

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA
EP – FEA – IEE – IF

PATRICIA MARIA GUARDABASSI

OS DESAFIOS À EXPANSÃO SUSTENTÁVEL DA PRODUÇÃO DE
ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR

SÃO PAULO

2011

PATRICIA MARIA GUARDABASSI

OS DESAFIOS À EXPANSÃO SUSTENTÁVEL DA PRODUÇÃO DE ETANOL DE
CANA-DE-AÇÚCAR

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Escola Politécnica / Faculdade de Economia e Administração / Instituto de Eletrotécnica e Energia / Instituto de Física) para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. José Goldemberg

Versão Corrigida

(versão original disponível na Biblioteca da Unidade que aloja o Programa e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP)

SÃO PAULO
2011

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Guardabassi, Patricia Maria

Os Desafios à expansão sustentável da produção de etanol de cana-de-açúcar./ Patricia Maria Guardabassi; orientador . José Goldemberg.-- São Paulo, 2011.

138 f. : il.; 30cm.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Energia) – EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo.

1. Sustentabilidade 2. Etanol 3. Cana-de-açúcar - Brasil I. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA
EP – FEA – IEE – IF

PATRICIA MARIA GUARDABASSI

“Os desafios à expansão sustentável da produção de etanol de cana-de-açúcar”

Tese defendida e aprovada pela Comissão Julgadora

Prof. Dr. José Goldemberg – PPGE/USP
Orientador e Presidente da Comissão Julgadora

Prof^a Dr^a Suani Teixeira Coelho – PPGE/USP

Prof. Dr. Pedro Roberto Jacobi – PROCAM/USP

Prof. Dr. Luiz Augusto Horta Nogueira – UNIFEI/Itajubá

Prof. Dr. Arnaldo César da Silva Walter - UNICAMP

DEDICATÓRIA

Ao Marcelo, por tudo.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. José Goldemberg, exemplo de caráter e amor pela ciência, não apenas pela orientação no desenvolvimento deste trabalho, mas pela oportunidade de compartilhar seu dia-a-dia, que me fez crescer nestes anos e deixou lições que certamente levarei por toda a vida.

À Prof. Suani Coelho, pelas discussões, aconselhamentos e por compartilhar seus conhecimentos.

Aos colegas, funcionários e professores do Instituto de Eletrotécnica e Energia.

Aos amigos do CENBIO pela colaboração e apoio quando foi necessário me dedicar (mais) a este trabalho, em especial à amiga Renata Grisoli pelo apoio constante e por tantas conversas nos momentos mais difíceis desta jornada.

À família pelo apoio e compreensão.

Aos amigos pela torcida e os momentos de descontração.

Ao meu marido pelo incentivo, companheirismo, amizade, paciência, compreensão e, por quê não, pelos “puxões de orelha”.

E mais uma vez, ao Zeca, meu inabalável companheiro de estudos.

“A sabedoria não nos é dada, é preciso que nós a descubramos
fazendo uma caminhada que ninguém pode fazer em nosso
lugar e da qual ninguém nos pode poupar”

Marcel Proust

RESUMO

GUARDABASSI, P.M. **Os desafios à expansão sustentável da produção de etanol de cana-de-açúcar**. 2011. 139f. (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

A busca por formas alternativas de energia e tecnologias modernas que possam substituir os combustíveis fósseis e mitigar as emissões de gases que causam o efeito estufa são os principais fatores que estão impulsionando países a consumirem combustíveis renováveis. No entanto nem todos os países são capazes de suprir domesticamente sua demanda e são obrigados a importar biocombustíveis de países em desenvolvimento, onde a disponibilidade de terra e condições climáticas são favoráveis para produzi-los. Em contrapartida, estes mesmos países desenvolvidos estabelecem critérios socioambientais de sustentabilidade visando garantir que produtos nocivos ao meio ambiente e produzidos baseados em condições de exploração de mão-de-obra sejam introduzidos em seus mercados. Assim, esta tese teve por objetivo, com base na bem-sucedida experiência brasileira de introdução do etanol como combustível, demonstrar que é possível compatibilizar a produção deste combustível renovável com o respeito às boas práticas ambientais e sociais. Para países em desenvolvimento e menos desenvolvidos, com potencial de produzir cana-de-açúcar, foram identificadas condicionantes institucionais, econômicas, ambientais e sociais que precisam ser equacionadas, para isso as lições aprendidas pelo Brasil podem servir como guia para facilitar a adoção de programas de biocombustíveis.

Palavras-chave: etanol, sustentabilidade, países em desenvolvimento, políticas públicas.

ABSTRACT

GUARDABASSI, P.M. **The challenges to the sustainable expansion of sugarcane ethanol production.** 139p. (Doctorate Thesis) Graduation Program on Energy, University of São Paulo, 2011.

The search for alternative energy forms and modern technologies that could replace fossil fuels as well as mitigate greenhouse gases emissions are the main drivers to renewable fuels consumption. However, there are countries that are incapable to supply its domestic demand and will depend on biofuels imports from developing countries, where land availability and adequate climate conditions are suitable for the production of bioenergy crops. On the other hand, these same developed countries have been establishing socio and environmental sustainability criteria aiming to ensure that biofuels produced environmentally unfriendly and based on the exploration of workers are not introduced in their markets. Hence, the present study aim at demonstrating the viability of sustainable sugarcane ethanol production, based on the Brazilian successful experience. Developing and least developing countries are potential producers of sugarcane ethanol, notwithstanding existing institutional, economic, environmental and social barriers identified within this study need to be overcome, in this sense Brazilian lessons learnt can be an useful guideline facilitating the adoption of biofuels programs in such countries.

Keywords: ethanol, sustainability, developing countries, public policy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de veículos bicombustível	27
Figura 2 - Produção nacional de etanol.....	28
Figura 3 - Distribuição das unidades produtoras de açúcar e álcool	29
Figura 4 - Produção de cana-de-açúcar no Brasil.....	30
Figura 5 - Centrais de bioeletricidade em operação no Brasil desde 2001	33
Figura 6 - Distribuição dos usos de água na indústria sucroalcooleira.....	42
Figura 7 - Evolução da Eficiência de Produção de Etanol no Brasil.....	44
Figura 8 - Preços de alimentos (eixo y <i>primário</i>) e do petróleo (eixo y <i>secundário</i>) 2000 – 2010.....	49
Figura 9 - Área colhida das principais culturas no Brasil.....	50
Figura 10 - Evolução da Lotação das Pastagens no Estado de São Paulo e no Brasil.....	52
Figura 11 - Evolução da Colheita Mecanizada no Estado de São Paulo	61
Figura 12 - Balanço energético das principais matérias-primas utilizadas para a produção de etanol.....	64
Figura 13 - Evolução do número de empregados especializados e não-especializados na lavoura de cana-de-açúcar, Brasil, 1992 – 2007.....	67
Figura 14 - Curva de aprendizado do etanol	72
Figura 15 - Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar	83
Figura 16 - Zoneamento Agroambiental do estado de São Paulo	84
Figura 17 - Áreas aptas à produção não-irrigada de cana-de-açúcar.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Potencial de Cogeração de Energia no Setor Sucroalcooleiro.....	34
Tabela 2 - Evolução do rebanho bovino e da área ocupada por pastagens no Estado de São Paulo	51
Tabela 3 - Principais alterações no uso do solo em estados produtores de cana-de-açúcar da região Centro-Sul entre 1996 e 2006	53
Tabela 4 - Uso de defensivos agrícolas nas principais culturas brasileiras (kg de ingrediente ativo/hectare)	55
Tabela 5 - Área de colheita mecanizável (> 12% de declividade) dos principais estados do nordeste brasileiro produtores de cana e do estado de São Paulo	62
Tabela 6 - Limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor, a partir da combustão externa de bagaço de cana-de-açúcar	62
Tabela 7 - Cronograma de atendimento e padrões de intensidade de carbono para gasolina e seus substitutos	79
Tabela 8 - Calendário de utilização de biocombustíveis nos Estados Unidos	80
Tabela 9 - Principais produtores de biocombustíveis, 2010.....	92
Tabela 10 - Produção mundial de etanol em 2010	94
Tabela 11 - Mercado de etanol no Sul da África.....	99
Tabela 12 - Comercialização sob o Sistema Geral de Preferências.....	106
Tabela 13 - Subsídios fornecidos os produtores de etanol na UE	106
Tabela 14 - Principais condicionantes à introdução de um programa sustentável de produção de etanol	121

LISTA DE SIGLAS

ABRINQ	Associação Brasileira dos Fabricantes de Brinquedos
ACP	Países da África, Caribe e do Pacífico
AFDB	African Development Bank
AFREPREN/FWD	Energy, Environment and Development Network for Africa
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ATR	Açúcares Totais Recuperáveis
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BLUM	Brazilian Land Use Model
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CARB	Californian Air Resources Board
CARD/FAPRI	Centre for Agricultural and Rural Development e o Food and Agricultural Policy Research Institute
CBTPA	Caribbean Basin Trade and Partnership Act
CDGB	Centro de Desenvolvimento de Gaseificação de Biomassa
CENBIO	Centro Nacional de Referência em Biomassa
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
COGEN	Associação da Indústria de Cogeração de Energia
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento

CTBE	Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol
CTC	Centro de Tecnologia Canavieira
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Environmental Protection Agency
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESALQ/USP	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz / Universidade de São Paulo
EU	European Union
FAT	Fundo de Amparo ao Trabalhador
FERAESP	Federação dos Empregados Rurais Assalariados do Estado de São Paulo
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GAEZ	Global Agro -Economic Zones
GBEP	Global Bioenergy Partnership
GEE	Gases de Efeito Estufa
GEF	Global Environment Facility
GNESD	Global Network on Energy for Sustainable Development
GSP	Generalised System of Preferences
iBase	Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
ILUC	Indirect Land Use Change Impacts of Biofuels
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MAPA	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MTBE	éter metil-butil terciário
ORPLANA	Organização de Plantadores de Cana da Região Centro Sul do Brasil
PIB	Produto Interno Bruto
PNPB	Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Álcool
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas
RFS	Renewable Fuel Standards
RSB	Roundtable on Sustainable Biofuels
RTFO	Renewable Transport Fuel Obligation
SAA	Secretaria de Agricultura e Abastecimento
SCOUL	Sugar Corporation of Uganda Limited
SIAMIG	Sindicato de Indústria da Fabricação do Álcool no estado de Minas Gerais
SINDAÇUCAR/MG	Sindicato da Indústria do Açúcar no estado de Minas Gerais
SMA	Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo
EU	União Europeia

UNICA	União da Indústria de Cana-de-Açúcar
ZAA	Zoneamento Agroambiental
ZAE	Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar

LISTA DE SÍMBOLOS

bar	unidade de pressão equivalente a 10^5 Pascal
tCO ₂ equivalente/ha.ano	tonelada de dióxido de carbono equivalente por hectare ao ano
galão	unidade de volume equivalente a aproximadamente 3,79 litros
gCO ₂ eq/MJ	gramas de dióxido de carbono equivalente por megajoule
GWh	Giga watt-hora
ha	hectare
kg	quilograma
kgCO ₂	quilograma de dióxido de carbono
kWh/tc	quilowatt hora por tonelada de cana-de-açúcar processada
l	litro
l/tc	litros por tonelada de cana-de-açúcar
m	metros
m ³ /ha	metros cúbicos por hectare
m ³ /t	metros cúbicos por tonelada
MW	megawatt
tc/ha	tonelada de cana-de-açúcar por hectare
t/ha.ano	toneladas por hectare ao ano
TWh	Tera watt-hora
tCO ₂	tonelada de dióxido de carbono

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
2. CARACTERIZAÇÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO BRASILEIRO.....	25
2.1. Histórico da introdução do Proálcool.....	25
2.2. Panorama da situação atual do setor	26
2.3. Características regionais da produção de cana-de-açúcar	29
2.4. A importância e as perspectivas da bioeletricidade	31
3. SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL ...	39
3.1. Aspectos ambientais relativos à produção de etanol.....	40
3.1.1. Uso de água.....	40
3.1.2. Uso e ocupação do solo.....	43
3.1.2.1. Mudanças indiretas da ocupação e uso do solo	47
3.1.3. Uso de defensivos agrícolas e fertilizantes	54
3.1.4. Emissões atmosféricas	58
3.1.5. Balanço energético.....	63
3.2. Aspectos sociais relativos à produção de etanol.....	64
3.3. Aspectos econômicos relativos à produção de etanol	71
4. POLÍTICAS E INICIATIVAS VISANDO GARANTIR A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DOS BIOCOMBUSTÍVEIS	74
4.1. Iniciativas governamentais internacionais.....	75
4.1.1. Diretiva Europeia.....	76
4.1.2. Low Carbon Fuel Standard	78
4.1.3. Energy Independence and Security Act.....	79
4.2. Iniciativas governamentais nacionais.....	81
4.2.1. Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar	81

4.2.2.	Zoneamento Agroambiental do Estado de São Paulo.....	83
4.2.3.	Protocolo Agroambiental do Estado de São Paulo.....	84
4.3.	Iniciativas voluntárias internacionais	86
4.3.1.	Roundtable on Sustainable Biofuels.....	86
4.3.2.	Global Bioenergy Initiative.....	90
4.4.	Iniciativas voluntárias nacionais	91
4.4.1.	Programa Brasileiro de Certificação em Biocombustíveis	91
5.	PANORAMA MUNDIAL DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS	92
5.1.	Experiências internacionais e políticas de incentivo à produção e uso de biocombustíveis	94
5.1.1.	América Latina e Caribe	95
5.1.2.	África	98
6.	DESAFIOS E CONDICIONANTES EXISTENTES À PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE ETANOL DE FORMA SUSTENTÁVEL NOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO	101
6.1.	Condicionantes institucionais	101
6.2.	Condicionantes econômicas.....	103
6.3.	Barreiras ambientais.....	107
6.4.	Barreiras sociais	108
7.	PROPOSTA VISANDO À PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DOS BIOCOMBUSTÍVEIS NOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO	110
7.1.	Propostas no âmbito institucional	111
7.2.	Propostas na esfera econômica	113
7.3.	Propostas relativas aos impactos ambientais	114
7.4.	Propostas na área social.....	117
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
9.	REFERÊNCIAS	124

1. INTRODUÇÃO

O crescimento econômico de países em desenvolvimento e a manutenção dos padrões de consumo nos países desenvolvidos elevam o consumo mundial de energia. Concomitantemente, observamos a depleção das reservas de petróleo e as alterações climáticas globais causadas por ações antrópicas, com destaque para o uso de combustíveis fósseis.

Neste contexto buscam-se formas alternativas de energia e tecnologias modernas que possam substituir os combustíveis fósseis e mitigar as emissões de gases que causam o efeito estufa.

As tecnologias mais promissoras são aquelas baseadas em fontes renováveis de energia, tais como os painéis solares e os aerogeradores. Entretanto para o setor de transportes, que foi responsável por 23% das emissões globais de dióxido de carbono em 2009 (IEA 2011), a opção comercialmente disponível mundialmente são os biocombustíveis, uma vez que veículos elétricos ou movidos a hidrogênio, bem como a infraestrutura para sua utilização, ainda necessitam de desenvolvimento tecnológico adicional.

Desta forma, os biocombustíveis estão adquirindo uma importância cada vez mais significativa no que diz respeito à redução das emissões de gases de efeito estufa e na redução da dependência de combustíveis fósseis.

No entanto, os biocombustíveis não são produzidos em todos os países e para garantir uma oferta em larga escala é indispensável que seja desenvolvido o comércio internacional destes produtos. Porém, há preocupações crescentes, principalmente dos países importadores, com a produção sustentável dos biocombustíveis.

Assim, com o declarado intuito de garantir que a proteção ao meio ambiente e as questões sociais estejam sendo respeitadas em toda a cadeia produtiva, e de que efetivamente exista uma redução das emissões de gases que provocam o efeito estufa, como resultado do uso de biocombustíveis, iniciou-se na Europa a elaboração de critérios de sustentabilidade a serem

seguidos pelos produtores de biocombustíveis que, por meio de esquemas de certificação, deveriam comprovar a adequação de seus produtos.

Como definido pelo Relatório Brundtland (1987) os sistemas sustentáveis são aqueles capazes de “satisfazer as necessidades das gerações atuais sem comprometer as futuras, atendendo ao equilíbrio social e ecológico, bem como as necessidades dos mais pobres”; no entanto a dificuldade em determinar a sustentabilidade de um sistema energético é enorme e depende não apenas do recurso energético propriamente dito e sua origem, mas também da maneira como é empregado.

No caso específico da energia, este tópico é de especial importância uma vez que as projeções apontam, em um cenário baseado nas atuais políticas para o setor energético, um crescimento do consumo de energia mundial de 47% entre os anos de 2008 e 2035 (OECD/IEA 2010), calcado no aumento do uso de carvão e gás natural.

Tendo em vista os impactos decorrentes do uso intensivo de combustíveis fósseis, e a oportunidade de reduzir suas emissões por meio da adoção de energias renováveis em suas matrizes energéticas, países, principalmente os desenvolvidos, criaram metas de utilização de biocombustíveis.

O compromisso assumido pela União Europeia estabelece metas que determinam a participação de 20% de energias renováveis no consumo global da Comunidade e, no setor de transportes, no mínimo 10% de fontes renováveis, até 2020 (PÖTTERING E NEČAS 2009).

Dentro deste programa de utilização de bioenergia o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia estabeleceram a Diretiva 28/2009 sobre promoção do uso de energia a partir de fontes renováveis. Esta Diretiva também define critérios de sustentabilidade que devem ser obedecidos pelos países que desejem fornecer biocombustíveis aos países membros do bloco.

Outra iniciativa que também será determinante para o mercado mundial de biocombustíveis, por suas proporções, partiu do governo norte-americano que instituiu, em 2007, o Ato de Segurança e Independência Energética (EISA - *Energy Security and Independency Act*) estabelecendo um consumo mínimo no país de 45 bilhões de litros de biocombustíveis em 2010, atingindo 136 bilhões de litros em 2022. Entretanto a legislação identifica três tipos de biocombustíveis, que deverão ser responsáveis por atender cerca de 60% desta meta (88

bilhões de litros). São eles: etanol celulósico, diesel de biomassa e “outros avançados”. Para ser classificado como “avançado” o biocombustível deve reduzir as emissões de gases de efeito estufa, considerando todo seu ciclo de vida, comparativamente à gasolina, em 50%.

Estes foram os níveis de redução de emissões de gases de efeito estufa para os biocombustíveis adotados pela Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos (EPA – Environmental Protection Agency) e, segundo cálculos da Agência, em um dos cenários desenvolvidos, o etanol brasileiro reduz em 61% as emissões de gases que provocam o efeito estufa (EPA 2010).

À parte das regulamentações oficiais, um grande debate acerca do tema tem se formado. Existem iniciativas legítimas que discutem a sustentabilidade com o intuito de obter avanços que sejam realmente produtivos, por outro lado, há tentativas de desconstruir o debate, com afirmações tendenciosas e equivocadas.

Com relação às vantagens relativas ao uso de biocombustíveis, questiona-se a substituição de culturas alimentares e o conseqüente impacto no preço mundial de grãos. De fato, essa troca de culturas aconteceu nos Estados Unidos, em 2007, quando a produção de soja foi reduzida para dar espaço ao milho, utilizado naquele país para produzir etanol (NAYLOR, et al. 2007).

Foram publicados trabalhos que em Laurence (2007), Fargione et al (2008) e Searchinger et al. (2008) relacionaram as mudanças diretas e indiretas do uso do solo para produzir biocombustíveis às emissões de gases de efeito estufa, afirmando que os combustíveis renováveis podem não trazer uma contribuição para a redução de emissões caso tenham sido produzidos a partir da devastação de florestas e da substituição de culturas.

Entretanto estes autores assumem em seus estudos condições de contorno equivocadas uma vez que não é possível considerar que todos os biocombustíveis sejam produzidos da mesma maneira em todos os lugares do planeta. Existe uma diversidade de matérias-primas, técnicas agrícolas, métodos produtivos e tecnologias aplicadas que devem ser ponderadas, pois estes fatores influenciam diretamente o balanço energético, e conseqüentemente, o balanço de gases de efeito estufa do biocombustível produzido (GOLDEMBERG; GUARDABASSI, 2009).

A discussão acerca da relação entre o aumento do preço do petróleo e as commodities agrícolas persiste, tendo defensores de ambos os lados. Enquanto Esmaili e Shokoohi (2011);

Zhang et al (2010) e Brahmhatt e Canuto (2010) atestam não haver relação direta de longo prazo entre estes preços, Gohin e Chantret (2010) e Chen, Kuo e Chen (2010) afirmam a existência de tal relação.

No que diz respeito às emissões causadas pelos efeitos indiretos da mudança de uso do solo a discussão se torna ainda mais complexa. Os estudos realizados utilizam modelos para determinar qual seria o efeito da substituição de uma atividade agrícola por outra e onde esta mudança indireta seria causada. Entretanto este tipo de análise, quando realizada por modelos, não consegue captar a dinâmica do processo e ademais não considera o aumento da produtividade agrícola. Um exemplo do impacto negativo que pode ser causado pelo uso de modelos não adaptados às condições locais aconteceu pelo modelo utilizado pela EPA para determinar as emissões de gases de efeito estufa evitadas pelo uso de etanol do Brasil. Segundo os cálculos da Agência este fator seria de 41%, entretanto NASSAR et al (2010) desenvolveram um modelo chamado BLUM (*Brazilian Land Use Model*) capaz de captar a dinâmica do uso do solo no Brasil e que foi acoplado como um novo módulo do modelo utilizado pela EPA, obtendo um valor de redução de 61%.

De todas as maneiras, é fundamental que os países produtores de biocombustíveis não sejam prejudicados pela adoção de um modelo de certificação que imponha critérios demasiadamente exigentes e em descompasso com seu estágio de desenvolvimento.

Tais esquemas são válidos no sentido de assegurar que a produção de biocombustíveis seja realizada de modo a respeitar o meio ambiente e os direitos dos trabalhadores; entretanto, em muitos países, a legislação existente, desde que aplicada com rigor, é suficiente.

Visando colaborar com a discussão sobre a produção sustentável de etanol a partir de cana-de-açúcar nos países em desenvolvimento esta tese analisa os aspectos ambientais, sociais e econômicos relacionados à produção de etanol no Brasil e propõe políticas que induzam a produção sustentável deste biocombustível, que possam ser implementadas em outros países em desenvolvimento.

A originalidade da mesma consiste na identificação dos obstáculos existentes à produção de etanol de cana-de-açúcar de forma sustentável nos países em desenvolvimento, bem como na proposição de políticas e ações que tornem esta produção viável nestes países e também nos países menos desenvolvidos.

Há estudos recomendando políticas para a produção de biocombustíveis em países em desenvolvimento, tais como CGEE (2009) que propôs diretrizes para a elaboração de um marco regulatório visando à criação de um mercado de biocombustíveis em países em desenvolvimento; porém a certificação socioambiental é tratada de maneira genérica, sem qualquer discussão mais aprofundada sobre o tema. Em Mitchell (2010) são apresentadas as principais barreiras existentes à introdução da produção de biocombustíveis na África, dada a realidade daqueles países. Contudo os aspectos relacionados às barreiras ambientais e sociais são mais uma vez tratados de maneira inespecífica, apenas ressaltando ser necessário evitar os impactos negativos ao meio ambiente.

Há também diversos trabalhos que estudam a sustentabilidade da produção brasileira de etanol de cana-de-açúcar (SMEETS et al, 2006; GOLDEMBERG; COELHO; GUARDABASSI, 2008; WALTER et al., 2011) e o papel das políticas públicas para o desenvolvimento bem sucedido do Programa do Álcool no país (LA ROVERE; PEREIRA; SIMÕES, 2011), inclusive ressaltando a potencialidade de replicação da experiência brasileira em outros países em desenvolvimento (GOLDEMBERG; GUARDABASSI, 2009). No entanto não há maiores discussões sobre as principais barreiras existentes à introdução de programas de produção de etanol nos países em desenvolvimento, tampouco sugestões de políticas para superá-las.

Tema correlato foi preliminarmente desenvolvido na dissertação de mestrado (GUARDABASSI, 2006) que identificou os principais aspectos de sustentabilidade referentes à biomassa e apresentou cenários do potencial de produção de etanol nos países produtores de cana-de-açúcar. O estudo concluiu que existe um grande potencial de produção de etanol nos países produtores de cana-de-açúcar, porém a implementação desta atividade depende de políticas públicas, tais como a criação de um mercado consumidor. Ainda assim, no início das atividades, poderá ser necessário o subsídio do governo, pois os custos de produção em muitos casos, não serão competitivos com os combustíveis fósseis. O Brasil enfrentou esta mesma situação no início do Proálcool, e a experiência do país nos mostra que os resultados, em médio e longo prazos, são bastante positivos.

A opção por analisar, nesta tese, países da África e da América Latina e Caribe é baseada no fato deste grupo de países estar localizado em regiões cujas condições climáticas são favoráveis à produção de cana-de-açúcar (FISCHER et al., 2008) (SMEETS et al., 2007) e,

além disso, por grande parte destes países serem produtores de açúcar. No caso dos 49 países classificados pela Organização das Nações Unidas como “menos desenvolvidos”, o acordo conhecido como “*Everything but Arms*”¹ (“Tudo exceto armas”) garante acesso livre ao mercado da União Europeia para todos os produtos, com exceção às armas, tais países poderiam expandir sua produção canavieira e agregar a produção de etanol às suas atividades.

Nesta tese será analisada apenas a produção de etanol, com base na experiência brasileira e na possibilidade de replicação de medidas que levaram o Programa do Álcool a ser bem sucedido. As perspectivas para a produção de biodiesel não serão abordadas uma vez que o Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), instituído pelo Governo Federal em 2003, por ser um Programa recente ainda não atingiu a mesma maturidade que a Programa do Álcool, carecendo de desenvolvimento tecnológico que permita a produção de biodiesel por via etílica, além de atingir o objetivo de utilizar oleaginosas regionais e provenientes de agricultura familiar, diversificando as matérias-primas que atualmente se restringem ao óleo de soja (86%), sebo bovino (9%) e óleo de algodão (3%) e está concentrada na região Centro-Sul do país, responsável por 91% da produção nacional (MME 2011).

Inicialmente a tese revê a literatura existente relacionada aos aspectos de sustentabilidade da produção de biocombustíveis, bem como os dados referentes à produção nacional; e revê também a literatura internacional no que se refere aos critérios de sustentabilidade e esquemas de certificação. Será apresentado também um panorama geral da produção internacional de biocombustíveis, as perspectivas de utilização e serão discutidas as implicações dos esquemas de certificação nos países produtores de biocombustíveis.

Desta forma a tese foi organizada em sete capítulos, além desta introdução.

O segundo capítulo apresenta um panorama do setor sucroalcooleiro nacional, a produção de etanol do Brasil iniciando com o histórico da utilização deste biocombustível, discutindo os aspectos econômicos e as perspectivas para o setor.

Por sua vez o terceiro capítulo discorre sobre os aspectos ambientais e sociais, mostrando quais são os principais impactos decorrentes da produção de etanol e quais medidas estão sendo tomadas para minimizar danos.

¹ No caso específico do açúcar, entre 1 de outubro de 2009 e 30 de setembro de 2012, o importador deve garantir um preço mínimo de compra do produto que não seja inferior a 90% do seu preço de referência (Comissão Europeia, 2010)

O capítulo quatro é dedicado às iniciativas nacionais e internacionais relativas à produção sustentável de biocombustíveis e sistemas de certificação.

O panorama da produção mundial de biocombustíveis e as perspectivas de expansão são o tema do quinto capítulo, que apresenta uma relação de países onde estão sendo adotadas políticas visando introduzir e incentivar o uso de combustíveis renováveis.

A originalidade desta tese se concentra nos capítulos seis e sete, nos quais, respectivamente, são identificadas as barreiras à produção de biocombustíveis em países em desenvolvimento nas regiões com maior potencial produtivo e apresentadas as propostas de ações que viabilizem a produção sustentável de biocombustíveis em países em desenvolvimento.

Por fim, no oitavo capítulo são apresentadas as principais conclusões da tese.

Assim sendo, o que se pretende demonstrar neste trabalho é que a produção de etanol de cana-de-açúcar de maneira sustentável é possível não apenas no Brasil, mas outros países em desenvolvimento podem também implantar esta atividade utilizando a experiência acumulada pelo Brasil. Para isto são necessárias políticas públicas adequadas que forneçam diretrizes ao setor produtivo e segurança aos investidores.

2. CARACTERIZAÇÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO BRASILEIRO

A atividade de produção de cana-de-açúcar está estabelecida no Brasil desde 1532, tendo sido o açúcar era o principal produto brasileiro nos séculos XVI e XVII.

O setor sucroenergético, mais recentemente, tornou-se responsável por 2% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, o que equivale a US\$ 28,15 bilhões (NEVES; TROMBIN; CONSOLI, 2009a).

Este capítulo irá apresentar um breve histórico sobre a introdução do etanol na matriz energética brasileira, um panorama da situação atual do setor sucroalcooleiro, além de discutir as principais diferenças entre as duas regiões produtoras no país.

2.1. Histórico da introdução do Proálcool

A utilização de etanol anidro misturado à gasolina foi autorizada, pela primeira vez, em 1938 (Decreto-Lei 737/38), tornando-se obrigatória em 1941, quando o Governo Federal passou a determinar a porcentagem da mistura.

Em 1975, foi instituído o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) e as diretrizes para o seu desenvolvimento (Decreto 76.593, de 14 de novembro de 1975) cujo objetivo era expandir a produção e uso energético de etanol anidro.

Este Decreto também assegurava aos produtores de álcool anidro carburante paridade de preço com o açúcar, com o intuito de garantir o suprimento do mercado.

O país continuou utilizando apenas o etanol anidro misturado à gasolina até o final da década de 1970, quando foi iniciada a produção de veículos que utilizassem apenas o etanol hidratado como combustível.

Durante a década de 1980, o consumo de etanol hidratado cresceu muito e 85% dos automóveis novos eram dedicados a este combustível. Entretanto, em 1985, devido a uma série de fatores: o “contrachoque do petróleo” que derrubou os preço do combustível fóssil de US\$ 35 por barril (1980) para US\$ 15 por barril (1988), a falta de recursos para subsidiar o Programa do Álcool, e a maior atratividade do preço do açúcar no mercado internacional; a produção de etanol hidratado foi reduzida, causando desabastecimento do mercado interno, o que levou o Governo Federal a importar metanol e reduzir o teor de etanol anidro misturado à gasolina (BNDES; CGEE, 2008). Longas filas se formavam nos postos de gasolina, e a confiança dos consumidores foi fortemente afetada. Como consequência, a produção dos chamados “carros a álcool” foi decrescendo até praticamente deixar de existir no final da década de 1990, que também foi afetada pela política do governo de incentivo aos veículos “populares” – até 1000 cilindradas, projetado para ser movido a gasolina.

A desregulamentação do setor teve início em 1991 com o fim dos subsídios; em 1995 os preços do etanol encontram-se liberados em toda a cadeia de produção, distribuição e revenda, passando a ser determinados pelas forças de mercado (NEVES; CONEJERO, 2010).

2.2. Panorama da situação atual do setor

Foi em 2003, com o lançamento dos motores bicombustível, que o setor voltou a crescer. Desta vez, o consumidor tem a opção de escolher o combustível que deseja utilizar, e assim a confiança foi restabelecida. Até dezembro de 2011 haviam sido comercializados cerca 15,4 milhões de veículos bicombustível no país, sendo que naquele ano 83,1% dos veículos leves novos comercializados no Brasil eram bicombustível (Figura 1).

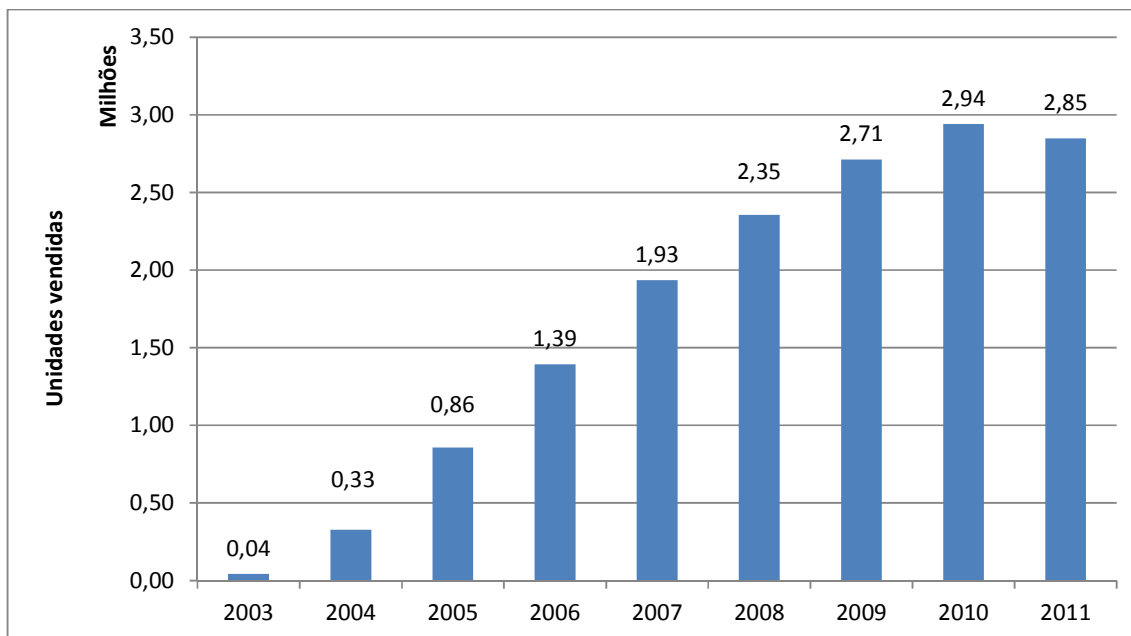


Figura 1 - Produção de veículos bicompostíveis

Fonte: (ANFAVEA 2012)

Para suprir a demanda do mercado interno, o setor sucroalcooleiro aumentou sua produção, e atraiu investimentos, inclusive internacionais. Tais investimentos ocorreram tanto na forma de aquisição de capital de empresas existentes como instalação de novas unidades. De acordo com levantamento realizado pelo Sindicato de Indústria da Fabricação do Álcool no estado de Minas Gerais (SIAMIG) e pelo Sindicato da Indústria do Açúcar no estado de Minas Gerais (SINDAÇUCAR/MG), durante a safra 2007/2008, haviam 343 usinas em operação no país (CONAB 2008), e empresas internacionais estavam presentes em 31 usinas em operação e 34 em construção, em participações que variavam de 2% a 100%, tendo sido responsáveis pela moagem de 11,63% da cana produzida no país no decorrer daquela safra (NEVES; CONEJERO, 2010).

Em 2010, haviam 426 unidades produtoras registradas pelo Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária, conforme detalhado adiante.

O setor sucroalcooleiro brasileiro apresentou forte crescimento nas últimas safras. A produção de etanol cresceu de 14,8 bilhões de litros na safra 2003/2004 para 25,7 bilhões de litros na safra 2009/2010 (Figura 2).

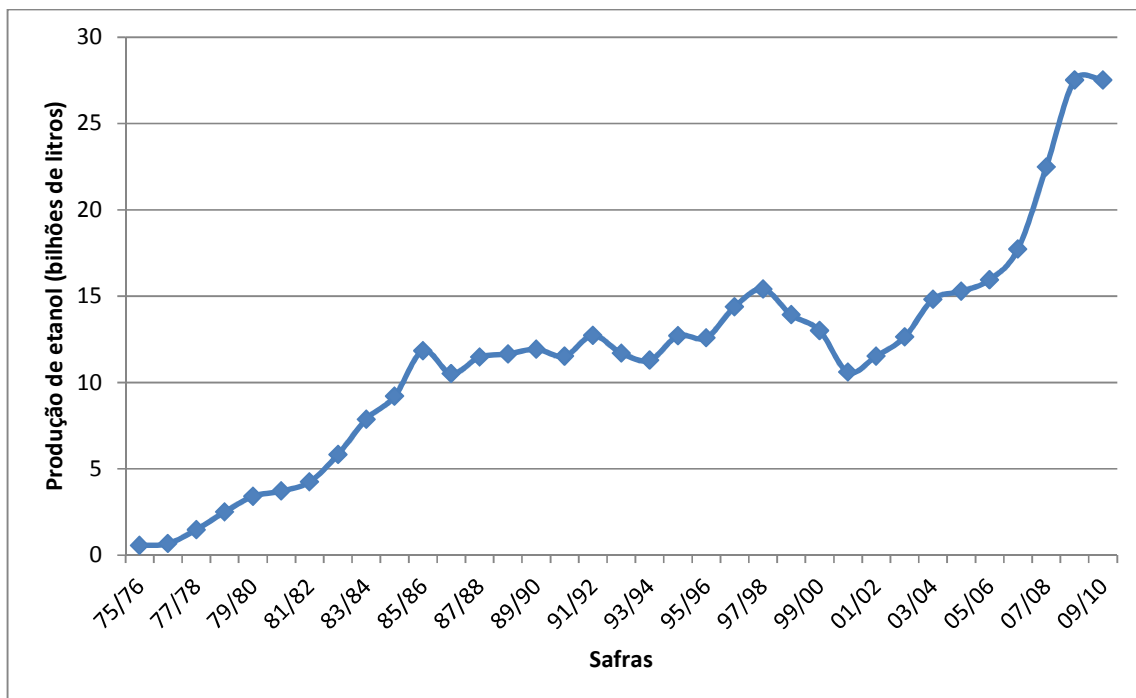


Figura 2 - Produção nacional de etanol
 Fonte: (UNICA 2009) e (CONAB 2011)

Neste mesmo período a produção de cana-de-açúcar elevou-se de 340 milhões toneladas para 600 milhões de toneladas. Porém, para a safra 2011/2012 observa-se, no Centro-Sul, uma redução de cerca de 10% na quantidade de cana-de-açúcar processada.

A partir da crise econômica mundial em 2008, o setor passou por uma fase de consolidação e os investimentos foram direcionados a aquisição de companhias em difícil situação financeira. Assim sendo, a capacidade produtiva ficou estagnada, enquanto a demanda continua a crescer, principalmente devido ao aumento da frota de veículos leves, reflexo do bom momento econômico que o país atravessa.

Somou-se ainda a falta de investimentos, por parte do setor, na renovação dos canaviais, cuja consequência é a redução da quantidade de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR). De acordo com a UNICA, desde o início da safra a setembro de 2011, a concentração de ATR caiu 3,63% em relação ao observado no mesmo período de 2010 (UNICA 2011). A produção de etanol deve cair cerca de 30%.

2.3. Características regionais da produção de cana-de-açúcar

No que diz respeito às características produtivas do setor sucroalcooleiro, existem diferenças entre as regiões Centro/Sul e Norte/Nordeste.

De acordo com levantamento realizado pelo Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária (MAPA, 2010), em abril de 2010, haviam cadastradas no Departamento da Cana-de-açúcar e Agroenergia, 426 unidades produtoras, das quais 345 estão localizadas na região Centro-Sul e 81 na região Norte-Nordeste, como detalhado na Figura 3, abaixo.

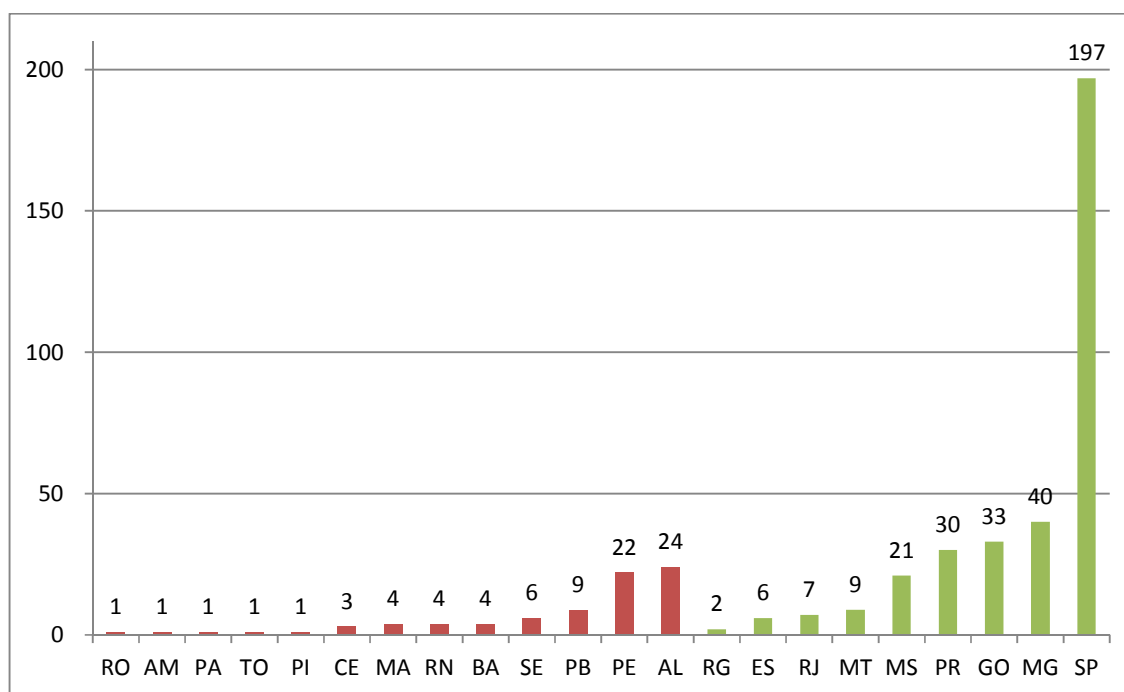


Figura 3 - Distribuição das unidades produtoras de açúcar e álcool
Fonte: (MAPA 2010)

Entretanto este desenvolvimento da região Centro/Sul aconteceu após a introdução do Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL) com consequência dos investimentos direcionados ao desenvolvimento tecnológico à época. A região Nordeste foi importante produtora de cana-de-açúcar, ainda nos tempos do Brasil Colônia e durante a 2ª Guerra

Mundial a Região Norte/Nordeste produzia etanol que supria inclusive o Estado de São Paulo (CGEE 2008).

Como se observa na Figura 4, até o início da década de 1980, as produções regionais não eram muito discrepantes, mas com o passar do tempo a região Centro/Sul apresentou um grande aumento da produção enquanto o Norte/Nordeste permaneceu estagnado no mesmo patamar.

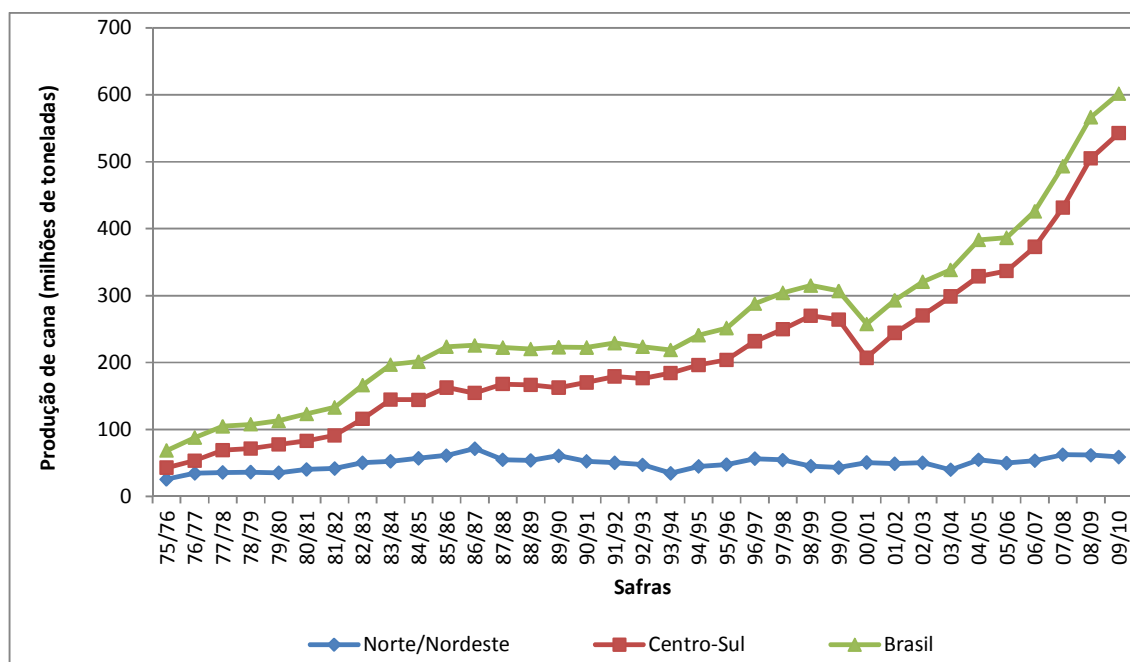


Figura 4 - Produção de cana-de-açúcar no Brasil
Fonte: (UNICA 2009) e (CONAB 2011)

Esta diferença regional de concentração ocorre devido, principalmente às condições de relevo e pluviosidade que são desfavoráveis em comparação ao Centro/Sul. No Norte/Nordeste, a distribuição de chuvas é irregular, apresentando longos períodos de seca, a fertilidade do solo é baixa e os terrenos com declividade acima de 12% (que impossibilita a colheita mecanizada com os equipamentos existentes). A necessidade de irrigação e práticas de colheita diferenciadas em terrenos com maior declividade aumentam os custos de produção, colheita e transporte da cana (CGEE 2008).

Um fator positivo e que pode incentivar a produção de cana-de-açúcar e seus produtos na região Nordeste, é a proximidade dos grandes centros consumidores e dos portos – que estão a cerca de 100 km – uma distância inferior ao que se encontra na região Centro/Sul (cerca de 500 km) e que favoreceria o escoamento da produção, principalmente visando os mercados externos (VIDAL; SANTOS; SANTOS, 2006).

A região da Zona da Mata apresenta as melhores condições de clima e pluviosidade, no entanto não há mais condições para expansão da área destinada à cultura de cana-de-açúcar, sendo que o aumento da produção deverá ser obtido pelo incremento da produtividade agrícola e industrial, redução de perdas e ampliação da irrigação (VIDAL; SANTOS; SANTOS, 2006).

Embora o custo de produção da cana-de-açúcar e seus derivados seja maior nos estados do Nordeste em comparação aos estados do Centro-Sul, principalmente pela necessidade de irrigação e pelos menores índices de produtividade agroindustrial, ainda assim seus produtos são competitivos economicamente com o açúcar e o etanol produzido em outros países. Isso por que o custo de produção do açúcar é de aproximadamente US\$ 180/t no Centro-Sul e US\$ 210/t no Norte-Nordeste brasileiro, enquanto nos demais países produtores atinge valores de US\$ 334/t quando produzido a partir da cana-de-açúcar e US\$ 713/t quando a matéria-prima é a beterraba (VIDAL; SANTOS; SANTOS, 2006).

2.4. A importância e as perspectivas da bioeletricidade

Além de açúcar e etanol, a bioeletricidade gerada a partir da queima do bagaço de cana é também um produto com importante e crescente participação nos negócios das usinas. Esta fonte de eletricidade suplementa a geração hidrelétrica e colabora para a diversificação da matriz energética, bem como para o aumento da segurança de suprimento por meio da geração descentralizada.

Durante muitos anos, desde o início do Proálcool, o bagaço de cana era tido como um subproduto indesejado. Produzido em grandes quantidades e de difícil armazenagem, a

queima do bagaço nas caldeiras foi adotada não apenas como uma solução energética. Neste período as caldeiras das usinas eram reguladas de forma a queimar a maior quantidade de bagaço possível, e a grande abundância de energia hidrelétrica levava à uma legislação que praticamente impedia a venda de excedentes de energia para a rede (MACEDO, 2005).

Em 1996, por meio do Decreto Presidencial 2003, é criada a figura do Produtor Independente de Energia e começa a ser desenvolvido um ambiente regulatório propício ao melhor aproveitamento da energia produzida nas usinas, entretanto não havia atratividade para este tipo de investimento. Essa realidade começou a mudar no ano de 2001, quando o Brasil foi afetado por uma grave crise de abastecimento de energia e alguns produtores do setor sucroalcooleiro que já produziam excedente de eletricidade, perceberam o nicho de mercado existente.

Desde então, as usinas progressivamente introduziram equipamentos mais eficientes, com o intuito de produzir excedente de eletricidade a ser comercializado.

O Programa de Incentivo à Fontes Alternativas (PROINFA), instituído pelo governo brasileiro em 2002 com o objetivo de aumentar a participação de fontes renováveis na matriz energética nacional, também foi um fator importante neste momento, porém os preços oferecidos à energia de biomassa produzida a partir do bagaço de cana não foram atrativos para grande parte dos empresários, que preferiram procurar o mercado atacadista. Assim, o setor que possui um grande potencial de geração de energia e utiliza tecnologias comercialmente disponíveis, foi aquele que apresentou o menor número de projetos. De acordo com informações da Eletrobrás, foram contratados no âmbito do PROINFA 685 MW em projetos de biomassa (incluindo biogás, casca de arroz, madeira e bagaço de cana), mas isso não significa que o setor não esteja investindo na bioeletricidade.

De acordo com a Associação da Indústria de Cogeração de Energia (COGEN), entraram em operação no Brasil, entre 2001 e 2010, 141 unidades de geração de bioeletricidade, cuja potência instalada total é de 4.527 MW conforme apresentado na Figura 5.

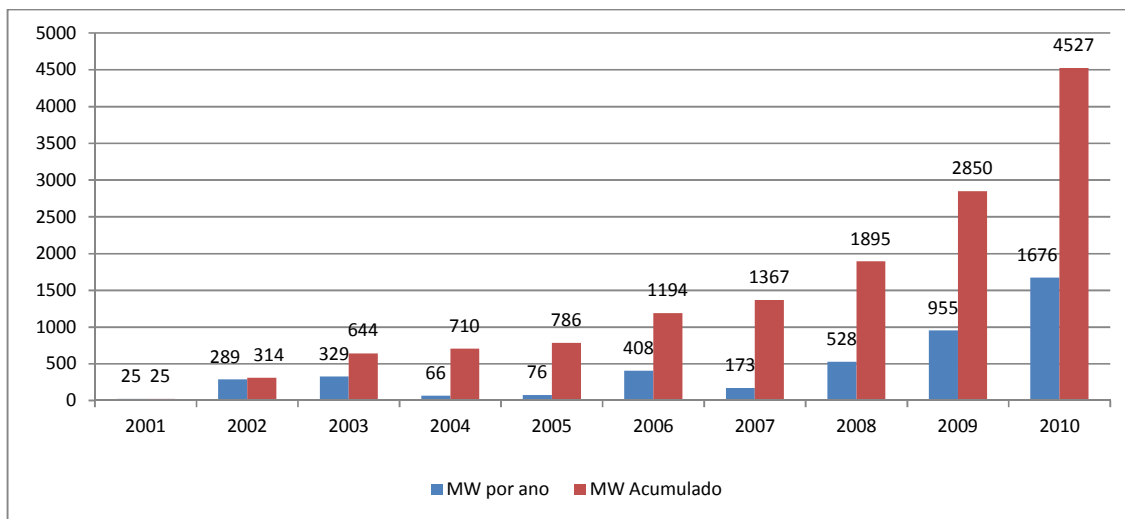


Figura 5 - Centrais de bioeletricidade em operação no Brasil desde 2001

Fonte: (COGEN 2011)

O Plano Decenal de Energia 2019 (MME 2010) prevê que o consumo de energia no País aumentará de 338 TWh em 2010 para 633 TWh em 2019. Assim será necessária a construção de novas usinas geradoras. É sabido que grande parte do potencial hídrico do Brasil encontra-se na região Amazônica, e a instalação de empreendimentos como a usina de Belo Monte devem ser evitados como forma de preservar seu patrimônio ambiental. Sob esta perspectiva a viabilização e incentivo ao melhor aproveitamento dos resíduos da indústria de cana-de-açúcar parecem bastante oportunos.

Como mencionado anteriormente, as usinas do setor sucroalcooleiro estão dispersas geograficamente e, por meio da geração distribuída de eletricidade colaboram para aumentar a segurança do sistema elétrico nacional. No entanto, esta dispersão das unidades geradoras cria uma barreira: a distância às subestações de energia e acesso à rede coletora de energia.

A solução adotada à época do Leilão de Energia de Reserva foi a implantação de uma rede coletora destinada a servir diversos empreendimentos compreendidos em uma região. No entanto, o custo de tal solução não a qualifica como uma alternativa ideal, sendo recomendada a realização de um reforço da rede básica em regiões potencialmente produtoras de bioeletricidade (CASTRO; BRANDÃO; DANTAS, 2010).

A responsabilidade pelos custos de conexão ao Sistema Interligado Nacional ainda é um ponto sem consenso. Pela legislação em vigor no país estes custos são de responsabilidade da

unidade geradora, no entanto o setor entende que esta é uma barreira ao incremento da venda de eletricidade pelo setor sucroalcooleiro (NEVES; CONEJERO, 2010).

O potencial de geração de bioeletricidade pelo setor sucroalcooleiro nacional apresentado na Tabela 1 baseia-se nas estimativas de crescimento da moagem de cana-de-açúcar dos atuais 600 milhões de toneladas para 1,0 bilhão de toneladas em 2020. Além desta expansão, a obrigatoriedade de colheita de cana sem queima prévia dos canaviais aumenta a quantidade de resíduos disponíveis para serem utilizados como insumo energético. Há ainda o incremento das tecnologias de cogeração em uso. Enquanto as usinas já existentes possuem tecnologias que geram cerca de 40kWh/tc processadas, as novas unidades estão adotando sistemas de cogeração de extração-condensação capazes de produzir 96 kWh/tc, dos quais 80 kWh/tc podem ser exportados, utilizando o bagaço de cana como combustível. Ao acrescentar o palhicho, este potencial sobe para 200 kWh/tc (KITAYAMA 2008 *apud* CASTRO, BRANDÃO E DANTAS 2010). Estas tecnologias encontram-se disponíveis comercialmente.

Tabela 1 - Potencial de Cogeração de Energia no Setor Sucroalcooleiro

Safra	Cana moída (milhões de toneladas)	Potencial de geração (MW médio)
2012/2013	696	9.642
2015/2016	829	11.484
2020/2021	1.038	14.379

Nota: as premissas dessas estimativas são a utilização da tecnologia de extração-condensação e o aproveitamento de 75% do bagaço e 50% da palha disponíveis.

Fonte: Castro; Brandão; Dantas, 2010

Estudo que traçou o perfil da geração de termelétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar publicado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB 2011), com base em levantamento realizado por meio de visita a 393 usinas em operação, mostra que na safra 2009/2010, 88,78% do bagaço de cana produzido foi utilizado como combustível no setor, sendo que 48,4% das unidades industriais vendem energia a terceiros e 51,6% geram apenas para consumo próprio, mostrando que a disseminação da produção de eletricidade no setor ainda é bastante limitada. O relatório revela que a capacidade instalada no setor é de 5,9 GW, tendo sido gerados 20 TWh, dos quais 12,5 TWh utilizados para consumo próprio; no entanto ainda há mais de 70% das usinas distantes da integração com rede de distribuição.

Em relação à tecnologia em uso, o documento atesta a existência de uma relação direta entre o tamanho da usina (leia-se sua capacidade de moagem) e a produção de energia. Nas unidades

que vendem eletricidade excedente a capacidade média de moagem é de 2,5 milhões de toneladas de cana por safra, enquanto que as usinas que produzem energia apenas para o autoconsumo a moagem média é de 1,53 milhão de toneladas. Vale ressaltar que dois terços de toda a cana produzida é processada em unidades com capacidade inferior a 3,0 milhões de toneladas de cana por safra, consideradas de médio e pequeno porte.

Em uma simulação da quantidade de energia que poderia estar sendo gerada caso todas as usinas dispusessem da melhor tecnologia em uso em unidades de porte equivalente, o total de energia gerada passaria dos atuais 20 TWh para 39,95 TWh, sendo que o autoconsumo varia pouco pois os demais equipamentos da usina não são substituídos, mantendo assim a mesma demanda energética, e passaria a apenas 15,2 TWh, restando assim 24,7 TWh para serem comercializados, ante os 7,5 TWh realizados. Esta baixa capacidade é reflexo da falta de investimento na reforma dos equipamentos de geração.

O estudo ainda estabelece cenários para a safra 2020/2021, referentes aos potenciais de geração para a próxima década. Considerando a produção de 1,04 bilhão de toneladas de cana-de-açúcar, no cenário conservador, toda a energia é produzida em sistemas equivalentes ao em uso atualmente, no cenário intermediário apenas o bagaço adicional é utilizado em tecnologias eficientes e no cenário otimista toda a geração é baseada em sistemas eficientes. Assim, o potencial de geração de energia varia de 34,46 TWh a 68,73 TWh, sendo o excedente disponível para venda variável de 12,92 TWh a 42,57 TWh (CONAB 2011).

Visando incentivar a produção de eletricidade no setor, o governo do estado de São Paulo desonerou os investimentos em geração por meio da publicação do Decreto nº 57.142, de 18 de julho de 2011, no qual reduz a zero alíquota do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) incidente sobre bens de capital utilizados em sistemas de cogeração de energia pela queima de resíduos da cana-de-açúcar.

A tecnologia que conduziria a um aumento significativo da produção de energia elétrica é a gaseificação de biomassa integrada à turbina a gás (BIG/GT). A gaseificação de biomassa no setor sucroalcooleiro tem sido intensivamente estudada há muitos anos (COELHO, 1992) (WALTER, 1994) podendo aumentar para 270kWh/tc a geração de eletricidade excedente. Entretanto, ainda não existem processos comerciais de grande porte utilizando esta tecnologia no setor sucroalcooleiro.

Com o intuito de suprir as necessidades de pesquisa e inovação nesta área, está sendo implantado o Centro de Desenvolvimento de Gaseificação de Biomassa (CDGB). O projeto, que deverá receber investimentos da ordem de R\$ 80 milhões, será viabilizado por meio de uma parceria entre o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) além de empresas privadas como Oxiteno, Petrobras, Braskem e Cosan. O grupo de pesquisa ainda conta com a participação de Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) e a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP). O Centro abrigará uma planta piloto para desenvolvimento da tecnologia de gaseificação utilizando bagaço e palha de cana-de-açúcar como combustível, tendo por objetivo a produção de gás de síntese que poderá ser utilizado não apenas para a geração de eletricidade, mas também na indústria química como matéria-prima para combustíveis renováveis e polímeros (IPT 2011).

A palha da cana representa de 25% a 30% da energia total contida na planta, ou o equivalente a cerca de 10 toneladas/ha.ano de matéria seca (BRAUNBECK; CORTEZ, 2005). Entretanto a colheita da cana crua causa uma série de implicações, cujos efeitos e possíveis soluções estão sendo estudadas. Um problema é a compactação do solo pelas máquinas, e seu empobrecimento pela retirada do material orgânico, como será apresentado no capítulo seguinte desta tese.

Um dos primeiros estudos nesta área foi realizado no âmbito do projeto “BRA/96/G31 – Geração de Energia a partir de Biomassa – Bagaço e Palha de Cana-de-açúcar”, desenvolvido pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) em parceria com a Swedish National Energy Administration e a Comissão Europeia, financiado pelo Global Environment Facility (GEF) e implementado pelo PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento).

Como resultado dos estudos realizados, concluiu-se que a manutenção da palha de cana do campo tem impactos tanto positivos quanto negativos, conforme relacionado abaixo:

- Impactos positivos: proteção do solo contra erosão causada pela chuva e o vento; redução da amplitude da variação térmica do solo devido a proteção à incidência direta de raios solares; incentivo ao aumento da atividade biológica; aumento das taxas de infiltração de água no solo; redução da evaporação de água do

solo e controle de ervas daninhas, resultando em menor uso de herbicidas, ou até mesmo a eliminação de seu uso, implicando redução de custos, de risco de contaminação humana e do meio ambiente.

- Impactos negativos: riscos de incêndio após a colheita, dificuldade para execução de algumas operações agrícolas (cultivo mecânico, fertilização de socas e controle seletivo de ervas daninhas entre a palha); retardamento ou falha na brotação (redução da produtividade devido à temperatura e umidade do solo) e aumento das populações de pragas (cigarrinha) que se abrigam e reproduzem sob a palha (MANECHINI; RICCI JR; DONZELLI, 2005).

Ainda sobre a utilização da palha da cana ademais da cogeração de eletricidade, este material pode ser utilizado como insumo na produção de etanol celulósico. A composição deste resíduo apresenta certa semelhança com o bagaço no que diz respeito à celulose e hemicelulose, porém difere no conteúdo menor de lignina, sendo aproximadamente 30% menor que o do bagaço ou as frações que o compõem, além de um maior teor de cinzas (CGEE 2009).

Muitos esforços estão sendo empreendidos na pesquisa e desenvolvimento da produção de etanol celulósico, o chamado etanol de segunda geração. Esta rota poderá utilizar qualquer material que contenha celulose (bagaço de cana, resíduos agrícolas e florestais) e, teoricamente, permitirá uma maior produção de combustível por unidade de área, sendo então importante para a redução da utilização de terras que podem ser destinadas à produção de alimentos.

Entretanto, a viabilização do uso de bagaço de cana e palhiço para produção de etanol depende não apenas de sua competitividade com o etanol de primeira geração, mas também com a geração de eletricidade, que é o destino atual desta biomassa.

Uma análise detalhada a respeito da destinação dada à biomassa residual da cana-de-açúcar foi desenvolvida por (SEABRA; MACEDO, 2011). Em uma comparação entre a utilização de bagaço de cana para produção de eletricidade ou a produção de etanol celulósico, a produção de eletricidade obtém melhor resultado técnico-econômico (calculado com base na taxa de retorno do investimento) enquanto o etanol celulósico é mais vantajoso no critério ambiental (redução das emissões de gases de efeito estufa). Como ressaltado pelos autores, o etanol celulósico pode obter resultados mais competitivos conforme o desenvolvimento da

tecnologia leve a menores custos de capital e rendimentos maiores, além de uma melhor integração entre os sistemas.

3. SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL

De acordo com (OMANN, 2000), sustentabilidade é fundamentalmente um conceito normativo, contendo valores, padrões de percepção e preferências, os quais precedem a análise científica”, ou seja, é um conceito abstrato em qual estão embutidos uma série de julgamentos de valor, não necessariamente condizentes com os fatos.

O Relatório Brundtland (1987) define os sistemas sustentáveis como sendo aqueles capazes de “satisfazer as necessidades das gerações atuais sem comprometer as futuras, atendendo ao equilíbrio social e ecológico, bem como as necessidades dos mais pobres”.

Entretanto a dificuldade em determinar a sustentabilidade de um sistema energético é grande e depende não apenas do recurso energético propriamente dito e sua origem, mas também da maneira como é empregado.

Segundo Nogueira (2005), um sistema sustentável produção e do uso da biomassa depende dos cuidados adotados em todas as etapas do processo desde o campo até a atividade fim. A sustentabilidade pode ser definida como a “possibilidade dos sistemas energéticos se manterem saudáveis, estáveis e produtivos”.

Os critérios de sustentabilidade que estão sendo propostos, conforme será apresentado no próximo capítulo, abrangem uma grande variedade de aspectos ambientais e sociais que serão discutidos a seguir, para a realidade do setor sucroalcooleiro brasileiro.

Assim sendo, será demonstrado ao longo deste capítulo que existem medidas que podem ser adotadas pelas usinas de modo a tornar a produção de etanol mais sustentável. Tal conhecimento foi adquirido ao longo de três décadas de produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil e tem contribuído para elevar o grau de sustentabilidade da produção nacional.

