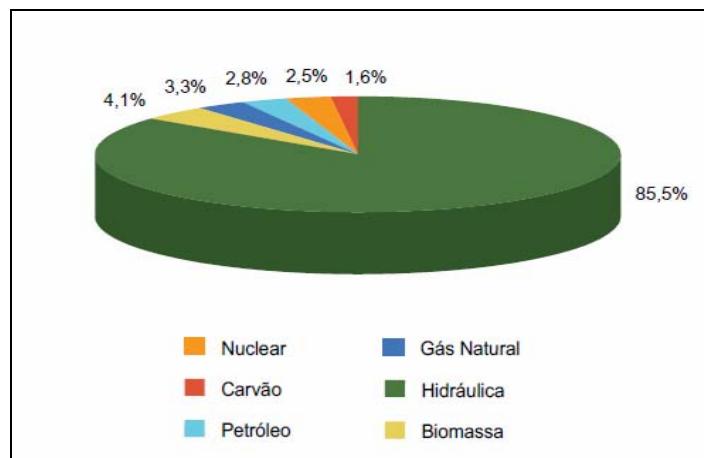
a produção do gás natural foi de 46,5 milhões metros cúbicos por dia (Mm³/d) em 2004, montante 7,5% superior ao de 2003. As importações da Bolívia somaram 22,2 Mm³/d, montante 60% superior ao de 2003. Em 2004, o principal uso do gás natural continuou sendo no setor industrial, com 20,7 Mm³/d e crescimento substancial de 13,7%. O crescimento do uso na geração de energia elétrica foi também significativo, já representando um terço do uso na geração (GOLDEMBERG; LUCON, 2007, p.12).

Atualmente, o jornalista André Magnabosco (2011) - “*O Estado de São Paulo*”, afirma que a produção de gás natural totalizou 66 milhões de metros cúbicos por dia (m³/d) em janeiro, expansão de 13,2% sobre janeiro de 2010, mas 4,3% inferior ao volume de dezembro de 2010. Quando somados os números de petróleo e gás natural, a produção interna totalizou 2,539 milhões barris de óleo equivalente por dia (boe/d), alta de 7,4% sobre janeiro de 2010 e queda de 2,9% em relação a dezembro do ano passado. Além da forte base comparativa, a ANP também destacou que a retração nos indicadores entre dezembro de 2010 e janeiro de 2011 é justificada pelas paradas de produção das plataformas P-48, FPSO Polvo e FPSO Cidade de Santos, nos campos de Caratinga, Polvo e Uruguá, respectivamente.

De acordo com informações de Goldemberg e Lucon (2007, p. 7), o uso de gás natural no transporte veicular tem também crescido muito. O gás natural contribuiu com 9,4% da matriz energética brasileira de 2005, contra 3,3% em 1995. Em 2003, o governo adotou uma política de incentivo ao consumo de gás natural, visando ocupar a capacidade do gasoduto Bolívia-Brasil e escoar o gás da Bacia de Campos. O energético era bastante atrativo por sua eficiência, menores emissões e preços atrativos.

Conforme já informado anteriormente, o gás natural também entra na produção da energia elétrica. Quanto à participação do gás natural na produção de energia elétrica no Brasil, em relação a outras fontes, nota-se na figura 7 a seguir, que essa participação na produção de energia elétrica é de 3,3%, ficando atrás da hidráulica e biomassa (ANEEL, 2008, p.93).

Figura 9 - Participação do Gás Natural na produção de energia elétrica no Brasil em 2007.

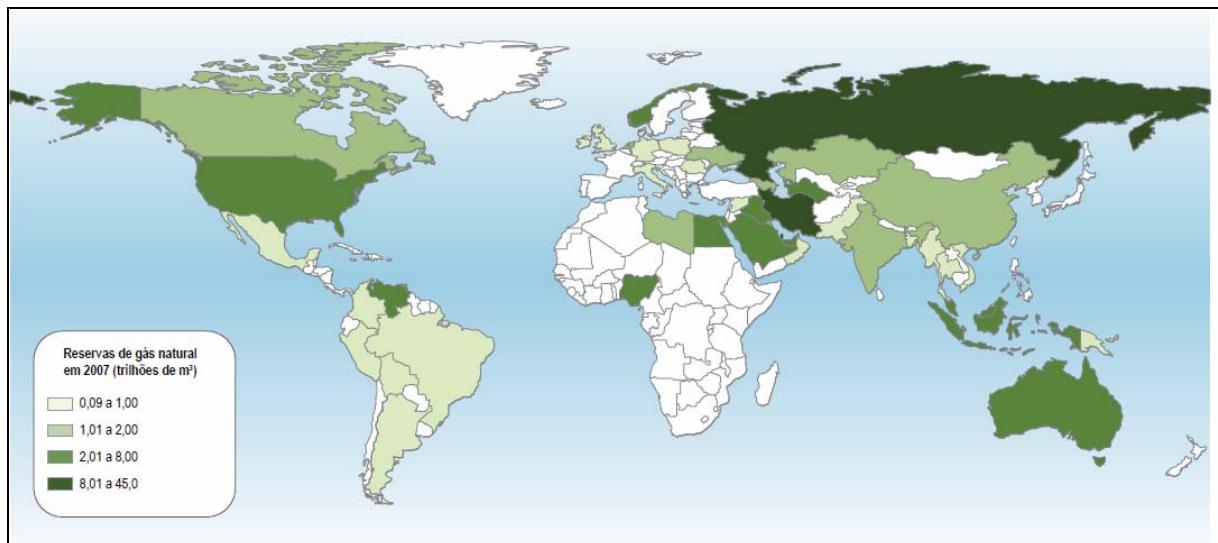


Fonte: ANEEL (2008, p. 94).

Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica, no Brasil como também no mundo, o interesse pelo gás natural está diretamente relacionado à busca de alternativas ao petróleo e de fontes menos agressivas ao meio ambiente. Este comportamento resultou na intensificação das atividades de prospecção e exploração, particularmente entre os países em desenvolvimento. O resultado não foi tão só no aumento do volume, mas também a expansão geográfica das reservas provadas (reservas cujos reservatórios estão em produção ou os fluídos nele contidos que têm sua existência e capacidade de produzir comprovadas por testes).

Até a década de 1970, essas reservas concentravam-se em poucas regiões, como América do Norte e antiga União das Repúblicas Soviéticas. Historicamente, este seria o maior entrave à disseminação do energético, visto necessitar de elevados investimentos, tanto na construção de dutos especiais quanto no processo de produção do gás natural liquefeito (GNL). Assim, na figura 10 podem-se observar as reservas de gás natural no mundo.

Figura 10 - Reservas de gás natural no mundo em trilhões de m³.



Fonte: ANEEL (2008, p. 95)

A vantagem do Gás Natural do Petróleo é devido a sua composição, constituída basicamente de metano, ainda no poço e pode estar associado ou separado do petróleo bruto. Ultimamente tem sido muito utilizado na siderurgia, como combustível veicular (GNV) e como matéria-prima para as indústrias petroquímicas e de fertilizantes. É um combustível barato, pouco poluente, seguro e não tem enxofre (SEBRAE, 2000, p.1).

A utilização do gás natural, além das vantagens de ordem econômica, traz vantagens ambientais também, pois possui menor emissão de gases poluentes que contribui para o efeito estufa. Entretanto, uma restrição feita a essas usinas é a necessidade de captação de água para o resfriamento do vapor, característica que tem sido um dos entraves ao licenciamento ambiental (ANEEL, 2008 p. 104).

Outra vantagem é que na cadeia produtiva do gás natural, entre os impactos socioambientais positivos, há a geração de *royalties* para os municípios em que as usinas estão localizadas, incremento das atividades de comércio e serviços. Além disso, as termelétricas, por se tratarem de unidades de pequeno porte, não exigem a escolha de um terreno específico e podem ser construídas nas proximidades de centros de consumo. Isto elimina a necessidade de grandes linhas de transmissão para transporte da energia produzida às instalações de distribuição (ANEEL, 2008, p. 104).

A seguir, serão apresentadas questões estratégicas sobre a discussão da auto-suficiência em petróleo e a problemática relacionada ao gás natural para o Brasil. Goldemberg e Lucon (2007, p. 6) realizaram um importante estudo sobre as reservas petrolíferas

brasileiras, a sua auto-suficiência, gestão, bem como também a problemática referente ao gás natural. Abaixo foram sintetizadas algumas referências sobre essa questão cuja análise foi importante para a contextualização da questão energética brasileira.

Os autores afirmam que a busca pela auto-suficiência é uma política tradicional do setor energético brasileiro, baseada na necessidade de reduzir gastos financeiros com importação. Por outro lado, à medida que o problema da importação perdeu importância graças à grande produção interna de petróleo, é apropriado considerar outros fatos. O investimento em petróleo consome boa parte da renda disponível no país, e uma redução nesse investimento poderia liberar recursos para outros fins economicamente mais produtivos e que poderiam gerar produtos e serviços para exportação.

Há um alerta assinalado por Goldemberg e Lucon (2007, p. 13) em relação a essas reservas:

[...] a auto-suficiência não é garantida no longo prazo: a relação entre as reservas provadas e a produção atual é da ordem de vinte anos. Mesmo com novas descobertas, os investimentos são crescentes. A substituição da gasolina pelo álcool contribuiu significativamente para se atingir a auto-suficiência em petróleo, objetivo perseguido há décadas. Vale dizer também que a auto-suficiência é física, não econômica: o nosso petróleo não é de boa qualidade e são necessárias ainda importações.

Referindo-se a auto-suficiência do petróleo, assim se referem:

A auto-suficiência não se aplica ao gás natural, apesar de terem sido identificadas nos últimos anos grandes reservas de gás natural no Sudeste. Para viabilizar seu uso, grandes investimentos precisam ser feitos nos sistemas de transportes do produto (como gasodutos e compressores). Existe a possibilidade de usar e até mesmo ampliar o fornecimento de gás da Bolívia, onde a Petrobras já fez investimentos consideráveis como estratégia de importarmos gás desse país, considerando os recentes problemas políticos lá ocorridos. Além de maior volume, tem havido aumento nos preços da matéria-prima importada do país vizinho (GOLDEMBERG; LUCON, 2007, p. 13).

Pelo exposto neste subtítulo conclui-se que a auto-suficiência em petróleo e gás natural é uma aspiração de todo país. Desenvolvimento no seu sentido mais amplo está ligado a essas energias. O país dependente do seu fornecimento por terceiros drena para estes vultosas somas em dólares, com grandes sacrifícios para a nação. O país importador fica refém das importações e, quase sempre, entra em dificuldades financeiras devido o desequilíbrio do seu balanço de pagamentos.

Como esses produtos são estratégicos, têm um mercado muito sensível a qualquer tipo de crise e a primeira coisa que acontece é a rápida elevação dos preços, quando não a redução do fornecimento. Urge que se empenhe com afinco a procura de outras fontes energéticas, que sejam perenes, sustentáveis, economicamente viáveis, porque, de qualquer forma, um dia esses produtos irão se esgotar, talvez primeiro o petróleo e depois o gás natural. No subtítulo seguinte será estudado com maiores detalhes o problema do previsível esgotamento das fontes fósseis.

1.6 RECURSOS EM ESGOTAMENTO, PROBLEMAS AMBIENTAIS E QUESTÃO ENERGÉTICA

A nossa civilização até o presente momento se pautou no consumo dos recursos naturais, conforme especificados em itens anteriores, ou seja, em recursos finitos. Não houve até recentemente muita preocupação em conservar ou repor a energia utilizada. Algumas fontes não renováveis, como o carvão, a madeira, o petróleo, com destaque para este último, estão em fase crítica de esgotamento, ou por serem de exploração muito cara como o carvão mineral e a madeira, ou porque a exploração e utilização do petróleo além de muito cara, poucos países detêm a tecnologia e a capacidade. A sua escassez e a necessidade da crescente utilização tem suscitado revoluções em muitos países, questões diplomáticas e até guerras motivadas pelo interesse no produto.

Colocadas essas questões, registre-se que nos últimos trinta anos, o mundo inteiro vem tomando conhecimento da escassez do petróleo, base material da nossa civilização, e tem direcionado prospecções e pesquisas à procura de novas fontes energéticas para completar e substituir as já existentes.

Neste momento é importante que se perceba a necessidade e importância da renovação energética nos vários setores de pesquisa para que o colapso energético não venha a ser uma fatalidade a atingir a atual civilização. Há necessidade de se estabelecer alguns conceitos que devem balizar as discussões iniciais sobre as energias renováveis.

Colocadas essas questões, a nova ordem mundial é a busca pela auto-suficiência em geração de energia, conforme Pacheco (2006, p. 4), detalhou em seu artigo sobre *Alguns conceitos ligados as Energias Renováveis*. Essa auto-suficiência, na opinião da economista Pacheco deve ser “[...] aliada a uma diversificação da matriz energética, ou seja, a procura por diferentes fontes de energias alternativas que supram a demanda interna dos países, no caso de uma escassez de combustíveis fósseis.”. Na sua concepção,

É necessário que haja mais investimentos direcionados para área de produção de combustíveis e geração de energia, o que se configura como um problema, uma vez que o governo não teria recursos suficientes para a diversificação e ampliação da matriz energética. [...] caso a demanda por energia venha a crescer anualmente na ordem de 4,8%, o país precisará investir em torno de R\$ 125 bilhões para a ampliação de geração e transmissão de energia a fim de que haja fornecimento regular sem riscos de apagão (PACHECO, 2006, p.04).

A autora reforça a necessidade da renovação energética através de fontes limpas e renováveis, e busca dos países pela auto-suficiência em energia.

Nesta mesma linha de análise Jannuzzi (2003, p. 3), afirma também que uma das questões muito discutidas sobre a matriz energética brasileira é principalmente a maior diversificação de fontes, em particular, para a geração de eletricidade. No entanto, esse debate é equivocado porque não se trata de discutir de maneira isolada as fontes de energia e sim as tecnologias de conversão e uso final de energia. São elas que irão permitir que determinadas fontes se tornem mais competitivas que outras. Tem sido assim em toda a história do desenvolvimento energético, do engenho a vapor às turbinas a gás, plataformas marinhas para extração de petróleo, motores a combustão interna, geradores eólicos e outras tantas tecnologias. Por certo, tecnologias que foram capazes de converter energia primária em serviços necessários, de maneira mais eficiente, com menores custos, entre outros fatores e que possibilitaram a gradual substituição do carvão pelo petróleo e do petróleo pelo gás natural, por exemplo, havendo assim uma competição entre as tecnologias não entre as fontes de energia.

O eixo principal deste debate deve estar voltado para pesquisa e desenvolvimento tecnológico, principalmente no caso do aproveitamento do potencial de algumas fontes de energia disponíveis no país, em particular a energia solar, eólica e de biomassa. Essas fontes somente aumentarão sua participação na matriz energética nacional na medida em que as tecnologias de conversão e uso se tornarem disponíveis e forem comparativamente preferidas pelos provedores de serviços de energia e consumidores (JANNUZZI, 2003, p. 4).

O petróleo, um combustível finito de grande demanda no mundo, tem sido alvo de muitas discussões e preocupações de muitos governantes, os quais tem se esforçado na pesquisa de alternativas energéticas.

Com relação ao Brasil, segundo dados do Ministério de Minas e Energia,

Hoje, segundo dados do Ministério de Minas e Energia, no Brasil, cerca de 45% da sua matriz energética é renovável, considerando as grandes hidrelétricas, o que deixa o País em uma situação confortável, em que a média mundial é de 14%, e nos países desenvolvidos não passa de 6%. Porém, quando se trata de energias alternativas, como a biomassa gerada a partir de matérias orgânicas, este percentual cai para 3,1%. O contra-senso é que o Brasil tem grande potencial para elevar esse percentual e investir mais em energias alternativas, pois possui características bastante favoráveis, como a extensão territorial, a mão-de-obra e o desenvolvimento tecnológico, que possibilitariam tanto complementar o abastecimento das tradicionais redes elétricas como produzir combustíveis (MATRIZ..., 2006, apud PACHECO, 2006).

Corroborando com as ideias de Pacheco (2006), Castro e Dantas (2010, p. 1) relatam que:

o setor energético, maior responsável pelo aumento da concentração de gases do efeito estufa a nível mundial, possui uma diminuta participação no total das emissões brasileiras devido à relevante participação de fontes renováveis de energia na matriz energética brasileira, com destaque para a energia hidroelétrica e o consumo de etanol pelo setor automobilístico.

Entretanto, o desmatamento faz com que o Brasil seja um dos maiores emissores de gases do efeito estufa do mundo. Neste sentido, em um contexto de resposta às mudanças climáticas, o Brasil – pela sua crescente importância internacional e magnitude de suas emissões – precisa ter uma posição pró-ativa nas discussões relativas à mitigação do aquecimento global e, sobretudo, tomar atitudes e adotar estratégias que venham a reduzir as emissões, conforme afirmam os autores.

Os autores acima argumentam o seguinte:

[...] embora o problema brasileiro relativo às emissões de gases do efeito estufa esteja relacionado à mudanças no uso da terra, o setor energético, especialmente o setor elétrico que tem aproximadamente 90% de sua geração a partir de fontes renováveis, não pode ser alijado da discussão e das medidas a serem adotadas (CASTRO; DANTAS, 2008, p. 28).

Prosseguindo nessa discussão, Brasil, China e Índia possuem “[...] condições de reduzir suas respectivas emissões e responder às necessidades de alterações climáticas de forma distinta daquelas dos países pobres, como os africanos e os insulares”, assinalam Castro e Dantas (2008).

O Brasil se encontra em uma condição extremamente favorável para a implantação da economia verde, conforme assinalam os autores. Isso é possível, haja vista que o Brasil já explora fontes renováveis de energia em larga escala e detém um grande potencial ainda a ser explorado em bases extremamente competitivas, como é o caso da energia eólica, bioeletricidade e do etanol como insumo energético na frota de veículos leves.

Uma das grandes perspectivas da matriz elétrica brasileira é a existência ímpar em relação ao resto do mundo com participação de geração hidroelétrica na ordem de 90%. Esta matriz tem como base a existência de centrais hidroelétricas com grandes reservatórios que estocam água no período úmido do ano, permitindo a sua conversão em energia elétrica no período seco do ano. São estes reservatórios que possibilitam uma oferta regular de energia ao longo de todo o ano, mesmo com um regime hidrológico irregular (CATRO; DANTAS, 2008, p. 34).

Lembrando nesse momento que as denominações energias renováveis e novas energias, são denominações mais utilizadas para delimitar o conceito naquelas com ciclos de renovação natural, que, em última análise, se originam da energia solar como fonte primária. Incluem-se nesta categoria a energia eólica, de biomassa e a solar, as quais são formas de energia que se regeneram de uma forma cíclica em uma escala de tempo reduzida (PACHECO, 2006, p.05).

O autor afirma ainda que, há muitas possibilidades para o Brasil quanto à renovação energética. Mas, que essas fontes podem e devem ser utilizadas de forma sustentada. A vantagem da utilização dessas energias renováveis está no fato de que elas sejam produzidas de maneira tal, que resulte em mínimo impacto ao meio ambiente. O desenvolvimento tecnológico tem permitido que, aos poucos, elas possam ser aproveitadas quer como combustíveis alternativos (álcool, por exemplo) quer na produção de calor e de eletricidade, como a energia eólica, solar, da biomassa, e de pequenas centrais hidrelétricas – PCHs.

As evidências do aquecimento global são cada vez mais claras, devido às emissões dos gases de efeito estufa (GEE), principalmente o gás carbônico, liberado em sua maior parte pela queima dos combustíveis fósseis, conforme Rovere e Obermaier (2010, p. 68) relatam. O Brasil está em uma posição privilegiada, ao dispor de uma matriz energética baseada no uso de energias renováveis.

Em 1992, ocorreu a Eco 92, no Rio de Janeiro, que marcou o início do reconhecimento dos Estados Nacionais pela necessidade de criação de políticas públicas de desenvolvimento sustentável. Quinze anos depois, foi assinado o Protocolo de Kyoto, no qual

os países se comprometeram a reduzir a emissão de gases do efeito estufa (GEE). Nem todos os países assinaram o protocolo, mas um avanço foi alcançado, abriu as discussões e deu início às ações populares de estímulo à adesão ao Protocolo de Kyoto (CORSI, 2007, p. 5).

Em abril de 2007, com a divulgação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas das Nações Unidas - IPCC, que previa consequências graves para o planeta com o avanço do aquecimento global, surgiram as grandes discussões e debates no mundo todo e teve início o processo internacional de negociação em torno dos instrumentos jurídicos necessários para prevenir e mitigar as interferências antrópicas sobre o sistema climático, observado por Corsi (2007, p. 5).

A partir de então, o aquecimento global tornou-se o maior vilão que assola a humanidade, na atualidade, ocorrendo de forma gradual e sendo resultado da concentração do dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e outros gases na atmosfera. Segundo Meira Filho, do Instituto de Estudos Avançados da USP, (2005, p. 89, apud Corsi, 2007) os GEE já aumentaram de 280 ppm (partes por milhão em volume) há cerca de dois séculos para 370 ppm hoje, e continuam aumentando. Esses gases são responsáveis por impedir o resfriamento natural da superfície pela radiação infravermelha. Ao impedir o resfriamento natural, o efeito estufa causa um aumento de temperatura da superfície.

Diante das graves previsões, os países se vêm obrigados a reduzir suas emissões, para tentar minimizar as mudanças climáticas e uma das formas eficazes, segundo alguns estudiosos, é a mudança da matriz energética, ou seja, diminuir o uso dos combustíveis fósseis e aumentar o uso de combustíveis renováveis. Neste contexto, a mistura do etanol à gasolina ou o uso somente do etanol é um exemplo, como também outros biocombustíveis, como o biodiesel.

Segundo Carvalho e Carrijo (2007, p.2):

O Estado retomou as metas agroenergéticas objetivando intensificar a produção de substitutos aos combustíveis fósseis. Atualmente, na espera de um problema de abastecimento de petróleo em função da exaustão das reservas carboníferas e principalmente em função dos problemas ambientais decorrentes das emissões de CO₂ (um dos principais gases causador do efeito estufa) na atmosfera por automóveis movidos a combustíveis fósseis, dentre outros.

Esses motivos despertaram a necessidade de se buscar fontes energéticas alternativas, que sejam menos agressivas ao meio ambiente, mas convindo ressaltar neste

momento, que energia renovável não significa impacto zero, tanto no meio ambiente como no social e econômico.

Por outro lado, um aumento excessivo do aquecimento global poderá acarretar sérias mudanças climáticas em futuro não muito distante:

[...] temperaturas globais elevadas podem levar ao derretimento das calotas polares e ao aumento dos níveis dos oceanos, o que irá provocar a migração das populações das regiões litorâneas do planeta para áreas mais altas. Isto também pode significar uma mudança nas áreas de agricultura, uma vez que os padrões de precipitação se deslocam em direção ao norte (HINRICHHS; KLEINBACH, 2009 p. 3).

Portanto, até a produção de energias renováveis, que são provenientes da produção agrícola, como o etanol e o biodiesel, poderão ser afetados pelo aquecimento global, uma vez que este afetará a produção agrícola.

É importante ressaltar que fazer bom uso da energia, tanto técnica como socialmente é primordial para minimizar as consequências ambientais do seu uso, conforme assinalam Hinrichs e Kleinbach (2009, p. 25),

[...] uma questão central relacionada com a queima de combustíveis fósseis é a possibilidade de mudanças climáticas globais e em larga escala causadas pelos crescentes níveis de dióxido de carbono e outros gases estufa na atmosfera superior. Mais de cinco bilhões de toneladas de carbono são anualmente adicionados à nossa atmosfera pela combustão de combustíveis fósseis. A temperatura média global já aumentou cerca de 0,5°C desde 1900. Temperaturas globais elevadas podem afetar a produção agrícola, as temperaturas locais, a severidade dos padrões climáticos e a altura do nível do mar.

Foi a partir da crise energética de 1973, que surgiu a necessidade de mudanças nas políticas nacionais nos diversos países, no sentido de estimular o desenvolvimento de pesquisas por energias alternativas. Foi quando, no Brasil, se iniciou o projeto Proálcool de 1976.

Segundo Kaneko et al. (2010, p.2),

[...] atualmente, observa-se um quadro similar: a crise financeira de 2008 promoveu um debate acerca da necessidade de mudança da agenda energética global, com diversificação da matriz. Em mesma escala, a crise ambiental que enfrentamos incita a adoção de uma plataforma “verde”, ou seja, sustentável em termos ambientais.

O autor ainda relata que no cenário político-internacional, o posicionamento brasileiro é muito favorável para sua diversificação energética. Um estudo do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) apontou o país como o maior mercado de energia renovável do mundo.

Há vários fatores que explicam o destaque brasileiro no cenário internacional:

A biodiversidade do país, a disponibilidade de terras cultiváveis e a variedade de climas são fatores que favorecem a adoção de uma plataforma de bioenergias. A tais elementos unir-se-iam o investimento em pesquisa no campo biotecnológico. O principal exemplo do potencial brasileiro na área de bicompostíveis é o etanol, que protagonizou as discussões da agenda *Revista Ágora Global, vol.2 .n.1, 2010* política internacional brasileira em 2007 e 2008. A vantagem comparativa

brasileira em termos de condições climáticas e oferta de áreas de plantio reflete-se no praticamente imbatível preço do litro do biocompostível (KANEKO, et al., 2010, p. 2).

Há muitas pesquisas sendo realizadas no Brasil para potencializar os nossos recursos energéticos, por exemplo:

[...] na área de biocompostíveis, existem setores a serem explorados, como o biodiesel. Pesquisas realizadas pelo Centro de Referência do Biodiesel na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP evidenciam estratégias como a utilização de novos óleos, com destaque ao óleo de dendê e a mamona. Além de representar uma alternativa para o problema energético, o investimento nessa biotecnologia proporciona a criação de empregos para a agricultura familiar e o desenvolvimento rural (KANEKO, et al., 2010, p. 3).

Na concepção de Kaneko et al. (2010, p.3), a criação de empregos para a agricultura familiar pode ser beneficiada, pois atualmente há um déficit de trabalho nas zonas rurais e, por outro lado, promove-se uma melhoria das condições da população dessas localidades, além de maior integração nacional de regiões como o Norte e Nordeste.

Outros benefícios também poderão surgir como a possibilidade de aliar as pesquisas no ramo de bioenergia ao de alimentos, com a implantação de sistemas integrados desses dois setores. Isto evitaria cadeias de monoprodução, pela alternância de cultivos e permitiria uma integração entre produção de óleos vegetais com a pecuária.

Diante desse contexto “[...] a cultura da cana-de-açúcar surge novamente como uma das alternativas mais viáveis. A região centro-oeste desonta como a região ideal para implantação dessas usinas”, segundo Carvalho e Carrijo (2007, p.2). Mas, ainda não se

sabe os possíveis danos ambientais da implantação dessas usinas sucroalcooleiras, para as regiões e para o país.

O etanol brasileiro, na luta contra o aquecimento global, é uma das alternativas da renovação energética que promove a redução dos gases de efeito estufa - GEEs. Segundo Jank e Nappo (2009, p. 30), fundamentados em estimativas baseadas na análise do ciclo de vida dos biocombustíveis brasileiros, que consideram toda cadeia de produção, do plantio até o veículo abastecido, demonstram que o etanol brasileiro produzido a partir da cana-de-açúcar reduz as emissões de GEE em até 90% quando utilizado em substituição à gasolina.

Os autores defendem o etanol quando afirmam que:

O seu balanço energético também é inigualável: nas condições brasileiras, para cada unidade de energia fóssil utilizada em seu processo de produção são geradas 9,3 unidades de energia renovável. Isso significa que o etanol brasileiro é 4,5 vezes melhor do que o etanol produzido de beterraba ou trigo na Europa e quase sete vezes melhor do que o etanol produzido de milho nos Estados Unidos em termos de eficiência de geração de energia renovável. Essa superioridade em termos de eficiência energética deve-se a um conjunto de fatores. Entre eles, os principais são: a imensa capacidade fotossintética da cana-de-açúcar na conversão de energia solar em energia química, a qual vem sendo aprimorada por meio de melhoramento genético nos últimos trinta anos no Brasil; e o uso de biomassa na geração de energia utilizada no processo de produção de etanol e açúcar nas usinas brasileiras (JANK; NAPPO, 2009, p. 30).

No Brasil, como evidenciam os autores, outra tecnologia favorável ao etanol é a cogeração de energia, obtida pela queima do bagaço, onde as usinas geram sua própria energia elétrica e ainda vende o excedente no mercado de eletricidade, processo que não acontece na produção de biocombustíveis nos Estados Unidos e na Europa.

Ainda nesse contexto, George (2010, p. 29), em seu trabalho *Crises convergentes: realidade, medo e esperança*, aborda um ponto fundamental diante do aquecimento global: crise alimentícia e crise energética. A autora alerta e afirma que estamos diante de uma crise múltipla, na qual todos os elementos que a compõem se reforçam e se agravam reciprocamente. Há a necessidade do reconhecimento das desigualdades nacionais, internacionais, e entre os cidadãos do mesmo país, as quais alcançaram níveis insustentáveis, tanto nos países desenvolvidos quanto naqueles em desenvolvimento. A pobreza está se espalhando e aprofundando, a escassez de alimentos e de água está se tornando crônica, os conflitos emergem em sociedades cujo *stress* é crescente, e os efeitos catastróficos das

mudanças climáticas – que avançam muito mais rápido do que os especialistas previam – surgem indistintamente por todas as partes.

O aquecimento global não escolhe classe social, mas quem sofre mais as consequências são os mais pobres e não os ricos, e ao mesmo tempo acentua o desequilíbrio social a escassez de água e alimentos. George (2010, p. 29) relata que “[...] a crise financeira reprime os humildes, os quais não têm nada a ver com suas causas: basta apenas pensar na onda de hipotecas nos Estados Unidos, que jogou milhões de famílias americanas nas ruas, aprofundando a insegurança e a pobreza.” A grave situação relacionada ao assunto foi retratada conforme segue abaixo:

Os preços dos gêneros alimentícios que compõe a dieta diária dos mais pobres podem dobrar da noite para o dia quando especuladores financeiros agem sob o mercado de *commodities* ou quando o governo e grandes latifundiários destinam enormes extensões de terras para o plantio de agrocombustíveis. Como seria possível sequer imaginar concertar a economia, quando milhões de pessoas têm menos dinheiro em seus bolsos, e sofrem fortes impactos do desabamento do número de vagas de trabalho e dos valores das ações (GEORGE, 2010, p. 29).

Dessa forma, diante de todas as questões já mencionadas até aqui, como aquecimento global, questão alimentar, questão energética, é importante considerar a renovação energética, como uma forma de diminuir o aquecimento global, promover o desenvolvimento da agricultura familiar e desonerar os custos atuais dos combustíveis, complementando sempre com novas alternativas onde o custo benefício seja prioritário principalmente no que se refere às questões sociais envolvidas nesse processo.

A seguir, é possível visualizar um quadro sintético da utilização de tipos de fonte energética com as considerações sobre os aspectos positivos e negativos:

Tabela 6 - Análise das principais fontes da matriz energética

Combustível	Aspectos positivos	Aspectos negativos
Carvão	<ul style="list-style-type: none"> • Abundante, economicamente acessível, uso seguro • Fácil de transportar e de armazenar • Amplamente distribuído 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta emissão de gases de efeito estufa • Necessita portentosos investimentos para desenvolvimento de tecnologias que reduzam as emissões de gases de efeito estufa (GEE) a níveis aceitáveis • Extração perigosa
Petróleo	<ul style="list-style-type: none"> • Conveniente • Alta densidade energética • Fácil de transportar e de armazenar • Co-evolução da fonte energética com os equipamentos para seu uso 	<ul style="list-style-type: none"> • Fortemente poluidor da atmosfera • Preços voláteis • Concentração geográfica das jazidas <ul style="list-style-type: none"> • Produto cartelizado e mercado manipulável • Vulnerabilidade de interrupção de oferta e instabilidade geopolítica • Riscos de transporte e armazenamento • Reservas em esgotamento
Gás	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiente e conveniente • Combustível multiuso • Alta densidade energética 	<ul style="list-style-type: none"> • Produto emissor de gases de efeito estufa • Transporte e armazenamento caro e arriscado • Requer infra-estrutura cara, própria e inflexível <ul style="list-style-type: none"> • Volatilidade de preços • Jazidas concentradas geograficamente <ul style="list-style-type: none"> • Produto cartelizado e mercado manipulável
Energia Nuclear	<ul style="list-style-type: none"> • Não há emissões de gases de efeito estufa • Poucas limitações de recursos • Alta densidade energética 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa aceitação da sociedade • Sem solução para eliminação dos resíduos • Operação arriscada e perigosa • Muito intensivo em capital
Energia Renovável	<ul style="list-style-type: none"> • Baixas emissões de gases de efeito estufa • Sustentabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Custos altos • Fontes intermitentes • Distribuição desigual • Estágio tecnológico inferior às demais fontes em uso

Fonte: Biodiesel (2007).

Conforme as indicações acima é possível verificar que as fontes denominadas de energia renovável, apesar das baixas emissões de gases de efeito estufa, há

possibilidades de se pensar em sustentabilidade dessa energia pelas condições de renovabilidade. Outro aspecto é com relação ao nível tecnológico, que ainda se encontra em estágio de experiência e desenvolvimento.

O Brasil possui na energia das águas a sua principal fonte de energia, representando aproximadamente 42% da matriz energética, embora a sua geração é de aproximadamente de toda a eletricidade produzida no país e complementada pela utilização do petróleo, que representa mais de 30% da matriz (SILVESTRE, 2011, p. 1).

No capítulo 3 será desenvolvida uma breve discussão sobre a biomassa e as questões da renovação energética, assim como o embate da produção de alimentos e biocombustíveis.

CAPÍTULO 2

BIOMASSA, POSSIBILIDADES DE UMA FONTE ENERGÉTICA RENOVÁVEL

2.1 FORMAS DA RENOVAÇÃO ENERGÉTICA E QUESTÕES ENVOLVIDAS

O desenvolvimento de qualquer nação está muito vinculado à utilização das suas fontes energéticas, imprescindíveis para impulsionar o crescimento industrial, como também para todas as atividades rurais e urbanas. Até hoje, ainda há a dependência de recursos não renováveis. O progresso tem sido atingido por meio do desenvolvimento da ciência e da tecnologia, que procura sempre novas alternativas de potencialização da energia.

Hinrichs e Kleinbach (2009 p. 3) observam que “[...] com a globalização da economia, de alguma forma o cenário está revertido, e a disponibilidade de recursos irá ditar o progresso e os nossos estilos de vida muito mais do que fazia no passado.” A conclusão dos autores leva a crer que a era da energia barata ficou no passado e, doravante, a população deverá optar por novos caminhos que possam redundar em estilos de vida mais convenientes.

Consideradas essas questões, a seguir será abordada a importância da biomassa e agroenergia, objeto precípua deste trabalho.

2.2 BIOMASSA E AGROENERGIA

No estudo realizado em várias leituras sobre o consumo energético e sem pretender ser a solução exclusiva, a captação e o armazenamento de energia solar nos vegetais podem cumprir um papel destacado no futuro energético das nações, como demonstram os vários estudos relacionados à renovação energética, a partir da biomassa e, consequentemente, a agroenergia.

Do ponto de vista da evolução do consumo energético, sabe-se que o Sol é o responsável pela realização da fotossíntese nos vegetais, onde a transformação da energia solar em energia química fornece produtos absolutamente essenciais para a vida em nosso planeta. Desta forma, foi possível o crescimento da humanidade, garantida pelos vegetais com o suprimento de alimentos, energia e matérias-primas, e ao longo de milênios, a evolução dos padrões de conforto e produtividade econômica. Durante a era do petróleo, essa relação sofreu uma breve estagnação, mas agora parece voltar com força total à frente do cenário de problemas de geração e consumo energético do mundo contemporâneo. A energia

fotossintética pode trazer uma nova dinâmica ao mundo agroindustrial e oferecer uma alternativa à necessária evolução da sociedade industrial moderna para um contexto energético mais sustentável e racional (NOGUEIRA, 2008, p. 3).

Há conceitos fundamentais que foram registrados aqui sobre a biomassa e bioenergia, como futuras fontes energéticas renováveis: Biomassa é toda a matéria orgânica naturalmente isenta de traços de fossilização, ou seja, qualquer material íntegro ou em decomposição oriundo de plantas, animais, fungos, liquens, algas e microorganismos. Pode-se defini-la, ainda, como a própria massa orgânica da biosfera, distribuída desproporcionalmente entre todos os espécimes que compõem a biodiversidade no planeta, incluindo variedades criadas e manipuladas. Não se confunde, portanto, com o petróleo, que embora um composto orgânico, é produto fóssil, nem com carvão, gás natural e petróleo mineralizado, também orgânicos, porém resultantes dos processos geológicos (FELTRAN-BARBIERI, 2008, p. 3).

Bioenergia é toda a energia contida na biomassa. A rigor, é uma energia de baixa entropia originária dos mais elementares processos de fotossíntese e quimiossíntese, transferida e acumulada ao longo das cadeias ecológicas (RICKLEFS apud FELTRAN-BARBIERI, 2008, p.3).

Como recurso motriz para as atividades socioeconômicas, a bioenergia é gerada a partir da exploração intensiva da biomassa, daí ser um recurso renovável, já que sua matriz é reproduzível naturalmente – adensamento das florestas, cultivos de plantas, criação animal etc. Estima-se que a produção global de biomassa seja da ordem de 146 bilhões de toneladas por ano, entre produção agropecuária, lixo orgânico, regeneração de habitats, adensamento florestal e ciclagem bioquímica (DEMIRBAS, 2007 apud FELTRAN-BARBIERI, 2008, p. 4).

A energia de biomassa é toda energia proveniente das plantas, algumas de alta produtividade nos países tropicais, que podem se transformar em energia líquida, sólida, gasosa ou elétrica, de forma competitiva e adequada à preservação do meio ambiente, conforme relata Coscarelli (apud BRAND, 2001, p. 67).

Está sendo utilizada de forma crescente no mundo como insumo energético; para usos finais como energia térmica, mas já de forma importante como geradora de energia elétrica, e de forma também crescente como origem de combustíveis líquidos - etanol (BRAND, 2010, p. 76).

A bioenergia representa quase 14% de toda energia utilizada no mundo e 31% no Brasil. Entre as renováveis, é responsável por 66% do total gerado no país, seguida pela hidráulica, 32%, e pelas eólicas, solar e maremotriz, que somam menos de 2%. No

mundo, a participação da bioenergia se eleva para 78%, enquanto a hidráulica cai para 16% e as “modernas” eólica, solar e maremotriz saltam conjuntamente para 5% (IEA, 2007 apud FELTRAN-BARBIERI 2008, p. 4).

Brand na sua obra *Energia de Biomassa Florestal* (2010, p. 77), analisa que atualmente existe uma clara transição dos usos envolvendo “baixo nível tecnológico”, como o uso da lenha para cozinhar, para processos mais avançados e classificados como “modernos”, que são vetores de transformações da biomassa para a geração de energia elétrica e combustível líquido.

A autora assinala que o uso da biomassa para energia elétrica é estratégico, visto a alta produtividade das florestas, grande volume de resíduos gerados na indústria de base florestal, e também do fato que o país já utiliza tecnologias modernas de conversão da biomassa em energia elétrica, aumentando suas vantagens em comparação com outras fontes, sem contar ainda as questões ambientais favoráveis para esta fonte energética (BRAND, 2010, p. 77).

No futuro, o trunfo brasileiro não seria apenas o de contemplar o trinômio “Bio cubo” (SACHS apud FELTRAN-BARBIERI, 2008, p.13), mas sobretudo por possuir, para a satisfação das 3 dimensões – social, econômica e ambiental -, uma exclusiva poupança de ecossistemas naturais, terras agricultáveis e enorme potencial de fazê-las produzir pelo emprego da mão-de-obra de milhões de trabalhadores rurais, com atividades adequadas às restrições legais e naturais de cada um dos grandes biomas, além de ter desenvolvido tecnologia e conhecimento próprio.

A ideia da “Civilização da Biomassa” é, portanto, muito mais abrangente do que a “Civilização do Gás” - que se restringe a propor a substituição de fósseis poluentes por fósseis nobres (SANTOS, et al. apud FELTRAN-BARBIERI, 2008, p.13). Aparece como desafiante da “Civilização do Petróleo”, em que o material fóssil e seus produtos, como combustíveis, agro-químicos, materiais estruturais, plásticos, fármacos etc. poderiam ser substituídos por similares orgânicos.

A utilização de biomassa para geração de energia é bastante interessante para o país, especialmente na direção de usos com maior conteúdo tecnológico como geração de eletricidade, produção de vapor e combustíveis para transporte. O fator mais importante para a redução de custos da energia de biomassa para os usos mencionados e, independentemente da tecnologia empregada, é a redução do custo da matéria prima (incluindo os custos de coleta e transporte). Hoje o Brasil possui a melhor tecnologia no mundo para a implantação, manejo e exploração de floresta de eucalipto, por exemplo, conforme estudos de Jannuzzi (2003, p. 6),

no seu artigo *Uma Avaliação das Atividades Recentes de P&D em Energia Renovável no Brasil e Reflexões para o Futuro*.

Na sua pesquisa, Jannuzzi (2003), relata que os custos nacionais são extremamente vantajosos e todo o desenvolvimento nacional na área de papel e celulose oferece condições bastante competitivas para o uso energético de florestas plantadas e o desenvolvimento de tecnologias baseadas em biomassa. O custo da biomassa no país e sua alta eficiência de sistemas modernos de geração de eletricidade, especialmente através da gaseificação de biomassa e uso do gás em ciclos combinados, justificam maior atenção para o desenvolvimento dessas tecnologias no Brasil. Ainda, segundo Jannuzzi (2003, p.6):

É ainda necessário, no entanto, identificar o consumo da madeira com finalidade energética no país, bem como de resíduos agrícolas com potencial utilização energética. Como áreas de interesse para atividades de P&D em biomassa podem ser relacionadas: a) o desenvolvimento de processos mais eficientes para uso de madeira como energético no setor residencial; b) a recuperação dos produtos gasosos condensáveis na carbonização da madeira; c) melhorias de técnicas para a implementação e manejo de florestas energéticas em áreas marginais à agricultura para alimentos e de outras biomassas como a própria cana de açúcar, incluindo o melhoramento da produção da matéria prima (melhoramento genético, agronomia, equipamentos, etc.); d) desenvolvimento de projetos de demonstração de gaseificadores de pequeno porte (até 1 MW) verificando eficiências, custos, impactos ambientais, desempenho e condições de operação em regiões isoladas do país; e) acompanhamento das atividades de demonstração no exterior com gaseificadores de grande porte (maior que 10 MW) e implementar um ou dois projetos de demonstração no país; f) desenvolver estudos da gaseificação de biomassa no país; g) para tecnologias já comerciais (cogeração, queima direta nos setores de papel e celulose e cana de açúcar) analisar o uso de combustíveis complementares.

Nos seus estudos relata ainda que o carvão vegetal tem sido um componente importante da matriz energética nacional, sendo grande parte de seu consumo realizado na indústria de ferro e aço. O desenvolvimento tecnológico deverá ser feito na direção de identificar melhores processos de carvoejamento, com maiores eficiências e menores custos, além de busca de processos para utilização integral dos subprodutos (alcatrão e gases).

O etanol da cana-de-açúcar representa um caso de sucesso tecnológico para o país. A indústria da cana mantém o maior sistema de energia comercial de biomassa no mundo através da produção de etanol e do uso quase total de bagaço para geração de eletricidade. As necessidades de desenvolvimento tecnológico estão bem mapeadas pelo setor e compreendem as áreas: melhoramento genético da cana, produção (agronomia e engenharia agrícola), processamento industrial e ampliação do mercado de usos de etanol no país.

Existem oportunidades de desenvolvimentos para a produção de etanol por hidrólise de material lignocelulósicos no país, utilizando a hidrólise ácida e a enzimática.

A evolução dessas tecnologias estará brevemente em fase de testes através de projetos pioneiros nos próximos anos. Os programas de pesquisa nos EUA visam reduzir substancialmente o custo das enzimas, mas reconhecidamente o maior peso é o custo da biomassa, onde o Brasil possui uma vantagem extraordinária. Já existem diversos grupos dispersos no país trabalhando no desenvolvimento das tecnologias (ácida, enzimática, solvente orgânico) e seria recomendável a elaboração de um programa coordenando essas atividades, tendo em vista o potencial de matéria prima a baixo custo no país (JANNUZZI, 2003, p.7).

Nessa pesquisa, o autor faz um retrospecto sobre o uso de óleos vegetais, a produção de metanol e a produção de biogás, conforme relato abaixo:

O uso de óleos vegetais em motores diesel (biodiesel) tem sido testado desde o surgimento desse tipo de motor no século 19. No Brasil houve uma série de desenvolvimentos e testes durante as décadas de 70 e 80 em várias instituições de pesquisa. Em 2002 houve a iniciativa de elaboração do programa Pro biodiesel pelo MCT, que prevê o desenvolvimento tecnológico em quatro áreas: especificações técnicas, qualidade e aspectos legais; viabilidade sócio-ambiental e competitividade técnica; e viabilidade econômica. Há uma necessidade de forte atuação no desenvolvimento tecnológico para redução de custos da matéria prima e dos processos de produção do biodiesel (JANNUZZI, 2003, p.7).

A tecnologia de produção de metanol a partir de biomassa evoluiu muito nos últimos anos, apresentando maior eficiência de conversão e menores custos, mas o conceito de integração completa da gaseificação, limpeza do gás e síntese do metanol não é ainda comercial. Para o Brasil, é recomendável aprofundar a investigação em processos de gaseificação para produção de eletricidade ou metanol, afirma Jannuzzi.

A produção de biogás com formação/adaptação adequada de aterros sanitários está sendo promovida em larga escala inclusive para evitar a emissão de metano (estimada hoje em 20-60 milhões t/ano, no mundo). As tecnologias envolvem a preparação do aterro, coleta e tratamento do gás, limpeza do efluente, e o uso energético do gás (diretamente como gás de poder calorífico médio, ou transportado em gasodutos). Das tecnologias em discussão para aproveitamento energético de aterros sanitários, a incineração e o uso do biogás são comprovados, comerciais e sua utilização no país implicaria na transferência de alguns itens ainda não dominados no país (como as fornalhas de incineração), incluindo também o processo de compostagem sólida. Os usos de biogás também deverão ser beneficiados com o desenvolvimento de micro-turbinas a gás. O Brasil necessita maior

desenvolvimento em processos de incineração de lixo urbano, avaliar os resíduos de metais pesados na tecnologia de compostagem sólida, e acompanhar a evolução da tecnologia para “celulignina” especificamente para o lixo. Há uma tecnologia em fase de desenvolvimento no Brasil, para uso com biomassa em geral, que se propõe para processar a fração orgânica do lixo; essencialmente, é uma pré-hidrólise ácida “leve”, hidrolisando a hemicelulose (destinada a produção de furfural) e deixando a mistura celulose/lignina para compactação e uso como combustível. Patenteada em 1999, está em fase de testes em piloto de 1m³.

O autor ressalta a importância da política energética no panorama internacional. É cada vez mais evidente que “[...] ela é cada vez mais uma questão de política de desenvolvimento tecnológico e industrial, entendida aqui com a abrangência necessária para delinear, inclusive, estratégias de transformação de mercados de energia para promover a difusão das novas tecnologias”.

Desta forma, será possível dimensionar programas de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D específicos para as áreas de energia solar, eólica e biomassa, contendo metas (produtos e prazos), possível formação de redes de pesquisa congregando pesquisadores e laboratórios associados, de maneira a mobilizar e criar competências onde necessárias e promover a necessária articulação com o setor empresarial desde a concepção dos programas assinala ainda o autor.

Na LXII Assembléia Geral das Nações Unidas – ONU ocorrida em setembro de 2007, o sociólogo suíço Ziegler preocupado com as colocações de vários ambientalistas, que levantam algumas controvérsias sobre os biocombustíveis, insistiu na necessidade de reduzir o consumo global de energia e promover o seu uso eficiente. Propôs também que se passe diretamente à assim chamada “segunda geração” dos biocombustíveis, fazendo que a agricultura alimentar e a produção dos biocombustíveis se tornem complementares. Recomendou, ainda, o uso de plantas não comestíveis, sobretudo as que podem ser cultivadas nas zonas semi-áridas e áridas, realçando o enorme potencial do pinhão manso. Por fim, insiste para que a produção dos biocombustíveis seja baseada na agricultura familiar e não nos modelos industriais da agricultura. Em sua opinião Ziegler observa que os pequenos agricultores poderiam organizar cooperativas, fornecendo biomassa às indústrias de etanol e biodiesel, criar-se-ia desta forma, muito mais emprego do que concentrando terras em culturas altamente mecanizadas (SACHS, 2009).

Sachs (2009, p. 145-146) no seu artigo sobre as bioenergias, como uma janela de oportunidades, demonstra que a Oxfam Internacional em um estudo recente se

mostrou crítica com relação aos biocombustíveis. Abaixo, parte do relato da Oxfam, onde os autores citam que:

[...] os dados irrefutáveis de emissões de gases de efeito estufa (GEE) ocorridas por causa da expansão das plantações do dendê na Indonésia e Malásia mediante a queima de florestas nativas. Porém, não há razão para extrapolar, atribuindo essa atitude insensata, para não dizer criminosa, a todas as operações referentes ao cultivo de biomassa para fins energéticos. Em contrapartida, dizer que a melhora da eficiência dos carros é mais efetiva do ponto de vista econômico não passa de um sofisma. Obviamente, é preciso avançar ao mesmo tempo em direção ao aumento da eficiência energética e à substituição das energias fósseis por renováveis. O relatório afirma, ainda, que a conversão de todos os cultivos de carboidratos no mundo em etanol só substituirá 40% do consumo global de petróleo. A produção mundial de óleos vegetais nem chegaria a 10% do consumo do diesel. É difícil entender esse cálculo.

Com relação aos dados desse relatório Sachs (2009, p. 146) faz a seguinte análise, em contraposição a Oxfam, das quais mereceu nossas considerações:

Um automóvel que consome dez litros de etanol por 100 quilômetros e que roda 12 mil quilômetros por ano consome 1,2 mil litros, ou seja, a produção de cana-de-açúcar sobre 0,2 ha. Um bilhão de carros (número ainda alcançado) necessitariam de 200 milhões de há, ou seja, dez Franças agrícolas! Porém como mostrou Amory Lovin, uma nova geração de carros ultraleves consumiria duas vezes menos combustíveis. Em contrapartida, os agrônomos brasileiros consideram factível chegar à uma produtividade duas vezes maior de etanol por hectare de etanol de cana-de-açúcar. Com essas inovações, a nossa conta se reduziria a 50 milhões de hectares, ou seja, 2,5 Franças agrícolas. Ainda é muito. Conseguir a renovação total da frota de automóveis dobrando ao mesmo tempo a produtividade do etanol por hectare exige enormes forças e deve levar vários anos. Porém, estamos no limite do possível, contrariamente ao que pretende o relatório da Oxfam.

Sachs, no seu trabalho sobre a *Terceira Grande Transição da era Petrolífera para a Biocivilização* (2008, p.1), assinala que é necessário envolver os pequenos proprietários rurais na produção sustentável e no processamento de biomassa, e também recorrer a tecnologias que impliquem conhecimentos e trabalho intensivos e, ao mesmo tempo, economia de recursos. As soluções virão de sistemas integrados de produção de alimentos/energia agro-ecológicos adaptados aos diferentes biomas e realizados com os princípios da “revolução sempre verde”, segundo as palavras de M. S. Swarninathan, também conhecidos como os da revolução duplamente verde. Trata-se de um difícil desafio, já que se pretende transformar as ameaçadoras crises dos alimentos e da energia em uma oportunidade para avançar para civilizações mais justas e sustentáveis.

Assim, Sachs (2008) relata que vistos com uma ampla perspectiva, o encarecimento do petróleo e a recuperação dos preços dos alimentos se mostrarião positivos se nos ajudarem a nos libertarmos da dependência do petróleo e a melhorar a vida dos pequenos agricultores em lugar de beneficiar as multinacionais da alimentação. Naturalmente, neste momento são necessárias medidas urgentes para ajudar os pobres urbanos afetados pelo atual encarecimento dos alimentos. As apostas são altas, mas o resultado está longe de ser garantido. Os capitalistas de risco são rápidos para aproveitar as ocasiões para fazer dinheiro com as novas tecnologias para produzir energia, tecnologias essas que estão surgindo graças ao petróleo caro e para explorá-las sem transformação séria do tecido social e econômico.

O autor acrescenta ainda que:

Uma coisa é certa: a emergência de biocivilizações, quando ocorrer, mudará a geopolítica mundial, pois favorecerá os países tropicais, qualificados por Pierre Gourou com “Terras da boa esperança”. Tanto mais se esses países conseguirem ampliar a vantagem que lhes dá o clima natural por meio da pesquisa, uma apropriada organização de sua produção e um efetivo desenvolvimento da cooperação Sul-Sul (SACHS, 2008, p. 2).

Em 2007, durante a 27^a Reunião da *Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência* – SBPC, Durães afirma que os vários estudos relacionados à energia renovável assinalam que os grandes desafios da humanidade nos próximos 50 anos incluem questões ambientais, energéticas e de segurança alimentar. Por conta disso, a agroenergia tem o compromisso de conciliar agricultura e silvicultura na produção de alimentos e de energia. É o que acredita o engenheiro agrônomo Frederico Ozanan Machado Durães, pesquisador-chefe da Embrapa Agroenergia, uma unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, criada com a função de desenvolver pesquisas em temas ligados à produção de energia no setor agrícola. Segundo Durães, o cenário mundial é favorável ao Brasil, dada a instabilidade do mercado de combustíveis fósseis e o aumento do comércio internacional de biocombustíveis. “Houve um avanço na produtividade e no balanço energético das matérias-primas renováveis”, destacou. Além disso, as preocupações ambientais, a seu ver, são cada vez mais rigorosas, fazendo crescer a demanda por energias limpas – que emitem menor quantidade de gases do efeito estufa - GEEs.

Essas exigências ambientais deixam o Brasil, em razão das suas muitas riquezas naturais, em vantagem se comparado com outros países em matéria de agroenergia.

“Em decorrência da grande variedade de matérias-primas, o Brasil pode pensar em fazer algo novo”, disse Durães, sugerindo maior investimento em tecnologia que

busca novas respostas para a produção de energia. Além dos privilégios naturais, o Brasil possui vantagens construídas, ou seja, experiência na área de biocombustíveis e arranjo produtivo consolidado para a fabricação de agroenergia. Por outro lado, o risco agrícola (pragas, doenças, falta ou excesso de chuvas, quebras de safra etc.) torna imperativo que os custos da geração de energia pelo setor agrícola, assim como as tarifas de energia cobradas, sejam devidamente calculados.

Durães falou sobre o Plano Nacional de Agroenergia, válido para o quinquênio 2006-2011. O plano pretende fomentar a produção sustentável da agricultura de energia investindo no desenvolvimento de novas tecnologias e aumentar a participação brasileira no mercado internacional de bicompostíveis. Segundo o agrônomo, o Brasil está focando em soluções que permitam produzir energia sem prejudicar a produção de alimentos. No sistema agrossilvipastoril, por exemplo, são trabalhadas em uma mesma área as produções arbóreas, de lavoura e de pecuária. “No primeiro ano, são cultivados arroz e eucalipto. No seguinte, soja e eucalipto. A cada ano muda-se a cultura”, explicou. Entre o terceiro e o décimo ano, a área fica só com o plantio de eucalipto e pastagem animal – enquanto as árvores crescem, o terreno é ocupado por outras práticas. “O Brasil tem apenas 5,1 milhões de hectares de florestas plantadas, é muito pouco”, concluiu Durães (2007, p.69), enfatizando a viabilidade econômica do casamento entre a floresta energética e a produção de alimentos.

A questão energética, tanto do ponto de vista econômico como político, gera muitas controvérsias e acirrados debates porque envolve vários aspectos cruciais de desenvolvimento, quer seja social, ambiental, como do ponto de vista estratégico para o país. Envolve muitas discussões complexas, Carlos Walter Porto-Gonçalves, no seu texto sobre *A Nova Geografia Política da Energia numa perspectiva subalterna*, apresentado no México, em 2007 (p. 337), no Grupo de Trabalho Hegemonias e Emancipações, nos alerta sobre o complexo corporativo multidimensional de poder que se formou no setor. Torna-se evidente por envolver empresas do setor agrícola e industrial (de biotecnologia, máquinas e equipamentos, química, de extração mineral, inclusive de petróleo), empresas do setor financeiro, do setor de consultoria e instituições de investigação científica e tecnológica e empresas do setor de comunicações - rádio, jornal e tevês.

O referido autor faz crítica e trata como pueril a abordagem que tenta incorporar ao mercado setores camponeses por meio do biodiesel, ou melhor, subordinar os camponeses a esse complexo de poder. Afinal, sem uma profunda mudança nas relações sociais e de poder por meio da tecnologia que devolva aos camponeses, no mínimo, a liberdade de ter sua própria produção por meio das suas sementes, o que o complexo de poder

hegemônico tenta de toda a forma evitar, a humanidade tenderá a ver o seu destino controlado por um verdadeiro oligopólio (2007, p. 349).

Uma das observações de Porto-Gonçalves (2007, p. 350) sobre o novo ciclo de desenvolvimento rural, rumo a uma nova civilização da biomassa, do ponto de vista crítico é a seguinte:

De fato, no mundo rural uma grande bifurcação se deu com a chamada revolução verde, cujos efeitos pudemos observar nas últimas quatro décadas em todo o mundo, sobretudo pelo intenso êxodo rural, quando uma verdadeira agricultura sem agricultores foi impulsionada. Todavia, é uma nova bifurcação no interior da «revolução verde» o que vem sendo proposto pelo complexo de poder técnico-científico-agroindustrial-financeiro-midiático ao tentar impor a sua transição energética.

O seu embasamento é: “[...] Não é mais o petróleo a serviço da produção de alimentos, mas, ao contrário, é a agricultura a serviço da produção de combustível!” (2007, p. 350).

Uma das suas preocupações voltadas ao desenvolvimento se baseia no pensamento abaixo: “[...] um novo ciclo de desenvolvimento rural implica, ao mesmo tempo, uma nova relação entre os lugares, um repensar o sentido que se acreditava inexorável da mudança ecológica do rural e do urbano, num mundo onde o urbano transcende a cidade e o rural não se resume ao agrícola”, reflete Porto-Gonçalves (2007, p. 353).

O autor alerta que a revolução verde pode promover mais uma vez na história, o fortalecimento das grandes corporações, sem se preocupar com a realidade do homem do campo e as dificuldades econômicas e sociais envolvidas na cadeia de produção da biomassa.

Um outro autor, crítico da questão energética em torno de biocombustíveis (WEID, 2009, p. 134) assinala que quem está levando vantagens nesse jogo de interesses é a indústria automobilística. Nos países desenvolvidos, as famílias possuem um ou vários carros como um pré requisito para a inclusão social. “[...] nos Estados Unidos, os políticos consideram que esse padrão é parte *do american way of life* – e, portanto, não negociável frente a qualquer crítica de insustentabilidade ou de impactos no meio ambiente ou no aquecimento global.”

O autor afirma ainda que essa ideologia se reflete nas decisões do governo de subsidiar os agrocombustíveis para manter a demanda de automóveis aquecida. Desta forma, o foco principal não é a mitigação do aquecimento global, nem a substituição de combustível

fóssil em processo de esgotamento, nem a autonomia na produção de combustíveis. O que está em jogo é um gigantesco movimento de busca de algumas grandes corporações transnacionais e outras tantas nacionais por lucros excepcionais.

Outra questão relevante na produção dos biocombustíveis é a concorrência com a produção de alimentos, devido ao crescente aumento dos preços. Diversos pesquisadores, ambientalistas criticam a produção de biocombustíveis com o manifesto: *Tanques cheios à custa de barrigas vazias*. Mas a complexidade da questão é muito grande e envolve diversos setores e atores da sociedade, pelo que, a seguir serão abordados alguns pontos deste debate.

2.3 BIOCOMBUSTÍVEIS E A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Os preços dos alimentos sobem sucessivamente e levantam o debate internacional. O preço do trigo subiu 130% no ano de 2007. O do arroz dobrou apenas nos primeiros três meses de 2008, e continua subindo. Outros produtos como o milho, carnes e óleos vegetais acompanharam esse movimento de subida em espiral (WEID, 2009, p. 121).

Os preços do petróleo incidem sobre os preços dos alimentos de diversas maneiras: o petróleo ainda é usado na produção e transporte de alimentos, influenciando os custos finais de produção, e desta forma estimulando a produção de agrocombustíveis, promovendo concorrência tanto no uso de solos como no de investimentos. Finalmente, os produtos alimentares que também podem ser empregados na produção de agrocombustíveis poderão ser redirecionados, conforme relata o autor.

O agrocombustível é o resultado da ciranda, um mercado capitalista mais globalizado, onde os produtores buscam o maior lucro possível e as quantidades de agrocombustíveis e de alimentos colocadas no mercado são determinadas pelo rendimento econômico, conclui Weid (2009, p. 121). Desta forma, é necessária uma efetiva ação do estado para o desenvolvimento de políticas de incentivo mais equitativas na promoção do equilíbrio da produção de alimentos e agrocombustíveis.

Lester Brown, pesquisador norte-americano do *Earth Policy Institute*, ambientalista e muito conhecido no mundo científico e na sociedade em geral, argumenta que:

[...] os agrocombustíveis colocam em concorrência os cerca de 800 milhões de proprietários de automóveis com os cerca de 6 bilhões de consumidores de alimentos. Para os mais pobres entre os consumidores, os 2,7 bilhões que vivem com menos de US\$ 2/dia, essa concorrência é fatal, pois os

proprietários de automóveis têm maior poder aquisitivo. Runge e Senauer indicam que encher um tanque de automóvel com etanol corresponde ao uso de cerca de 240 quilos de milho, quantidade que permitiria suprir uma pessoa por um ano com todas as calorias de que ela necessita (apud WEID, 2009, p. 124).

O autor mostra a concorrência desleal entre alimentos e agrocombustíveis, onde os mais pobres sofrem as consequências do mercado capitalista, em virtude da falta de planejamento e políticas públicas de combate a fome e a pobreza.

Outro aspecto bastante preocupante levantado pelo pesquisador Weid, é com relação à comparação das margens de lucro dos alimentos e dos agrocombustíveis. Na citação abaixo é possível compreender a sua gravidade, quando comparado ao futuro preço na alta dos alimentos:

Enquanto as margens de lucro dos alimentos não forem equivalentes às dos agrocombustíveis que, por sua vez, estão vinculados aos preços dos combustíveis fósseis, eles devem subir de forma exponencial. Essa equação já está provocando fortes investimentos em agrocombustíveis em todo mundo, a despeito das necessidades de produção alimentar em países que são deficitários no seu abastecimento. Por exemplo, em países da África em que a mandioca é um produto de consumo de base há investimentos em produção de etanol de mandioca, o que não deixa de influenciar os custos da alimentação, sobretudo dos mais pobres (WEID, 2009, p. 121).

O autor alerta ainda que, segundo o Banco Mundial, 75% dos aumentos dos preços dos alimentos também se deve ao impacto dos agrocombustíveis e também 15% aos aumentos dos preços dos fertilizantes.

Outras críticas e preocupações relacionadas ao crescimento e interesse dos agrocombustíveis partem do pesquisador da Universidade de São Paulo – USP, Ariovaldo Umbelino (2008), que analisou dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, entre 1990 e 2006 e constatou o seguinte:

[...] que no conjunto dos municípios em que a área plantada de cana-de-açúcar cresceu mais do que 500 hectares, houve redução de 261 mil e 340 mil hectares nas áreas cultivadas de feijão e arroz, respectivamente. Essas áreas substituídas poderiam ter produzido 400 mil toneladas de feijão (12% da produção nacional) e 1 milhão de toneladas de arroz (9% da produção nacional). Nos mesmos municípios reduziu-se em 460 milhões de litros a produção de leite e em 4,5 milhões de cabeças o rebanho bovino (WEID, 2008, p. 125).

Com base na pesquisa feita pelo jornalista Mario Zanata, pode-se observar que houve muita expansão da área cultivada com cana-de-açúcar na região Centro Sul do Brasil, pois principalmente na safra 2007/2008, cresceu substituindo outras culturas como as de soja, milho, café e laranja, além das áreas de pastagem. As três primeiras representam 27% da expansão e, embora esse dado confirme o fato de que a substituição se dá principalmente em área de pastagem, a perda das outras culturas está longe de ser negligenciável. (VALOR ECONÔMICO, 2008 apud WEID, 2009, p. 125).

Na concepção do economista Weid (2009, p. 126), há preocupações e observações que denotam a necessidade urgente e inadiável no se refere à questão energética:

O governo brasileiro alimenta a ilusão de que se pode fazer tudo, produzir alimentos e agrocombustíveis, sem problemas de concorrência por terras, água e investimentos, e sem ampliar o já brutal processo de desmatamento na Amazônia e no Cerrado. [...] A expansão das áreas voltadas para o cultivo de cana para produção de etanol e de soja para farelo de alimentação animal e para biodiesel não deixará de influenciar o preço das terras e o processo de concentração da propriedade. Os investimentos correrão para onde o lucro for mais elevado e, para que eles se voltem para a produção de alimentos, estes terão de ter preços tão compensadores quanto os dos agrocombustíveis. Conclui-se assim que a espiral de preços altos veio para ficar.

Seguindo na discussão da produção de alimentos, ressaltamos as idéias de *Lester R. Brown, no seu livro Plano B: mobilização para salvar a civilização* (2009, p. 25), em cuja obra há uma extensa discussão sobre os grandes problemas mundiais como a escassez de alimentos, a transição energética, a revolução da eficiência energética, a ecologia urbana e etc. Na sua análise atualmente, há uma grande luta para alimentar o crescimento da população: o aumento do consumo de proteína animal originada de grãos e recentemente o uso de grãos para abastecer automóveis.

Em relação à oferta Brown cita diversas tendências ambientais e de recursos que estão dificultando uma expansão suficientemente rápida da produção de alimentos:

Entre as principais, incluem-se a erosão do solo, o esvaziamento de aquíferos, as ondas de calor que afetam as plantações, as camadas de gelo que se dissolvem com a elevação do nível do mar e o derretimento das geleiras das montanhas que alimentam a maior parte dos rios e sistemas de irrigação. Além disso, três aspectos estão dificultando a oferta de alimentos: a perda de terras cultiváveis para o uso não agrícola, a transferência de água de irrigação para as cidades e a esperada redução do suprimento de petróleo (BROWN, 2009, p. 25).

O autor alerta que o crescimento populacional também é ponto crucial. A cada ano, há um aumento de 79 milhões de pessoas para alimentar, e infelizmente, a grande maioria está localizada em países onde os solos, lençóis freáticos e poços de irrigação estão respectivamente em erosão, diminuindo e secando. Se não diminuir a expansão populacional, será muito difícil erradicar a fome.

A produtividade dos solos diminui com a erosão e cerca de 30% das terras cultiváveis no mundo estão nessa condição. Em alguns países, como Lesoto e Mongólia, a produção já foi reduzida pela metade ou mais nas últimas três décadas. O Cazaquistão, berço do projeto das Ilhas Soviéticas há meio século, perdeu 40% de suas terras produtivas desde 1980. As grandes tempestades de poeira da África Central, acentuando a perda da camada superficial do solo, além de continuar também estão se expandindo, assim assinala Brown (2009, p. 26).

A perda de solos se iniciou com os primeiros cultivos de subsistência, mas foi recentemente, que o homem desenvolveu a capacidade de bombear os aquíferos, e os resultados já são alarmantes, principalmente nos países mais populosos, onde os poços começam a secar. A Arábia Saudita anunciou que o seu maior aquífero fóssil (que não poderá encher novamente) está simplesmente esvaziado, o que inviabilizará a produção de trigo em 2016. Um estudo do Banco Mundial aponta que 175 milhões de pessoas na Índia estão sendo alimentadas por aquíferos bombeados acima de sua capacidade. Na China, esse problema prejudica 130 milhões de pessoas, assim afirma Brown (2009, p. 27).

As mudanças climáticas afetam diretamente a produção de alimentos, na medida que a temperatura aumenta, diminui a produtividade das culturas. Com o aumento na temperatura durante o processo produtivo, o agricultor pode esperar um declínio de 10% nas produções de trigo, arroz e milho. Em seu estudo Brown (2009, p.27) alerta que:

Desde 1970, média de temperatura da superfície da Terra aumentou em 0,6 graus Celsius, ou quase um grau Fahrenheit. E o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) das Nações Unidas projeta que a temperatura crescerá até seis graus Celsius (11 graus Fahrenheit) durante este século.

Esse aumento da temperatura provoca o derretimento das geleiras das montanhas. Dessa forma, a Ásia encontra-se diante de uma situação crítica. O gelo derretido das geleiras do Himalaia e do Platô Tibetano sustenta os maiores rios da Índia e China e os sistemas de irrigação que dependem deles durante a estação seca. Na Ásia, tanto os campos de trigo quanto os de arroz precisam dessa água. A China é o líder mundial em produção de

trigo, seguido pela Índia e Estados Unidos. Portanto, se houver adversidades na produção desses países, afetará o preço de alimentos no mundo inteiro, apoiando-se ainda no estudo de Brown (2009, p. 27).

Não só fora da academia, isto é, os empresários e empreendedores sucroalcooleiros, mas também dentro da academia, há pesquisadores que defendem a produção de biocombustível. Um desses pesquisadores é o professor Marcos Sawaya Jank, associado da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo - FEA e do Instituto de Relações Internacionais da USP. Em artigo escrito em parceria com Márcio Nappo assessor de Meio de Ambiente da União da Indústria de Cana-de-açúcar, intitulado *Etanol de cana-de-açúcar, uma solução energética global sob ataque*, defende a produção de biocombustível afirmando que é falso o dilema “alimento *versus* agroenergia” e que a discussão mundial sobre o tema no Brasil não faz sentido, quando registrou que:

[...] a produção de cana-de-açúcar nas últimas décadas tenha aumentado de forma espetacular (de 100 milhões de toneladas em 1976 para os quase 500 milhões de toneladas em 2007), o Brasil não reduziu o ritmo de produção de alimentos. Ao contrário, a safra de grãos de 2007/2008, mais de 140 milhões de toneladas, bateu recorde histórico e a produção praticamente dobrou na última década (JANK; NAPPO, 2009, p. 42).

Contrapondo-se aos críticos do crescimento do agrocombustível, esses autores apresentam a seguinte argumentação para defender o crescimento da energia procedente do etanol:

Tanto no caso da cana como da produção de alimentos em geral, o enorme crescimento baseou-se mais em produtividade do que no aumento de área agrícola ao longo dos anos. A produtividade da cana-de-açúcar cresceu a uma taxa média anual de 1,4% desde 1970. Se, em contrapartida, tomarmos a produtividade de etanol em litros por hectare, além dos ganhos agrícolas, também os de eficiência nos processos industriais, a taxa anual média de crescimento passa a ser de aproximadamente 3%, ou seja, a produtividade do etanol brasileiro mais que dobrou nesse período. A produtividade de importantes culturas alimentares como soja, milho e arroz também teve ganhos expressivos na mesma época. A produtividade da soja cresceu a uma taxa média anual de 2,5%.

Portanto, na argumentação de Jank e Nappo (2009, p. 42), “[...] a agricultura brasileira como um todo, na produção de alimentos e energia, o crescimento tem sido impulsionado por produtividade e não por mobilidade ou desmatamento.”

No Brasil os preços dos alimentos se elevaram devido ao reflexo direto da alta no mercado internacional que, segundo o Fundo Monetário Internacional – FMI, foi da ordem de 53%, e também devido a sua condição exportadora no agronegócio.

Os autores afirmam que no cenário internacional é importante observar que a crise dos alimentos é multidimensional. E que diversos são os fatores que pressionam os preços dos alimentos, mas a responsabilidade por sua elevação está sendo atribuída injustamente aos biocombustíveis de forma generalizada.

Eles fazem ainda uma importante relação com o fortalecimento das principais economias emergentes mundiais, assinalando que o aumento da renda associado à urbanização das populações, observado nos principais países em desenvolvimento, particularmente na China e na Índia, aumentou a demanda por alimentos no mundo. O aumento da renda *per capita* faz com que a população desses países passem a ter mais recursos para se alimentar. O processo maciço de urbanização provoca importante mudança nos hábitos alimentares da população que migra do campo para a cidade e passa a substituir o consumo de grãos e tubérculos pelas chamadas proteínas “mais nobres”, como carnes e lácteos.

Por outro lado, os autores apresentam uma importante relação entre o consumo e o crescimento da renda da população:

Para produzir 1 Kg de carne, por exemplo, são utilizados de 5 Kg a 8 Kg de grãos, o que provoca um aumento exponencial no consumo destes últimos. Se considerarmos apenas China e Índia, que abrigam mais de um terço da população mundial, o crescimento anual da renda, que vem ultrapassando os dois dígitos há vários anos, tem causado um impressionante aumento da demanda por alimentos naqueles países. Somente na China, com uma população de 1,3 bilhões de habitantes, o consumo de carnes passou de 25 Kg *per capita* em 1995 para 53 Kg em 2007 (JANK; NAPPO, 2009, p. 45).

Os autores corroboram assim, que existem muitos fatores que influenciam no preço dos alimentos, pela alta dos custos de produção das *commodities* agrícolas. Observam que fertilizantes e defensivos, responsáveis por cerca de um terço do custo de produção internacional de culturas como a soja e o milho, tiveram seus preços mundiais substancialmente elevados. Afirmam ainda que “[...] Os preços internacionais da uréia, por exemplo, subiram cerca de 50%, entre abril de 2007 e abril de 2008. Nesse período, potássio e fosfato tiveram seus preços mundiais elevados em mais de 150%, enquanto o óleo diesel aumentou 59%.” (p. 45)

Outros importantes fatores apresentados são:

[...] as quebras de safra registradas na Austrália e Europa, principalmente para o caso do trigo; a desvalorização do dólar americano, impactando todos os produtos cotados nessa moeda – como é o caso da maioria das *commodities* agrícolas; o aumento da especulação, por parte de fundos de investimentos (*hedge funds*) sobre essas *commodities* agrícolas; a redução dos estoques globais de diversos itens agropecuários e, ainda, a política protecionista e os subsídios domésticos praticados pelos países desenvolvidos, os quais desestimulam a produção agrícola em outras partes do mundo. Tem-se assim uma conjuntura única de fatores que deflagraram o processo de alta dos preços agrícolas observados ao longo do ano de 2008 (JANK; NAPPO, 2009, p. 47).

Pode-se citar também, conforme os autores, que a alta global dos preços dos alimentos é devido ao fato de que o etanol norte-americano é produzido a partir do milho, onde 20% da produção de milho é destinada à produção de etanol. Os Estados Unidos exportam mais de 60% do total mundial dessa *commodity*, e o uso de sua produção para fins energéticos tem provocado a elevação dos preços internacionais, conforme afirmam os autores.

Outro indicador é a relação entre as terras aráveis no mundo, e a sua forma de uso e a produção de alimentos é dada pela *Food and Agriculture Organization - FAO*:

[...] as terras cultivadas com alimentos no mundo totalizam 1,4 bilhão de hectares, dos quais somente 15 milhões são utilizados para a produção de etanol, ou seja, 1%. A grande pergunta é: como esse 1% pode ser responsabilizado pelo aumento preço de produtos cultivados nos outros 99% de área? Ainda segundo a FAO, o potencial de terras aráveis no mundo é de aproximadamente 4 bilhões de hectares. Portanto, existem recursos ociosos que permitem aumentar tanto a produção de alimentos como a de biocombustíveis, desde que haja avanço e difusão das melhorias técnicas de produtividade (JANK; NAPPO, 2009, p. 47).

Os autores referenciados neste item, expõem de forma clara e precisa o grande impasse da questão produção de alimentos versus produção de biocombustíveis. Temos vários caminhos e tomadas de decisões importantes ao futuro da humanidade. Assim, sobrevem o desafio da renovação energética e aumento da produção de alimentos devido ao grande aumento populacional mundial. Alguns autores defendem ferrenhamente a produção de alimentos, criticando a produção de biocombustíveis, e vice versa. Mas o grande desafio é a conciliação da produção de alimentos e produção de biocombustíveis, somando esforços, distribuindo renda e promovendo a justiça social.

A seguir, em linhas gerais, apresentar-se-á a evolução da produção da cana-de-açúcar no Brasil, para melhor visualização da cadeia produtiva do etanol e para entender também as questões econômicas e sociais envolvidas nesse processo.

CAPÍTULO 3

CANA-DE-AÇÚCAR

3.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é originária da Nova Guiné e foi levada para o sul da Ásia, onde foi usada, primeiramente, na forma de xarope. A primeira evidência do açúcar em sua forma sólida, data do ano 500, na Pérsia, conforme relatam Mozamboni et al. (2006), no primeiro capítulo – *História e morfologia da cana-de-açúcar*, da obra *Atualização em produção de cana-de-açúcar* organizado por Segato (2006, p.11).

A propagação das culturas de cana-de-açúcar no norte da África e sul da Europa deve-se aos Árabes, na época das invasões. Nesse mesmo período, os chineses a levaram para Java e Filipinas. As conquistas árabes no Ocidente disseminaram o cultivo da cana-de-açúcar nas margens do mar Mediterrâneo, a partir do século VIII (MOZAMBONI, et al., 2006, p.11).

A cana-de-açúcar é típica de climas tropicais e subtropicais, motivo pelo qual a planta não correspondeu às tentativas de cultivo na Europa. Na América a cana-de-açúcar teve excelentes condições para o seu desenvolvimento. Mais tarde, as maiores plantações do mundo se concentraram nesse continente. Depois de Colombo ter levado as primeiras mudas para São Domingos, em sua segunda Viagem (1493), as lavouras estenderam-se a Cuba e outras ilhas do Caribe. A planta foi levada depois, por outros navegantes, para as Américas Central e do Sul.

No Brasil, há indícios de que o cultivo da cana-de-açúcar seja anterior à época dos descobrimentos, mas seu desenvolvimento se deu posteriormente, com a criação de engenhos e plantações com mudas trazidas pelos portugueses. Já em fins do século XVI, os Estados de Pernambuco e Bahia contavam mais de uma centena de engenhos, tendo a cultura florescida de tal modo que o Brasil, até 1650, liderou a produção mundial de açúcar, com grande penetração no mercado europeu. Depois de 1615, a cultura da cana-de-açúcar atingiu o planalto paulista, com a região de Itu destacando-se, no século XVII, como o maior centro açucareiro de São Paulo. Em 1798, Frei Gaspar relatou que essa cultura já estava implantada em Santos e em São Vicente (MOZAMBANI, et al., 2006, p.12).

A cana-de-açúcar se adaptou bem ao solo brasileiro e, durante todo o período colonial, foi extensamente cultivada com bons resultados ao longo da costa brasileira, onde

dezenas de engenhos foram construídos, principalmente no Recôncavo Baiano e em Pernambuco, promovendo o importante ciclo da economia canavieira no Brasil durante quase dois séculos.

No estudo *Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento Sustentável*, há um pouco da sua história:

Com a expulsão dos holandeses do Nordeste e a expansão da agroindústria açucareira na região das Antilhas, em meados do século XVII, a produção brasileira reduziu sua importância relativa, mas permaneceu desde então como uma importante atividade na economia brasileira, revigorada a partir da criação do Instituto do Açúcar e do Álcool, em 1933, época em que o uso do bioetanol automotivo já era uma realidade nascente. Também a partir dessa época, a agroindústria canavieira começou a se expandir na Região Sudeste, associada, em princípio, à decadência da lavoura cafeeira e, posteriormente, ao crescimento do mercado interno [Szmrecsányi (1979)]. Atualmente, a cultura da cana alcança quase todos os estados brasileiros e ocupa cerca de 9% da superfície agrícola do país, sendo o terceiro cultivo mais importante em superfície ocupada, depois da soja e do milho. Em 2006, a área colhida foi da ordem de 5,4 milhões de hectares, para uma área plantada de mais de 6,3 milhões de hectares e produção total de 425 milhões de toneladas [Carvalho (2007)]. A região produtora de maior destaque é Centro-Sul-Sudeste, com mais de 85% da produção, e o maior produtor nacional é o Estado de São Paulo, com cerca de 60% da produção. O sistema de produção envolve mais de 330 usinas, com capacidade entre 600 mil e 7 milhões de toneladas de cana processada por ano, com uma usina média processando, anualmente, cerca de 1,4 milhão de toneladas (NOGUEIRA, 2008, p. 13).

Nesse contexto, chega-se à situação atual de produção, onde os grandes produtores de cana-de-açúcar são: Brasil, Cuba, México e Estados Unidos. Seguem-se, pela importância de suas safras, países asiáticos como a Índia, a China e as Filipinas. No Brasil, depois de meados da década de 1970, a crise do petróleo tornou intensa a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, para a utilização direta em motores a explosão (hidratado) ou em mistura a gasolina (anidro). Desde então, o álcool combustível, saído de modernas destilarias que em muitos pontos do país substituíram os antigos engenhos, passou a absorver parte ponderável as matéria-prima antes destinada sobretudo à extração do açúcar (MOZAMBANI, et al., 2006, p.12).

Segundo Jank e Nappo (2009, p. 24), “[...] a cultura da cana-de-açúcar ocupa 7,8 milhões de hectares, ou 2,3% do total de terras cultiváveis do Brasil.” É cultivada

principalmente no Sudeste e Nordeste, com dois períodos diferentes de colheita: de abril a dezembro, na região Centro-Sul, e de setembro a março, na região Nordeste.

Uma das condições favoráveis do seu cultivo é a adaptação às condições de alta intensidade luminosa, altas temperaturas e regular quantidade de chuvas. Sabe-se que 30% de seu peso é representado pela matéria seca e, 70% pela água, na dependência do estágio fonológico. Sua capacidade de absorver água pelas folhas é maior do que em qualquer outra *poácea*, no entanto, são as raízes, através dos seus pêlos absorventes, as responsáveis pela maior quantidade de absorção de água. O orvalho da madrugada e os chuviscos, que não chegam a atingir o solo, são absorvidos por suas folhas (SEGATO; MATTIUZ; MANZONI, 2006, p. 19).

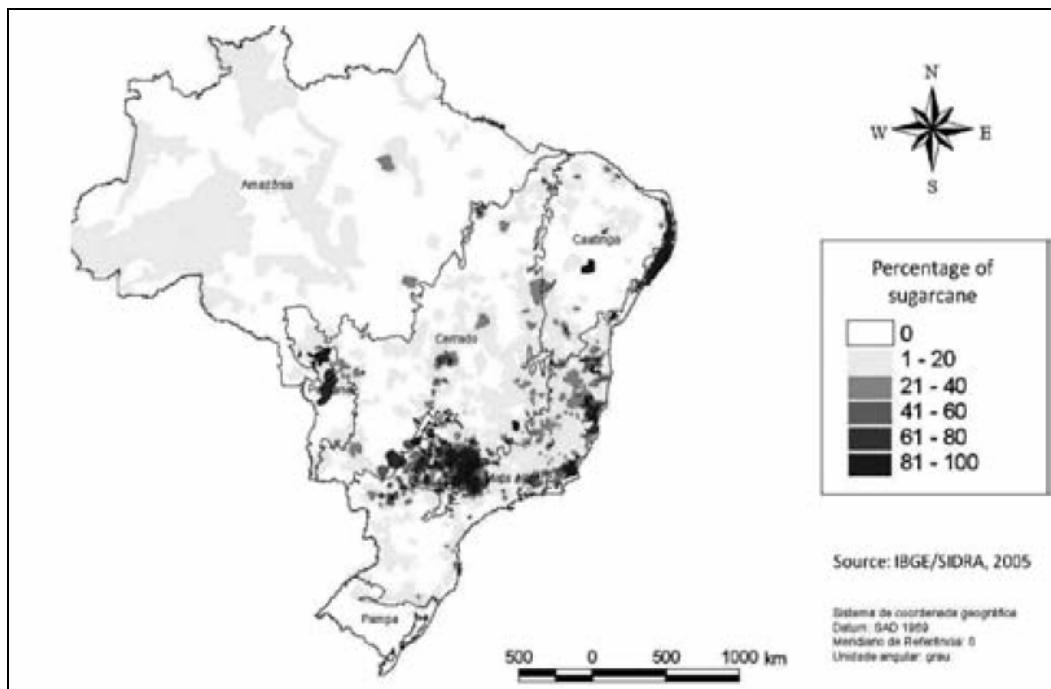
Vistas as condições acima pode-se deduzir que ela é ideal para cultivo em regiões tropicais. Entretanto, Segato, Mattiuz e Manzon (2006, p. 19), alertam que o conhecimento do ciclo da cultura é importante para melhor manejá-la, pois se sabe que toda e qualquer produção vegetal que vise a máxima produtividade econômica, fundamenta-se na interação de três fatores: a planta, o ambiente de produção e manejo.

O ciclo fenológico da cana-de-açúcar completa-se em aproximadamente 11-22 meses, ou seja, cana de ano ou cana de ano e meio. A cultura precisa de um período quente e úmido para brotar, emergir, perfilhar e outro relativamente seco e/ou frio para acumular sacarose, ou seja, para maturar e ter uma colheita rentável (SEGATO; MATTIUZ; MANZONI, 2006, p. 36).

Dadas as condições já conhecidas em relação à sua produção, como o solo e clima e as variedades propícias a cada região, é importante aliar as condições favoráveis para obter maior produção. Todos os fatores ambientais que imporem outra condição, tendem a alterar o ciclo fenológico da cultura. Portanto todo o manejo deve ser empregado para otimizar e dar condições para que a cana-de-açúcar consiga expressar o máximo do seu potencial produtivo, o que significa produzir quantidade de biomassa por hectare, aliado a quantidade de sacarose, preservando o canavial para ser produtivo o máximo de tempo possível, conseguindo-se assim colheitas mais lucrativas (SEGATO; MATTIUZ; MANZONI, 2006, p.36).

Nóbrega e Dornelas (2006, p.39) relatam que o setor canavieiro passa atualmente por um processo de incrível crescimento. Impulsionado, principalmente, pelo aumento na demanda de álcool, tanto no mercado interno, em função do avanço da tecnologia dos veículos bicompostíveis, como por um interesse mundial crescente na utilização do etanol, em mistura à gasolina.

Figura 11 - Cana-de-açúcar plantada no país



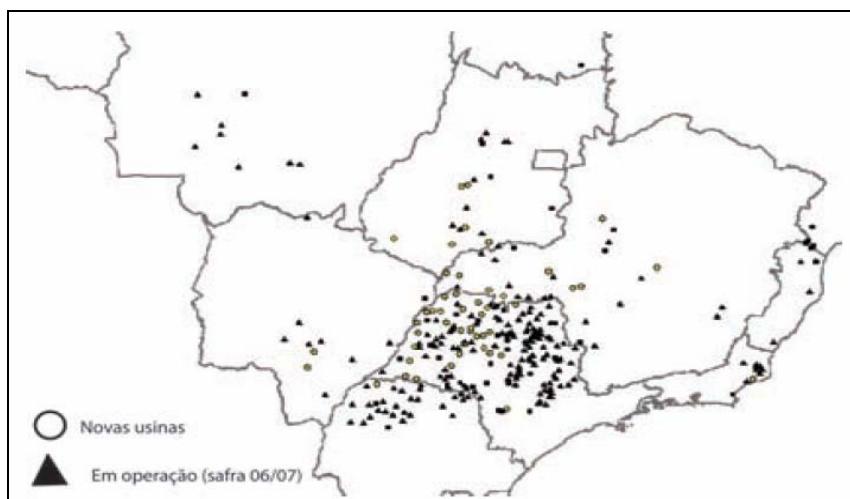
Fonte: IBGE/Sidra (2005)

Na figura 11 acima, pode-se observar que o Estado de São Paulo é o maior produtor nacional, tanto na produção como na exportação, tendo respondido por 69% da cana moída na safra 07/08, na Região Centro/Sul. Mesmo com o crescimento dos outros Estados, SP respondeu por 67% a 68% da safra 08/09, no Centro/Sul. Na região centro, em termos dos produtos obtidos, São Paulo respondeu por 73% do açúcar produzido na região; a produção de etanol paulista correspondeu a 66% do total do Centro/Sul, sendo diferente a proporção entre os tipos: o anidro respondeu por 69% do obtido na região, e o hidratado por 63%. A expansão da cultura de cana-de-açúcar no estado, com uma área total ocupada de cana, 3,9 milhões de hectares foram colhidos para a produção de açúcar e álcool. O aumento da área cultivada foi de 7% ao ano em média nos últimos seis anos (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 29).

A seguir pode-se verificar a distribuição da área plantada de cana-de-açúcar, no território nacional. Na figura 12 demonstra expansão de cana na Região Centro-Sul, em particular a localização. A expansão da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo tem-se dado, em maior proporção, sobre as áreas de pastagem. São Paulo tem cerca de 8,5 milhões de hectares de pastagem plantada e 1,5 milhões de hectares de pastagem nativa. O rebanho paulista, de acordo com o IBGE (2005), era de 13 milhões de cabeças, o que correspondia a uma lotação média de 1,3 cabeças por hectare, que seria um índice baixo, apesar de maior que

a média brasileira - menor que 1 cabeça por hectare (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 30).

Figura 12 - Localização das usinas na Região Centro-Sul

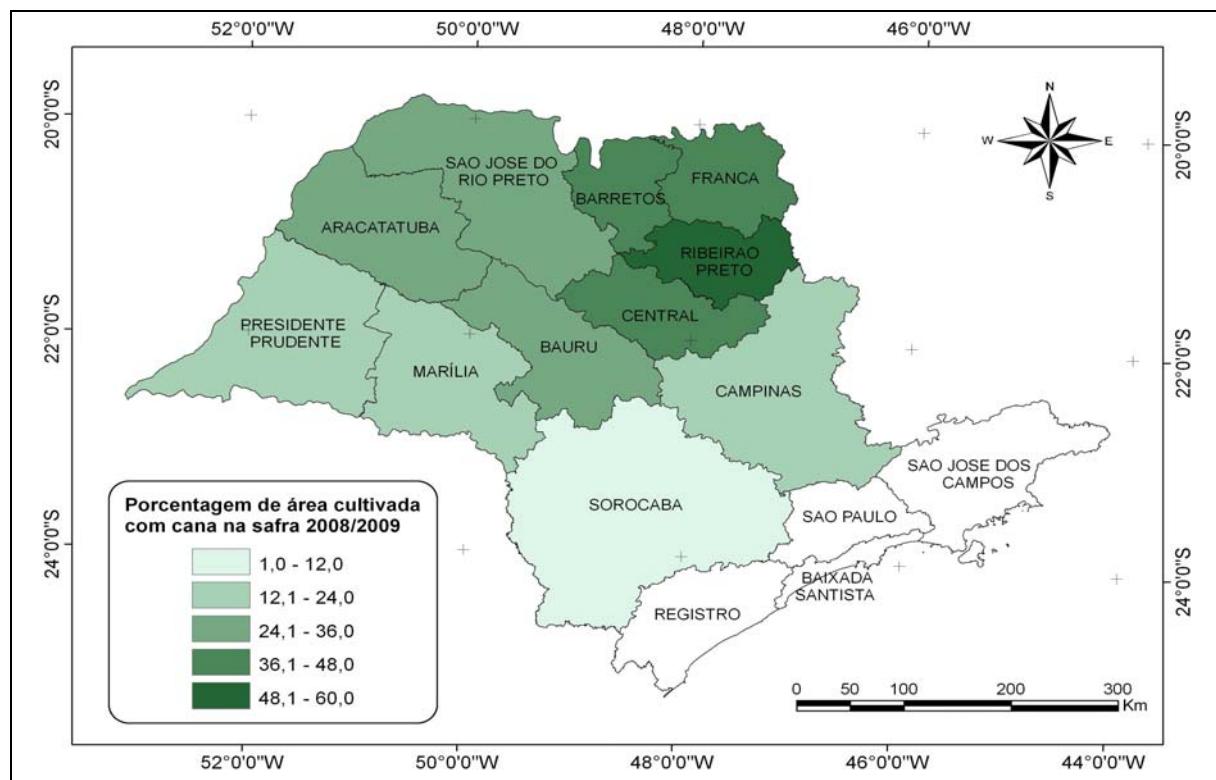


Fonte: IBGE/Sidra (2005)

Na ilustração da figura 12, pode-se observar a distribuição geográfica das usinas de açúcar e bioetanol. Elas se situam junto às regiões produtoras de cana, a maior parte delas localizada no Estado de São Paulo, como já foi demonstrado. Nesse estado conjugaram-se, além das excelentes condições de solo e clima, a existência de uma adequada infraestrutura de transportes, a proximidade dos mercados consumidores e uma ativa base de desenvolvimento científico e tecnológico, fundamental para o processo de expansão com incrementos de produtividade. Entretanto, nos últimos anos, com a relativa saturação das áreas disponíveis nesse estado e a elevação dos custos da terra, as novas unidades de produção têm se instalado em áreas anteriormente ocupadas por pastagens e, em menor grau, por cultivos anuais na região do Triângulo Mineiro, Sul de Goiás e Sudeste de Mato Grosso do Sul, áreas contíguas às tradicionais regiões produtoras de cana do Centro-Sul brasileiro, que permitem desenvolver sistemas produtivos similares aos existentes em São Paulo (NOGUEIRA, 2008, p. 15).

Na figura 13, a seguir, é possível verificar a grande expansão da área cultivada da cana-de-açúcar, no estado de São Paulo.

Figura 13 - Porcentagem da área da Região Administrativa - RA ocupada pelo cultivo de cana-de-açúcar na safra 2008/09.



Fonte: Aguiar et al., (2009, p. 15)

Na região centro-norte do estado, nas microregiões administrativas de Ribeirão Preto, Franca, Barretos e Central, ocorrem as maiores concentrações de área cultivada.

Analizando detalhadamente o estado de São Paulo, é possível constatar que o sistema paulista é bastante interessante. De um lado, o Estado é o maior produtor de etanol de cana-de-açúcar do Brasil. Ou seja, a maior parte da agroenergia gerada em SP é oriunda de cana, e não de grãos como ocorre nos Estados Unidos. Além disso, há um potencial a ser explorado na produção de biodiesel que se origina no plantio de soja na rotação de cana-de-açúcar. É interessante notar que a expansão da área de cana-de-açúcar, oferece a oportunidade de aumento da área de grãos, quando considerado este processo de rotação (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 30).

De acordo com Jank e Nappo (2009, p. 39), a expansão do etanol é acusada constantemente, de aumentar o desmatamento da Amazônia, e de estar associada ao aumento de preços internacionais de *commodities* agrícolas, de forma injusta e incorreta. “[...] Os países da União Européia, têm proposto rígidos processos de certificação para produção e

importação de biocombustíveis, baseados principalmente nas questões de mudanças do uso do solo e dos impactos dessa produção sobre a oferta de alimentos”. Isto significa que a responsabilidade na oferta de alimentos e sua distribuição principalmente para a Europa possui normas rígidas exigindo certificação para produção e importação de biocombustíveis, ou seja, aumentando a qualificação na operacionalização e no fluxo desse produto até o consumidor.

Esses pesquisadores apresentam ainda uma situação da produção do etanol em relação ao uso da terra em regiões de sensibilidade ecológica, como também a qualidade da sua produção, quando afirmam que a expansão da cana-de-açúcar para produção de etanol não ocorre em biomas sensíveis. Embora reconheçam a importância das atuais discussões sobre mudanças no uso da terra, principalmente no que concerne à preservação de áreas de alto valor biológico. Nas últimas décadas, a expansão ocorreu na região Centro-Sul do Brasil, principalmente no estado de São Paulo, longe da Amazônia e de outras áreas ecologicamente importantes, como o Pantanal mato-grossense. Outro ponto relevante que os autores se apóiam ao fazer a afirmação anterior, é que a produção de cana-de-açúcar não é economicamente viável na floresta Amazônica – por várias razões técnicas, “[...] como a ausência de alternância de estações secas e úmidas, fundamental para que a planta cresça e aumente o teor de sacarose, e ainda não há infraestrutura de transporte confiável para escoar o produto final, nessas regiões”.

Registraram ainda que como previsão sobre expansão da cana-de-açúcar, a sua ampliação no Centro-Sul brasileiro, especialmente em áreas de pastagens degradadas ou com baixíssima produtividade.

Segundo estimativas do Ministério da Agricultura, existem atualmente cerca de 30 milhões de hectares de pastagem com baixa produtividade que poderão ser substituídos pela agricultura nos próximos anos. As áreas mais promissoras para futura expansão são o oeste do estado de São Paulo, o oeste do estado de Minas Gerais e as regiões sul dos estados de Mato Grosso do Sul e Goiás (JANK; NAPPO, 2009, p. 40).

Dessa forma, a discussão sobre o desmatamento da floresta amazônica, devido à expansão da cana-de-açúcar, certamente não se constituirá. O desmatamento no Brasil envolve outras questões muito mais relevantes do que a expansão da cana-de-açúcar, como por exemplo, o preço e escassez de madeira induzem o desmatamento desenfreado. Mas essa é uma questão tão controversa, quanto à questão de produção de alimentos, onde há

envolvimento de muitas políticas mal planejadas, falta de fiscalização, necessidade de desenvolvimento e distribuição de renda.

Outro ponto relevante dessa discussão é a criação de gado e a produção de soja, pressionado pela expansão da cana-de-açúcar, influenciando também o desmatamento da Amazônia. Voltando ao mesmo questionamento anterior, coloca-se a seguinte questão: Será que o preço atraente da madeira no mercado leva ao desmatamento, e assim com o solo já desmatado e sem plano de manejo e sem assistência técnica habilitada, e sem perspectivas iniciam o cultivo de soja e/ou criação de gado? Concluem esses autores.

Segundo dados do Instituto de Economia Agrícola de São Paulo, entre os anos de 2001 e 2006 “[...] houve forte redução da área de pastagem no estado e concomitantemente aumento do número total de cabeças de gado. A maior parte dessa diminuição de pastos se deu em decorrência da utilização dessas áreas para a produção de cana-de-açúcar.” (JANK; NAPPO, 2009, p.41).

É comum na lavoura brasileira, a substituição de culturas agrícolas em função de suas rentabilidades. Em algumas áreas a troca da área da soja pelo arrendamento para cana-de-açúcar, foi muito observada nos estados de São Paulo e Paraná, sem que implique no avanço da fronteira da soja.

Nos últimos anos, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a área com soja no país retrocedeu de 23,3 milhões de hectares (safra 2004/2005) para atuais 21,2 milhões de hectares (safra 2007/2008), apesar do aumento da área com cana. Mais recentemente, inclusive, parte significativa dessas áreas tem sido reconvertida para a produção de soja, o que evidencia que essa produção não foi deslocada pela cana-de-açúcar para novas áreas. Portanto, a expansão da cana-de-açúcar não leva necessariamente ao deslocamento de outras atividades agrícolas (JANK; NAPPO, 2009, p. 41).

Vale lembrar nesse momento, que essa troca do cultivo de soja por cultivo de cana leva a um impacto ambiental importante observado na região de Assis e municípios circunvizinhos, que é a retirada de árvores isoladas ou até mesmo maciços florestais em estágio inicial para a implantação da cultura da cana-de-açúcar. O cultivo da cana-de-açúcar é altamente mecanizado, e assim tecnicamente é recomendado a retirada das árvores remanescentes na propriedade, para que as máquinas possam fazer o trabalho mecânico livremente. Para que isso ocorra, deve ser feito a compensação ambiental dessa retirada, mas árvores centenárias são retiradas em prol da expansão da cana-de-açúcar. Observa-se também,

que este impacto dificilmente aparece na literatura e nas discussões ambientais sobre o processo produtivo do etanol.

O seguimento do agronegócio da cana-de-açúcar, que engloba a produção de cana, açúcar e bioetanol, movimentou em 2007 cerca de R\$ 41 bilhões, correspondentes a faturamentos diretos e indiretos. Foram processados 420 milhões de toneladas de cana, produziram-se 30 milhões de toneladas de açúcar e 17,5 bilhões de litros de bioetanol e foram exportados 19 milhões de toneladas de açúcar (US\$ 7 bilhões) e 3 bilhões de litros de bioetanol (US\$ 1,5 bilhão), representando 2,65% do produto interno bruto (PIB) nacional. Além disso, foram recolhidos R\$ 12 bilhões em impostos e taxas e realizaram-se investimentos anuais de R\$ 5 bilhões em novas unidades agroindustriais (NOGUEIRA, 2008, p. 15).

Vários fatores contribuíram para a heterogeneidade quanto à escala de produção, ao porte, à localização geográfica, às estruturas produtivas e aos perfis financeiros e administrativos. Nesse contexto, naturalmente, observam-se diferentes custos de produção e níveis de eficiência, como resultado da significativa evolução do setor sucroalcooleiro durante as últimas décadas, em termos de capacidade, perfil produtivo e flexibilização do marco regulatório, na concepção de Nogueira (2008, p. 16).

Abaixo há um quadro sintético e estatístico caracterizando o setor sucroenergético brasileira da safra 2009/2010.

Movimenta:	R\$ 56 bilhões (Produção de Cana, Açúcar, Etanol e Bioeletricidade)
Representa:	2 % do PIB
Gera:	4,5 milhões de empregos diretos e indiretos
Envolve:	72.000 agricultores (produtores independentes de cana-de-açúcar)
Moe:	610 milhões de toneladas de cana
Produz:	33 milhões de toneladas de Açúcar
Produz:	29 bilhões de litros de Etanol
Exporta:	20 milhões de toneladas de açúcar / US\$ 9 bilhões
Exporta:	2 bilhões de litros de Etanol / US\$ 1 bilhão
Recolhe:	R\$ 14 bilhões em impostos e taxas
Investe:	R\$ 8 bilhões/ano
Compõem-se de:	420 Usinas e Destilarias (+ cerca de 40 projetos em andamento)
Área Plantada	7,8 milhões de hectares - 3,5% área agricultável

Fonte: Jornal Cana, (2011)

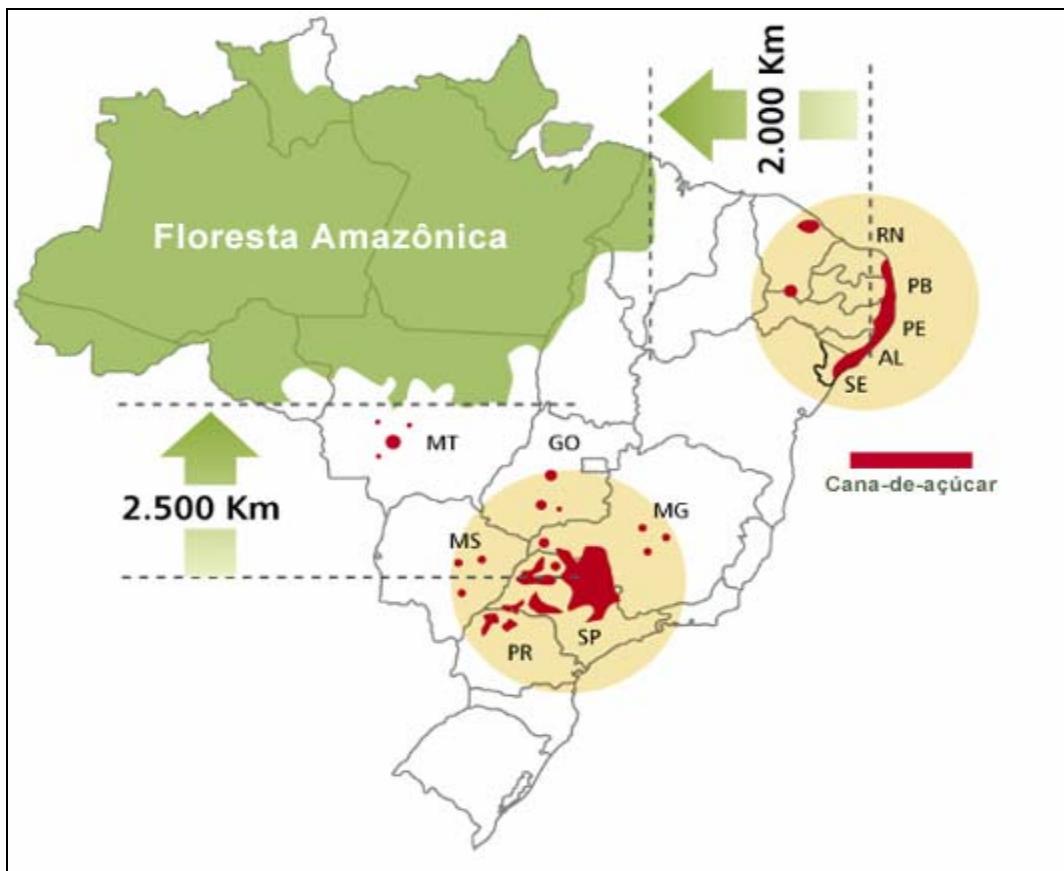
Fazendo uma breve análise e comparando os números do setor sucroenergético de 2007, apresentado anteriormente pelo Nogueira (2008) com os números as safra 2009/2010 apresentado pelo Jornal Cana 2011, pode-se fazer estimativa de aumento médio de 30% dos números do setor, e com expectativa de expansão.

A demanda crescente do etanol tem incentivado a ampliação de novas regiões como as de Araçatuba e Barretos, em São Paulo e em outras regiões, como a do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais, e extensas áreas nos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, estão sendo sistematicamente incorporadas às regiões produtoras tradicionais. O melhoramento dos cultivares tem significativa importância no crescimento da atividade canavieira, não apenas pelo desenvolvimento de novas variedades, que eram cinco a seis por volta de 1970 para aproximadamente 500 atualmente, como também pelo aumento da produtividade, que no mesmo período teve aumento próximo de 40 toneladas por hectare (NÓBREGA; DORNELAS, 2006, p. 39).

Há muitos programas de melhoramento de plantas visando o crescimento do setor canavieiro. Variedades mais eficientes e adaptadas às diversas condições ambientais de cultivo são sistematicamente lançadas, permitindo a escolha de materiais mais adaptados e ganhos expressivos de produtividade (NÓBREGA; DORNELAS, 2006, p. 53).

O Centro de Tecnologia Canavieira – CTC é um dos maiores programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar no Brasil, juntamente com o do Instituto Agronômico de Campinas - IAC e o da Rede Universitária para desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro – RIDESA, rede que ficou responsável pelo acervo genético (variedades, pesquisas, laboratórios) do Programa Nacional de Melhoramento da cana-de-açúcar do extinto Instituto do Açúcar e do Álcool, além das Universidades e da empresa Canavialis, que está selecionando variedades super precoces e variedades com alto teor de sacarose para colheita em abril (NÓBREGA; DORNELAS, 2006, p. 40).

Figura 14 - Mapa de Produção do Setor Sucroenergético



Fonte: NIPE-Unicamp, IBGE e CTC.

Na figura 14 acima, reitera-se que a produção de cana-de-açúcar se concentra nas regiões Centro-Sul e Nordeste do Brasil. A figura 14 mostra em vermelho as áreas onde se concentram as plantações e usinas produtoras de açúcar, etanol e bioeletricidade, segundo dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Universidade Estadual de Campinas/SP - UNICAMP e do Centro de Tecnologia Canavieira - CTC.

São Paulo produz quase dois terços do álcool e do açúcar do país. A cana ocupa mais da metade das lavouras do Estado exceto as pastagens. Trata-se de concentração excessiva. Gera renda, mas acena com os riscos da monocultura, como mostra a figura 14 – mapa de produção.

O etanol é um combustível feito a partir da fermentação e destilação de açúcares e amidos. Segundo informações da Embrapa Agroenergia:

Açúcar solúvel (obtido principalmente da cana-de-açúcar), amido (grãos e tubérculos, como a mandioca e o milho) e celulose (bagaço de cana, resíduos florestais e biomassa de gramíneas, dentre outros) são, atualmente, as principais matérias-primas utilizadas para obtenção de etanol. Contudo, há

diferenças significativas no que compete à facilidade e aos custos para a produção desse composto químico.

O etanol de cana-de-açúcar é o principal componente da matriz brasileira de biocombustíveis, mas existem focos de pesquisa sobre etanol de amido e de celulose, visando a sustentabilidade e a consolidação do programa de energia renovável no Brasil.

É mais barato obter etanol a partir da cana-de-açúcar. Os componentes que a diferenciam na produção do composto gerador de energia são o alto rendimento agrícola e industrial. Além disso, tanto amido quanto celulose precisam ser fermentados para obtenção de açúcares simples para só depois serem transformados em etanol. A cana dispensa esse processo (EMBRAPA, 2007, p.1).

Nas últimas décadas, o setor sucroalcooleiro desenvolveu uma tecnologia de ponta. Atualmente, a cana-de-açúcar é matéria prima de vários produtos de valor agregado, como alimentos, rações animais, biocombustíveis e para a eletricidade, provenientes de biorrefinarias modernas integradas que produzem açúcar, etanol e bioeletricidade. No futuro próximo, os bioplásticos entrarão nessa lista, assim afirmam Jank e Nappo (2009, p.24).

Esse setor sucroalcooleiro possui pontos fortes e pontos fracos, mas é inegável a sua contribuição benéfica ao país, tanto na renovação da matriz energética, como na minimização do aquecimento global e também na geração de emprego, uma vez que é um dos setores do agronegócio que mais emprega. A seguir, alguns aspectos técnicos, sociais e também as perspectivas da cultura da cana-de-açúcar.

3.2 FORMAS DE USO DO SOLO NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR: ASPECTOS TÉCNICOS

Em virtude da crescente demanda da produção de cana-de-açúcar, muitas vezes avançando sobre áreas de produção de alimentos, sobretudo nas médias e grandes propriedades, há muitas controvérsias, mais acadêmicas do que nas empresas privadas, sobre a diminuição da área de alimentos a favor dessa monocultura.

Na obra *Bioenergia no estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, Barreiras e propostas*, Goldemberg; Nigro e Coelho (2008, p. 22), relatam que o País possui um volume expressivo de área potencialmente agricultável. Existem diferentes estudos referentes à disponibilidade de terra que, em geral, tendem a convergir para uma área potencial superior a 100 milhões de hectares na região do cerrado. Existe, ainda, uma enorme área de pastagem caracterizada por baixa produtividade das forragens e que atualmente começa a ser integrada ao sistema de grãos, configurando um inovador sistema de rotação. Em trabalho recente, Brandão et al. (2005) concluem que cerca de 80% do aumento da área

cultivada com lavouras nos últimos 10 anos no Brasil deu-se em antigas áreas de pasto. A área total de pastagem no país é de quase 200 milhões de hectares. A área agrícola atualmente cultivada no Brasil está num patamar de 60 milhões de hectares, o que permite dar a dimensão do enorme potencial produtivo do país.

Gonçalves (2006, p. 93), faz observações e alertas relacionadas à expansão da cultura canavieira na área do cerrado. São suas considerações:

A ocupação do cerrado deverá ser feita, com ênfase na conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos. Práticas de conservação incluem preservar amostras importantes desta biodiversidade para futuras gerações e promover o uso da terra e recursos naturais, de modo ambientalmente correto proporcionando condições de desenvolvimento adequado ao ser humano.

O Brasil tem uma extensão territorial de 850 Mha, sua topografia é caracterizada por extensas regiões planas e serras, com altitude máxima de aproximadamente 3000 m.

Atualmente o cerrado é uma área que está sendo considerada como foco de expansão da cultura, segundo a Embrapa. O cerrado é um dos ecossistemas brasileiros de grande extensão territorial (24 % do território) e contém a segunda maior biodiversidade da América do Sul e as nascentes de cinco grandes bacias hidrográficas. Essas nascentes são fundamentais para a prática de agriculturas sustentáveis, pois, não só as grandes hidrelétricas, como também áreas agricultáveis se abastecem nessas bacias hidrográficas (GONÇALVES, 2006, p.93).

A riqueza brasileira em latossolos e solos argilosos correspondem aproximadamente em 60% onde 39 a 70% do carbono orgânico total estão estocados até 30 cm de profundidade, com grandes variações espaciais. Esta característica produz muita perda de solo por erosão, portanto depende do tipo de cultura, práticas agrícolas, tipo de solo e regimes de chuvas. Gonçalves (2006, p. 94), faz a seguinte observação:

A cultura da cana-de-açúcar no Brasil é reconhecida por apresentar relativamente pequena perda de solo por erosão comparado com soja, algodão e milho. Bertoni et al. (1982) e Rosseto (2004) demonstraram que a perda de solo, sob a soja, é cerca de 62% maior do que quando se utiliza cana-de-açúcar.

Para evitar danos ambientais e de difícil recuperação posterior com relação a perda de solos por erosão, o referido autor observa que a aplicação de técnicas de conservação

de solo visa minimizar a perda de solo. Um bom projeto de utilização agrícola de terras deve considerar o tipo de solo (textura, tipos de horizontes, taxa de infiltração de água), declividade, regime de chuvas e a cultura a ser instalada (GONÇALVES, 2006, p. 94).

Há ainda alguns problemas a considerar no cultivo da cana-de-açúcar em relação ao seu manejo. Gonçalves (2006, p. 99), observa que:

[...] a busca de opções quanto a conservação do solo, da água e o manejo da cana-de-açúcar com a colheita mecânica e sem queimada da cultura (cana crua) têm recebido atenção por técnicos envolvidos no segmento. Assim, algumas operações antes realizadas tanto no sistema convencional como no reduzido têm sofrido questionamentos como por exemplo, a operação de subsolagem.

Desta forma, o referido autor assinala que este novo sistema de colheita associado ao conhecimento a respeito da cultura da cana-de-açúcar, principalmente quanto ao comportamento das raízes em função do tipo de solo e as invocações tecnológicas, nos equipamentos, tem proporcionado maior exploração do sistema de plantio direto. O plantio direto pode ter uma participação decisiva na ampliação da cultura da cana-de-açúcar, que está ocorrendo na maioria dos solos de cerrados, por se tratar de uma prática conservacionista.

Como foi visto acima, a tecnologia conhecida na produção da cana-de-açúcar já está bem estruturada para apoiar os investimentos necessários e continua a produzir conhecimento e técnica cujo estágio já vem realizando o sequenciamento do genoma, propiciando o desenvolvimento de plantas transgênicas, mais resistentes a doenças, e com maior capacidade de acúmulo de sacarose. “A utilização de plantas melhoradas é a forma mais econômica e prática de incrementar a produtividade e a eficiência do setor canavieiro” (NÓBREGA; DORNELAS, 2006, p. 53).

Figura 15 - Cana-de-açúcar em fase de brotação (cana-soca)



Fonte: Peres (2011)

Atualmente praticamente a produção canavieira é mecanizada, utilizando pouca mão de obra, desde o preparo do solo até a colheita. A figura 15 ilustra a fase de brotação da cultura da cana-de-açúcar no município de Assis/SP. Na figura 16, observa-se os efeitos da geada na cultura da cana-de-açúcar, cujas folhas ficaram com o aspecto de queimadas, paralisando assim o desenvolvimento da planta. No município de Assis, o cultivo da cana-de-açúcar foi severamente afetado pela geada e, consequentemente, a produção de açúcar e álcool.

Figura 16 - Cultura da Cana-de-açúcar após a geada do inverno de 2011.



Fonte: Peres (2011)

O ciclo produtivo da cana-de-açúcar é de cinco a seis anos, variando de acordo com o manejo técnico adotado pelo agricultor, clima e tipo de solo. “[...] Em São Paulo, a safra atinge na média 85 toneladas por hectare e, nos fornecedores independentes, 68 toneladas por hectare. Em Minas Gerais a média era de 73 t/ha, em Alagoas 63 t/ha e em Pernambuco 51 t/ha” (ORPLANA 2006, IBGE 2002 apud RODRIGUES E ORTIZ, 2006, p. 8).

Conforme Gonçalves, 2005 apud Rodrigues e Ortiz, (2006, p. 8), nessa época a produção e processamento de cana-de-açúcar estavam exclusivamente nas mãos do setor privado, sendo que o setor canavieiro alcançava os menores custos de produção do mundo, tanto de açúcar, como de álcool, despontando como altamente competitivo no mercado internacional.

3.3 ASPECTOS POLÍTICOS DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

No estudo *Bioenergia no estado de São Paulo*, de Goldemberg, Nigro e Coelho (2008 p. 62), encontram-se muitas referências sobre a questão tecnológica que envolve o cultivo da cana-de-açúcar. Os autores relatam que o aperfeiçoamento dos processos de fabricação de etanol exigiu extenso desenvolvimento tecnológico (geração, importação, adaptação e transferência de tecnologias) na produção agrícola e industrial, na logística e nos usos finais, nos últimos 30 anos, apoiando-se nos estudos de Macedo (2007). Além disso, há imposição de legislação específica, subsídios iniciais e permanente negociação entre os setores envolvidos: os produtores de etanol, os fabricantes de veículos, os setores reguladores governamentais e a indústria do petróleo, em um importante processo de aprendizagem.

Devido ao alto interesse econômico e político voltado à produção de etanol, muitas pesquisas em realização têm apresentado avanços tecnológicos e dentre os quais devem ser citados os seguintes.

- Período 1980–1990: Introdução em larga escala de variedades de cana desenvolvidas no Brasil (principalmente pelos programas do CTC Coopersucar e do Planalsucar); o desenvolvimento do uso integral da vinhaça na fertirrigação; controles biológicos na produção da cana; desenvolvimento do sistema de moagem com quatro rolos; tecnologia para operação de fermentações *abertas* de grande porte; aumento na produção de energia elétrica na indústria (auto-suficiência); uso final: especificações do etanol, motores a álcool, transporte, mistura e armazenamento do álcool.
- Período 1990–2000: Otimização do corte, carregamento e transporte da cana; mapeamento do genoma da cana; transformações genéticas; mecanização da colheita, obtenção de excedentes de energia elétrica e venda para a concessionária; avanços em automação industrial; avanços no gerenciamento técnico (agrícola e industrial); introdução dos motores flexíveis (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 63).

Há participação de vários setores da comunidade como também há participação pública, privado, institutos governamentais e universidades, interessados no prosseguimento dessa pesquisa.

A seguir serão destacadas algumas contribuições que fortaleceram no desenvolvimento tecnológico desde a genética até a bioinformática. No setor público,

destacou-se a atuação do Planalsucar (variedades de cana) que após seu fechamento em 1990, foi continuada pela Ridesa (rede de oito universidades federais, e parceiros privados). Em São Paulo, o IAC mantém um programa na área agronômica; aliás, a pesquisa agronômica também foi constante em diversas unidades das universidades no Estado (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 63).

Há muita contribuição do setor privado no desenvolvimento tecnológico, o que tem melhorado continuamente os processos industriais e agrícolas, mas também em projetos de maior alcance (plásticos biodegradáveis, o projeto de mapeamento do genoma, em conjunto com o setor público, gaseificação da biomassa, hidrólise da biomassa). O Centro de Tecnologia Canavieira - CTC chegou a ter orçamentos anuais de US\$ 30 milhões; após um período de redução, volta hoje para cerca de US\$ 20 milhões. Em média, cerca de 60% desse orçamento foi dedicado ao desenvolvimento de variedades de cana. O Centro de Tecnologia Canavieira - CTC teve uma característica importante, a de ter trabalhado muitos anos nas áreas agrícolas e industriais. Atualmente existem investimentos privados adicionais importantes em transformação genética da cana e bioinformática, conforme afirmam os referidos autores.

No Brasil, o modelo tradicional do setor industrial, onde é fornecida a usina completa, *chave na mão*, custa mais caro e não oferece vantagens significativas que compensem os custos de investimento adicionais. Correta ou não, esta percepção contribui para explicar os patamares diferenciados de produção e eficiência que existem no setor, conforme relata Goldemberg, Nigro e Coelho (2008, p. 83.).

Por outro lado, há alternativas que podem explicar outros procedimentos, como relatam os autores em referência, por exemplo:

Uma alternativa – em contraposição ao modelo *chave na mão* – é o EPC – *Engineering, Procurement and Construction* – baseado na parceria entre fornecedores (especializados) de equipamentos, firmas de engenharia (uma dezena de empresas especializadas e bastante competentes), prestadores de serviços e a usina (em formação ou em expansão). Uma das principais vantagens do EPC, segundo os seus defensores, é a flexibilidade de aquisição de equipamentos, por abrir a possibilidade de compra de vários fornecedores, permitindo uma análise das condições de preço e prazo de entrega GOLDEMBERG, NIGRO E COELHO, 2008, p. 83.).

Na concepção dos autores em referência, a principal vantagem que oferece é a condição que ela abre aos fabricantes de equipamentos parciais de participarem do

fornecimento de soluções integradas, sem perderem o seu foco e a correspondente especialização no respectivo segmento.

A política brasileira em relação às energias renováveis necessita de muita pesquisa para que o modelo da nossa gestão energética possa implementar energias renováveis e de custo-benefício competitivo para o seu desenvolvimento. O professor Colle [200-], do Departamento de engenharia Mecânica – UFRS (Universidade Federal de Santa Catarina), apresenta um depoimento pessimista em relação à competitividade nacional do setor, quando apresenta a sua análise:

Em relação ao papel das políticas de C&T para o setor de energia, devo registrar que até o presente, o governo federal não tem sido bem sucedido, na formulação de um modelo operacional para imprimir no país a mobilização requerida no setor, na direção de reduzir uma radical mudança de hábitos indesejáveis de a muito enraizados na cultura nacional. Primeiramente, o número de doutores de engenharia mecânica formados anualmente nas instituições de ensino superior credenciadas pela CAPES, não alcança meia centena. Esse número é absolutamente insignificante, em relação a dimensão da nossa economia no contexto mundial e insuficiente, para implementar a mobilização requerida. A ausência de financiamento público federal para pesquisa na última década, desintegrou a capacitação setorial existente e sucateou os laboratórios que dependiam exclusivamente do fomento público. Esse quadro não é limitado apenas as engenharias. Os raros laboratórios nacionais de boa reputação conseguiram sobreviver e até se desenvolver, graças a capacidade de gestão institucional de buscar outras alternativas de financiamento, em contrapartida, quando houve, ao financiamento público (COLLE, 200-, p.3).

Criticando ainda as fracas publicações brasileiras no meio acadêmico tecnológico contrasta com formidáveis recursos naturais renováveis do país. O professor Colle (200-, p.3) observa ainda que a produção tecnológica em revista indexada, “[...] o Brasil se situa muito aquém da Índia, Austrália, Egito, Israel, Coréia, China e Taiwan. Claro está que o governo federal deve ter um papel fundamental para modificar a situação existente.”

Alerta ainda que:

Certamente que nossas desvantagens de negociação redundarão, por força das circunstâncias, na abertura de mercado para os produtos estrangeiros, o que pode acarretar a rendição das empresas nacionais do setor, com riscos de sua completa desnacionalização (Colle, 200-, p.3).

Segundo Weid (2009, p. 133), vem ocorrendo desde o ano 2000 muita concentração de capital no setor sucroenergético, principalmente estrangeiro, por meio de fusões e incorporações de empresas. Dentre essas fusões destacam-se o caso da Cosan

(família Ometto) com Tate & Lyle (inglesa), Sucden e Tereos (francesas) e da Crystalsev (família Biagi) com a Cargill (americana) e Carlyle Group. Essas associações formam grandes conglomerados que ficam com uma extraordinária capacidade produtiva em benefício do setor. O autor relata ainda que em razão dos maciços investimentos diretos de capital.

Um dos grandes desafios a ser superado é construir uma economia verde, que atenda simultaneamente aos desafios de mitigação das alterações climáticas e à inclusão social através do trabalho, segundo Sachs (2010, p.40).

Alerta também que extrema importância deve ser dada ao paradigma energético, em três possíveis linhas de ação:

- uma maior sobriedade no consumo de energia, o que implica em mudanças no estilo de vida, padrões de consumo e organização espacial das atividades humanas;
- maior eficiência no uso final da energia;
- e, finalmente, a substituição completa das matrizes energéticas fósseis por um espectro de matrizes renováveis, diretas e indiretas, promovendo a utilização de produtos de origem biológicos cuja produção exige menor gasto de energia fóssil que os produtos de origem mineral. O futuro pertence às biorrefinarias que, gradualmente, irão tomar o lugar das refinarias de petróleo, possibilitando um leque de bioproductos (SACHS, 2010, p.40).

As linhas de ação citadas acima devem ser a cartilha de todo governo; seguramente é um dos desafios do século XXI, integrados ao desenvolvimento sustentável e à inclusão social dos trabalhadores. Assim como o conflito por recursos (solos agrícolas e água), entre a produção de alimentos e a de biocombustíveis. Priorizar a garantia de segurança de toda a população mundial. No entanto, há razões para crer que este conflito possa ser superado, recorrendo-se a sistemas integrados de alimento e energia, ao invés da justaposição de cadeias monoprodutivas de alimentos e combustíveis; à aceleração para a segunda geração de biocombustíveis – etanol celulósico, produzido a partir de resíduos agrícolas e florestais; e, finalmente, a transição, o mais rápido possível, à terceira geração energética – óleos combustíveis extraídos de microalgas e algas. Sachs ainda conclui que

[...] o desafio é inventar biocivilizações modernas, fazendo múltiplo uso da variedade de solos, florestas, biomassas aquáticas cultivadas em diferentes biomas, e transformando-os em alimentos, ração animal, adubo verde, bioenergias, materiais de construção, fibras, uma gama crescente de bioproductos processados por biorrefinaria, produtos farmacêuticos e cosméticos. A sustentabilidade ambiental deve ser desenvolvida de mãos dadas com preocupação de inclusão social através do trabalho decente, preferindo, sempre que possível, as estratégias de crescimento econômico conduzido pelo emprego (SACHS, 2010, p.40).

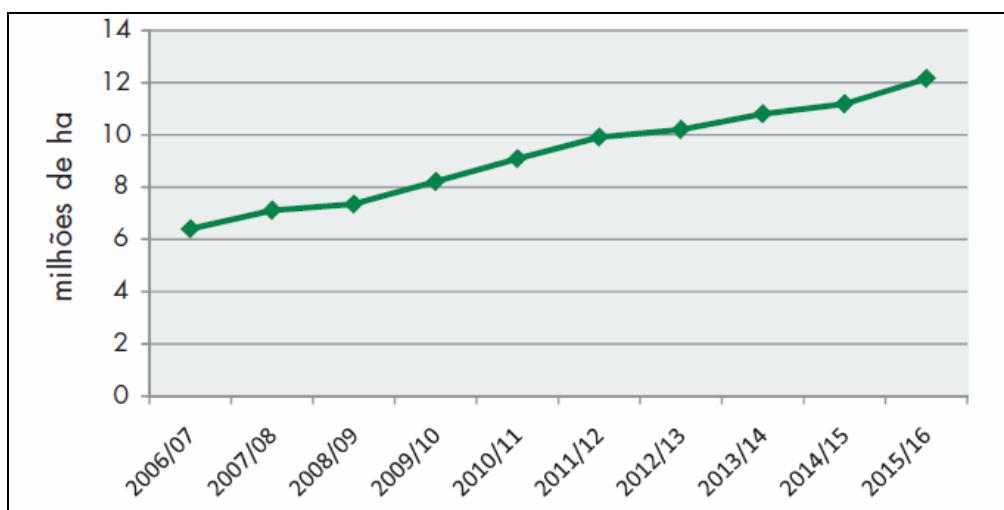
O autor nos traz uma excelente estratégia na corrida para vencer os desafios de produção de energia, alimentos e inclusão social. Dessa forma, pode-se mudar o crescimento e desenvolvimento dos países tropicais e subtropicais, detentores de grande biodiversidade e clima adequados e ainda favorecendo o trabalho e a distribuição da renda.

3.4 PERSPECTIVAS DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Há uma estimativa realizada no Instituto de Economia Agrícola – IEA relativa a expansão da cultura da cana-de-açúcar, mostrando que a área para a cana-de-açúcar para o ano-safra de 2015/16 deverá ser de 12,2 milhões de hectares no Brasil (figura 17). Isso permitirá a produção de mais de 900 milhões de toneladas de cana-de-açúcar para indústria, o suficiente para gerar cerca de 36 bilhões de litros de álcool, sob a hipótese de emprego de 52% da matéria-prima para a fabricação de etanol, hipótese que tem se mostrado conservadora, pois em 2007 esta proporção foi de 55%. A UNICA trabalha com uma hipótese de 66% da cana direcionada para o etanol em 2015 (JANK, 2008 apud GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 78).

A tendência da expansão da área cultivada parece indicar que será contínua e linear porque, da incorporação do uso da terra até sua produção, são decorridos pouco mais de dois anos (TORQUATO, 2006 apud GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 78).

Figura 17 - Estimativa de área da cana-de-açúcar para indústria no Brasil



Fonte: Instituto de Economia Agrícola apud Goldemberg; Nigro e Coelho (2008, p. 78).

Há três fatores importantes que influem na expansão da cana-de-açúcar: qualidade do solo; precipitação pluviométrica e logística. Relacionadas aos investimentos, que intensificam a logística no campo que reduzem a distância econômica entre as várias importantes áreas de escoamento para os portos, é esperado um aumento no valor da terra. Isto deve ocorrer na região do Triângulo Mineiro e porção sul do Estado de Goiás, com investimentos em rede de alcooldutos, atualmente em análise pela Petrobras e com grande possibilidade de ocorrer em razão de compromissos assumidos pelo governo de Goiás (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 83.).

Na tabela 7, pode-se observar que o etanol pode ser obtido através outras culturas, mas os impactos ambientais são maiores e o rendimento é menor, evidenciando assim as vantagens de utilização da cana-de-açúcar como matéria prima para fabricação do etanol.

Tabela 7 - Rendimento da produção de etanol por cultura

Ciclo Fotossintético	Cultura	L etanol/ha	Observações
C3	Beterraba (Europa)	Até 7500 L/ha	Dependência de energia externa para processamento (DEEP)
	Mandioca	Até 3060 L/ha	Resultados não satisfatórios durante o Proálcool.
	Trigo	Até 1800 L/ha	Importante fonte de alimento; DEEP.
C4	Cana (Brasil)	6800 L/ha	Usinas auto suficientes em energia, melhor rendimento produtivo.
	Milho (EUA)	4198 L/ha	Cerca de 80% da produção é destinada à alimentação humana e animal; DEEP.
	Sorgo	Até 2500 L/ha	Possibilidade de ser utilizado em consórcio com a cana, ainda com poucos resultados; baixa adaptabilidade e resistência.

Fonte: Matos (2011, p. 38)

A cana-de-açúcar não é uma cultura muito exigente, como também não é uma cultura prejudicial ao solo, com razoável adaptação aos terrenos com fertilidade média e alta porosidade ou permeabilidade, isto é, solos arenosos. Uma terra com maior fertilidade implica maiores níveis de produtividade, e/ou menor demanda por fertilizantes e produtos para correção, entretanto, essas são áreas onde o custo da terra é mais alto, conforme informam Goldemberg; Nigro e Coelho (2008, p. 83).

Os autores em referência indicam áreas que se apresentam como potencialidades futuras em termos de logística: o Triângulo Mineiro, em Minas Gerais, o noroeste de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e norte do Espírito Santo. E indicam também áreas potenciais a médio prazo, nas áreas oeste da Bahia, sul do Maranhão e sul do Tocantins (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 84).

Um dos pontos favoráveis indicados pelos autores é o potencial de crescimento da agricultura brasileira com um contingente de 100 milhões de hectares sem uso disponível para incorporação, e outros 200 milhões de hectares ocupados por pastagens, com uma larga porção que pode ser utilizada para fins agrários, se a pecuária se tornar menos extensiva (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 84).

Os benefícios gerados pelo setor sucroalcooleiro são grandes, como por exemplo, o uso de boas práticas agrícolas e ambientais e melhoria nas condições de trabalho, mas ainda sim a abordagem internacional do setor tem tido outras conotações, quando se relaciona biocombustíveis e sustentabilidade. Mudanças no uso da terra, segurança alimentar (alimentos versus energia) e certificação socioambiental de biocombustíveis têm dominado o debate internacional. Essa discussão tem assumido contornos políticos, desviando-se da análise técnica e científica para o campo da especulação e preconceitos em relação aos países em desenvolvimento produtores de biocombustíveis (JANK; NAPPO, 2009, p. 39).

Ressalta-se ainda, de acordo com Matos (2011, p. 40), uma série de produtos é gerada paralelamente aos processos tradicionais de fabricação do açúcar e etanol, a partir da cana-de-açúcar, com finalidades diversas. O avanço da tecnologia no setor sucroalcooleiro proporcionou a utilização do bagaço para alimentação bovina, fabricação de briquete e também como combustível para as caldeiras, no processo de cogeração. É importante citar: - Melado de cana, composto de açúcares mais complexos e rico em ferro, utilizado na alimentação humana; - Aditivos para a indústria alimentícia, como glutamato monossódico e aromatizantes; - Aminoácidos; - Aditivos e ingredientes para ração animal; - Óleo fúsel, composto por pentanol, álcool amílico e iso-amílico, utilizados na indústria química; - Papel, produzido por uma tecnologia inovadora que reaproveita a celulose contida no bagaço da cana e em aparas de papel.

Quebrar paradigmas e promover a distribuição da renda não é algo comum aos detentores do poder, pois sempre por traz das decisões políticas mundiais existe um jogo de interesses próprios e das grandes corporações. Para finalizar este trabalho, no capítulo 4, será abordadas as questões sobre o etanol, como uma oportunidade de substituição aos combustíveis fósseis e algumas avaliações possíveis sobre a mão-de-obra desenvolvida nesse processo, seu desenvolvimento tecnológico. Também as consequências ambientais e sociais do seu processo produtivo.

CAPÍTULO 4

ETANOL

4.1 AGROENERGIA: ETANOL

No desenvolvimento deste item sobre a agroenergia na produção do etanol, como uma fonte energética renovável e certamente irreversível, há vários caminhos já trilhados pela experiência brasileira, desde meados dos anos de 1970, quando houve a 1^a crise do petróleo. Muitos países tem-se aproveitado dos conhecimentos tecnológicos já desenvolvidos no Brasil, como também tem aumentado seu interesse na produção do etanol, realizando grandes investimentos no Brasil.

Além de grande produtor da cana-de-açúcar e exportador do etanol, o Brasil tem condições favoráveis para aumentar sua produção, não só pela dimensão continental, mas também pelas condições favoráveis de clima e solo.

Alguns dados e números a seguir podem demonstrar a irreversibilidade do processo de utilização do etanol, como combustível que apresente menos componentes de poluição que os recursos energéticos utilizados atualmente.

Brasil é o único país do mundo onde o consumo de um combustível alternativo, o etanol, supera o consumo de gasolina. A emissão de gases de efeito estufa que contribuem para o aquecimento global, dos quais o gás carbônico (CO₂) é o principal, é 90% menor quando se queima etanol em vez de gasolina, conforme indicam os dados comparativos. (RAIZEN, 2011). Isso acontece porque a cana-de-açúcar, por meio da fotossíntese, absorve no seu crescimento quase a mesma quantidade de CO² que é gerado nas etapas de produção, transporte e consumo do etanol. Graças à produção simultânea de biocombustíveis e bioeletricidade, a cana-de-açúcar é uma grande fonte de energia renovável do Brasil ao lado das hidrelétricas. Hoje, mais de quatrocentas usinas produzem etanol, açúcar e bioeletricidade no Brasil. A safra de cana-de-açúcar em 2009/10 atingiu cerca de 600 milhões de toneladas. Aproximadamente nove em cada dez carros novos vendidos no Brasil são flex. Em março de 2010, a frota flex atingiu a histórica marca de dez milhões de veículos flex. Doze montadoras oferecem cerca de noventa modelos de carros flex por preços equivalentes ao das versões movidas apenas à gasolina, informa Raizen (2011).

Um outro produzido a partir da cana-de-açúcar do já é matéria-prima para a produção do "plástico verde". O bioetileno é, transformado a partir do etanol é base dos

bioplásticos, reduzindo portanto, a dependência de fontes fósseis. Na produção de combustíveis fósseis, cerca de vinte países, muitos deles situados em regiões politicamente instáveis, abastecem os quase duzentos países e territórios do mundo. Enquanto isso, quase cem países já cultivam a cana-de-açúcar, e têm potencial para se tornarem produtores, consumidores e exportadores de etanol renovável.

Inicialmente, é possível perguntar: Por que o etanol tem despertado tanto interesse como combustível atualmente? A resposta está implícita no desenvolvimento a seguir.

Atualmente, sabe-se que o etanol renovável é um combustível normalmente produzido a partir de plantas cultivadas, como a cana-de-açúcar, o milho, a beterraba, o trigo e a mandioca, produtos com grande viabilidade de produção brasileira. Comercialmente o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar é a matéria prima mais eficiente que se conhece até hoje, e o Brasil já usa o etanol em larga escala há mais de 30 anos. Neste período, adquirimos enorme experiência na produção e uso do etanol de cana-de-açúcar. Hoje pode-se dizer, com orgulho, que O Brasil domina essa tecnologia com elevados índices de excelência e competitividade.

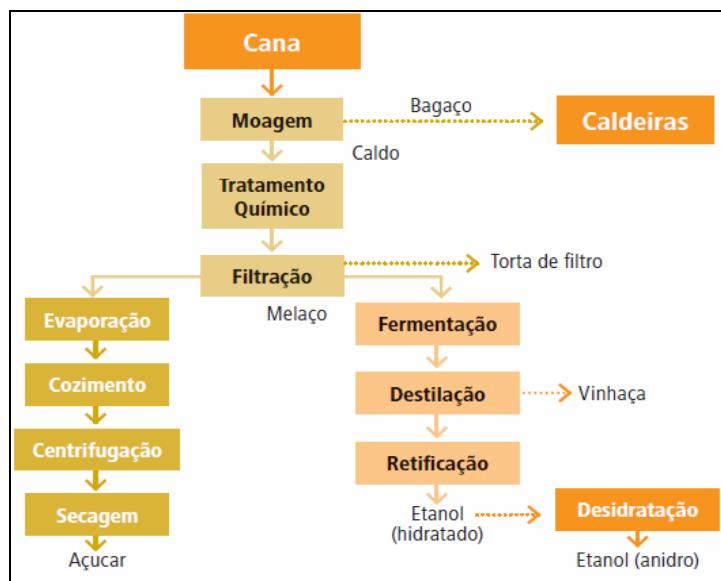
O balanço energético (unidade de energia obtida x unidade de energia necessária para a produção) do etanol de cana é aproximadamente sete vezes maior que o obtido pelo etanol de milho, produzido nos EUA, e quatro vezes maior do que o obtido pelo etanol de beterraba e o de trigo utilizado na Europa (RAIZEN, 2011, p. 1)

O álcool é uma substância orgânica obtida da fermentação de açúcares, hidratação do etileno ou redução a acetaldeído, encontrado em bebidas como cerveja, vinho e aguardente, bem como na indústria de perfumaria. Também chamado álcool etílico ou etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), sendo o mais comum dos álcoois. É muito utilizado como combustível de motores a explosão e no Brasil, tornou-se uma alternativa renovável à substituição dos combustíveis fósseis e também um caso de sucesso tecnológico brasileiro na indústria química de base, apoiada na utilização de biomassa de origem agrícola e renovável.

Inicialmente, a produção do álcool, se baseava na fermentação natural de alguns produtos vegetais, como açúcares. Com a descoberta da destilação – procedimento que se deve aos árabes, houve a expansão da produção, que foi acentuada pela industrialização. O seu uso é vasto: em bebidas alcoólicas, na indústria farmacêutica, como solvente químico, como combustível ou ainda com antídoto.

Assim, na figura 18, pode-se observar o fluxograma de produção de açúcar e etanol, onde 140 Kg de açúcar ou 86 litros de etanol podem ser obtidos de uma tonelada de cana.

Figura 18 - Fluxograma da produção de açúcar e etanol da cana-de-açúcar



Fonte: Matos (2011, p. 39)

A produção do etanol é feita a partir da fermentação do caldo de cana-de-açúcar e do melaço, como pode-se observar na figura 18. É usado de diversas formas há milhares de anos e, recentemente, emergiu como o principal combustível para motores de combustão interna, depois da gasolina. Hoje, representa 50% do total de combustível consumido pelos automóveis brasileiros (JANK; NAPPO, 2009, p. 25).

No capítulo anterior, neste trabalho, procurou-se estudar detalhadamente a cultura de cana-de-açúcar e seus desdobramentos, uma vez que esta é a fonte originária do etanol mais importante no país.

4.2 BIOCOMBUSTÍVEIS - ETANOL

Para os países em desenvolvimento, principalmente em regiões tropicais e subtropicais do planeta, o desenvolvimento da tecnologia do etanol e da bioeletricidade representa uma excelente oportunidade e com grande potencial de produção. Produzir etanol em substituição à gasolina, promove a independência energética em relação às energias

fósseis, reforçando a agricultura, gerando emprego e renda. Segundo Jank e Nappo (2009, p. 23) “[...] isso representaria uma revolução no fornecimento de combustíveis, no qual quase uma centena de países poderia suprir o mundo com biocombustíveis, no lugar dos atuais vinte países produtores de petróleo”.

Os biocombustíveis surgiram também como uma grande alternativa energética, mas recentemente passaram a receber diversas críticas “[...] inicialmente, pelos impactos do cultivo da matéria-prima sobre o desmatamento acelerado observado em muitas florestas tropicais e por outros danos ambientais devido ao aumento da população”, segundo afirmam Rovere e Obermaier (2010, p.69). Outro ponto de crítica dos biocombustíveis é em relação ao uso de espécies produtoras de alimentos, competindo assim com o cultivo de alimentos, gerando aumento do preço destes e assim prejudicando a população mais carente, como já foi mencionado anteriormente e colocadas as principais questões.

O Brasil, nas últimas três décadas desenvolveu um produto competitivo, a cadeia produtiva do álcool e com tecnologia de ponta, o que foi possível graças às políticas públicas, dentre elas, níveis de consumo garantidos, incentivos fiscais para aquisição de veículos, pesquisa tecnológica pelos órgãos estatais e privados, entre outras. É possível ressaltar a necessidade de se evitar erros recorrentes do Proálcool e permitir neste momento um desenvolvimento econômico e social mais equitativo.

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, seguido por Índia, Tailândia e Austrália (UNICA, 2006), e é responsável por 45% da produção mundial de etanol combustível. A cultura da cana permitiu uma produção nacional de etanol de 14,5 bilhões de litros em 2005, mais de 2 bilhões dos quais destinados a exportação. A área dedicada a esse cultivo abrange 6,2 milhões de hectares, 1,7% da área agricultável e 18,3% da área utilizada para culturas anuais (IBGE, 2005 apud RODRIGUES e ORTIZ, 2006, p.6).

Os autores destacam ainda que a evolução da produtividade industrial e a velocidade de crescimento no estado de São Paulo foi maior do que no Nordeste e em outras regiões do país. Isto pode ser explicado pela integração da agroindústria paulista com a indústria de máquinas e equipamentos e pela existência de um parque fornecedor de insumos próximo das áreas produtoras, facilidade de transporte, proximidade dos maiores centros de consumo e dos portos. No entanto, essa evolução técnica não foi capaz de reduzir as diferenças de produtividade regional e manteve problemas sociais e de desenvolvimento.

Atualmente, segundo os dados do Jornal Cana 2011, na safra 2009/2010, foram produzidos 29 bilhões de litros de etanol, mostrando a grande evolução do setor e ainda confirmando a soberania brasileira na produção de etanol.

O Estado de São Paulo é o maior produtor brasileiro em área cultivada de cana-de-açúcar, (conforme apontado figura 14 e na tabela 8 a seguir) consequentemente o maior produtor de açúcar e álcool, cooperando assim para a expressiva produção total do país.

4.2.1 Produção Brasileira de Etanol

A produção brasileira de etanol se divide em: etanol hidratado – cujo teor de água fica em torno de 5,6% - e etanol anidro - livre de água. O etanol hidratado é utilizado em veículos com motores movidos somente a etanol ou *flex fuel*, enquanto o etanol anidro é misturado com a gasolina antes da venda. O etanol anidro é uma opção para diminuir as emissões e reduzir o consumo de petróleo, aumentar a octanagem e fornecer aos motoristas um combustível menos poluente. A seguir, a tabela 8 mostra a produção brasileira de etanol a partir de 1990 até 2009, evidenciando a produção do Estado de São Paulo.

Unidade: mil litros

Nota: Os dados da safra 2008/2009 para a região Norte-Nordeste referem-se à posição final de 30/08/09.

Tabela 8 – Produção Brasileira de etanol

ESTADOS/SAFRA	90/91	95/96	00/01	01/02	05/06	06/07	07/08	08/09
ACRE	0	0	0	0	0	0	0	0
RONDÔNIA	0	0	0	0	0	0	0	7.224
AMAZONAS	0	0	3.854	2.666	6.009	5.650	8.264	7.963
PARA	10.440	15.228	31.273	24.993	42.725	51.818	35.804	44.908
TOCANTINS	1.846	18.815	0	0	4.218	11.567	0	2.801
MARANHÃO	31.662	31.581	46.944	75.097	138.848	128.469	170.164	181.559
PIAUI	32.596	30.802	16.624	18.676	35.083	50.501	36.169	44.553
CEARA	15.949	17.101	783	1.186	1.022	1.002	571	9.241
R. G. NORTE	106.214	118.864	93.809	79.865	73.649	77.833	49.244	114.909
PARAIBA	264.424	277.683	218.322	226.606	267.578	315.114	342.266	390.695
PERNAMBUCO	517.865	485.163	297.324	261.933	328.059	318.938	508.477	530.467
ALAGOAS	778.368	614.123	712.634	562.286	546.046	604.177	832.907	845.363
SERGIPE	29.735	50.087	58.620	52.024	47.940	53.833	48.957	89.832
BAHIA	18.202	74.772	48.484	54.412	103.275	93.962	140.535	141.484
MINAS GERAIS	427.359	418.556	485.063	524.441	958.902	1.291.445	1.774.988	2.167.616
ESPIRITO SANTO	62.122	93.713	150.663	131.020	234.960	173.192	252.461	274.592
RIO DE JANEIRO	71.444	108.420	92.596	64.792	135.536	87.455	120.274	127.795
SAO PAULO	7.766.944	8.112.257	6.439.113	7.134.529	9.985.276	10.910.013	13.334.797	16.722.478
PARANA	624.245	1.076.341	799.364	960.270	1.039.832	1.318.904	1.859.346	2.048.752
SANTA CATARINA	8.617	0	0	0	0	0	0	0
R. G. SUL	2.588	0	0	5.306	3.338	5.686	6.818	6.318
MATO GROSSO	191.507	376.971	464.357	580.127	770.572	757.251	894.381	952.171
MATO GROSSO DO SUL	262.145	292.169	314.777	396.521	495.591	640.843	876.773	1.076.161
GOIAS	290.879	365.669	318.431	379.284	728.535	821.556	1.213.628	1.726.080
REGIAO CENTRO-SUL	9.707.850	10.844.096	9.064.364	10.176.290	14.352.542	16.006.345	20.333.466	25.101.963
REGIAO NORTE-NORDESTE	1.807.301	1.734.219	1.628.671	1.359.744	1.594.452	1.712.864	2.193.358	2.410.999
BRASIL	11.515.151	12.578.315	10.593.035	11.536.034	15.946.994	17.719.209	22.526.824	27.512.962

Fonte: União da Indústria de Cana-de-açúcar/UNICA e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – 2010.

Abaixo explicita-se alguns indicadores.

O sucesso do programa de etanol do Brasil é hoje impulsionado por dois grandes fatores: a mistura obrigatória e a expansão do mercado de carros flex. A gasolina vendida no Brasil contém de 20% a 25% de etanol anidro, e aproximadamente nove de cada dez carros vendidos no mercado brasileiro possuem tecnologia *flex fuel*. Até o fim de 2008, mais de 6 milhões de veículos, ou aproximadamente 25% da frota de veículos leves brasileira já eram *flex*. Esse total deve subir para 50% em 2012 e para 65% em 2015. A indústria automobilística fez investimentos pesados na tecnologia *flex fuel* e, hoje oferece mais de sessenta modelos de carros flex de dez montadoras. Isso tem levado a um crescente aumento do consumo de etanol no país (JANK; NAPPO, 2009, p. 27).

Vale ressaltar, que o Brasil possui tecnologia de ponta, não só na produção de combustível renovável, mas também na utilização desse combustível, como é o exemplo dos carros *flex fuel*, que contribuiu muito para impulsionar o mercado do etanol.

Os referidos autores (p. 27) anunciam mais tecnologia para o setor, quando assinalam que:

A utilização de etanol não se limita a veículos leves. Há planos, em fase de implementação, para a introdução de ônibus movidos a etanol (E-95) na frota da cidade de São Paulo, como parte de um projeto piloto copatrocinado pela UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar, visando o uso do biocombustível no transporte público, com grande potencial de benefícios para o meio ambiente. Por exemplo, a troca de mil ônibus movidos a diesel por modelos movidos a etanol reduziria as emissões de CO₂ em cerca de 96 mil toneladas por ano, o que equivale à emissão de 18 mil automóveis movidos a gasolina. Assim, já existem pequenos aviões de pulverização de defensivos agrícolas fabricados no Brasil movidos a etanol. As montadoras também estão desenvolvendo tecnologia *flex* para motocicletas, as quais na versão a gasolina, pela ausência de catalisadores, são cerca de seis vezes mais poluentes que os automóveis da mesma categoria.

Segundo o professor Jank (2009, p.27) economista da FEA – USP e presidente da União da Indústria de Cana-de-açúcar, “[...] o etanol já representa mais da metade do consumo nacional de combustíveis para automóveis leves e a biomassa da cana responde por 3% da produção de eletricidade, com potencial de chegar a 15% da matriz elétrica brasileira até 2015.” Desde o ano 1998, a indústria da cana-de-açúcar já é a segunda principal fonte de energia do país, atrás do petróleo e acima da hidroeletricidade.

Ainda nesse contexto, Matos (2011, p. 92) na obra *Etanol e Biodiesel* publicada pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, há o seguinte relato sobre a utilização do etanol no Brasil e no exterior:

- A Suécia possui há cerca de 20 anos uma frota regular de ônibus coletivos que rodam com etanol hidratado aditivado, somando esforços à promoção do transporte coletivo em dez metrópoles do mundo, feita pelo BEST (Bioethanol for Sustainable Transport). Na mesma vanguarda, o Brasil já testa o uso de biodiesel e etanol como biocombustíveis em Projeto BEST fazem regularmente o percurso São Mateus-Jabaquara em São Paulo, devendo se expandir para outras localidades.
- A Moto Honda da Amazônia lançou em março de 2009 a primeira moto-MIX veio com a proposta de trazer maior economia para os motociclistas e melhor desempenho ambiental, já que também conta com injeção eletrônica e catalisador; os fabricantes estimam que sejam vendidas 200 mil unidades do modelo por ano.

Atualmente, a quantidade de motocicletas aumenta a cada momento. Pode-se perceber isso facilmente no trânsito, principalmente nas grandes cidades, devido à rapidez de ir e vir, praticidade, custo e baixo consumo de combustível. Assim é de grande valia a tecnologia *flex* para motocicletas, tal como o desenvolvimento de ônibus movidos a etanol. Em empresas do setor sucroenergético, que possuem um sistema de gestão ambiental eficiente, também estão sendo testados caminhões movidos a etanol.

O bom desempenho do etanol brasileiro conta com as vantagens ambientais e econômicas que possui e também oferece um balanço de energia fóssil inigualável, fortalecendo cada vez mais o mercado. Novos estudos demonstram que ele produz 9,3 unidades de energia renovável para cada unidade de combustível fóssil utilizada em seu ciclo de produção, e essa relação pode melhorar ainda mais nos próximos anos. O balanço energético de outras matérias-primas para a produção de etanol, tais como milho, grãos e beterraba, raramente passa de duas unidades. Quando se trata de mitigar as mudanças climáticas, o desempenho do etanol produzido a partir da cana-de-açúcar é ainda mais impressionante, nos estudos de Jank e Nappo (2009, p.27):

Com base em uma análise do ciclo de vida completo, é possível evitar até 90% das emissões de GEE – gases de efeito estufa equivalentes em CO₂ quando se usa etanol de cana-de-açúcar em substituição à gasolina. Em 2007, a produção de etanol no Brasil reduziram as emissões de GEE em cerca de 25,8 milhões de toneladas equivalentes em CO₂.

Ressaltando que de acordo com os referidos autores, no Brasil não há nenhum subsídio governamental para a produção do etanol brasileiro passa a competir com a gasolina quando o preço do barril de petróleo ultrapassa os US\$ 40. Os países desenvolvidos protegem suas indústrias nacionais de etanol com altas tarifas que distorcem o comércio, além de barreiras não tarifárias, e estimulam o livre comércio de combustíveis fósseis agressivos ao meio ambiente.

Assim, na ciranda internacional de poder, alguns argumentos são maciçamente utilizados para influenciar a opinião pública internacional, como por exemplo, quando se afirma que a expansão da produção da cana-de-açúcar ameaça a preservação da floresta Amazônica. Bem como a afirmação que a produção de biocombustível pode afetar a produção de alimentos no mundo, gerando inflação e aumentando a fome, como já foi discutido anteriormente.

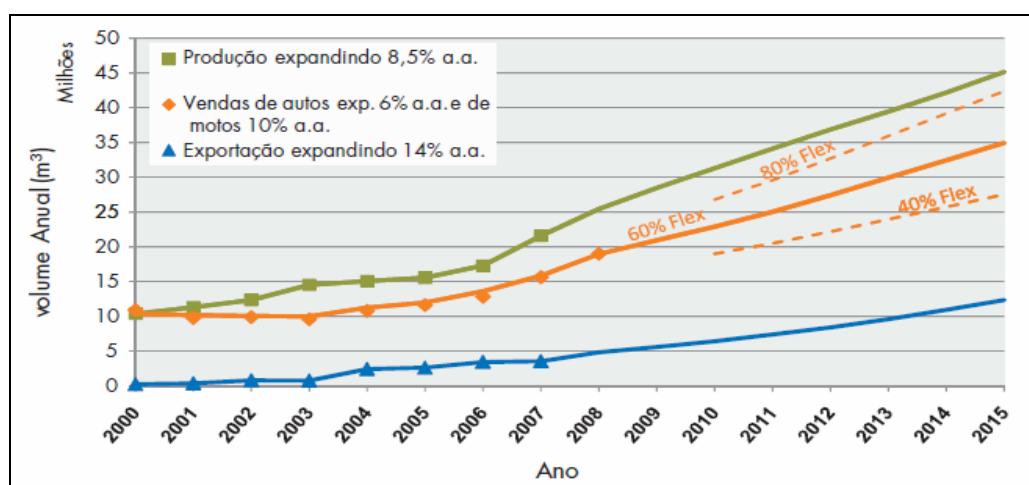
De acordo com Jank e Nappo (2009, p. 20), muitas vezes essas afirmações errôneas procuram relacionar com a produção de etanol no Brasil; esses mitos muitas vezes têm se convertido em “verdades inquestionáveis” para boa parte da mídia internacional e influenciado o entendimento de inúmeros formuladores de políticas públicas nos países desenvolvidos, principalmente na União Européia. Dessa forma dificultam as exportações brasileiras.

É muito importante que o Brasil promova políticas de proteção à tecnologia desenvolvida aqui, e também a criação de uma certificação ambiental do etanol para agregar

valor ao produto brasileiro. Já tivemos exemplos ruins no passado, como é o caso da borracha, onde as empresas estrangeiras entraram no país, buscaram a tecnologia e em seguida foram produzir em países onde a mão de obra era mais barata, inviabilizando a nossa produção. Atualmente observa-se que investidores estrangeiros estão olhando o setor sucroalcooleiro do Brasil com muito interesse e o Brasil está permitindo essa participação do capital estrangeiro sem nenhuma restrição, inclusive promovendo o repasse da tecnologia desenvolvida aqui. É fundamental para o país que essa economia baseada na utilização da biomassa conte com os desafios para sustentabilidade, tendo em vista a diminuição das interferências nas condições climáticas e a inclusão social através do trabalho.

A ilustração - figura 19 - apresenta a evolução com suas previsões para até 2015 da produção, do consumo e da exportação de etanol total (medido em volume equivalente de álcool anidro) para o cenário otimista de evolução da economia. Tanto a curva de produção como a de exportação seguem aproximadamente as estimativas da União da indústria de Cana-de-açúcar (JANK, 2008). A evolução do consumo interno de etanol foi simulada para diferentes frações da frota de veículos flexíveis utilizando álcool etílico hidratado carburante - AEHC. O preço de equilíbrio interno do AEHC aos produtores depende fortemente do volume disponível no mercado (produção – exportação). Por este motivo, justifica-se um esforço especial para aumentar as exportações, por parte dos empresários do setor.

Figura 19 - Comparaçao entre a produção, a exportação e o consumo interno de AEHC



Fonte: Goldemberg; Nigro e Coelho (2008, p. 77).

A figura 19 demonstra também as previsões de produção e de mercado externo que afetam o etanol, em consonância com as perspectivas da cadeia industrial.

Demonstra coerência com as previsões de produção canavieira conforme figura 17 na página 106.

Os dados da figura 19 são muitos representativos e resume a realidade da evolução da produção e mercado de etanol, em resposta a uma bem sucedida política adotada para o setor, o que inspira a confiança no seu êxito futuro. Essa performance até aqui e esse êxito esperado deverá refletir e extrapolar para o fato de geração energética, que caminha em paralelo – a cogeração da energia elétrica - que, dada a sua importância, será estudada com profundidade no título seguinte.

4.3 ETANOL E COGERAÇÃO

Em sequência aos estudos sobre o etanol verifica-se que outra grande vantagem e um dos pontos fortes do etanol é cogeração de energia. As usinas de açúcar e álcool brasileiras geram sua própria energia elétrica por meio da queima do bagaço da cana-de-açúcar. Produz bioeletricidade suficiente para atender às necessidades energéticas das unidades industriais como também gera excedentes que podem ser vendidos no mercado de eletricidade.

Conforme explicam Rodrigues e Ortiz (2006, p.14) “[...] O calor e a eletricidade necessários para os processos industriais, de modo geral, é toda renovável, obtida por meio da queima de bagaço de cana. Entretanto as diferentes plantas instaladas aproveitam este combustível renovável com eficiências bastante distintas”. Nas usinas antigas é comum a queima de bagaço com baixa eficiência somente para se livrar do resíduo. Mas em usinas mais modernas o bagaço é queimado em caldeiras de alta pressão, componentes de sistemas de co-geração, capazes de fornecer toda a energia necessária à planta e também gerar excedentes de eletricidade para a comercialização juntos ao Sistema Interligado Nacional – SIN.

Quase todas as usinas brasileiras são auto-suficientes na geração de energia e potenciais geradora de bioeletricidade excedente, conforme informam os pesquisadores Jank e Nappo (2009, p. 31), pois, atualmente, as usinas de açúcar e etanol têm um potencial médio de geração de excedentes de energia equivalente a 1.800 megawatts médios (MW), o que corresponde a apenas 3% das necessidades do Brasil. No entanto, com a modernização das usinas, por meio da utilização de caldeiras mais eficientes, e em função da adição da palha de cana-de-açúcar (pontas e talos) à biomassa do bagaço, estimativas sugerem que, até 2015, essa geração possa chegar a 11.500 MW médios, ou 15% da demanda de energia elétrica do

país. Esse valor é superior ao gerado pela hidrelétrica de Itaipu e equivale ao consumo anual de energia de países como Argentina ou Holanda.

As perspectivas são muito boas, como afirmam os autores, a adição da palha (talos e pontas) à biomassa para produção de energia elétrica vai aumentar a produção e também ajudará a diminuir a palhada no campo. Diversos estudos apontam que a grande quantidade de biomassa deixada no campo, com a inovação da colheita mecânica sem a queima, contribui sim para melhoria na estrutura físico-química do solo e também diminui a adubação nitrogenada. Por outro lado, provocam a ocorrência de certas pragas e doenças que permanecem escondidas debaixo da palhada. Esses danos representam uma preocupação que ainda estão em processo de estudo para dirimir os problemas.

Há ainda outros aspectos relacionados à Cogeração que precisão ser considerados conforme alertam os referidos autores (2009, p. 20). Diante da necessidade de aumentar a oferta de energia no país, a cogeração em larga escala ajuda a manter a matriz energética brasileira como a mais limpa do mundo, evitando o uso de energia fóssil. Além disso, o período de colheita da cana-de-açúcar, em que a maior parte da sua biomassa está disponível para cogeração, coincide com a estação seca, quando as usinas hidrelétricas, responsáveis pela maior parte da energia elétrica do país, geralmente têm sua produção reduzida devido aos baixos níveis de seus reservatórios. Essa alternância nos ciclos de produção torna as duas fontes de eletricidade complementares, aumentando a segurança energética do país. Também, devido ao fato de que a maioria das usinas de açúcar e etanol situa-se razoavelmente perto das regiões mais populosas do Brasil, as quais concentram a maior demanda por eletricidade, os excedentes de bioeletricidade gerados não exigem grandes redes de conexão, ao contrário do que ocorre com o sistema hidrelétrico.

Na figura 20, pode-se observar uma usina com caldeiras alimentadas com bagaço e palha de cana-de-açúcar.

Figura 20 - Usina de cana-de-açúcar e a cogeração.



Fonte: Matos (2011, p. 69)

O sistema de cogeração é benéfico não só ao sistema sucroenergético, mas para vários outros sistemas produtivos. Mas as políticas de incentivos e estímulos para esse tipo de produção de energia elétrica devem ser revistos. Há vários relatos de que o preço pago pelas concessionárias de energia no excedente que é vendido não compensa a sua produção. No setor sucroalcooleiro, a sua principal vantagem da cogeração é a eliminação do seu principal resíduo que é o bagaço. Vistas as inúmeras vantagens da cogeração, as indústrias brasileiras deveriam receber mais incentivos, aumentando assim o potencial energético do país, para fazer faces às grandes concorrências pertinentes à produção energética a partir do etanol.

Deve-se ressaltar que “[...] o uso deste biocombustível em grande escala é uma contribuição importante aos esforços globais para a redução das emissões de gases de efeito estufa por oferecer uma alternativa renovável ao petróleo”, como afirma Rodrigues e Ortiz (2006, p.5), mas a sustentabilidade ambiental não se limita à redução das emissões de gases de efeito estufa, a avanços tecnológicos ou ao enquadramento legal da atividade de produção de biocombustíveis. Os referidos autores (2006, p.5) alertam ainda que:

A sustentabilidade requer maior responsabilidade, austeridade e equidade nos padrões mundiais de consumo e uso da energia, cuja demanda tem contribuído para a especialização e homogeneização do uso da terra e para a disponibilização de recursos naturais ao mercado global, fatores que podem colocar em risco a sustentabilidade das populações e do ambiente nos países produtores. É preciso que os diversos atores deste mercado, notadamente a sociedade civil internacional, façam uso deste momento de forte discussão sobre as vantagens e problemas da adoção de biocombustíveis para pressionar por mudanças nos padrões de produção e consumo de energia.

Saliente-se que no passado, antes do desenvolvimento da cogeração, as montanhas de bagaço que se formavam nos pátios das usinas, eram o grande problema. O seu uso na alimentação das caldeiras para geração do calor necessário ao processo, ou as tentativas de hidrolização para trato do gado em confinamento, não era suficiente para total eliminação. A cogeração da eletricidade veio solucionar de vez o problema, com total utilização do bagaço. O resultado foi pragmático – amenizou o impacto ambiental e proporcionou lucros aos empresários. Nesse contexto, no próximo item vão ser abordadas as questões ambientais do setor sucroenergético.

4.4 ETANOL E O MEIO AMBIENTE

O etanol é um combustível limpo e renovável, excelente alternativa na renovação da matriz energética, mas estas afirmações são válidas quando comparado ao petróleo que é altamente poluente e finito. Assim, quando se analisa a cadeia produtiva do etanol encontra-se vários impactos ambientais e sociais, que ainda dependem de desenvolvimento tecnológico e políticas de proteção ao trabalhador. Assim, neste item, far-se-á uma breve análise do etanol e seus impactos ambientais, resultantes do processo produtivo.

Duarte (2007, p. 7) faz um paralelo entre o etanol brasileiro obtido da cana-de-açúcar e o etanol americano obtido do milho, observando a vantagem do etanol brasileiro por ter uma etapa a menos em relação à produção do etanol a partir de milho,

O etanol extraído da cana-de-açúcar tem custo de 30% a 40% menor que o produzido a partir do milho. Entre os fatores que geram essa diferença estão a necessidade de uma etapa a mais no processo de produção do etanol a partir do milho, na qual os carboidratos são transformados em açúcar para ser extraído o etanol, fase inexistente no caso da cana; ou o uso de energia alternativa no processamento da cana, com base na queima do bagaço ou palha do próprio vegetal.

Entretanto há também vantagens em relação a obtenção do etanol a partir do milho nos Estados Unidos. Duarte (2007, p. 8), apoiando-se em Szwarc, observa que: “[...] eles têm a vantagem de que o milho pode ser estocado, o que permite fazer um plano de produção contínuo ao longo do tempo. No caso da cana, ela só pode ser estocada por até 72 horas. Depois disso, perde o poder de geração de álcool.” Assim, a cana-de-açúcar colhida deve ser industrializada rapidamente para não afetar a qualidade do produto, pois quando a

cana-de-açúcar é estocada, inicia-se o ataque de microorganismos que afetam a qualidade do produto final.

Novas tecnologias buscam alternativas para possibilitar a extração do etanol a partir da celulose, o que pode abrir mais o leque de fontes vegetais para a produção do combustível. No Brasil, o novo processo possibilitaria retirar o combustível do bagaço ou da palha da cana, que são descartados ou queimados para geração de energia.

Carvalho e Carrijo (2007, p. 18) relatam que “[...] A hipótese das megaempresas sucroalcooleiras é a de que em 20 ou 30 anos o etanol celulósico será o agrocombustível básico, substituindo o etanol a partir da sacarose, assim como parcela importante dos combustíveis derivados do petróleo.”

O Brasil detém tecnologia de ponta na produção e fabricação do etanol, mas como já mencionado, a hidrólise enzimática será o combustível do futuro, Bensussan (2008, p.5) em seu artigo *Etanol, um presente com passado e futuro*, analisa que:

[...] hidrólise enzimática que está a requerer vultosos investimentos e conhecimentos de diversas áreas desde a química à manipulação genética de novas enzimas capazes de minimizar os passos de processamento dos açúcares em álcool, o que poderá dobrar a produtividade por hectare.

Desta forma, haveria redução dos impactos ambientais da cadeia produtiva do etanol, como também o fortalecimento do setor, pois haveria o aumento da produção de etanol, sem aumento de área plantada de cana-de-açúcar e ainda com menos etapas de produção na indústria.

A cadeia produtiva do etanol, de acordo segundo Duarte (2007, p.2), afeta o meio ambiente de diversas maneiras: através das queimadas, pelos pesticidas (altamente poluentes) que são exigidos pela produção da cana-de-açúcar; geração de sub-produtos poluentes, como a vinhaça e a torta; excessivo uso de fertilizantes.

Prosseguindo nessa linha de análise, quando a lavoura não produz o suficiente, tornando assim a colheita inviável, então há necessidade de reforma do canavial em menos tempo, aumentando vários impactos ambientais decorrentes do processo de produção, tais como: compactação e erosão do solo, uso excessivo de fertilizantes e agrotóxicos e outros. Mas, o que fortalece o etanol é o fato de ser proveniente de fonte renovável, enquanto a gasolina é derivada do petróleo, um recurso mineral finito.

Com relação aos impactos ambientais desencadeados pelo setor sucroalcooleiro Jandiroba (2006, p. 347) faz o seguinte alerta: embora a cadeia produtiva do

etanol é “[...] expressiva em produtividade anual, com grandes dimensões de áreas exploradas, com grandes instalações construídas e quantidade de equipamentos utilizados e com grande mobilidade de pessoas nas suas atividades e operações,” os impactos ambientais desencadeados pelo setor se dão na mesma proporção.

Tabela 9 - Principais impactos ambientais causados pela produção de etanol.

	Danos causados	Efeitos
SOLO	<ul style="list-style-type: none"> - Expansão da fronteira agrícola. - Queimadas - Uso excessivo de fertilizantes químicos e agrotóxicos. - Uso de máquinas pesadas - Resíduos 	<ul style="list-style-type: none"> - Pressão sobre áreas florestadas e uso de áreas impróprias para o cultivo. - Destrução do solo, geração de poluentes e reduz a eficiência do controle biológico. - Degradação do solo e ameaça a sustentabilidade dos recursos naturais. - Maior compactação do solo e modificação do relevo. - Contaminação e/ou degradação solo e do lençol freático.
AR	<ul style="list-style-type: none"> - Queimada da cana-de-açúcar - Queima do bagaço - Emissões veiculares 	<ul style="list-style-type: none"> - Emissão de poluentes (gases e fuligem). - Emissão de CO₂ e material particulado. - Emissão de poluentes, devido à grande quantidade de veículos utilizados.
Recursos Hídricos	<ul style="list-style-type: none"> - os efluentes das destilarias na sua maior parte são lançados no solo para fertirrigação. Uma pequena parte ainda é lançada nas águas dos rios. - tanques de armazenamento de vinhaça 	<ul style="list-style-type: none"> - Alguma contaminação das águas dos rios e perda da biodiversidade. - Contaminação do lençol freático devido aos altos teores de potássio.

Fonte: Peres (2010)

Atualmente, é do conhecimento de todos que “[...] o ambiente têm uma capacidade limitada para suportar alterações, que o desenvolvimento de atividades econômicas provoca alterações e que toda economia precisa evoluir,” conforme Jandiroba (2006, p. 347) relata. Os impactos provocados por um empreendimento pode ser negativo e/ou positivo ao meio que está inserido, mas há a constatação que o impacto gerado é negativo e devem ser adotadas medidas mitigadoras, para efetivamente eliminá-los ou minimizá-los. Essas medidas deverão ser planejadas e adotadas em sistemas de monitoramento, avaliando os riscos ambientais que representam.

Nesta linha de análise os estudiosos do assunto Jank e Nappo (2009, p. 33), observam que é muito importante a avaliação da sustentabilidade ambiental dos biocombustíveis, o estudo das práticas agrícolas utilizadas na produção de suas matérias-primas com relação ao uso de agroquímicos, perdas do solo e utilização de água na agricultura e nos processos indústrias. Atualmente, a cana-de-açúcar se apresenta como uma das culturas de menor impacto ambiental, quando comparada às principais atividades agrícolas no Brasil ou em relação às alternativas de matéria-prima para biocombustíveis no mundo.

Com relação ao cultivo da cana-de-açúcar, sendo uma cultura semi-perene cujo replantio geralmente ocorre a cada seis anos, com pouco revolvimento e níveis relativamente baixos de perdas do solo, e devido à dificuldade no controle de pragas e doenças da cultura, desenvolveu tecnologia no âmbito do controle biológico e variedades resistentes, diminuindo assim o uso de pesticidas e fungicidas nos canaviais brasileiros. Parte significativa das pragas que ameaçam a cana-de-açúcar é combatida por meio do manejo integrado de pragas, de controle biológico e de programas avançados de melhoria genética que ajudam a identificar as variedades mais resistentes de cana-de-açúcar. “[...] Devido ao uso inovador de fertilizantes orgânicos, produzidos a partir de resíduos do processo de produção de etanol e açúcar, tais como a vinhaça e a torta de filtro, os canaviais brasileiros também usam relativamente pouco fertilizante industrializado” (JANK; NAPPO, 2009, p. 33).

Atualmente, há a forte tendência de diminuir ainda mais as perdas de solos nos próximos anos, em consequência do uso cada vez maior da palha da cana-de-açúcar deixada nos campos para proteger o solo após a colheita mecanizada. Os autores referidos acima relatam que “[...] as plantações de cana-de-açúcar praticamente não precisam de irrigação, pois a chuva é abundante e confiável, especialmente no Centro-Sul do país, onde se concentram mais de 85% da produção nacional de cana.”

A fertirrigação é utilizada amplamente nos canaviais, onde a aplicação da vinhaça - resíduo do processo industrial rico em água e nutrientes orgânicos, como o potássio

- complementa a chuva em necessidade de água da cultura e ainda reduz o uso do adubo. Mas essa aplicação da vinhaça traz algumas ressalvas, como a temperatura em que é lançada no solo, quantidade que o solo suporta e os elementos químicos nela contidos.

A produção dos biocombustíveis terá que passar por uma profunda mudança estrutural em sua produção para serem considerados totalmente renováveis e não dependerem de combustíveis fósseis e de outros recursos naturais não-renováveis para a sua produção. Todavia, mesmo que os caminhões e tratores sejam movidos a álcool ou a biodiesel, há muitos outros componentes do sistema que dependem do petróleo ou do gás. Seria necessário encontrar formas de energia renovável também para esses componentes, para que a produção de etanol de cana-de-açúcar fosse totalmente renovável, assim afirma Weid (2009, p. 118). Prosseguindo na análise do referido autor:

Quanto maior a quantidade de combustível fóssil utilizada na produção de agrocombustíveis, menos renováveis estes serão. Porém, não é apenas o fim anunciado do petróleo que ameaça a agricultura convencional e a produção convencional de agrocombustíveis. Há outro insumo essencial para a agricultura que também já registra o seu pico de produção: o fósforo.

O fósforo é um elemento essencial para a vida. Ao lado do nitrogênio e do potássio, trata-se de um nutriente indispensável para o desenvolvimento das plantas (WEID, 2009, p. 118).

É importante ressaltar que o autor traz outra questão muito importante na produção da cana-de-açúcar, que muitas vezes é esquecida, a produção de adubos químicos nitrogenados. Atualmente, qualquer cultura, para atender um mínimo de produtividade viável à sua produção é altamente dependente dos adubos químicos, uma vez que nossos solos já estão empobrecidos e desgastados, tornando a produção altamente dependente de recursos naturais.

Outro aspecto preocupante levantado por Weid (2009, p. 118) com relação aos efeitos negativos da produtiva do etanol, é a questão da utilização do fósforo e potássio pois, os combustíveis fósseis, como o petróleo e/ou gás, são amplamente utilizados na produção dos adubos químicos nitrogenados. O fósforo e o potássio têm de ser garimpados em jazidas e transformados em adubos químicos solúveis empregados nos sistemas convencionais de agricultura. Ocorre que essas jazidas estão em processo de esgotamento. Estudos feitos por Déry e Anderson (2007, p.118-119) citados por Weid indicam:

[...] que o pico de produção de fosfato já foi alcançado em 1989. Como no caso do petróleo, isso não quer dizer que a produção acabará em curto prazo, mas que as reservas já começaram a se esgotar, e que as novas jazidas já identificadas são mais difíceis e caras de se explorar. O efeito imediato aparece nos preços dos fertilizantes que, como sabem todos os agricultores, não param de subir.

Este fato afeta não somente os biocombustíveis, mas toda a produção. Dessa forma, coloca-se outro fator relevante que influencia diretamente nos preços dos alimentos e faz com que essa dependência de combustíveis fósseis somado com dependência de reservas de fósforo, em processo de esgotamento, leve a constatação de que a produção, seja de biocombustível ou de alimentos, está longe de ser renovável. A produção tem dependência de recursos naturais não-renováveis em esgotamento e ainda enfrenta os limites de sustentabilidade nos efeitos negativos que gera sobre o meio ambiente e sobre os recursos naturais renováveis que emprega, causando a artificialização do meio ambiente.

No Brasil, o sistema agrícola convencional se caracteriza por grandes extensões de monoculturas que chegam a áreas contínuas de até 100 mil hectares com a mesma planta na região dos cerrados. É preciso lembrar que um ecossistema natural tende a buscar a maior diversidade possível de plantas e que reduzi-lo a um sistema com apenas uma espécie provoca desequilíbrios ambientais gigantescos, conforme observa Weid (2009, p. 118). Prosseguindo na sua análise o autor detalha esses aspectos observando que esses desequilíbrios se manifestam por meio de uma série de fenômenos, que abarca desde a mudança do microclima e do regime local de chuvas até a explosão populacional de insetos-pragas e de micro-organismos fitopatogênicos que se tornam prejudiciais para as espécies cultivadas. Para controlá-los, os sistemas convencionais lançam mão de agrotóxicos que também provocam impactos perniciosos no meio ambiente e nos seres humanos, sejam eles produtores ou consumidores. Na luta para controlar as reações da natureza, os sistemas agrícolas convencionais tendem a perder. O emprego de agrotóxicos vai se tornando ineficiente, quer pelo surgimento ou aumento de resistência das pragas e ervas invasoras, objetos de controles, quer pela multiplicação paulatina de novas espécies invasoras resistentes aos controles conhecidos.

Portanto, os sistemas de produção agrícola convencionais, de alimentos ou de biocombustíveis, provocam desequilíbrios ambientais que torna obrigatório o uso de agrotóxicos com eficiência cada vez menor e impacto ambiental cada vez maior, tornando insustentável o sistema, afirma ainda o autor.

A seguir, um relato da autora com relação à insustentabilidade da agricultura convencional:

[...] as perdas gigantescas de recursos naturais renováveis que eles provocam, em particular no que diz respeito ao solo. As grandes monoculturas deixam os solos expostos a fatores erosivos, como ventos e chuvas, o que não só prejudica o potencial produtivo dos mesmos como causa impactos fora dos sistemas produtivos, com o assoreamento de rios e lagos. Este último, por sua vez, resulta em perdas de energia nas hidroelétricas, além de possibilitar que inundações ocorram com mais freqüência. A poluição química dos solos também é um forte fator de degradação, e o conjunto desses efeitos negativos produzirá perdas da ordem de 500 milhões de hectares produtivos nos próximos dez anos, apenas no terceiro mundo, segundo previsão das Organizações das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (*Food and Agriculture Organization* – FAO). Essa estimativa para as próximas décadas é maior do que a totalidade de terras necessárias para cobrir a demanda projetada de alimentos e agrocombustíveis no ano 2030. Esse mesmo organismo da Organização das Nações Unidas – ONU, calculou que 37% dos cerca de 1,5 bilhão de hectares de terras cultivadas no mundo já estão degradados desde a segunda Guerra Mundial. O impacto químico das práticas agrícolas foi responsável por 40% da degradação dos solos, ainda segundo pesquisa da FAO (WEID, 2009, p. 120-121).

Desta forma, os dados anteriores, considerados neste tópico demonstram claramente que “[...] a produção de agrocombustíveis não é sustentável segundo o padrão convencional de produção agrícola. Além disso, ela muito longe de ser limpa ou verde, dada a amplitude de seus impactos ambientais”, de acordo com Weid (2009, p. 121).

O impacto dos agroquímicos não foi responsável somente pela degradação dos nossos solos, mas também pelo aumento de inúmeras doenças humanas, como o câncer. Alguns defensores destes, insistem no fato que os agroquímicos possibilitaram o aumento da produtividade e fez com que a produção de alimentos subisse a níveis consideráveis. Com o grande aumento populacional, se a produtividade não tivesse aumentado, hoje não teríamos alimentos disponíveis à grande maioria da população. Esse é outro tema de grande polêmica e discussão e muita controvérsia que ainda será retomada, oportunamente.

O setor sucroalcooleiro é profundo e notável em suas dimensões, e assim também na geração de resíduos e efluentes. A retirada dos resíduos é proporcional a sua geração, uma vez que é muito difícil, pelo volume gerado, o seu armazenamento.

Prosseguindo nos impactos ambientais do setor sucroalcooleiro, a seguir far-se-á uma breve análise da legislação ambiental e consequentemente sobre o licenciamento

ambiental que exerce atributos de regulamentação e fiscalização do setor. Estes aspectos merecem ser ressaltados, pelos avanços no setor.

Atualmente, no estado de São Paulo, os empreendimentos produtores de açúcar e etanol são fiscalizados periodicamente pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, com exigências para o licenciamento, sem as quais não podem operar.

Na produção agrícola da cana-de-açúcar as principais exigências são:

- Respeitar e reconstituir as Áreas de Preservação Permanente - APP, de acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 302/02, 303/02, 369/08 e também o Decreto Estadual nº 49.566/05, que dispõe sobre os limites, intervenções, uso e exceções dentro da APP.

- Compreender a necessidade de limitações e a compensação necessária para o corte de árvore isolada ou fragmentos para implantação da cultura da cana-de-açúcar, de acordo com o Código Florestal 4.771/65 e também com a Legislação específica de cada bioma, por exemplo, Bioma Mata Atlântica – Lei federal nº 11.428/06, Decreto Federal nº 6.660/08, Resolução CONAMA nº 423/10 e Resolução SMA 27/10.

- Obter licenciamento para o uso de fogo na colheita e aquisição e aplicação de defensivos.

Saliente-se nesse momento que há impactos ambientais não licenciáveis e que requerem atenção, pois, influenciam diretamente no ecossistema e na biodiversidade, por exemplo, as modificações da cobertura vegetal, liberação de gases para a atmosfera pela frota agrícola, modificação do revelo e deposição de vários resíduos na área de produção da cana-de-açúcar.

Figura 21 - Cultura da cana-de-açúcar e APP reconstituída.



Fonte: Peres (2011)

A figura 21 mostra uma Área de Preservação Permanente - APP - reconstituída, resultado de um processo de Licenciamento, no qual foi firmado um Termo de Compromisso de Recuperação Ambiental entre a CETESB e o proprietário de uma fazenda na região de Assis, para implantação da cultura da cana-de-açúcar, promovendo assim a proteção do manancial e contribuindo para a biodiversidade. Isto foi constatado durante vistoria realizada no estágio de pós-graduação realizado na CETESB.

Para o licenciamento é necessário que se atenha a todos os aspectos ambientais relacionados ao desenvolvimento econômico, como as questões de saúde pública ou a preservação da biodiversidade, desta forma, busca-se garantir que as medidas preventivas e de controle adotadas no empreendimento sejam compatíveis com a sustentabilidade.

Segundo Jendiroba (2006, p. 349) para as novas unidades industriais de produção de açúcar e/ou álcool, deve ser apresentado um estudo de impacto ambiental nas áreas de instalação do empreendimento e também um estudo técnico de todas as questões que envolvem o empreendimento apresentado no Relatório Ambiental Preliminar – RAP, onde são caracterizados os possíveis impactos ambientais e as medidas de correção que serão adotadas no controle ambiental, na construção e no funcionamento do empreendimento. Mas, se o empreendimento apresentar impactos significativos, deverá então ser apresentado o Estudo de Impacto Ambiental – EIA e o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA.

No estado de São Paulo, a Resolução 14/05, dispõe critérios e procedimentos para o licenciamento ambiental prévio de destilarias e usinas de açúcar. O órgão ambiental

competente analisa o pedido e o estudo apresentado pelo interessado e determina se está dentro dos padrões exigidos pela legislação vigente e concede ou não a Licença Prévia – LP. A outra etapa do licenciamento é a Licença de Instalação - LI, onde todas as questões ambientais e de produção já foram resolvidas e o empreendimento pode começar a instalação. E, por fim, a Licença de Operação – LO, quando o empreendimento vai iniciar seu funcionamento; esta licença deverá ser renovada a cada 2 anos no caso do setor sucroalcooleiro.

As unidades industriais de produção de etanol e açúcar, de acordo com a legislação, devem apresentar inventários de resíduos industriais e revelar a sua disposição, mostrando assim o impacto dos resíduos. Em virtude do volume gerado de resíduos o planejamento da disposição deve ser feito para toda a safra.

A seguir serão abordadas as discussões e conceitos sobre os principais resíduos industriais do setor sucroalcooleiro: bagaço, vinhaça, torta de filtro, cinzas e emissão de Gases.

4.5 RESÍDUOS INDUSTRIAL DO SETOR SUCROALCOOLEIRO

4.5.1 Vinhaça

Líquido derivado da destilação do vinho, resultante da fermentação do caldo da cana-de-açúcar ou melaço, de coloração marrom escuro e odor desagradável, natureza ácida e temperatura elevada - mais ou menos 107° C. É o principal efluente da unidade industrial, possuindo ação corrosiva devido à presença de ácido sulfúrico, usado nas dornas. Em geral, cada litro de álcool fabricado gera outros 13 litros de vinhaça com diferentes teores de potássio de acordo com a origem. A vinhaça possui alta taxa redutora (altos valores de DBO) e causa asfixia aos animais aquáticos (alta DBO); afugenta a micro fauna e microflora que constitui o plâncton. Na oportunidade em que é armazenada em reservatórios contribui para dispersão de doenças endêmicas devido a população de insetos vetores que se proliferam. (KORNDÖRFER, 2011, p.1)

Após ser proibido o despejo da vinhaça nos corpos d'água, ela passou ser utilizada na fertirrigação nos canaviais brasileiros, por necessitar de baixo investimento e custo baixo. Com a aplicação no solo verificou-se a sua concentração em potássio e a melhoria de algumas propriedades químicas do solo. A quantidade de vinhaça a ser aplicada no solo é determinada com base no seu teor de potássio e na análise química do solo. Para o

Estado de São Paulo, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, definiu por meio da Portaria P. 4231, em anexo neste trabalho, a dose a ser aplicada para cada talhão em função da saturação de potássio no cálculo da capacidade de troca catiônica - CTC.

A vinhaça é aplicada na rebrota da cana-de-açúcar ou soqueiras e fornece todo o potássio e parte do nitrogênio necessários a produção da cana-de-açúcar. Ainda assim em muitos casos há necessidade de complementar a vinhaça com adubos nitrogenados.

Segundo a Rosseto e Santiago (2011, p. 1), pesquisadores da Embrapa cana-de-açúcar, aplicação de vinhaça em doses adequadas oferece uma série de benefícios, como:

- melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; aumento da matéria orgânica e microflora do solo;
- facilita a mineralização do nitrogênio;
- melhoria nas condições gerais de fertilidade do solo;
- aumento do poder de retenção de água;
- aumento da produtividade da cana.

É importante ressaltar que a aplicação excessiva de vinhaça pode retardar o processo de maturação da planta, diminuir o teor de sacarose e comprometer a qualidade da cana. Também, o uso contínuo de vinhaça pode levar à contaminação do lençol freático através da lixiviação de ânions em função do excesso de potássio, conforme afirmam Rosseto e Santiago (2011, p.1).

A vinhaça sai da indústria com temperatura elevada, devendo assim ser resfriada antes de ser lançada no solo, pois este é um sistema vivo e não suporta altas temperaturas.

Figura 22 - Etapas do processo produtivo sucroalcooleiro



Fonte: Matos (2011, p. 38)

Na figura 22 acima, pode-se observar algumas etapas do processo produtivo sucroalcooleiro, desde a chegada do caminhão na indústria, a saída da vinhaça em tanques de contenção, para o seu devido resfriamento e também a fertirrigação, amplamente utilizado nas lavouras de cana-de-açúcar brasileiras.

4.5.2 Torta de Filtro

Trata-se de um importante resíduo da indústria sucroalcooleira proveniente da filtração do caldo extraído das moendas no filtro rotativo. Antigamente, era um resíduo obtido apenas na produção do açúcar. Hoje nas novas unidades alcooleiras com a introdução do filtro rotativo, obtém-se o resíduo torta de filtro.

A torta de filtro é composta basicamente de 70% de umidade e cerca de 1,2 a 1,8% de fósforo, alto teor de cálcio e consideráveis quantidades de micronutrientes. A torta, como a vinhaça, também é empregada na rebrota ou soqueira da cana-de-açúcar. A torta pode ser empregada nas dosagens de 80 a 100 toneladas por hectare (torta úmida); em área total, de 15 a 35 toneladas por hectare (sulco) e 40 a 60 toneladas por hectare na entrelinha das soqueiras, substituindo parcial ou totalmente a adubação fosfatada, dependendo da dose de

P_2O_5 recomendada. Também pode ser adicionada ao gesso, cinzas de caldeiras e palhada, formando uma compostagem. Segundo Rosseto e Santiago (2011, p.1), “[...] a torta de filtro tem agregado valor, melhorando sua concentração em nutrientes e reduzindo sua umidade, o que pode ser vantajoso para o transporte a distâncias maiores e desvantajoso para plantios em épocas de estiagem.” Sua produção varia de 2,5 a 3,5% de cana moída e apresenta elevada umidade, teor de matéria orgânica, fósforo, cálcio, magnésio e nitrogênio.

Os solos arenosos com baixa matéria orgânica devem receber maior quantidade, salientando também que a torta não contém todos os nutrientes necessários para a produção da cana-de-açúcar, havendo necessidade de complementação mineral.

A torta de filtro, assim como a vinhaça, possui uma elevada demanda bioquímica de oxigênio e também metais pesados, decorrentes do processo industrial, os quais não são absorvidos pelas plantas e tendem a percolar, podendo atingir o lençol freático. Assim, é necessário o monitoramento do solo que recebe a vinhaça e a torta de filtro, para evitar níveis tóxicos de metais pesados.

4.5.3 Bagaço

Atualmente o bagaço é o resíduo nobre da cana-de-açúcar, pois o desenvolvimento de diversas tecnologias possibilitaram diferente usos, como por exemplo, a cogeração de energia, briquetes de bagaço da cana-de-açúcar, papel de bagaço da cana-de-açúcar, alimentação animal e outros. É o resíduo fibroso resultante da moagem de cana e contém ao redor de 48 a 52% de umidade, 2% a 3% de sólidos solúveis (brix) e 46% a 48% de sólidos insolúveis (fibra). Para cada tonelada de cana processada resultam ao redor de 280 kg de bagaço. Esse valor é obtido pelo princípio da tecnologia sucroalcooleira de que toda fibra que entra com a cana na moenda ou difusor é igual à quantidade de fibra que sai com o bagaço, conforme assinala o Centro de Tecnologia Canavieira – CTC (2011).

O excedente de bagaço nas usinas brasileiras teve aumento significativo na década de noventa, com a redução de consumo de vapor, fruto da melhoria de eficiência nos processos produtivos, criando um mercado de comercialização desta biomassa para outras indústrias. A partir de 2001, quando da crise de energia elétrica no Brasil (apagão), e com o setor elétrico num processo de privatização, a remuneração da energia elétrica passou a viabilizar investimentos das usinas em caldeiras de alta pressão e processos produtivos mais eficientes, tornando possível a geração adicional de energia elétrica e sua comercialização com outras empresas consumidoras. Assim, usinas que comercializavam bagaço no mercado, passaram a consumi-lo internamente, visando aumentar a exportação de energia elétrica, de forma

significativamente mais rentável que a simples comercialização do bagaço. Desta forma, a biomassa passou a ter um valor significativamente mais alto para estas usinas do que o simples preço de mercado do bagaço (CTC, 2011, p.1).

A oxidação térmica do bagaço de cana-de-açúcar nas caldeiras assume um papel muito importante na produção de energia térmica, com consequente geração de energia mecânica e elétrica. O bagaço ao entrar na câmara de combustão da caldeira, recebe correntes de ar pelo sistema de ventilação, ocorrendo sua queima em suspensão, segundo Cirino et al. [200-, p.6].

Conforme afirmam Andrade e Diniz (2007, p.56), a queima do bagaço da cana-de-açúcar nas caldeiras gera: material particulado - MP, monóxido e dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio. O MP está associado ao residual de cinzas, fuligens e outros materiais.

Causa efeitos estéticos indesejáveis “[...] em virtude de sua cor escura e causam incômodos ao bem estar público por sua precipitação nas residências. Sua fração inalável penetra nos pulmões e diminui a capacidade respiratória”, conforme relatam Andrade e Diniz (2007, p. 56). O controle do MP é feito através de lavadores de gases.

O bagaço desde que armazenado adequadamente, pode ser utilizado no início da safra seguinte e/ou na entressafra, para que sejam preservadas suas propriedades combustíveis, o que pode ser realizado em áreas abertas ou armazéns cobertos. A possibilidade de enfardamento do bagaço ou de sua compactação aumenta as alternativas logísticas e do mercado consumidor dessa fonte renovável de energia, segundo informações do Centro de Tecnologia Canavieira (2011, p. 1).

O armazenamento do bagaço ao ar livre deveria conter proteção da ação das águas pluviais e dos ventos, pois estes suspendem e arrastam a fração microscópica do bagaço no entorno da indústria. Este material influencia a saúde ocupacional, pois pode ocasionar pneumoconiose nos trabalhadores e ainda causa efeitos estéticos indesejáveis nos telhados e vias de circulação, que permanecem constantemente sujos no período da safra. A solução técnica para o problema seria a deposição em galpões fechados, ou, ao menos, protegidos lateralmente da ação dos ventos, mas devido aos custos e ao risco de combustão espontânea não é seguida. Assim, com intuito de suavizar, as Usinas na entressafra cobrem o bagaço com lonas plásticas (ANDRADE; DINIZ, 2007, p. 56).

A tecnologia para utilização do bagaço evoluiu muito nos últimos anos e a cogeração veio para fortalecer o setor sucroalcooleiro e contribuir na matriz energética

nacional. No entanto, pode-se observar que ainda faltam investimentos e pesquisa para que as emissões de carbono na queima do bagaço possam ser minimizadas.

4.5.4 Cinzas das Caldeiras e Fuligem das Chaminés

Estes resíduos são retiradas manualmente e incorporadas à torta de filtro para retorno à lavoura como adubo orgânico. No filtro de gases, a fuligem da caldeira é retida por via úmida, o processo é continuo, as águas lavam os gases para remoção das fuligens, sendo este resíduo encaminhado para as células de decantação que após estarem cheias e drenadas, são limpas com auxilio de uma pá-carregadeira e transportadas por caminhões basculantes até a lavoura para correção do solo, segundo Cirino et al. [200-, p.6].

Atualmente, temos conhecimento que para cada tonelada de bagaço queimado no processo de cogeração são gerados aproximadamente 25 kg de cinzas, cujas características estão relacionadas pelas condições de queima do bagaço. A cinza do bagaço apresenta, em termos de óxidos, uma grande quantidade de dióxido de silício, normalmente acima de 60% (em massa). Outra possível fonte de sílica para a cinza é a areia (quartzo), oriunda da lavoura, que não é totalmente removida durante a etapa de lavagem no processamento da cana-de-açúcar, permanecendo no bagaço.

A revista FAPESP *on line*, por autoria do jornalista Yuri Vasconcelos (2010), publicou a pesquisa realizada pela equipe coordenada pelo engenheiro civil Almir Sales, professor da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar (2010, p. 1), sobre a utilização das cinzas resultantes do processo industrial sucroalcooleiro e os resultados mostram que esse resíduo poderá ter um destino ambientalmente adequado e se transformar num importante insumo na fabricação de argamassa e concreto para uso na construção civil. Relata ainda que:

[...] Trata-se de um material em sua maior parte inerte e fraco enquanto adubo. Não encontramos concentração significativa de potássio que justifique o uso das cinzas como elemento para correção da acidez do solo, como vem ocorrendo. Outro dado surpreendente revelado pelos ensaios foi a presença de grande quantidade de metais pesados, entre eles chumbo e cádmio, nas cinzas analisadas. Com isso, seu emprego na adubação das plantações pode representar risco de contaminação do solo e do lençol freático (VASCONCELOS, 2011, p.1).

Durante a pesquisa também foi constado pelos ensaios a presença de grande quantidade de metais pesados, entre eles chumbo e cádmio, nas cinzas analisadas. Com isso,

seu emprego na adubação das plantações pode representar risco de contaminação do solo e do lençol freático (VASCONCELOS, 2011, p.1).

Este estudo ainda pode contribuir para diminuir a quantidade de areia utilizada em construções, diminuindo assim o impacto ambiental provocado pela extração de areia.

4.5.5 Emissão de Gases

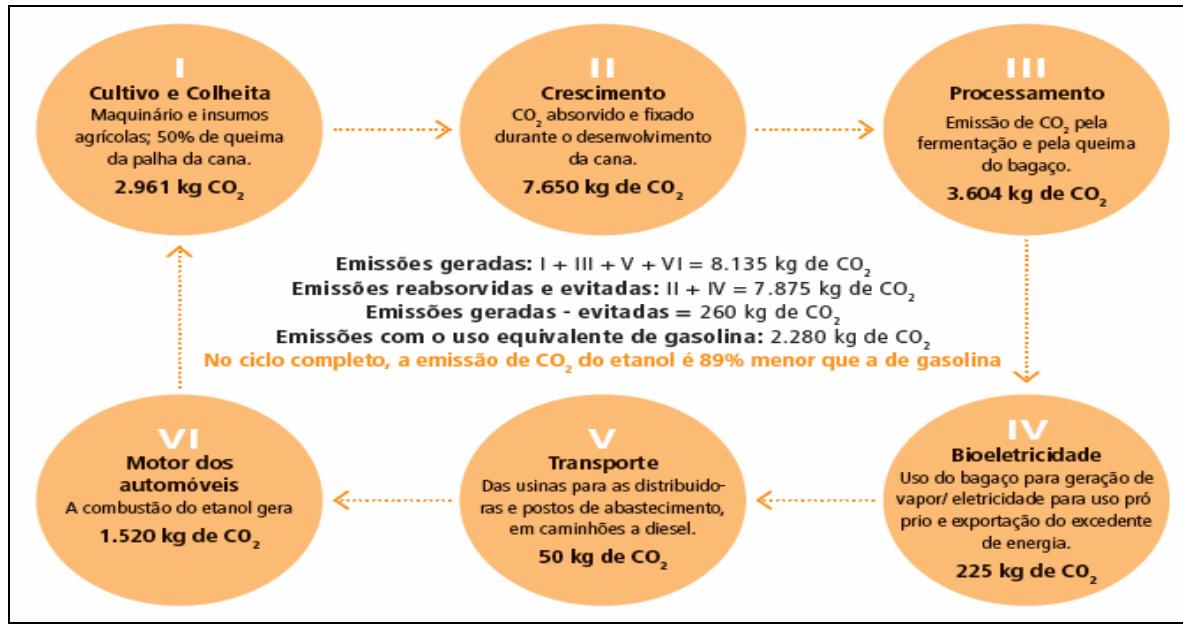
Conforme já mencionado anteriormente, uma das principais fontes de emissão de gases na atmosfera é a queima de bagaço em caldeiras e também a queimada dos canaviais, no setor sucroalcooleiro, como o dióxido de carbono - CO₂, monóxido de carbono - CO e o óxido de nitrogênio - N₂. Dos gases citados, o N₂ e O₂ retomam ao seu ambiente natural, ar atmosférico, e não produzem, portanto, qualquer tipo de poluição. Entretanto, a emissão de carbono na oxidação térmica do bagaço de cana-de-açúcar, na forma de CO₂ (0,057 a 0,11 Kg CO₂/kWh) é o responsável pelo efeito estufa. Estudos dirigidos a este assunto apontaram como resultado do balanço de produção de CO₂ e sua absorção pelos vegetais verdes (ex. a cana-de-açúcar) um valor praticamente nulo, portanto, sem prejuízo adicional à qualidade do ar (CIRINO, et al., 200-, p.6).

A autora ainda relata que outro componente resultante da queima do bagaço em caldeiras é o material particulado - MP. O material particulado é o principal agente poluidor, sua taxa de emissão esta geralmente entre 3.000 a 6.000 mg/Nm³, sem a devida instalação de equipamento de controle. O NO₂ componente também presente na emissão das caldeiras, é resultante da reação do nitrogênio e oxigênio do ar injetado na câmara de combustão durante a queima do bagaço. No que toca ao meio atmosférico é importante mencionar que as usinas utilizam como combustível das caldeiras o bagaço de cana que é um resíduo industrial renovável, pois todo o gás potencialmente tributário do incremento do efeito estufa, emitido pela queima do bagaço, é reabsorvido na lavoura de cana. Logo, trata-se de atividade limpa e adequada aos princípios fundamentais do Protocolo de Kyoto. Como medida mitigadora contra a emissão de particulados, as caldeiras das usinas são providas com um sistema de controle de poluição - lavadores de gases (CIRINO, et al., 200-, p.7).

Esta afirmação também é feita por Matos (2011, p. 76), sintetizado e resumido na figura 23 abaixo, e “[...] essas emissões podem diminuir ainda mais com a criação de um novo modal de distribuição de etanol, através de dutos, e da substituição de

combustíveis fósseis por biocombustíveis no maquinário pesado utilizado no cultivo-colheita da cana.”

Figura 23 - Balanço das emissões de CO₂ para cada mil litros de etanol de cana-de-açúcar produzido e consumido.



Fonte: Matos (2011, p. 76)

De acordo com Andrade e Diniz (2007, p. 56), em seus estudos sobre *Impactos Ambientais da Agroindústria da Cana-de-açúcar: Subsídios para a Gestão* há seguinte observação:

Para caldeiras providas de lavadores de gases a USEPA – *United States Environmental Protection* adota como referência os seguintes fatores de emissão: 0,7 Kg de MP/tb e 0,6 Kg de NOx/tb. A Resolução CONAMA nº 382 (2006) fixou em 200 mg/Nm³ e 350 mg/Nm³ as concentrações para MP e óxidos de nitrogênio, respectivamente. As amostragens realizadas em diversas Usinas geralmente indicam que estes valores podem ser atendidos. Ressalte-se que a amostragem de chaminé é um procedimento custoso e não garante que as emissões permaneçam controladas durante a safra inteira. É providencial a realização de monitoramento contínuo, por meio de opacímetros, de forma a avaliar o grau de enegrecimento das emissões gasosas. Plumás claras equivalem à concentração de 85 mg.Nm³. O Banco Mundial exige que a emissão de particulados seja menor que 100 mg.Nm³. Nas etapas de fermentação e destilação ocorrem emissões de dióxido de carbono, aldeídos, álcool e ciclohexano. Quando do PROÁLCOOL, as unidades de fermentação e destilação atingiam volumes diários de fabricação de 60 a 120 m³/dia. Atualmente, há aparelhos que atingem até 1.000 m³/dia. Este aumento localizado da capacidade de processamento industrial motivou relevância destas emissões, cujos odores são perceptíveis aos transeuntes externos às destilarias.

Embora as emissões de gás carbônico sejam reabsorvidas pelo crescimento dos canaviais na safra subsequente, tem-se que, estequiométricamente, para cada 92 g de álcool produzidos são gerados 88 g de gás carbônico, lançados na atmosfera, sem reaproveitamento, ainda afirmam os referidos autores.

Outro impacto gerado nas Usinas de açúcar e álcool “[...] é a geração de vapor em elevadas temperaturas e pressões, armazenamento de milhares de metros cúbicos de álcool, melaço e vinhaça”. Com grande potencial de ocorrência de acidentes e assim comprometer a segurança das pessoas e a qualidade do meio ambiente (ANDRADE; DINIZ, 2007, p. 59).

Os autores ainda alertam que as exigências destinadas à prevenção e combate a incêndios nas instalações industriais encontram-se fixadas legalmente pelo Decreto Estadual 46071/2001. A orientação para elaboração de estudos de análise de riscos foi estabelecida na Norma P4.261/2003, da CETESB (em anexo).

Para finalizar a análise dos impactos ambientais do setor sucroalcooleiro, na tabela 10 pode-se observar uma síntese dos principais resíduos.

Tabela 10 - Principais resíduos da produção do açúcar e álcool

Resíduos e/ou subprodutos	Características principais	Disposição
Água da lavagem da cana	Vol.: 2-7 m ³ /tc DBO: 200 - 1200 mg/L pH = 4,8	Fertilização Recirculação Tratamento e/ou descarte
Condensados vegetais (secundários)	Vol.: 0,55 m ³ /tc DBO: 500 - 1000 mg/L	Fertilização Recirculação Tratamento e/ou descarte
Águas dos condensadores barométricos e dos multijatos	Vol.: 10 - 20 m ³ /tc DBO: 100 - 300 mg/L t = 35 - 40 °C	Fertilização Recirculação Tratamento e/ou descarte
Condensados de caldeiras e purgas	Baixo potencial poluidor	Recirculação
Águas da lavagem de equipamentos e pisos	Alta concentração de sólidos sedimentáveis DBO: 400 - 15000 mg/L	Fertilização Descarte
Águas residuais domésticas	75 - 120 l/dia.trab. Presença de coliformes	Fossas/sumidouros
Vinhaça	≈ 156 l/tc (destilaria anexa) e 910 l/tc (destilaria autônoma) Alto potencial poluidor	Fertilização, fermentação anaeróbica, combustão em caldeiras, outros usos
Torta de filtro	30 - 40 Kg/tc Alta DBO	Fertilizante, produção de ceras
Material particulado e gases provenientes da queima do bagaço de cana	Particulados 4000 - 6000 mg/Nm ³ ≈ 6 Kg/tc.NO _x	Atmosfera com ou sem equipamentos de controle

Fonte: Andrade e Diniz (2007, p. 43)

A tabela 10 apresenta as principais características dos principais resíduos do setor sucroalcooleiro e também como é feita a sua disposição no solo ou na atmosfera.

A seguir, será abordado o Zoneamento Agroambiental que estabelece o prazo para finalizar as queimadas dos canaviais em regiões com declividade de até 12%, otimizando

assim a colheita mecânica e diminuindo frentes de emprego para o trabalhador rural da agroindústria sucroalcooleira.

4.6 ZONEAMENTO AGROAMBIENTAL

Com a possibilidade de grandes transformações irreversíveis na evolução da cultura canavieira conforme já demonstrado, consideramos altamente positivo o Protocolo Agroambiental, assinado em junho de 2007, entre o governo do Estado de São Paulo, por meio das Secretarias de Agricultura e Abastecimento e de Meio Ambiente, e a União da Indústria da Cana-de-Açúcar (UNICA).

O “Protocolo Agroambiental ou “Protocolo Verde” é uma importante iniciativa do setor sucroalcooleiro, firmado com o governo do Estado de São Paulo em junho de 2007, no qual a indústria canavieira paulista se compromete a acelerar a eliminação da queima da palha da cana-de-açúcar, prática tradicional que facilita a colheita manual da cana-de-açúcar. O Protocolo Agroambiental antecipou de 2021 para 2014 a data de erradicação nas áreas onde já é possível a colheita mecanizada e de 2031 para 2017 nas demais, como áreas de inclinação superior a 12%. O protocolo estabelece que, a partir de novembro de 2007, novos canaviais no estado devem ter colheita totalmente mecanizada e sem queima, levando o setor a um novo patamar em termos de sustentabilidade ambiental (JANK; NAPPO, 2009, p. 35).

A emissão de fuligem, originada pela queima da cana-de-açúcar, será eliminada pela colheita mecânica, e consequentemente os danos causados, como também promoverá a volta da biodiversidade aos canaviais, principalmente da flora composta de micro-organismos, insetos, aves e pequenos roedores.

Esse protocolo antecipa o cronograma em mais de dez anos, tanto para áreas mecanizáveis quanto para áreas atualmente não mecanizáveis em função da tecnologia disponível. Em março de 2008, o mesmo protocolo foi assinado pela Associação de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil – Orplana, associação que congrega 13.000 pequenos fornecedores de cana, o que reforça a eliminação da queimada até 2017.

Assim como a Lei Estadual nº 11.241 impõe a erradicação em prazos determinados, o Protocolo também estabelece um cronograma evolutivo para erradicação total. Além disso, define a adesão voluntária às normas e critérios estabelecidos, implicando na emissão de Certificado de Conformidade Agroambiental emitido pela Secretaria do Meio Ambiente.

Na tabela 11 abaixo é possível observar a agenda de atividades segundo protocolo agroambiental de 2007.

Tabela 11 - Cronograma de eliminação da queima da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, segundo o Protocolo Agroambiental

Área mecanizável onde não se pode efetuar a queima da cana-de-açúcar	
Ano	Porcentagem de eliminação
2010	70% da queima eliminada
2014	Eliminação total da queima
Área não-mecanizável, declividade superior a 12% e/ou com queima menor que 150 ha	
Ano	Porcentagem de eliminação
2010	30% da queima eliminada
2017	Eliminação total da queima

Fonte: Protocolo Agroambiental (2007)

A mecanização depende da topografia, já que as colheitadeiras somente podem ser utilizadas em áreas com declive de até 12%. Na verdade, houve um aumento de plantio em regiões mecanizáveis e isso tem desencadeado vários problemas sociais. Ao comentar o avanço da mecanização já em 2006, Teixeira (2002 apud Rodrigues; Ortiz (2006, p.8) informava que “[...] Nas áreas montanhosas de Pernambuco, quase todo o corte acontece de forma manual, enquanto o grau de mecanização em São Paulo já atinge por volta de 30% com tendência de crescimento”.

Figura 24 - A colheita mecânica da cana-de-açúcar, no município de Assis.



Fonte: Peres (2011)

A figura 24 ilustra o processo de colheita mecânica, observado no município de Assis - SP, durante uma vistoria técnica do estágio de pós-graduação realizado na CETESB. A colheita mecânica possui turno de 24 horas, portanto a máquina não pára, são três trocas de funcionários por dia de serviço.

Tendo em vista a preocupação ambiental duas perspectivas podem ser assinaladas: a Lei da Eliminação da Queimada de Cana e do Protocolo Agroambiental, já discutida anteriormente, e o decreto das Bacias Aéreas (Decreto estadual 50.753/2006). Pela primeira observar-se-á a redução das emissões progressivas, enquanto que pela segunda, estabelecer-se-ão regras para licenciamento de indústrias no Estado de São Paulo. Estas regras estabelecem os requisitos da qualidade do ar nas bacias aéreas e na possibilidade de compensações de emissões poluentes dentro de cada bacia. Isto significou um avanço ambiental importante no Estado que pode influenciar a instalação de novas unidades produtoras (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 102).

Figura 25 - Etapas do processo de colheita mecânica da cana-de-açúcar.



Fonte: Matos (2011, p. 35)

Há uma série de legislações e protocolos a serem seguidos que demonstram atitudes responsáveis, e que precisam ser cobrados e cumpridos.

O Decreto 52.469, de dezembro de 2007, alterou parcialmente o decreto anterior, especialmente nos seguintes tópicos:

- a) O programa relativo ao controle de indústrias existentes teve sua data de início alterada de 2009 para 2012;
- b) Ampliações de sistemas industriais passaram a ser permitidas sem necessidade de compensação, desde que usada a melhor tecnologia disponível.

Em setembro de 2008, foram publicadas duas resoluções referentes ao Zoneamento Agroambiental para o setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo (Ambiente, 2008) que reúnem os requisitos agronômicos e ambientais a serem seguidos pelo setor.

- a) A Resolução conjunta das secretarias Secretaria do Meio Ambiente e de Agricultura e Abastecimento - SMA-SAA nº 004 (18/9/2008) que dispõe sobre o zoneamento em questão, definindo quatro áreas no Estado, com a seguinte classificação:
 - adequada (sem restrições ambientais específicas), correspondendo a aproximadamente 3,9 milhões de hectares;
 - adequada com limitações ambientais, correspondendo a 8,6 milhões de hectares;
 - adequada com restrições ambientais (5,5 milhões de hectares);
 - inadequada (6,7 milhões de hectares).
- b) A Resolução SMA nº 067 (18/9/2008) que define as diretrizes técnicas para o licenciamento dos empreendimentos em cada área mencionada (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 102).

No zoneamento agroambiental foram incluídos alguns critérios que auxiliaram na proteção da biodiversidade, tais como: aptidão edafoclimática para cultura de cana, áreas de restrição à colheita mecânica (declividade), disponibilidade de águas superficiais e vulnerabilidade das águas subterrâneas, unidades de conservação, proteção integral, biodiversidade e qualidade do ar nas bacias aéreas.

Atualmente a grande discussão que ocorre em termos de perspectivas sócio-ambientais do setor sucroalcooleiro se refere à competição de biocombustíveis (em particular o etanol de cana-de-açúcar) com alimentos, mudança no uso da terra, desmatamento, balanço global das emissões de gases efeito estufa e à necessidade (ou não) de certificação ambiental de biocombustíveis, como vem sendo defendida pela União Européia e outros países desenvolvidos (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 102).

Segundo informações de Goldemberg, Nigro e Coelho (2008, p. 103) são barreiras apresentadas como ambientais, mas que correspondem a interesses comerciais. A competição com alimentos não está ocorrendo no Estado de São Paulo, como já discutido anteriormente, com a expansão da área plantada com cana-de-açúcar sobre áreas anteriormente destinadas a pastagens e o adensamento da pecuária (aumento do número de cabeças de gado de 1 para 1,4 por hectare).

Os autores informam ainda que se esta experiência for estendida para o restante do país, os 200 milhões de hectares de pastagens existentes podem se reduzir a 140 milhões de hectares, deixando outros 60 milhões para aumento das áreas destinadas à agricultura de alimentos e biocombustíveis. Na verdade, verifica-se que no Estado, apesar da expansão da cana-de-açúcar, ocorreu uma significativa expansão na produção de alimentos, sem necessidade de desmatamento.

Importantes iniciativas governamentais devem ser mencionadas como por exemplo:

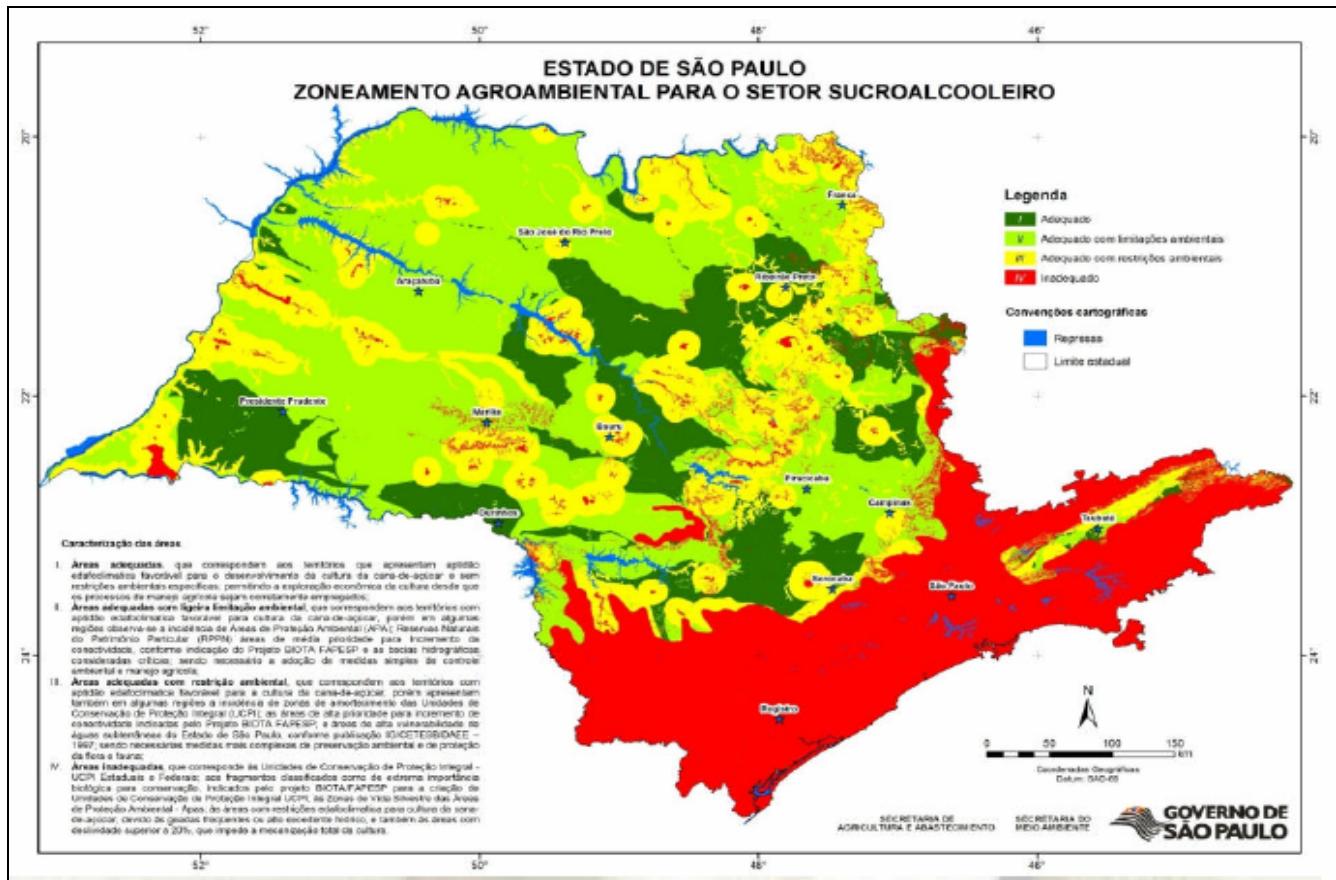
[...] a instituição de um zoneamento agrícola para o país pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, bem como a introdução de certificação voluntária dos biocombustíveis, pelo Inmetro. Entretanto, cada vez mais os aspectos ambientais devem ser monitorados, evitando impactos negativos ao desenvolvimento do etanol e garantindo a sua sustentabilidade (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 103).

O protocolo ambiental firmado em 2007, já tem a adesão de 145 das 177 usinas no Estado, cobrindo 89% de toda a moagem.

Como resultado prático, observa-se que: apesar do aumento da área colhida de cana no último ano em 548 mil hectares (17%), houve redução da área queimada em 108 mil hectares. Já foram declarados para proteção aproximadamente 117 mil hectares de matas ciliares (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 103 e 136).

Foram utilizadas bases de dados sobre condições climáticas, qualidade do ar, relevo, solo, disponibilidade e qualidade de águas, áreas de proteção ambiental e unidades de conservação existentes e indicadas, e fragmentos de manutenção da conectividade, para criar o mapa do Zoneamento Ambiental do Estado de São Paulo indicando áreas adequadas e inadequadas para o cultivo de cana. A seguir é apresentado a figura 26 resultante do zoneamento agroambiental para o setor sucroalcooleiro, no estado de São Paulo:

Figura 26 - Zoneamento Agroambiental para o setor sucroalcooleiro, no estado de São Paulo.



Fonte: Secretaria de Agricultura e Abastecimento – governo de São Paulo (2008)

Desta forma, foram estabelecidas quatro classes de áreas com diferentes graus de aptidão agroambiental para o Estado, com a seguinte classificação, de acordo com legenda da figura 26:

- áreas adequadas: correspondem ao território com aptidão edafoclimática favorável para o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar e sem restrições ambientais específicas;
 - áreas adequadas com limitação ambiental: correspondem ao território com aptidão edafoclimática favorável para cultura da cana-de-açúcar e incidência de Áreas de Proteção Ambiental (APA); áreas de média prioridade para incremento da conectividade, conforme indicação do Projeto BIOTA-FAPESP; e as bacias hidrográficas consideradas críticas;
 - áreas adequadas com restrições ambientais: correspondem ao território com aptidão edafoclimática favorável para a cultura da cana-de-açúcar e com incidência de zonas de amortecimento das Unidades de Conservação de Proteção Integral - UCPI; as áreas de alta prioridade para incremento de conectividade indicadas pelo Projeto BIOTA-FAPESP; e áreas de alta vulnerabilidade de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, conforme publicação IG-CETESB-DAEE - 1997;
 - áreas inadequadas: correspondem às Unidades de Conservação de Proteção Integral – UCPI Estaduais e Federais; aos fragmentos classificados como de extrema importância biológica para conservação, indicados pelo

projeto BIOTA-FAPESP para a criação de Unidades de Conservação de Proteção Integral - UCPI; às Zonas de Vida Silvestre das Áreas de Proteção Ambiental - APAs; às áreas com restrições edafoclimáticas para cultura da cana-de-açúcar e às áreas com declividade superior a 20%.

Ficando assim estabelecido, em relação à área total do Estado de São Paulo na qual a atividade canavieira é efetivamente exercida, 26% está em áreas adequadas, 45% em áreas adequadas com limitações ambientais, 28% em áreas adequadas com restrições ambientais e apenas 1% em áreas inadequadas. Portanto, no figura 26 pode-se observar que há grandes manchas de regiões onde é possível a produção da cana-de-açúcar demonstrada pelo zoneamento agroambiental.

A cultura da cana-de-açúcar no Estado, que ocupou em 2007 4,3 milhões de hectares e elevou a produção de açúcar a 19 milhões de toneladas e a de etanol a 13 bilhões de litros, gera cerca de 300.000 empregos e contribui com 21 bilhões de reais ao PIB paulista (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 141).

O sólido desempenho deste setor agrícola industrial não só tem condições de continuar como também de expandir significativamente nos próximos anos, dentro de padrões sociais e ambientais adequados. A sustentabilidade da cultura canavieira e a consequente produção de etanol e açúcar no Estado de São Paulo é o grande problema a ser enfrentado, para que o setor atinja e mantenha padrões mínimos como os que estão sendo exigidos pelos países que eventualmente venham a importar o etanol do Brasil (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 141).

Nesse contexto, outra preocupação se torna palco das grandes discussões e impasses – os trabalhadores rurais. O setor sucroalcooleiro emprega atualmente, mais de um milhão e quatrocentas mil pessoas, das quais 511.000 trabalham na produção agrícola, sobretudo no corte de cana, tendo em vista que uma parte da safra brasileira ainda é manual. Assim, com a introdução da colheita mecânica como ficam esses trabalhadores?

Os produtores de açúcar e álcool, e as organizações trabalhistas e diferentes esferas de governo, estão trabalhando para desenvolver cursos profissionalizantes e programas de requalificação para atenuar os reflexos da mecanização entre os trabalhadores de corte manual de cana-de-açúcar, assim afirmam Jank e Nappo (2009, p. 36).

Surge aqui a oportunidade de fazer ao menos uma breve análise das relações trabalhistas dentro do setor sucroenergético no Brasil, que será examinado a seguir.

4.7 RELAÇÕES TRABALHISTAS

Com a introdução da colheita mecânica na colheita da cana-de-açúcar, muitos trabalhadores sem qualificação perderão seus postos de trabalho. Assim, o setor deverá passar por uma reestruturação da mão-de-obra.

Atualmente, uma das preocupações da substituição da mão de obra pela mecanização, com a antecipação do fim das queimadas retoma a discussão sobre o treinamento específico para os trabalhadores que serão substituídos pelo sistema mecanizado de corte da cana-de-açúcar e sobre os números trabalhadores volantes desempregados. Nesse contexto, será abordado a seguir as questões sociais do setor produtivo do etanol e suas vulnerabilidades.

Colocadas essas questões é importante ressaltar a participação do estado na formulação de políticas públicas referentes à qualificação dos desempregados, com a finalidade de atenuar um cenário de desemprego, como também sanar outros problemas sociopolíticos.

No processo de produção do etanol, é evidente um processo contraditório de criação de emprego pela expansão da área plantada e desemprego pela mecanização da colheita. Uma colhedeira substitui aproximadamente 100 trabalhadores, dependendo das condições.

Souza (2011, p. 34) realizou um trabalho sobre as relações trabalhistas relacionadas à cultura da cana-de-açúcar. O autor demonstra que o processo de trabalho é muito pesado em comparação a outros trabalhos agrícolas.

Segundo sua análise, após a modernização da cultura da cana-de-açúcar, a etapa em que ainda predomina o trabalho manual é o corte, realizado em sua maioria por trabalhadores temporários, conhecidos como “bóia fria”. De acordo com Paixão e Alves (2008 apud SOUZA, 2011, p. 34), o processo do corte da cana depende principalmente de força e destreza, pois além de segurar um feixe que varia de cinco a dez canas, é preciso cortar não muito rente para não atrapalhar a rebrota e nem muito alto, pois é na base que se concentra maior parte do açúcar na planta.

É um trabalho bastante árduo e paga-se por produção (quantidade de cana cortada). Para se ter uma boa quantia de renda é preciso cortar muita cana, considerando ainda, que os trabalhadores necessitam ganhar em 8 meses o dinheiro suficiente para o ano todo. Trabalha-se de 8 a 12 horas no sol, com roupas fechadas e equipamentos pesados em meio à fuligem, poeira e fumaça. Além de cortar a cana na base, tem-se que limpar a cana,

cortar a ponteira e levar o feixe de cana até o eito central (parte central da roça de cana que está sendo cortada) e arrumá-la para ser medida e carregada pelos caminhões. Os trabalhadores recebem por cortar a cana, mas tem que fazer estas atividades extras (PAIXÃO; ALVES, 2008 apud SOUZA, 2011, p. 34).

Somado ao grande esforço físico, o sistema de pagamento é injusto, segundo o autor. A cana cortada é medida por metro linear, porém é paga por tonelada. Os usineiros dizem que tudo na usina é baseado em toneladas e por isso não podem mudar. A conversão é feita na usina, onde se tira uma medida padrão de toneladas por metro linear para cada dia (SOUZA, 2011, p. 34). Muitas vezes os trabalhadores são prejudicados, recebendo menos no fim do mês.

A evolução do setor sucroalcooleiro demonstra um rápido crescimento a curto e médio prazos, havendo a necessidade de adaptações trabalhistas, como também a qualificação dos que ficarão desempregados.

No estudo já realizado por Goldemberg, alerta que:

As mudanças estruturais implicam em transformação de parcela das propriedades rurais em empresas agrícolas, cada vez mais relacionadas à lógica industrial. Por sua dependência dos insumos industriais (mecanização e utilização de produtos químicos) e dedicação à produção de matérias-primas cada vez mais industrializadas, o setor sucroalcooleiro e de oleaginosas contribui para estabelecer uma nova ordem de relação com o trabalho (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 99).

As culturas temporárias como soja e cana-de-açúcar, por exemplo, responsáveis até a década de 1980 por ampla ocupação de mão-de-obra, passaram a conviver com mão-de-obra menos intensiva, porém com maior número de trabalhadores com contrato de trabalho formal. Assim, a fração de assalariados na zona rural vem ganhando importância, sobretudo pelas formas de contratação temporárias extensivas, em sua maioria, no período de safra.

Esse quadro vem se modificando rapidamente pela mecanização agrícola e alta tecnologia na colheita.

No Estado de São Paulo, em especial, o aumento dos índices de assalariados e da formalização do emprego deu vazão ao surgimento de entidades sindicais (sindicato e federação estadual) dirigidas aos empregados assalariados (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008, p. 99).

As transformações nas relações de trabalho no Estado de São Paulo, parecem ocorrer mais rapidamente do que no restante do país. Assim, percebe-se como a situação dos trabalhadores paulistas submetidos às atividades temporárias no setor sucroalcooleiro perde participação no total de empregados temporários de todo o país nos últimos 20 anos, assim assinalam os referidos autores.

Segundo estudos de Goldemberg, Nigro e Coelho (2008, p.99):

Hoje, o ponto que fomenta ainda mais o debate sobre a geração de empregos no setor sucroalcooleiro é o atendimento das questões ambientais. A lei estadual para eliminação da queimada de cana no Estado (Lei no 11.241/2002), estabelecendo um cronograma para erradicar a queima da cana em SP com fins de proteção ambiental, tem como consequência a adoção de máquinas colheitadeiras para a cana crua, o que pode levar à correspondente redução de postos de trabalho.

Nessa linha de pensamento, Goldemberg, Nigro e Coelho (2008, p. 101), já baseando-se em dados da safra 2006/07, concluíam que o setor sucroalcooleiro em São Paulo, deveria criar 57 mil empregos mais qualificados, ao mesmo tempo que iria reduzir 190 mil postos de trabalho de cortadores de cana até a safra 2015/16, época que estaria eliminada completamente a queimada. Previa então a necessidade de aumento de oferta de treinamento e fortalecimento de programas sociais.

De acordo com informações contidas na Rais - Relação Anual de Informações Sociais do Ministério do Trabalho e Emprego, no ano de 2008, referente 2007, foram contabilizados 1.283.258 empregos formais, sendo que 481.662 é o total de empregos no campo para o cultivo da cana-de-açúcar; 561.292 nas fábricas de açúcar,em bruto; 13.791 no refino e moagem de açúcar e 226.513 na produção de etanol.

Os dados mostram que o índice de formalidade de empregos no setor canavieiro vem crescendo, atingindo 80,9% no Brasil, de acordo com dados do IBGE de 2007 (66,5% no Norte-Nordeste; 90,3% no Centro-Sul; 95,1% em São Paulo). No total, há 1,43 milhão de empregos no setor. Como para cada emprego direto são gerados dois indiretos, chega-se à marca de 4,29 milhões de pessoas alocadas em empregos relacionados à cana-de-açúcar. São Paulo é o Estado que mais emprega (40% do total), com destaque para o cultivo de cana - 54% (NEVES; TROMBIN; CONSOLI, 2010, p. 33).

Segundo a análise dos referidos autores, no Brasil, 55% dos trabalhadores eram analfabetos e com baixa instrução, mas no Centro-Sul esse índice não superou os 5%. O aumento da mecanização vem gerando um crescimento na demanda por profissionais mais

qualificados. Uma colhedeira substitui o trabalho de cem pessoas com baixa capacitação, porém, exige dez trabalhadores capacitados em automação e mecanização. Instituições como Senar, Senai e CTC entre outras estão auxiliando na formação desse novo perfil de mão-de-obra que o setor demanda, porém ainda existe espaço para outras entidades atuarem para a melhoria da qualificação profissional.

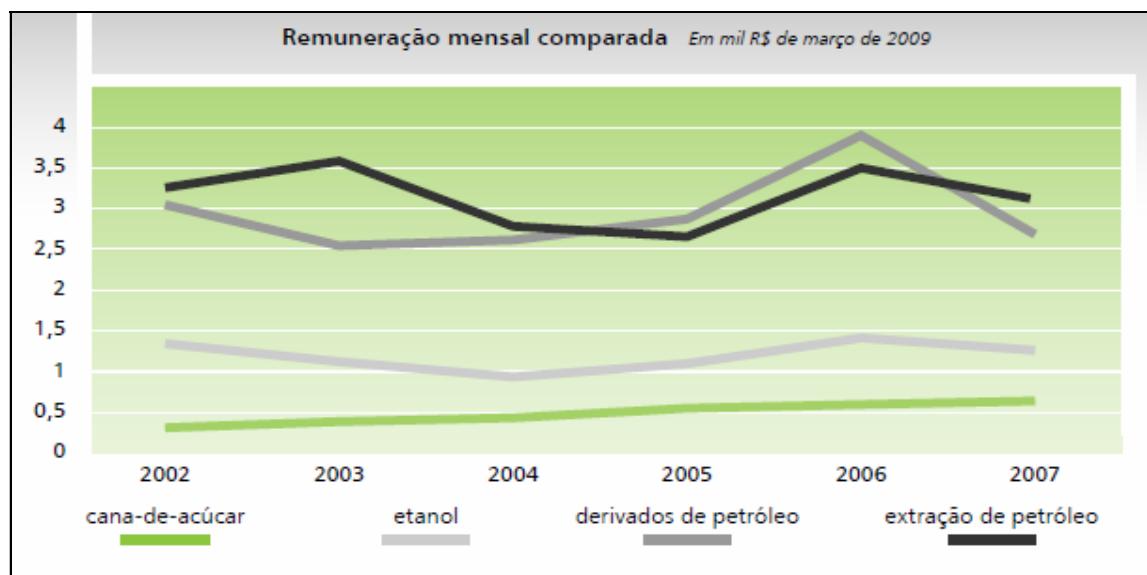
A renda média dos trabalhadores, o Centro-Sul apresenta R\$ 1.062,55/pessoa e o Norte-Nordeste, R\$ 666,20 (com média nacional de R\$ 942,02). De tal situação depreende-se que a massa salarial gerada pelas regiões também seguirá a mesma linha, com o Centro-Sul movimentando R\$ 786,3 milhões, e o Norte-Nordeste R\$ 422,6 milhões (total de R\$ 1,21 bilhão), segundo Neves, Trombin e Consoli (2010, p. 33).

Em seu estudo Moraes et al. (2010, p. 48), salienta a importância da produção do etanol, e os importantes impactos no desenvolvimento regional, dada a capilaridade da produção nos mais diversos estados e regiões do Brasil. Diferentemente dos combustíveis fósseis (cuja fabricação se concentra em poucos estados e cidades), a produção de cana-de-açúcar, de açúcar e de etanol está presente em grande número de estados e promove o desenvolvimento das cidades do interior.

O autor alerta ainda que, além da produção, é importante verificar os efeitos multiplicadores nas diversas atividades ou o seu encadeamento na economia. Os efeitos multiplicadores se estendem por toda a economia, no que se refere à geração de renda e de empregos, tanto pelos efeitos diretos quanto indiretos.

A renda média do empregado do campo é muito inferior ao do empregado na indústria do álcool, que, por sua vez, recebe menos do que o empregado no setor de produção de petróleo. E também o rendimento no setor agrícola brasileiro é mais baixo do que nos setor secundário (indústria) e terciário (serviços). A indústria do petróleo apresenta um dos maiores níveis salariais da economia brasileira. Assim, Miranda (2001 apud MORAES, et al., 2010, p.56) observa que “[...] a exploração e produção de petróleo do Estado do Rio de Janeiro registram níveis salariais bem acima dos pagos por outros segmentos da indústria de transformação.” O fato que reforça esse aumento do nível salarial é a necessidade de especialização para atuar em alto-mar, com equipamentos específicos, fazendo com que os salários sejam 30% superiores aos demais e ainda tem-se o adicional de insalubridade e periculosidade.

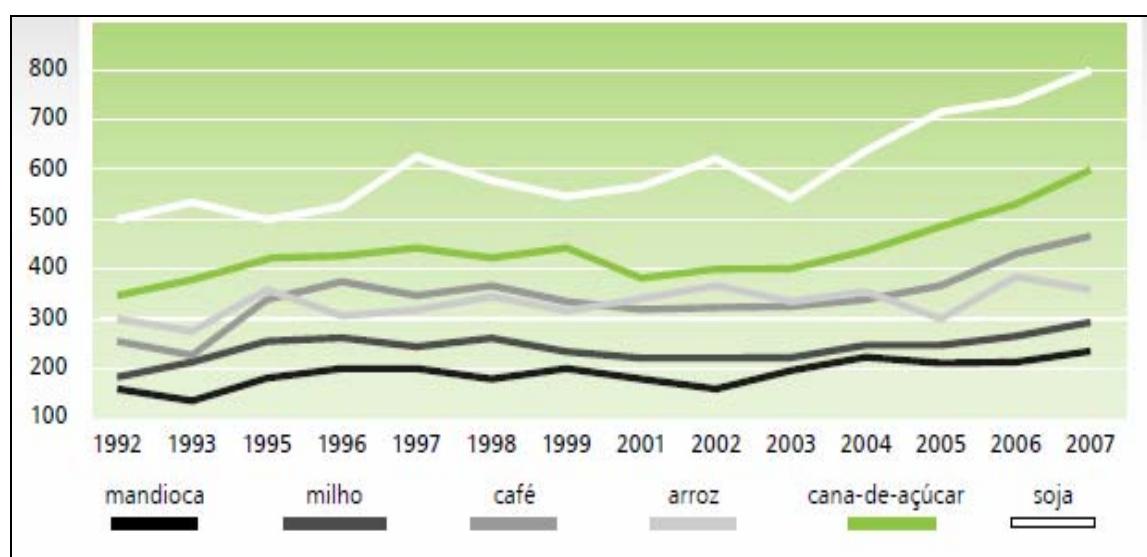
Figura 27 - Remuneração mensal comparada - Em mil R\$ de março de 2009.



Fonte: Moraes et al. (2010, p. 56)

Na figura 27, verifica-se que empregados na lavoura de cana-de-açúcar e na indústria de álcool ganham menos do que os empregados em empreendimentos com atividades de extração de petróleo e produção de combustíveis fosseis. Entretanto, são os segmentos que empregam um número muito maior de mão-de-obra assalariada.

Figura 28 - Rendimento médio mensal no setor agrícola para culturas selecionadas Em R\$ de agosto/2008.

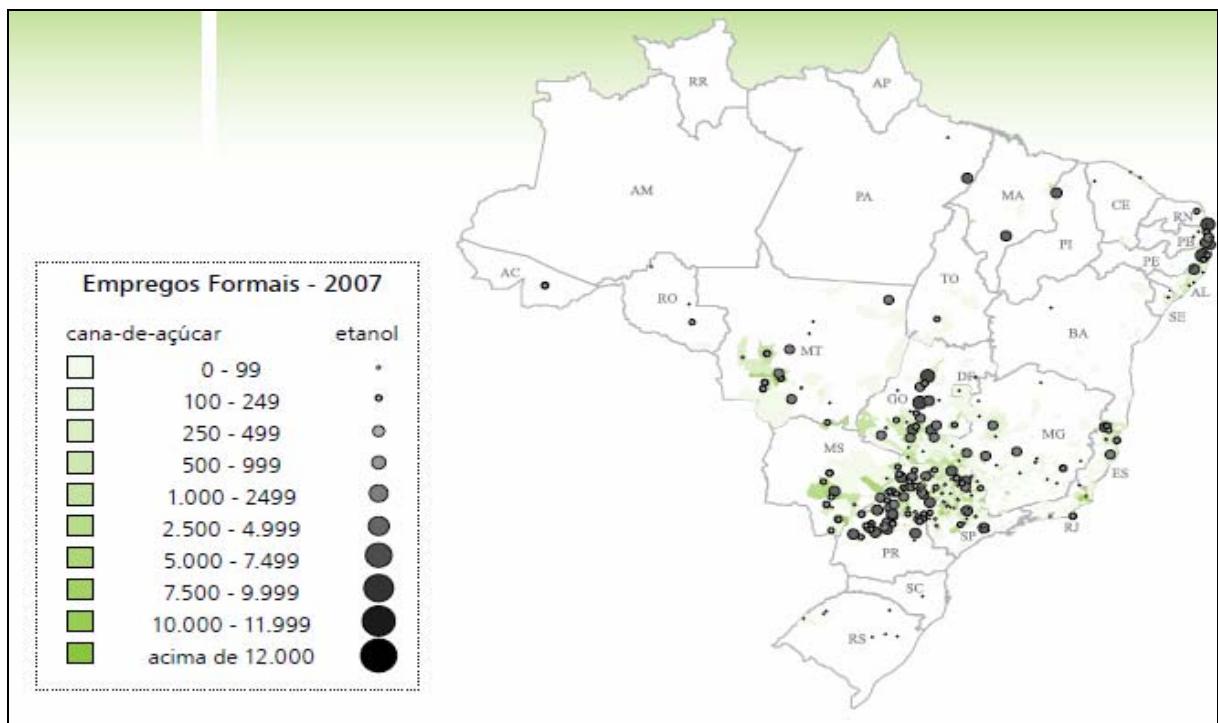


Fonte: Moraes et al. (2010, p.56).

No Brasil conforme pode-se notar pela figura 28, há uma tendência de crescimento dos salários dos empregados em todos os tipos de lavoura. Analisando a referida figura observa-se que o salário dos trabalhadores nas lavouras canavieiras é menor do que os dos empregados da cultura da soja, por ser esta altamente mecanizada exigindo melhor preparo dos trabalhadores. Entretanto fica acima dos salários de outras culturas tais como: café, milho, mandioca e arroz.

Ainda nesse contexto Moraes et al. (2010, p. 63) afirma que “[...] os empregos gerados em 2008 de forma agregada na produção de cana-de-açúcar e de etanol (494.847) com os gerados na extração e produção de derivados de petróleo (90.286), observa-se que o número de empregos é 5,5 vezes maior na produção de cana e de álcool.”

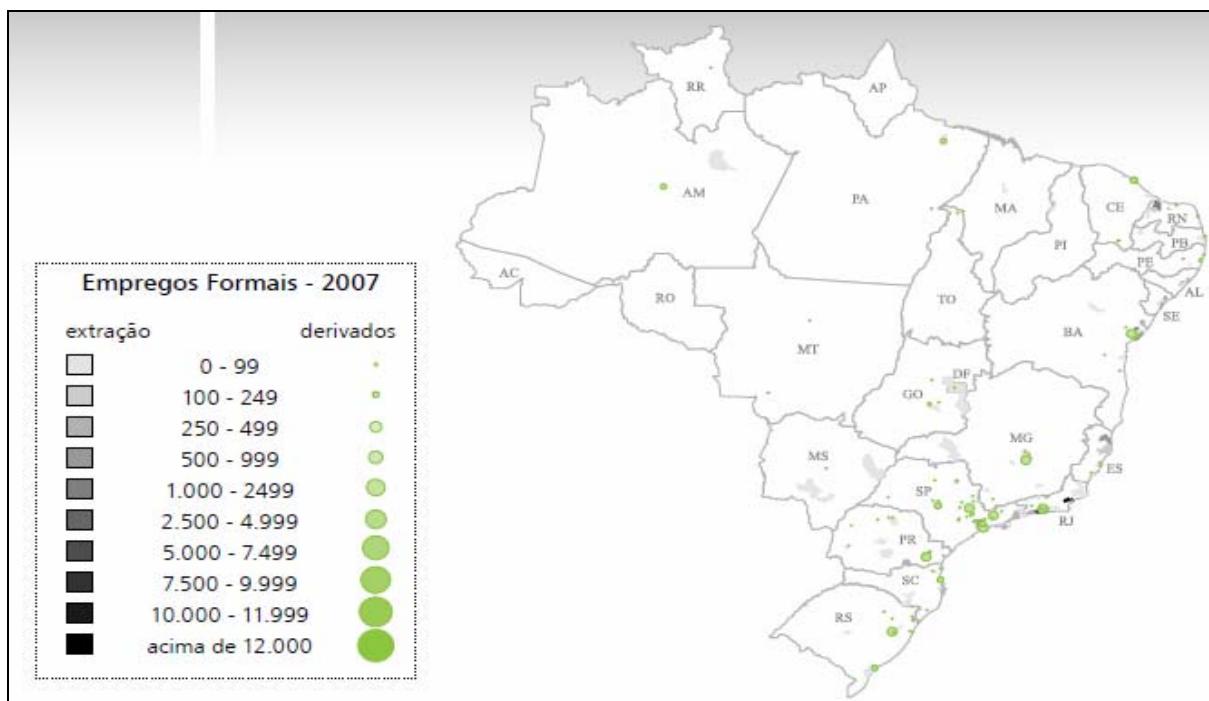
Figura 29 - Distribuição dos empregos formais na produção de cana e etanol



Fonte: Moraes et al. (2010, p.64)

As figuras 29 e 30 ilustram, respectivamente, a distribuição dos empregos formais na produção de cana-de-açúcar e de etanol, e de derivados do petróleo e na extração de petróleo, em 2007.

Figura 30 - Distribuição dos empregos formais na extração de petróleo e na produção de derivados.



Fonte: Moraes et al. (2010, p.64)

O Estado de São Paulo, consequentemente por ser o maior produtor de cana-de-açúcar, é o maior gerador de emprego na atividade de produção da cana-de-açúcar. Em 2008 tal atividade gerou 255.851 empregos formais no Estado, sendo 136.345 empregos voltados à produção de etanol 15. A produção da cana-de-açúcar está presente em 410 (63,6%) dos 645 municípios do Estado. Para se identificar a importância relativa dos empregos gerados pelo setor nos municípios, estimou-se o quociente locacional (QL) para os 410 municípios do Estado, que foram posteriormente agrupados por faixas de QL (MORAES, et al., 2010, p. 65).

De acordo com os dados da figura 30, note-se que o Estado de São Paulo também é o maior gerador de emprego na atividade de produção de etanol. Em 2008 tal atividade gerou 65.983 empregos formais no Estado, como conclusão da análise comparativa dos indicadores sociais referentes às atividades da produção de cana-de-açúcar, de etanol, da extração de petróleo e dos derivados do petróleo, relatado por Moraes et al. (2010, p. 72).

Na geração de empregos no setor sucroalcooleiro observa-se um grande potencial, entretanto, não se deve deixar de mencionar que alguns trabalhos apontam que o setor produtor de cana-de-açúcar, no decorrer dos próximos anos, reduzirá a demanda por trabalhadores envolvidos nas atividades agrícolas, devido à mecanização da colheita, ao

mesmo tempo em que aumentará o nível de qualificação exigido da mão-de-obra. Assim, o autor faz duas observações:

i) o menor número de empregos ao longo do tempo, e ao mesmo tempo a mudança no perfil do trabalhador, é consistente com o padrão do processo de desenvolvimento observado nas economias modernas; ii) a diminuição do emprego direto na colheita da cana-de-açúcar, e consequente diminuição da massa salarial desse segmento, é preocupante, pois leva a uma queda no emprego indireto na produção de cana e na produção de álcool, e de açúcar. Contudo, ao se considerar o potencial de geração de empregos num cenário de substituição da gasolina pelo etanol, a perspectiva seria de criação de novos empregos (MORAES, et al., 2010, p. 72).

O setor sucroalcooleiro emprega grande número de pessoas com baixa escolaridade, como já mencionado anteriormente. Assim, esses trabalhadores provavelmente terão mais dificuldade de serem absorvidos em outros setores, desta forma é necessário desenvolvimento de programas de inclusão e qualificação desses trabalhadores.

As políticas de incentivos à produção de etanol devem ser acompanhadas de uma preocupação, no que tange a enfrentar o problema da baixa escolaridade dos empregados no corte de cana. O crescimento das atividades produtivas mecanizadas, a necessidade de trabalhadores mais qualificados é tendência para um futuro próximo na produção de cana-de-açúcar, e se não houver ações públicas e privadas orientadas para proporcionar a complementação da educação formal e a (re)qualificação do trabalhador, muitos perderão seu emprego em função do avanço tecnológico. Além de terem de enfrentar as dificuldades de realocação em outras atividades que surgirão desse processo. (MORAES, et al., 2010, p. 72).

Mas a questão crucial não é respondida: - Quantos trabalhadores vão perder seu emprego? Quantos vão ser reaproveitados e remanejados? O setor tenta se organizar e promove cursos do Projeto RenovAção no Estado de São Paulo, onde Assis é a quarta cidade a receber esta formação. Este projeto representa, segundo a ÚNICA, a iniciativa inédita no setor sucroenergético mundial que beneficiará sete mil pessoas ao ano, entre trabalhadores de operações manuais da cana-de-açúcar e integrantes de suas comunidades. O RenovAção foi criado para preparar os cortadores para o fim do corte manual da cana, atividade que está sendo gradativamente substituída pela mecanização da colheita, resultado das práticas adotadas no Protocolo Agroambiental.

Santos [S.l.: s.n., 20--, p. 7], em seu artigo *Natureza e Trabalho na lógica do Capital: contradições sociais do desenvolvimento econômico e limites ambientais do*

complexo agroindustrial canavieiro no Brasil, relata as estratégias do setor sucroalcooleiro de base capitalista em prol de seu desenvolvimento:

Assim, por um lado, o álcool é considerado uma alternativa, um combustível vegetal, renovável e limpo, que pode ser obtido a partir da energia solar por meio da fotossíntese das plantas. Por outro, as condições nas quais sua produção se desenvolve são a expressão de um modelo essencialmente destrutivo, exploratório e amplamente marcado pela degradação não só da paisagem ambiental, transformada pelo “verde monocromático” da cana-de-açúcar, mas também da situação social de milhares de trabalhadores canavieiros e operários metalúrgicos que atuam na cadeia produtiva do referido setor.

A cadeia produtiva do etanol emprega desde a produção de mudas, plantio, tratos culturais, colheita até a retirada das sobras. A colheita é responsável por 60% dos empregos gerados, sendo utilizado como forma de pagamento o regime de produtividade do trabalhador. “[...] A produção média dos trabalhadores da região de Ribeirão Preto atinge hoje 12 ton./dia, enquanto que nos anos 1980 era de 6 ton./dia. Em virtude da exigência de produtividade que dobrou em 20 anos, o piso salarial dos cortadores da cana foi reduzido praticamente à metade” (ALVES, 2006 apud RODRIGUES; ORTIZ, 2006, p. 12).

O regime de produtividade leva o trabalhador à exaustão, pelo aumento de esforço e provoca enormes problemas de saúde do trabalhador, chegando até a morte em alguns casos. Assim, “[...] as mortes por excesso de trabalho é indicativo de uma dicotomia interna, que de um lado, emprega os mais modernos equipamentos de produção, e de outro, escraviza o trabalhador por intermédio dos sistemas de desempenho e controle de ausências e consultas médicas,” conforme explicam Rodrigues e Ortiz (2006, p.13).

Empresas com gestão moderna, sobretudo aquelas que pretendem participar do mercado internacional, começaram a cuidar melhor das condições de trabalho e introduziram programas especiais para a educação, alimentação e preparação física dos trabalhadores e de modo geral, estão também preocupadas em evitar os prejuízos causados com greves, doenças e processos judiciais, os quais podem provocar quedas na produção e afetar a imagem da empresa no exterior.

Os estudos mostram que a introdução da colheita mecanizada não está solucionando as condições insalubres e penosas a que são submetidos os cortadores de cana, e também ainda não há redução do número de queimadas nos canaviais, pois a queima aumenta a eficiência da colhedeira em até 30%.

O setor sucroenergético brasileiro conta com quase 400 indústrias processadoras, mais de mil indústrias de suporte, 70 mil fornecedores de cana e gera aproximadamente 1 milhão e 400 mil empregos diretos em 20 estados brasileiros. É neste contexto de enorme abrangência e diversidade que negociamos este compromisso histórico de reconhecimento das melhores práticas trabalhistas nas operações manuais da cana-de-açúcar, disse o presidente da União da Indústria de Cana-de-açúcar (ÚNICA) - Marco S. Jank, em seu discurso no lançamento do *Compromisso Nacional para Aperfeiçoar as Condições de Trabalho na Cana-de-açúcar*, em 2009, no Palácio do Buriti, em Brasília.

O Brasil é referência mundial na produção e eficiência do setor sucroalcooleiro, mas esta liderança não se reflete na mesma medida na responsabilidade social, ambiental e na governança no setor.

De acordo com Artur Henrique (2010, p. 73), em seu trabalho *Desenvolvimento com trabalho, renda e direitos: construindo relações sociais e de trabalho mais democráticas e sustentáveis*, defende uma proposta de:

[...] reorganização do estado brasileiro, segundo princípios democráticos, assentada na garantia e na ampliação de direitos – especialmente os do trabalho, na crítica ao predomínio dos princípios mercantis, para reverter a lógica privatista neoliberal de sucateamento e desmonte do Estado, e na constituição de uma esfera pública cada vez mais estruturada por processos de democracia direta e participativa. Isto implica na constituição de um Estado com capacidade de investimentos em políticas públicas voltadas para o atendimento dos interesses e demandas da maioria da população nos campos da educação, saúde e da proteção social, fomentando a geração de trabalho decente e ampliando o poder de compra por meio do estímulo à produção, junto com a ampliação dos direitos dos trabalhadores e trabalhadoras.

Henrique (2010, p.73) defende que para a Central Única dos Trabalhadores – CUT, desenvolvimento compreende o processo histórico de evolução técnica e tecnológica, bem como de produção e reprodução das condições de vida no planeta. Defende um novo paradigma de desenvolvimento que, como expressa a Resolução 10º Congresso Nacional da CUT (CONCUT), seja ambientalmente sustentável, socialmente equitativo e geopoliticamente equilibrado. Tal compreensão implica não apenas em novas formulações no campo econômico, que apontam para muito além do estabelecimento de metas de crescimento, mas também novas abordagens sobre o papel do Estado, soberania, democracia e cidadania e deve ser construído um novo conceito de desenvolvimento, com sustentabilidade política, econômica, ambiental e social, sendo necessária ação mais efetiva do Estado, desempenhando

o papel de indutor desse novo modelo e promotor da cidadania, segundo os princípios democráticos, assentado na ampliação e garantias de direitos – especialmente do trabalho.

Na sua concepção de desenvolvimento sustentável esteve sempre centrada sobre os impactos ambientais, associados à busca de equilíbrio entre a exploração econômica dos recursos naturais, a preservação para o futuro e a qualidade de vida.

O autor ressalta ainda que:

[...] o desenvolvimento sustentável deve priorizar a vida, respeitar às diferenças e a identidade, equilíbrio com a natureza, controle social e exercício da soberania, articulando-se ao mundo concreto do trabalho, alterando padrões de produção e consumo. Isso significa, sob o olhar da classe trabalhadora, assegurar o direito ao trabalho e formas dignas de sobrevivência, que permitam ao conjunto da população o acesso a bens e serviços, a qualidade de vida sócio-ambiental, a apropriação efetiva do conhecimento e dos avanços tecnológicos e científicos que vêm sendo produzidos nas últimas décadas (HENRIQUE, 2010, p.74).

A reestruturação do mercado de trabalho em geral, superando a fragmentação e a prevaricação dos contratos, o combate à informalidade e o esforço as alternativas de trabalho, especialmente no campo do relacionamento capital e trabalho combinadas com políticas públicas básicas de educação, saúde e habitação, são elementos-chaves para se instituir um novo modelo de desenvolvimento.

Pelo exposto, note-se que, não obstante o sucesso alcançado com a tecnologia adotada na cultura da cana-de-açúcar para produção do etanol do ponto de vista econômico e político, ainda há muito a se fazer para o equilíbrio social. Muitas idéias, muitas discussões, estão em pauta. A legislação e a fiscalização das condições de trabalho estão em vigor. Entretanto, o desenvolvimento técnico do setor sucroalcooleiro progride muito depressa e as políticas sociais para irem solucionando os problemas trabalhistas não estão conseguindo acompanhar. É necessário que os órgãos públicos adotem com urgência mecanismos para a recolocação da mão de obra prejudicada, porque o panorama técnico está criado e não tem volta.

4.8 PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO DE ETANOL

É inegável o sucesso brasileiro no plano da produção do etanol. No entanto, necessário se faz lembrar que a cultura canavieira, como qualquer outra cultura agrícola, está sujeita a duas situações: uma climatológica, que poderá acarretar queda de produtividade,

como acontece quando ocorrem geadas, falta de chuvas, períodos de seca prolongados, doenças, etc.; outra situação de natureza financeira, que poderá prejudicar a renovação dos talhões de canaviais, diminuir os investimentos em tratos culturais, diminuição de áreas, etc.

Nessa linha de análise, Oliveira e Fernandes (2011) comentam que, devido a problemas, embora que pontuais, mas de grande expressão, de secas e geadas em 2011, para a safra 2011/2012 haverá uma queda de produtividade de cerca de 5,6% na estimativa do governo. Esta quebra, segundo sua estimativa, deverá trazer a produção total de cana para 588,9 milhões de toneladas, contra as 623,9 milhões da safra passada. O resultado será uma produção de 23,7 bilhões de litros de etanol nesta safra, contra 27,6 bilhões na safra passada. Por outro lado, ainda segundo os autores, devido à crise financeira de 2008, que afetou as economias do mundo inteiro, no Brasil houve uma diminuição de investimentos tanto na renovação de canaviais, como em novas plantações e nos tratos culturais, que contribuíram para a quebra de produção. O lado político também criou um descompasso, pois enquanto houve carência de financiamento para a área agrícola, houve incentivo na área de produção de carros flex com maior oferta de financiamentos, juros mais baixos e corte de impostos.

Para sanar os problemas o governo, agora, está tomando uma série de medidas de incentivo, como a redução de tributos para indústrias produtoras de etanol, como PIS/COFINS na venda da cana destinada à sua produção, linhas de crédito para renovação e novas áreas de cultivo, com taxas de juros mais baixas, financiamento a juros baixos, 7% ao ano, para estocagem, redução da mistura de álcool anidro à gasolina de 25% para 20% já a partir de outubro de 2011. Segundo várias entidades do setor que se manifestaram, estas medidas só terão efeito a longo prazo. A quebra da produção do etanol para a próxima entre safra já está consumada e deverá ter seus reflexos pelos próximos 2 ou 3 anos. Para amenizar o problema e não faltar álcool para abastecimentos dos carros, o governo já estuda a possibilidade de importar álcool e gasolina para fazer face a demanda brasileira.

Sendo um programa de grande magnitude, a área econômica do governo não pode deixar de estar atenta no dia a dia, para que problemas que forem surgindo sejam equacionados e solucionados, antes que tomem proporções gigantescas e com soluções retardadas.

As colocações acima demonstram que, como qualquer outro produto agrícola, a cultura canavieira e o setor sucroalcooleiro estão sujeitos a problemas não só de ordem climática como também técnica e financeira. É importante, portanto estar atento a esses reflexos na mão de obra, que será também atingida, como efeito dominó em toda cadeia produtiva.

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre os vários aspectos abordados neste trabalho algumas deduções podem ser alinhavadas abaixo que mesmo necessitando de mais aprofundamento empírico foi possível identificar que o estudo da Geografia da Energia, muito presente na agenda não só científica como do ponto de vista do processo de crescimento e desenvolvimento brasileiro, não tem encontrado muito eco entre os geógrafos. Para tratar desse assunto requer muita leitura e conhecimentos sobre o processo de desenvolvimento brasileiro, como também conhecimentos sobre a Geografia Econômica, Agronomia, Políticas Sociais, discussões sobre questões ambientais e áreas afins.

Em se tratando de um trabalho acadêmico, na presente pesquisa houve necessidade de um aprofundamento não só científico como a escolha de um caminho para que o trabalho pudesse ser elaborado com certa qualidade, para que outros pesquisadores possam dar continuidade na pesquisa sobre a biomassa.

A sociedade contemporânea é altamente dependente do consumo dos combustíveis fósseis, os quais são responsáveis em grande parte pela poluição do ar e pelo aquecimento global, que afeta diretamente a condição de vida dos seres vivos, a biodiversidade, os recursos naturais e a produção agrícola. Desta forma, estamos diante de um dos maiores desafios a ser enfrentado pela humanidade – a renovação da matriz energética, por fonte mais limpa e renovável. Assim, a agroenergia surge como alternativa viável na transição da renovação da matriz energética brasileira, não como alternativa capaz de solucionar totalmente o problema energético, mas com potencial de substituir parcialmente os combustíveis fósseis, principalmente nos meios de transporte.

O Brasil é pioneiro e apresenta reconhecida vantagem comparativa no mercado internacional em produção e tecnologia sucroalcooleira, com ambiente tropical propício ao desenvolvimento da cana-de-açúcar, extensas dimensões de áreas exploradas, grandes instalações construídas e grande quantidade de equipamentos são utilizados com forte potencial de geração de emprego nas suas atividades e operações. No entanto, as consequências ambientais e sociais se dão quase nas mesmas proporções, necessitando de muitas políticas sociais e planejamento integrado entre os ministérios e os empresários nacionais e internacionais.

O setor sucroalcooleiro encontra-se em plena expansão, com perspectivas de crescimento, tanto na produção de açúcar como de etanol, e ainda no processo de cogeração de energia. Assim, para atender a demanda interna e externa esta expansão aponta

em direção ao avanço das monoculturas e de seus impactos sociais e ambientais no território nacional.

O etanol mostrou-se como uma das alternativas viáveis perante a crise energética, pois é renovável e limpo, quando comparado com o petróleo, que é finito e altamente poluente, inclusive suas reservas por serem geograficamente limitadas, parecem estar se exaurindo. Porém, a cadeia produtiva do etanol é contraditória e excludente e possui muitas ambiguidades, principalmente em relação à questão social.

Outro aspecto discutido e de extrema relevância é a relação entre a produção de etanol e a produção de alimentos, uma vez que são unificados e sobem de forma exponencial. Além disso, pode-se considerar que o equilíbrio da produção só acontecerá quando as margens de lucro dos agrocombustíveis forem equivalentes à dos alimentos que, por sua vez estão vinculados aos preços dos combustíveis fósseis, utilizados em sua cadeia produtiva. Mas essa questão pode ser amenizada com os sistemas integrados de produção de alimentos e bioenergia, baseados em consórcios, rotação de culturas e aproveitamento dos coprodutos e resíduos, adaptados aos diferentes biomas. Outro fato que amenizará a concorrência de produção entre alimentos e agrocombustíveis é a produção dos combustíveis de segunda geração, onde o etanol celulósico será produzido a partir dos resíduos vegetais agrícolas (bagaço), florestais e gramíneas de crescimento rápido.

Desta forma, é desejável que cada vez mais haja um direcionamento de políticas públicas de incentivo ao pequeno produtor, investimento em pesquisa e desenvolvimento, adequação de metas à produção que sejam justas do ponto de vista social e possibilite a continuidade de programas ambientalmente sustentáveis. Com isso é possível que o país se habilite a realizar mudanças estruturais importantes, em direção à redistribuição de riquezas e viabilize economicamente o setor energético brasileiro. O espaço geográfico brasileiro não é apenas um palco de processos econômicos, ecológicos e sociais. Ele é, em muitos aspectos, também um instrumento social e político de transformações qualitativas da população.

Por outro lado, sendo o país vocacionado para a produção energética procedente das hidrelétricas, deve ser registrado que este potencial mal começou a ser explorado racional e corretamente.

A procura desenfreada em investimentos para produzir o etanol, por ser um combustível limpo e renovável, deve ser mantida como alguns pesquisadores reforçam pela sua imprescindibilidade, pois amplia o leque com outras opções de energias renováveis, conforme reforça o físico José Goldemberg e um dos grandes pesquisadores sobre alternativas

energéticas no Brasil. Entretanto, equacionar a produção de etanol sem prejuízos sociais e ambientais não é uma tarefa fácil ou iminente, necessitando de muitas discussões entre pesquisadores, sociedade civil e representantes legais e populares.

As pesquisas têm demonstrado que é possível transformar a biomassa em combustíveis gasosos e líquidos de alta qualidade, demonstrando que as novas tecnologias em desenvolvimento como o uso de hidrogênio ou novos tipos de reatores nucleares mais seguros estão na pauta da política energética brasileira.

Um dos grandes problemas vinculados à energia é a questão do aquecimento global, pois até a produção de energias renováveis que são provenientes da produção agrícola como o etanol e o biodiesel, poderão ser prejudicados pelo aquecimento global, uma vez que este afetará a produção agrícola de modo geral.

O desenvolvimento do setor sucroalcooleiro deve ser pautado nos aspectos sociais em um contexto geográfico com vários níveis de análise. De acordo com os conceitos da Geografia do Desenvolvimento, os resultados positivos para fortalecimento do setor só acontecerá com interface política, econômica, cultural e espacial, pois estas abordagens combinam dimensões de desenvolvimento e subdesenvolvimento, que atuam de maneira transdisciplinar. Também podemos citar outros aspectos relevantes que não podem ser esquecidos, como a melhoria da eficiência do sistema atual, diminuindo os desperdícios e a sustentabilidade na produção.

As idéias de Sachs são bastante interessantes e merecem destaque. Ele diz que o desafio é inventar biocivilizações modernas, com diferentes usos das variedades de solos, florestas, biomassas aquáticas em diferentes biomas, e transformando-os em alimentos, ração animal, adubo verde, bionergias, materiais de construção, fibras, uma série de produtos processados por biorrefinarias, produtos farmacêuticos e cosméticos. A inclusão social e a sustentabilidade ambiental são os pilares dessa biocivilização, conduzidas pelo crescimento econômico conduzido pelo emprego. O encarecimento do petróleo e o aumento dos preços dos alimentos podem ser positivos se nos ajudarem a nos libertar da dependência do petróleo e melhorar a condição de vida e renda dos pequenos agricultores ao invés de favorecer a formação de um oligopólio da alimentação.

As pesquisas e o estudo aqui apresentados parecem demonstrar a irreversibilidade do processo de utilização do etanol, como um combustível não poluente, pois, a emissão de gases de efeito estufa é bem menor quando se queima etanol em vez da gasolina, porém, a raiz da questão é mais ampla, que apenas a não poluição. O fulcro da questão é social e também territorial do ponto de vista brasileiro, pois o trabalho, o emprego

ou desemprego, ou a qualificação necessária do atual trabalhador, como também a ampliação futura de áreas para a agricultura podem esbarrar em degradações socioambientais irreversíveis, caso não haja uma política eficiente e rápida para o setor sucroalcooleiro e, por extensão, para a política energética brasileira.

Diante do exposto há a necessidade da atuação do Estado proativo, enxuto e capaz de promover parcerias entre os empresários, os agricultores familiares e os demais trabalhadores. O Estado em sua totalidade e a sociedade civil organizada deve procurar juntos promover um desenvolvimento includente e sustentável entre todos os atores e protagonistas.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. Problemas sociais e ambientais impedem internacionalização do etanol. **Agência Brasil**, São Paulo, 2009. Entrevista concedida à Vinícius Konchinski. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/arquivonoticias/2009-05-03>>. Acesso em: 10 dez. 2010.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: Aneel, 2008. Disponível em: <www.aneel.gov.br/área>. Acesso em: 10 fev. 2011.
- AGUIAR, D. A. de et al. Expansão da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: safras 2003/2004 a 2008/2009. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 9-16. Disponível em: <<http://www.urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.18.21>>. Acesso em: 16 jul. 2011.
- ALVES, J. E. D. **Energia renovável**: um salto na evolução? 2010. Disponível em: <www.ecodebate.com.br/.../energia-renovavel-um-salto-na-evolucao-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves>. Acesso em: 20 jan. 2011.
- ANDRADE, J. M. F. de; DINIZ, K. M. **Impactos ambientais da agroindústria da cana-de-açúcar**: subsídios para a gestão. 2007. 131 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento Ambiental) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- BENSUSSAN, J. A. Etanol, um presente com passado e futuro: versão on-line. **Textos e Discussões FEE**, Porto Alegre, n. 50, dez. 2008. Disponível em: <http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/publicacoes/pg_tds_detalhe.php?ref=050>.
- BIODIESEL. **Panorama energético atual e perspectivas futuras**. Disponível em: <www.biodieselbr.com/energia/agro-energia.htm>. Acesso em: 5 jan. 2011.
- BOHLE, H. G. Geografia do desenvolvimento. **Mercator**, Fortaleza, v. 9, n. 20, p. 7-28, set./out. 2010. Disponível em: <www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/.../510>. Acesso em: 10 mar. 2010.
- BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.
- BRAND, M. A. Tratamento da biomassa florestal para geração de energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOENERGIA, 2., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UESC, 2007. Disponível em: <www.solumad.com.br/artigos/201011171824491.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2011.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Novo código florestal**. Lei 4.771/65. Disponível em: <<http://mma.gov.br/sítio/índex.php>>. Acesso em: 10 nov. 2008.
- BROWN, L. R. Vendendo nosso futuro. In: _____. **Plano B 4.0**: mobilização para salvar a civilização. São Paulo: New Content, 2009. p. 23-47.

CARVALHO, S. P.; CARRIJO, E. L. de O. **A produção de álcool:** do proálcool ao contexto atual. In: CONGRESSO DA SOBER CONHECIMENTOS PARA AGRICULTURA DO FUTURO, 45., 2007. **Palestra...** Londrina: UEL, 2007. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/6/685.pdf>>. Acesso em: 22 abr.2010.

CASTRO, N. J.; DANTAS, G. de A. **O planejamento do setor elétrico brasileiro e o contexto mundial de mudanças climáticas.** Disponível em: <www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/artigos/100525planejamentobrasil.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2010.

CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA: BAGAÇO E PALHA DE CANA PARA FINS ENERGÉTICOS: CARACTERIZAÇÃO, MANUSEIO E ARMAZENAGEM. DISPONÍVEL EM: <HTTP://WWW.CTCANAVIEIRA.COM.BR/INDEX.PHP?OPTION=COM_CONTENT&VIEW=ARTICLE&ID=432:BAGACO-E-PALHA-DE-CANA-PARA-FINS-ENERGETICOS-CARACTERIZACAO-MANUSEIO-E-ARMAZENAGEM&CATID=3:DESTACQUE&ITEMID=1381>. ACESSO EM: 9 SET. 2011.

CIRINO, T. M. A. et al. **Planejamento e diretrizes para um sistema de gestão ambiental em uma indústria sucroalcooleira.** Disponível em: <www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/astun.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2010.

COLLE, S. **Energias renováveis, meio ambiente e políticas públicas de ciência e tecnologia.** Disponível em: <www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/seceix/sti/indbrasopodesafios/nexcietecnologia/Colle.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2011.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Vinhaça:** critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. 2006. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/camaras/P4_231.pdf>. Acesso em: 09 set. 2011.

CORSI, M. A da S.; SERRA, E. **A produção de cana-de-açúcar e a relação com as questões ambientais.** Disponível em: <www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/producoes_pde/artigo_maria_aparecida_silveira_corsi.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2010.

CRESTANA, M. de S. M. et al. **Florestas:** sistemas de recuperação com essências nativas, produção de mudas e legislações. 2. ed. Campinas: CATI, 2004.

DUARTE, C. D. L. **Dos reflexos ambientais causados pela produção do álcool no estado de Goiás.** Disponível em: <www.tds.adv.br/artigoDetalhes/19/dos_relfexos_ambientais_caudados_pela_producao_do_alcool_no_estado_de_goias.html>. Acesso em: 20 abr. 2010.

DURÃES, F. O. M. Plantando energia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 59., 2007, Belém, **Anais...** Belém: SBPC, 2007, p. 68-72.

FELTRAN-BARBIERI, R. **Biocombustíveis, impactos socioeconômicos e ambientais.** 2008. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <www.econ.fea.usp.br/nesa/Rafael_NESA_%2009_06.doc>. Acesso em: 10. maio 2009.

GEORGE, P. **Geografía de la energía**. Tradução de Luis Fordá. Barcelona: Omega, 1952. Tradução de: Géographie de l'énergie.

GEORGE, S. Crises convergentes: realidade, medo e esperança. In: DOWBOR, L.; SACHS, I.; LOPES, C. (Org.). **Riscos e oportunidades**: em tempos de mudanças. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2010. p. 33-35.

GOLDEMBERG, J. **O mundo e o homem**: uma agenda do Século XXI à luz da ciência. São Paulo: Perspectiva, 2008.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, 2007. Disponível em: <www.fcmc.es.gov.br/download/Energia_meioambiente.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2011.

GOLDEMBERG, J.; NIGRO, F. B.; COELHO, S. T. **Bioenergia no estado de São Paulo**: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas. São Paulo: Imprensa Oficial, 2008.

GONÇALVES, N. H. Manejo do solo para implantação da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006.

HENRIQUE, A. Desenvolvimento com trabalho, renda e direitos: construindo relações sociais e de trabalho mais democráticas e sustentáveis. In: DOWBOR, L.; SACHS, I.; LOPES, C. (Org.). **Riscos e oportunidades**: em tempos de mudanças. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2010. p. 69-86.

HINRICHES, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

JANDIROBA, E. Questões ambientais no manejo da agroindústria canavieira. In: SEGATO, S. V. et al. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006.

JANK, M. S. **Compromisso nacional para aperfeiçoar as condições de trabalho na cana-de-açúcar**. 2009. Discurso. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/opiniao/show.asp?msgCode={D4975F4F-9953-4541-8C87-980E462214CD}>> Acesso em: 21 jun. 2010.

JANK, M. S.; NAPPO, M. Etanol de cana-de-açúcar: uma solução energética global sob ataque. In: ABRAMOVAY, R. (Org.). **Biocombustíveis**: a energia da controvérsia. São Paulo: Senac, 2009. p. 19-58.

JANNUZZI, G. de M. Uma avaliação das atividades recentes de P&D em energia renovável no Brasil e reflexões para o futuro. In: **International Energy Initiative**, Campinas, v. 2, n. 64, p. 1-13, jul. 2003.

KANEKO, G. K. et al. As bioenergias como caminho alternativo para a defesa nacional. **Revista Ágora Global**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, 2010. Disponível em: <[www.agoraglobal.com.br/.../As%20Bioenergias%20como%20Caminho%20Alternativo%20para%20a%...>](http://www.agoraglobal.com.br/.../As%20Bioenergias%20como%20Caminho%20Alternativo%20para%20a%...)>. Acesso em: 10 jan. 2011.

KORNDORFER, G. H.; NOLLA, A.; WALDO, A. L. Impacto ambiental del uso de la vinaza en la agricultura y su influencia en las características químicas y físicas del suelo. In: ENCUENTRO SOBRE VINAZAS, POTASIO Y ELEMENTOS MENORES PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE. 2004. *Anais...* Palmira: CORPOICA, 2004.

KORNDÖRFER, G. H. **Valor fertilizante da vinhaça para a cana de açúcar**. Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/ag524/Apostilas/PG-VINHACA%20-%20Valor%20Fertilizante%20-%20Portugues%20Ver.%2007.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2011.

LEÃO, R. M. (Org.). **A floresta e o homem**. São Paulo: EDUSP, 2000.

MAGNABOSCO, A. Produção de petróleo cresce 6,3% em 12 meses até janeiro, diz ANP. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 2 de mar. 2011. Caderno Economia. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/economia+brasil,producao-de-petroleo-cresce-63-em-12-meses-ate-janeiro-diz-anp,57249,0.htm>> Acesso em: 6 mar. 2011.

MARIANO, J. B. **Impactos ambientais do refino de petróleo**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MATOS, C. R. A de. **Etanol e biodiesel**. São Paulo: SMA, 2011. (Cadernos de Educação Ambiental).

MORAES, M. A. F. D. et al. Externalidades sociais dos combustíveis. In: SOUZA, E. L. L.; MACEDO, I. C. (Org.). **Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010.

MORENO, V. **Embrapa estuda diferentes matérias-primas para produção de etanol**. 2007. Disponível em <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2007/maio/foldernoticia.2007-05-11.5628368136/noticia.2007-05-11.2772698649/>. Acesso em: 10 jun. 2010.

MOZAMBANI, A. E. et al. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; CONSOLI, M. O Mapa sucroenergético do Brasil. In: SOUZA, E. L. L.; MACEDO, I. C. (Org.). **Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010. Cap. 1, p. 12-43.

NÓBREGA, J. C. M.; DORNELAS, M. C. Biotecnologia e melhoramento da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006.

NOGUEIRA, L. A. H. (Org.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.

OLINTO, C. R. Energia: a fonte da vida. **Revista Eletrônica Polêmica**, Rio de Janeiro, v. 16, abr./jun. 2006. Disponível em: <www.polemica.uerj.br/pol16/cquestoes/sociedade_2.htm>. Acesso em: 15 jan. 2011.

OLIVEIRA, A. C.; FERNANDES, S. Governo dá incentivo para salvar etanol: pouco investimento e produção em crise forçam redução de PIS/COFINS na venda de cana e créditos do BNDES. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 31 ago. 2011. (Caderno Mercado, B3, B4, B5).

OLIVEIRA, G. B. Uma discussão sobre o conceito de desenvolvimento. **Revista da FAE**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 38-48, maio/ago. 2002.

PACHECO, F. Energias renováveis: breves conceitos. **Conjuntura e Planejamento**, Salvador, n. 149, p. 4-11, out. 2006. Disponível em: <http://www.ieham.org/html/docs/Conceitos_Energias_renovaveis.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2011.

PERES, Célia Aparecida. **Biomassa: uma alternativa brasileira - Contrapontos, desafios e problemas**. 2012. 167 p. Trabalho de Conclusão de Curso em Pós Graduação em Geografia (Mestrado em Geografia, Dinâmica Espaço Ambiental) – Universidade Estadual de Londrina – UEL, Londrina, 2012.

PETROBRÁS. **Fontes de energia**. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/energia-e-tecnologia/fontes-de-energia/petroleo//>>. Acesso em: 24 fev. 2011.

PORTO-GONÇALVES, C. W. Uma outra verdade inconveniente: uma nova geografia política da energia numa perspectiva subalterna. **Universitas Humanística**, Bogotá, n. 66, p. 327-365, jul./dic. 2008.

RAIZEN. **Etanol**: fatos e mitos. Disponível em: <<http://www.raizen.com/pt/segmento-de-negocios/etanol.aspx>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

RAMOS, J. B. **Florestas brasileiras**: a situação da mata atlântica e da floresta amazônica. Disponível em: <http://www.institutoaqualung.com.br/info_flo40.html>. Acesso em: 9 fev. 2009.

RIBEIRO, J. C. **Planeamento territorial**: o impacto das energias renováveis no crescimento da economia portuguesa. 2010. Disponível em: <<http://planeamentoterritorial.blogspot.com/2010/01/o-impacto-das-energias-renovaveis-no.html>>. Acesso em: 8 jun. 2011

RIGONATTO, C. A.; NOGUEIRA, J. M. **Política ambiental**: uma avaliação da eficácia da reserva legal. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE SOCIOLOGIA RURAL, 7., 2006, Quito, Ecuador. Disponível em: <<http://www.alasru.org/cdalasru2006>>. Acesso em: 9 fev. 2008.

RODRIGUES, D.; ORTIZ L. Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil. **Amigos da terra do Brasil e vitae civilis**: desenvolvimento meio ambiente e paz. Disponível em: <www.vitaecivilis.org.br/anexos/etanol_sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2010.

ROVERE, E. L.; OBERMAIER, M. Alternativa sustentável? **Scientific American**, n. 32, Lisboa, Edição Especial, p. 68-75, 2008/2009.

SACHS, I. A revolução energética do século XXI. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 55, jan./abr. 2007. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=>. Acesso em: 15 dez. 2010.

SACHS, I. **A terceira grande transição da era petrolífera para a biocivilização**. Disponível em: <<http://www.catalogosustentavel.com.br/A%20terceira%20grande%20transicao%20.html>>. Acesso em: 12 maio 2009.

SACHS, I. Bionergia: uma janela de oportunidade. In: ABRAMOVAY, R. (Org.). **Biocombustíveis**: a energia da controvérsia. São Paulo: Senac, 2009. p. 144-181.

SACHS, I. Condenados a inventar: desafios para a Cúpula da Terra de 2012. In: DOWBOR, L; SACHS, I; LOPES, C. (Org.). **Riscos e oportunidades**: em tempos de mudanças. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2010. p. 37-53.

SACHS, I. Da civilização do petróleo a uma nova civilização verde. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 55, p. 195-21, set./dez. 2005. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/ea/v19n55/13.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2010.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. **Adubação**: resíduos alternativos. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html>. Acesso em: 9 set. 2011.

SANTOS, A. P. Natureza e trabalho na lógica do capital: contradições sociais do desenvolvimento econômico e limites ambientais do complexo agroindustrial canavieiro no Brasil. **Revista Herramienta**, Buenos Aires, n. 42, oct. 2009. Disponível em: <<http://www.herramienta.com.ar/.../natureza-e-trabalho-na-logica-do-capital-contradicoes-sociais-do-desenvolvimento.html>>. Acesso em: 22 maio 2010.

SANTOS, P. R. **Sobre a ideologia do progresso**. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.paulords.tripod.com/Artigos/index.htm>>. Acesso em: 22 jan. 2011.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. L. **Reserva legal**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentooo/deprn/legislação.asp>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

SEGATO, S. V.; MATTIUZ C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. **A indústria do petróleo**. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/8760602B214695CA832573BE004E6135/\\$File/Ind%C3%BAstria_do_Petr%C3%B3leo.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/8760602B214695CA832573BE004E6135/$File/Ind%C3%BAstria_do_Petr%C3%B3leo.pdf)>. Acesso em: 20. jan. 2011.

SILVESTRE, M. **O princípio do desenvolvimento sustentável no direito e instrumentos legais de sustentabilidade no que tange a algumas atividades geradoras de energia elétrica**. Disponível em: <http://anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/.../mariel_silvestre.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2011.

SOUZA, A. M. **Estudo da sustentabilidade de um projeto de microdestilaria de álcool combustível junto a um grupo de agricultores assentados do Pontal do Paranapanema.** 2011. 137 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

SOUZA, S. C. D de S. **Biocombustíveis, globalização dos problemas ambientais e a crise alimentar.** Disponível em: <http://www.uel.br/eventos/sepech/arqtxt/resumos-anais/SharonCFSouza_2.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2010.

TESSMER, H. Uma síntese histórica da evolução do consumo de energia pelo homem. **Revista da Fundação Liberato**, Novo Hamburgo, v. 3, n. 3, 2002. Disponível em: <www.liberato.com.br/upload/arquivos/0131010716090416.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2011.

U. S. CENSUS BEREAU. **Internations programs.** Disponível em: <<http://www.census.gov/ ipc/www/popclockworld.html>> Acesso em: 22 abr. 2010.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA. **Assis é quarta região a receber cursos do projeto renovação no Estado de São Paulo.** Disponível em: <<http://www.unica.com.br/FAQ/>>. Acesso em: 22 abr. 2010.

VASCONCELOS, Y. Concreto feito de cinzas: resíduos da queima do bagaço de cana-de-açúcar podem substituir parte da areia usada na construção civil. **Revista Pesquisa Fapesp**, São Paulo, maio 2011. Disponível em: <revistapesquisa.fapesp.br/?art=4130&bd=1&pg=1&LG> Acesso em: 08 out. 2011.

VIAN, C. E. F.; RIBEIRO F. A. Bioenergia uma análise comparada entre as políticas para o etanol e o biodiesel e de suas perspectivas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: SOBER, 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/906.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2010.

WEID, J. M. Von Der. Agrocombustíveis: solução ou problema? In: ABRAMOVAY, R. (Org.). **Biocombustíveis**: a energia da controvérsia. São Paulo: Senac, 2009. p. 99-142.