

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

**Alternativa para Aumentar a Produção
Mundial do Etanol Anidro Combustível no
Curto Prazo: O Potencial dos Méis da Cana**

Autor: **Juan Arturo Castañeda Ayarza**
Orientador: **Prof. Dr. Luis Augusto Barbosa Cortez**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

Alternativa para Aumentar a Produção Mundial do Etanol Anidro Combustível no Curto Prazo: O Potencial dos Méis da Cana

Autor: Juan Arturo Castañeda Ayarza
Orientador: Prof. Dr. Luis Augusto Barbosa Cortez

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos.

Dissertação de mestrado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, julho de 2007
S.P. – Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

C27a Castañeda Ayarza, Juan Arturo
Alternativa para aumentar a produção mundial do
etanol anidro combustível no curto prazo: o potencial
dos méis da cana / Juan Arturo Castañeda Ayarza. --
Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Luis Augusto Barbosa Cortez
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Cana-de-açúcar. 2. Álcool. 3. Álcool como
combustível. I. Cortez, Luis Augusto Barbosa. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Alternative to increase the anhydrous ethanol fuel worldwide
production in short term: the potential of sugarcane molasses

Palavras-chave em Inglês: Sugarcane, Molasses of sugarcane, Ethanol fuel,
Ethanol world market

Área de concentração: Análise da Demanda e do Suprimento de Energia

Titulação: Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos

Banca examinadora: Arnaldo César da Silva Walter e Carlos Eduardo Vaz
Rossell

Data da defesa: 13/07/2007

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Mecânica

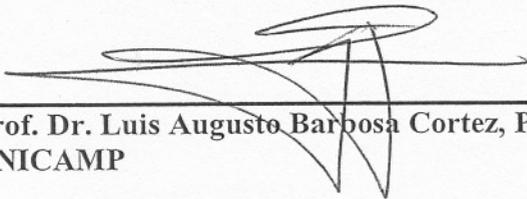
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

Dedicatória:

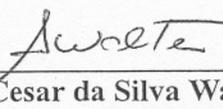
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dedico este estudo especialmente ao meu avô Antônio (Pavão ou Pachão) da
Alternativa para Aumentar a Produção
Mundial do Etanol Anidro Combustível no
Curto Prazo: O Potencial dos Méis da Cana

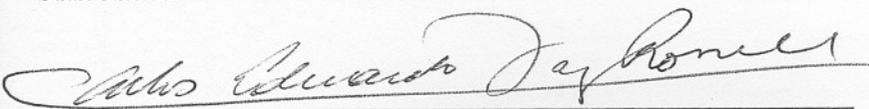
Autor: Juan Arturo Castañeda Ayarza
Orientador: Prof. Dr. Luis Augusto Barbosa Cortez



Prof. Dr. Luis Augusto Barbosa Cortez, Presidente.
UNICAMP



Prof. Dr. Arnaldo Cesar da Silva Walter
UNICAMP



Prof. Dr. Carlos Eduardo Vaz Rossell
NIPE - UNICAMP

Campinas, 13 de julho de 2007

Dedicatória:

Dedico este esforço especialmente ao meu avô António (*Patoño* ou *Pachón*) *In Memoriam*, pela confiança e fé que colocou em mim sem duvidar. Também aos meus pais Juan e Consuelo, e a minha querida irmã Regina, por serem a força nesta luta compartilhada.

Agradecimentos

Minha sincera homenagem pela vida toda, a todas as pessoas que de forma direta e indireta contribuíram para fazer este esforço realidade, citadas aqui ou não:

A Deus por ficar sempre do meu lado e por me ajudar a vencer os obstáculos que encontrei no caminho.

Aos meus pais e irmã que com exemplo de vida me ensinaram a lutar pelos meus ideais, agradeço-lhes o incondicional apoio e disposição.

A toda minha família, destacando aos meus avós Antonio e Magdalena pelo especial carinho, pelas suas orações e conselhos, meu carinho e gratidão por sempre.

A Liz pelo seu carinho, amizade, exemplo, apoio e força nos momentos mais difíceis e felizes vividos aqui no Brasil.

Aos meus amigos e parceiros do Brasil e do Peru, em especial ao Juan Francisco e todos meus irmãos do basquete, pela confiança, carinho e ajuda que sempre me deram.

Ao meu querido amigo e colega Edgardo, pelos conselhos, ajuda, força, confiança e apoio que em todo momento difícil ele me soube dar; minha gratidão por sempre.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luiz Cortez e ao grupo Energia NIPE/UNICAMP, pela oportunidade de participar e aprender no desenvolvimento do Projeto Etanol. E pela bolsa concedida, permitindo-me fazer realidade o trabalho de mestrado neste dois últimos anos.

Aos meus colegas e amigos do grupo Energia, especialmente a Isis e aos Professores Regis e Rossell.

Muito obrigado.

Resumo

CASTAÑEDA AYARZA, Juan Arturo. *Alternativa para Aumentar a Produção Mundial do Etanol Anidro Combustível no Curto Prazo: O Potencial dos Méis da Cana*. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2007. 137 p. Dissertação (Mestrado).

O objetivo principal desta dissertação é mostrar o potencial dos méis da cana-de-açúcar na produção do etanol combustível nos principais países industrializadores da cana, visando aumentar, no curto prazo, a oferta mundial do etanol anidro para ser misturado à gasolina. A partir do cálculo do potencial dos méis da cana foi analisado o impacto que teria o aumento de produção do etanol no mercado interno e externo do açúcar nos países pesquisados, assim como as perspectivas do incipiente mercado internacional do etanol combustível, através da projeção da demanda de gasolina e da análise dos programas que apóiam o uso e a produção dos biocombustíveis. Assim, através da projeção da demanda potencial por etanol dos países consumidores, estimar que vários dos países industrializadores da cana estudados teriam possibilidades de produzir em média 1 bilhão de litros de etanol anidro por ano no curto prazo, e que o comércio internacional de etanol, embora atualmente esteja sustentado pelos acordos de comércio internacional e por acordos bilaterais, tem possibilidades de aumentar seus fluxos à mercê do rápido crescimento da demanda mundial. Finalmente, concluímos que a cana-de-açúcar e a sua indústria têm possibilidades de impulsionar no curto prazo e até sustentar o desenvolvimento de um novo mercado internacional de etanol combustível.

Palavras Chave: cana-de-açúcar, méis da cana, etanol combustível, mercado mundial do etanol.

Abstract

CASTAÑEDA AYARZA, Juan Arturo, *Alternative to Increase the Anhydrous Ethanol Fuel Worldwide Production in Short Term: The Potential of Sugarcane Molasse*. Mechanical Engineering Faculty, State University of Campinas, 2007. 137 p. Dissertation (Masters).

The main objective of this dissertation is to show the potential of the molasses from sugarcane, for the ethanol fuel production in the main producer countries of the sugarcane, aiming at the increment, in the short term, worldwide supply of anhydrous ethanol to be mixed with the gasoline. From the calculation of the molasses potential from sugar cane, have been analyzed the impact that would have the increase of ethanol production in the internal and external sugar market in the searched countries, as well as of the new international ethanol fuel market, through the projection of the demand of gasoline and the analysis of the programs that support the use and the production of the biofuels. Thus, it was possible to project the demand of ethanol in the potential consuming countries, to consider that several of the producer countries of the sugarcane would have possibilities of producing in average 1 billion of liters of anhydrous ethanol per year in the short term, and that the international trade of ethanol, although at the moment is sustained by the agreements of international trade and for bilateral agreements, it has possibilities of increasing his flows at the mercy of the fast growth of the worldwide demand. Finally, it is the concluded that the sugar cane and its industry have possibilities to stimulate in short term and until sustaining the development of a new international market of ethanol fuel.

Key Words

Sugarcane, Molasses of Sugarcane, Ethanol fuel, Ethanol world market.

Índice

Lista de Figuras	xii
Lista de Gráficos	xiii
Lista de Tabelas	xiv
Nomenclatura	xvi

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	01
--------------------------------	-----------

CAPÍTULO 2 – A CANA-DE-AÇÚCAR, PRODUTOS E SUB-PRODUTOS DA SUA INDÚSTRIALIZAÇÃO	05
---	-----------

2.1 Composição da Cana-de-Açúcar	08
2.1.1 Deterioração da cana	10
2.2 Rendimentos da Cana-de-Açúcar	10
2.3 Industrialização da Cana-de-Açúcar no Mundo	15
2.3.1 Produção do Açúcar	16
2.3.2 Mercado Mundial do Açúcar	23
2.3.2.1 Reformas no setor açucareiro nos EUA e na UE	24
2.3.2.2 Oferta e Consumo do Açúcar no Mundo	24
2.3.2.3 Exportadores do Açúcar no Mundo	27
2.3.2.4 Preço Internacional do Açúcar	28
2.3.2.5 Perspectivas do Mercado Mundial do Açúcar	30
2.3.3 Outros produtos que podem se obter da industrialização da cana	31
2.4 Os Méis da Cana-de-Açúcar	32

2.4.1 Obtenção dos Méis Intermediários e do Melaço	32
2.4.2 Melaço	33
2.4.2.1 A Pureza do Melaço	33
2.4.2.2 Composição do Melaço	34
2.4.2.2.1 Os Açúcares no Melaço	35
2.4.2.2.2 Não-Açúcares no Melaço	35
2.4.2.3 Usos Diretos do Melaço	35
2.4.2.3.1 O Melaço de Exportação	36
2.4.2.3.2 O Melaço como Fertilizante	36
2.4.2.3.3 O Melaço como Alimento Animal	36
2.4.2.4 Usos através da Transformação Bioquímica dos Açúcares do Melaço	38
2.4.3 Méis Intermediários	39
2.4.3.1 Mel Rico Invertido (<i>high-test molasses</i>)	40
2.4.3.2 Mel “A” e “B”	40

CAPÍTULO 3 – POTENCIAL DOS MÉIS DA CANA PARA A PRODUÇÃO DO ETANOL

	43
3.1 Países com Maior Potencial para Produzir Etanol Combustível	44
3.2 O Potencial do Melaço	47
3.2.1 Produção do Melaço na Fabricação do Açúcar	48
3.2.2 Conversão do Melaço e dos Méis Intermediários em Etanol	48
3.2.3 Rendimento de Etanol a partir do Melaço e dos Méis Intermediários	49
3.3 O Potencial dos méis A e B	51
3.3.1 Produção dos méis A e B na Fabricação do Açúcar	52
3.3.2 Rendimento de etanol a partir dos méis A e B	53
3.4 Análise do Potencial de Produção de Etanol Anidro para cada país Selecionado	54
3.4.1 Os Novos Cenários Produtivos da Indústria Açucareira	55
3.5 Potencial da produção de etanol a partir dos méis da cana, considerando o atual crescimento da área plantada	56

3.6 Etanol Combustível como Custo de Oportunidade	59
3.6.1 Custo de oportunidade dos méis intermediários	60
3.6.2 Custo de oportunidade do melão	62
CAPÍTULO 4 – PERSPECTIVAS DA DEMANDA MUNDIAL DO ETANOL COMBUSTÍVEL	66
4.1 Programas de Etanol Combustível no Mundo	66
4.1.1 Austrália	67
4.1.2 Colômbia	67
4.1.3 Estados Unidos	68
4.1.4 Índia	70
4.1.5 Japão	70
4.1.6 Tailândia	71
4.1.7 União Européia	72
4.1.8 China	74
4.2 Consumo Mundial de Gasolina	76
4.2.1 Estimativas do Consumo de Gasolina	78
4.3 Projeção da Demanda Mundial do Etanol Combustível	81
CAPÍTULO 5 – IMPACTOS DOS CENÁRIOS PRODUTIVOS PROPOSTOS	84
5.1 Cenário Atual do Mercado Mundial de Etanol Combustível	84
5.1.1 Comércio Internacional de Etanol Combustível	86
5.1.2 Barreiras e Fluxo Comercial do Etanol	88
5.1.3 Mercado do açúcar e o etanol combustível	90
5.1.3.1. Cenário A – modelo atual de industrialização da cana-de-açúcar	92
5.1.3.2. Cenário B – mercado de açúcar, melão e etanol combustível	93
5.1.3.3. Cenário C – mercado de açúcar, melão e etanol combustível	97
5.1.3.3.1. Impacto no mercado do Açúcar	98
5.1.3.3.2 Impacto no mercado do Etanol	103
5.1.3.3.3 Impacto no mercado do Melão	107
5.1.3.4. Cenário D – mercado de açúcar, melão e etanol combustível	107

5.1.3.5. Fluxos comerciais do etanol combustível em 2012	108
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES	109
6.1 Sugestões para futuros trabalhos	116
Anexos	117
Referências Bibliográficas	129

Lista de Figuras

Figura 2.1 Cruzamento da cana-de-açúcar	06
Figura 2.2 Determinantes para o desenvolvimento da cana-de-açúcar	07
Figura 2.3 Diagrama do fluxo de produção do açúcar	17
Figura 2.4 Produção teórica de açúcar	22
Figura 2.5 Consumo do açúcar no mundo	26
Figura 2.6 Maiores produtores do açúcar no mundo	26
Figura 2.7 Principais exportadores de açúcar no mundo	28
Figura 2.8 Obtenção dos méis no processo de fabricação do açúcar	32
Figura 3.1. Principais regiões produtoras da cana-de-açúcar	44
Figura 4.1. O consumo de petróleo na China	74
Figura 4.2. O Parque automotivo na China	75
Figura 4.3. Perspectivas para a demanda de derivados de petróleo no mundo	77
Figura 5.1. Produção mundial de combustíveis em 2005	85
Figura 5.2 Produção mundial de etanol combustível	85
Figura 5.3 Exportações mundiais de etanol	87
Figura 5.4 Importações mundiais de etanol	88
Figura 5.5. Comércio do etanol combustível em 2012	109

Lista de Gráficos

Gráfico 2.2. Comportamento dos preços internacionais do açúcar de 1989 – 2006	30
Gráfico 3.1. Produção simplificada do etanol dos méis da cana	49

Lista de Tabelas

Tabela 2.1. Energia da cana	08
Tabela 2.2. Composição da cana-de-açúcar e dos sólidos do caldo	09
Tabela 2.3. Área utilizada em algumas culturas no mundo	11
Tabela 2.4. Rendimentos da produção de cana-de-açúcar no mundo	12
Tabela 2.5. Área plantada de cana-de-açúcar	14
Tabela 2.6. Área colhida de cana-de-açúcar	15
Tabela 2.7. Principais países produtores do açúcar a partir da cana-de-açúcar	25
Tabela 2.8. Principais países consumidores de açúcar	27
Tabela 2.9. Preço médio do açúcar bruto – contrato 11 New York	29
Tabela 2.10. Composição típica do melaço	34
Tabela 2.11. Valores nutricionais comparativos entre o Melaço, Aveia e Milho	37
Tabela 2.12. Processos microbianos na utilização do melaço e os produtos obtidos	39
Tabela 2.13. Composição do mel rico invertido	40
Tabela 2.14. Composição média do mel B	41
Tabela 3.1. Principais países produtores de cana-de-açúcar	45
Tabela 3.2. Principais produtores do açúcar da cana	46
Tabela 3.3. Principais exportadores do açúcar da cana	46
Tabela 3.4. Rendimento médio do etanol anidro a partir do melaço	51
Tabela 3.5. Produção média dos méis A e B - diminuição da produção do açúcar	53
Tabela 3.6. Rendimento médio do etanol anidro	54
Tabela 3.7. Potencial da produção média do etanol anidro por país	54

Tabela 3.8. Características e objetivos dos cenários produtivos	56
Tabela 3.9. Uso da terra nos países produtores de cana	57
Tabela 3.10. Produção de Cana e Área Plantada em 2010	58
Tabela 3.11 Produção de Etanol em 2010 segundo Evolução da Plantação de Cana	59
Tabela 3.12. Preços Internacionais Médios do Açúcar e do Etanol	60
Tabela 3.13. Recita Bruta Média do Açúcar e do Etanol por Tonelada de Cana	61
Tabela 3.14. Principais Importadores de Melaço	63
Tabela 3.15. Usos do melaço	64
Tabela 3.16. Preços do Melaço - US\$ / t	64
Tabela 3.17. Recita Bruta Média do Melaço e do Etanol por Tonelada de Cana	65
Tabela 4.1. Plantas de bioetanol existentes e sob construção na China	76
Tabela 4.2. Consumo projetado de gasolina	81
Tabela 4.3. Demanda do etanol combustível segundo políticas em 2012	82
Tabela 5.1. Importação de etanol dos EUA desde a CBI	90
Tabela 5.2 Principais Produtores de Etanol entre 2004 - 2005	91
Tabela 5.3. Cenário A - industrialização da cana-de-açúcar – produção média hoje	93
Tabela 5.4. Cenário B – industrialização da cana-de-açúcar – produção média	94
Tabela 5.5. Cenário C – industrialização da cana-de-açúcar – produção média	98
Tabela. 5.6. Produção e distribuição média do açúcar no mundo entre 2002 e 2005	99

Nomenclatura

Siglas

ASEAN	Associação de Nações do Sudeste Asiático
BEN	Balanço Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Social
CACM	<i>Central American Common Market</i>
CAN	Comunidade Andina de Nações
CBI	<i>Caribbean Basin Initiative</i>
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CTC	Centro de Tecnologia Copersucar
EUA	Estados Unidos de América
INCOTERMS	<i>International Commercial Terms</i>
MAPA	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MERCOSUL	Mercado Comum do Sul
MCT	Ministério de Ciência e Tecnologia
MME	Ministério de Minas e Energia
MTBE	<i>Methyl tertiary butyl ether</i>
NIPE	Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético
OECD	Organização de Cooperação Econômica e Desenvolvimento
OMC	Organização Mundial do Comércio
PROÁLCOOL	Programa Nacional de Álcool

RFA	<i>Renewable Fuel Association</i>
RFA	<i>Renewable Fuel Australia</i>
RFS	<i>Renewable Fuel Standards</i>
SJM	<i>Sugar, Juice and Molasses</i>
UE	União Européia

Abreviações

ALR	Açúcares redutores livres
ATR	Açúcares redutores totais
<i>Af</i>	Açúcares fermentáveis
Brix _{melaço}	Brix do melaço
Brix _{melB}	Brix do mel B
bs	Base seca
<i>Dη</i>	Eficiência da destilação
e.x.	Exemplo
<i>Et</i>	Rendimento teóricos de conversão dos açúcares em etanol
ETBE	Éter Etil Terc-Butílico
<i>Fη</i>	Eficiência da fermentação
FOB	<i>Free on Board</i>
GEE	Gases de efeito estufa
MCA	Massa cozida A
MCB	Massa cozida B
MCC	Massa cozida C
MI	Mel invertido
Melaço _{toneladas}	Melaço em toneladas
MelB _{toneladas}	Mel B em toneladas
η	Eficiência
pH	Potencial hidrogeniônico – grau de acidez
PIB	Produto Interno Bruto
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento

Q _{açúcar}	Pureza do açúcar
Q _{melA}	Pureza do mel A
Q _{melB}	Pureza do mel B
Q _{melaço}	Pureza do melaço
Q	Pureza aparente do mel
RTAs	Acordos de Comércio Regional e Bilateral
Ton.Brix _{melA}	Brix do mel A
Ton.Brix _{melB}	Brix do mel B em toneladas
Ton.Brix _{açúcar}	Brix do açúcar em toneladas
Ton.Pol _{melB}	Pol do mel B em toneladas
Ton.Pol _{melA}	Pol do mel A em toneladas

Unidades

bpe	Barris de petróleo equivalente
BGJ	Bilhões de Giga Joules
Bl	Bilhão de litro
ha	Hectare
kg	Quilograma
l	Litro
lb	Libra
mg	Miligramas
MI	Milhão de litro
Mha	Milhões de hectares
MJ	Mega joule
t	Tonelada
TC	Tonelada métrica de cana

Capítulo I

Introdução

Hoje está se presenciando uma época na qual as nações do mundo inteiro estão se preocupando muito mais com os problemas do meio ambiente e com a segurança energética, já que, diversos relatórios apresentados por cientistas em todo o mundo falam do atual e complicado futuro ambiental que ameaça o nosso planeta.

A sociedade atual, cujo o modelo de desenvolvimento se baseia em combustíveis fósseis, principais emissores dos gases de efeito estufa, está buscando alternativas que possam suprir as futuras necessidades energéticas e também à diminuição dos gases que contaminam o meio ambiente.

Na página 133, anexo B, do Balanço Energético Nacional publicado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em 2006, mostra-se o consumo setorial dos derivados do petróleo no mundo, observando-se ao setor transportes como o maior consumidor, com quase 60% do consumo total. É por isto, que a maior preocupação está na busca de combustíveis líquidos renováveis que permitam substituir os mais usados derivados do petróleo, como a gasolina e o diesel.

O uso de combustíveis produzidos a partir de biomassa, como o bioetanol e o biodiesel são as alternativas de melhor viabilidade para substituir aos derivados do petróleo no setor transportes.

O potencial de produção do etanol combustível a partir das culturas mais importantes, como o milho, cevada, aveia, arroz, trigo, sorgo e a cana-de-açúcar, e dos materiais lignocelulósicos, pode ser muito grande (ISO, 2004). Porém, atualmente a cana-de-açúcar é a matéria-prima, que além de ser cultivada em quase todo o mundo, tem as melhores vantagens. Como exemplo: os baixos custos de produção e industrialização, e a tecnologia para a sua industrialização amplamente conhecida e dominada em muitos países.

Atualmente, no mundo, a cana-de-açúcar é utilizada para produzir o açúcar como produto principal. O etanol, um produto alternativo fabricado a partir do melaço (que é um sub-produto gerado na fabricação do açúcar), é principalmente direcionado à indústria química e à produção de bebidas. Somente o Brasil faz uso de mais do 50% da cana-de-açúcar na produção do etanol, que inclui o melaço, méis intermediários e o caldo das moendas, convertendo-o no maior produtor de etanol a partir desta matéria-prima.

A rápida expansão da demanda de etanol combustível, que deverá aumentar ainda mais no futuro em razão das perspectivas do emergente mercado internacional de biocombustíveis ajudaram a definir o objetivo principal deste trabalho, que é analisar a possibilidade de incrementar, no curto prazo, a produção mundial de etanol combustível avaliando a matéria-prima disponível no atual processo de industrialização da cana-de-açúcar. Especificamente, este trabalho mostra o potencial de utilização dos méis obtidos no processo de fabricação do açúcar da cana, para obtenção de etanol anidro combustível.

Embora o atual e incipiente mercado mundial de etanol esteja praticamente restrito aos dois maiores produtores, Brasil e EUA, que produzem o biocombustível a partir da cana-de-açúcar e do milho, respectivamente, representando mais de 93% da produção mundial (WALTER et al, 2007), podem aparecer novos consumidores e fornecedores com grande potencial para estimular o crescimento do mercado.

Este trabalho de mestrado faz parte do projeto intitulado “Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando a substituição parcial de gasolina no mundo” (Projeto Etanol), que é desenvolvido pelo Núcleo Interdisciplinar de Planejamento - NIPE em convênio com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, do Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT, Governo Federal, desde 2005.

O projeto etanol visa avaliar os impactos da produção de grandes quantidades de etanol no Brasil, fazendo o estudo aprofundado do estado da arte da produção de etanol combustível, tanto nos termos das novas tecnologias e dos impactos socioeconômicos e ambientais, quanto a partir da análise do mercado mundial.

O presente trabalho de mestrado, que se encaixa dentro da análise do mercado mundial de etanol no projeto antes mencionado, foca o seu estudo de caso nos principais países industrializadores da cana-de-açúcar (refere-se aos países que produzem cana-de-açúcar e a transformam em produtos como o açúcar e o etanol, entre outros), com exceção ao Brasil, que foi amplamente estudado na primeira parte do projeto etanol. Nesta perspectiva, foram definidos os seguintes objetivos específicos: (i) investigar o processo de produção do açúcar determinando a quantidade de méis produzidos em alguns países do mundo; (ii) avaliar o potencial dos méis na produção do etanol anidro combustível; (iii) avaliar a demanda potencial por etanol combustível, assim como estudar os efeitos desta demanda no mercado internacional do açúcar.

A fim de apresentar os principais conceitos e desenvolver seus objetivos, esta dissertação contém seis capítulos, incluídos este primeiro capítulo introdutório e o sexto capítulo, que contém as conclusões.

No Capítulo 2 se realizou o levantamento das principais informações sobre cana-de-açúcar, matéria-prima mais utilizada na produção de etanol. Mostra-se as suas vantagens, os produtos e sub-produtos obtidos da sua industrialização, focando os sub-produtos que serão propostos como alternativas para o aumento da produção mundial do etanol combustível no curto prazo. Também se mostra o mercado mundial do açúcar, que é o produto da cana de maior aproveitamento econômico na atualidade.

No Capítulo 3 é calculado o potencial dos méis intermediários da cana-de-açúcar para a produção de etanol, e depois, elegendo alguns países industrializadores de cana, calculou-se o potencial médio que estes países teriam se utilizassem os méis da cana para etanol combustível. Também, são mostrados os cenários produtivos resultantes do aproveitamento dos méis da cana para produzir etanol combustível, assim como o seu custo de oportunidade em relação à produção de açúcar e melaço.

No Capítulo 4 é analisada a demanda mundial do etanol combustível, realizando o levantamento das atuais políticas que incentivam e apoiam o seu uso e produção; projetou-se também o consumo de gasolina (combustível fóssil que visa ser parcialmente substituído), que finalmente permitiram sinalizar o consumo de etanol combustível nos principais países consumidores.

Já no Capítulo 5 são analisados os impactos dos cenários produtivos propostos, quando os méis da cana são utilizados como matéria-prima na produção de etanol combustível, fazendo-se uma descrição do que poderia acontecer no mercado de etanol combustível, do açúcar e do melaço, tanto interna como externamente, para cada país.

No Capítulo 6 são mostradas as conclusões e algumas sugestões para o desenvolvimento de trabalhos que abordem o etanol combustível e o seu mercado internacional.

Capítulo II

A Cana-de-Açúcar, Produtos e Sub-produtos da sua Industrialização

A cana-de-açúcar é uma gramínea do gênero *Saccharum* (LEME & BORGES, 1985). Os colmos, caracterizados por nós bem marcados e entrenós distintos, quase sempre fistulosos, são espessos e repletos de suco açucarado. As flores, muito pequenas, formam espigas florais agrupadas em panículas e rodeadas por longas fibras sedosas, congregando-se em enormes pendões terminais de coloração cinzento-prateado (HUGOT, 1986).

Existem diversas variedades cultivadas de cana-de-açúcar, que se distinguem pela cor e pela altura do caule, sendo sua multiplicação feita, desde a antiguidade, a partir de estacas, como mostrado na Figura 2.1. Antigamente, a espécie *Saccharum Officinarum*, a mais rica em açúcar e mais pobre em fibra, era a espécie cultivada para fins industriais (LEME & BORGES, 1985).

O surgimento de várias doenças e de uma tecnologia mais avançada exigiu a criação de novas variedades obtidas, em geral, pelo cruzamento da *Saccharum Officinarum* com as outras quatro espécies do gênero *Saccharum* e, posteriormente, através de recruzamentos com as ascendentes (SPENCER, 1967). Os trabalhos de melhoramento e desenvolvimento de novas variedades persistem até os dias atuais.



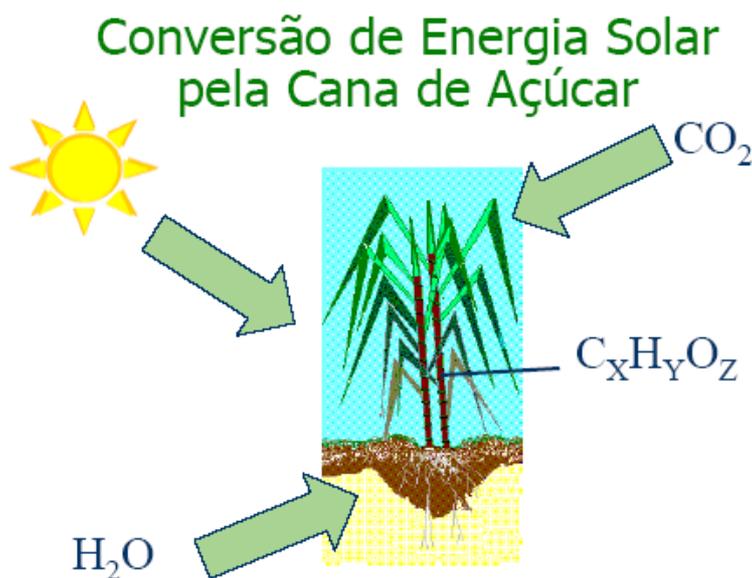
Fonte: CTC, 2005.

Figura 2.1 Cruzamento da Cana-de-Açúcar

Originária do sudeste da Ásia, a cana-de-açúcar é cultivada em uma extensa área territorial, compreendida entre os paralelos 35° de latitudes Norte e Sul, apresentando melhor rendimento em climas tropicais. O clima ideal para a produção da cana-de-açúcar é aquele que apresenta duas estações distintas: uma quente e úmida para proporcionar a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo; seguida de outra fria e seca, para promover a maturação e conseqüente acúmulo de sacarose. (MAPA, 2007).

Solos profundos, pesados, bem estruturados, férteis e com boa capacidade de retenção de água, são os ideais para a cana-de-açúcar que, devido à sua rusticidade, podem também se desenvolver satisfatoriamente em solos arenosos e menos férteis, como os do cerrado (EMBRAPA, 2001).

O desenvolvimento da cana-de-açúcar depende principalmente da luz do sol e da água, que junto aos minerais capturados pelas raízes formam a sacarose, armazenada no colmo, como é mostrado na Figura 2.2.



Fonte: LEAL, 2006.

Figura 2.2 Determinantes para o desenvolvimento da Cana-de-Açúcar

A fotossíntese converte a água e o dióxido de carbono em sacarose para todas as plantas verdes. As maiores eficiências de conversão são encontradas nas gramíneas gigantes da espécie *Saccharum*. A cana-de-açúcar é a mais eficiente coletora da energia solar no reino das plantas, fixando 2% da energia solar disponível em ligações químicas de compostos orgânicos, sendo o mais importante a sacarose (CLARKE & GODSHALL, 1988). Esta elevada capacidade fotossintética determina também um maior coeficiente de absorção de CO_2 atmosférico, superior ao das florestas de zonas temperadas.

Na Tabela 2.1 se mostra a energia contida na cana-de-açúcar, a partir da análise de uma tonelada de colmos de cana.

Tabela 2.1. Energia da Cana

1 tonelada de colmos de cana	Energia (MJ)
150 kg de açúcares	2500
135 kg de fibras no colmo (bs)	2400
140 kg de fibras nas folhas (bs)	2500
Total	7400 (1,25 bpe)

Fonte: LEAL, 2006.

Nota: O autor considerou para fazer estes cálculos os seguintes valores: Pol 15%, fibra no colmo 13,5% e fibra nas folhas 14%, tudo em base seca (MACEDO, 2004).

2.1 Composição da Cana-de-Açúcar

O colmo da cana, sem folhas, pontas e nem raízes, é composto de aproximadamente 75% de água, sendo a outra parte caracterizada pela presença de fibras e de sólidos solúveis. Estes três componentes mudam de acordo com as variedades de cana-de-açúcar. A maioria das variedades da *Saccharum officinarum* contém mais água e relativamente menos fibra e sacarose em relação às outras espécies do gênero *Saccharum* (CLARKE & GODSHALL, 1988).

A composição química da cana varia muito e é influenciada por vários fatores internos e externos, incluindo variedade, idade da cana, condições nas quais a planta cresceu, tipo de solo, fertilizantes, água, pestes e doenças que a atingiram.

Os sólidos solúveis do caldo da cana, em ordem de abundância, são a sacarose, glucose e frutose, minerais, fosfatos, e outros constituintes menores. A composição da cana de açúcar e dos sólidos no caldo é mostrada na Tabela 2.2.

Tabela 2.2. Composição da cana-de-açúcar e dos sólidos do caldo

Cana para Moenda	Cana (%)
Água	73 – 76
Sólidos	24 – 27
Sólidos Solúveis	10 – 16
Fibra (base seca)	11 – 16
Constituintes do Caldo	Sólidos Solúveis (%)
Açúcares	75 – 92
Sacarose	70 – 88
Glucose	2 – 4
Frutose	2 – 4
Ácidos	3,0 – 4,5
Ácidos Inorgânicos	1,5 – 4,5
Ácidos Orgânicos	1,0 – 3,0
Ácidos Orgânicos	1,5 – 5,5
Ácidos Carboxílicos	1,1 – 3,0
Aminoácidos	0,5 – 2,5
Outros açúcares não-orgânicos	
Proteínas	0,5 – 0,6
Amido	0,001 – 0,050
Gomas	0,3 – 0,6
Ceras, gorduras, fosfatos	0,05 – 0,15
Outros	3,0 – 5,0

Fonte: CLARKE & GODSHALL, 1988, p. 177.

A celulose na fibra e a sacarose no caldo são os dois principais constituintes da cana-de-açúcar, a sacarose é formada pela mistura dos açúcares simples. Os açúcares simples como a glucose (dextrose) e a frutose (levulose) se formam naturalmente na cana, usualmente em quantidades menores às de sacarose. Na cana mais madura, a concentração de sacarose é usualmente maior, porém a de glucose e frutose é menor (CLARKE & GODSHALL, 1988).

2.1.1 Deterioração da cana

A qualidade da cana-de-açúcar varia com a idade da planta, incrementando ou declinando gradualmente. Uma vez a cana cortada, o processo de deterioração vem quase imediatamente. A deterioração pode também ocorrer antes do corte, dependendo da doença acometida ou por efeito da queima no campo, etc. (CLARKE & GODSHALL, 1988).

A cana-de-açúcar, depois de ser cortada, sofre perdas de água, mostrando aparentes incrementos de sacarose. Ao mesmo tempo, a atividade da enzima invertasa¹ é mais evidente, invertendo a sacarose em açúcares redutores (glucose e frutose). A inversão da sacarose varia conforme a temperatura e a umidade, sendo a inversão mais rápida em temporadas quentes e secas.

2.2 Rendimento agrícola da cana

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas do mundo, sendo cultivada em mais de 100 países, principalmente nos chamadas “em desenvolvimento”. Apesar da importância econômica que a cana tem em muitos países, sua cultura representa muito pouco em termos de ocupação de área quando comparada às culturas de grãos, conforme indicado na Tabela 2.3.

¹ É uma enzima capaz de transformar o açúcar da cana em açúcares mais simples, ou seja, inverte a sacarose em glucose e frutose.

Tabela 2.3. Área Utilizada em Algumas Culturas no Mundo

Cultura	Área (Milhões de hectares)
Cana-de-Açúcar	20,1
Trigo	207,5
Arroz	153,0
Milho	144,8
Soja	91,2

Fonte: FAO, 2004

Nota: Maiores produtores

Arroz – 42,5 Mha na Índia e 29,4 Mha na China

Trigo – 27,3 Mha na Índia e 21,7 Mha na China

Milho – 29,7 Mha nos EUA e 25,6 Mha na China

Soja – 29,9 Mha nos EUA e 21,5 Mha no Brasil

Um hectare de cana é capaz de produzir mais de 100 toneladas de biomassa cada ano, superando em duas vezes o rendimento agrícola de outras culturas comerciais. Quando utilizada como matéria-prima energética, uma hectare de cana pode contribuir com o equivalente a 10 toneladas de petróleo (TAUPIER, 1999).

A Tabela 2.4 mostra a evolução do rendimento da produção de cana, entre 1997 e 2005. O Peru apresenta o maior rendimento (tonelada / hectare), com uma média de 120 t/ha/ano, enquanto que a média mundial é 65 t/ha.

Nesta mesma tabela, foi calculada a taxa de crescimento anual do rendimento da produção de cana para cada um dos países, na qual, pode-se ver que a metade deles está diminuindo o seu rendimento de cana por hectare. As causas deste fato, não devem ser as mesmas para todos os países, já que há vários fatores que influem no aumento ou diminuição do rendimento agrícola, como: o clima, as doenças que atingem à cana, o nível de quesquisas e desenvolvimento no setor, as variedades de cana utilizadas, etc.

Com respeito aos dois maiores produtores de cana-de-açúcar, o Brasil e a Índia, somente o primeiro apresentou aumento do rendimento na produção de cana ao longo do período indicado.

Menores produtores como o Peru, Egito e principalmente o Equador mostram um crescimento importante no rendimento da produção de cana nos últimos nove anos, fato que favorece as suas vantagens comparativas em relação a outros países produtores de cana, sobretudo em relação àqueles com extensões de terra similares, e menor disponibilidade para aumentar a área de cultivo da cana.

Tabela 2.4. Rendimentos da Produção de Cana-de-Açúcar no Mundo

Rendimentos da Cana-de-Açúcar (toneladas/hectare)										
País	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Taxa cr.
Peru	118,0	121,1	118,7	121,4	132,5	133,7	125,0	120,7	122,4	0,46%
Egito	112,2	117,2	118,2	117,2	118,8	117,9	118,8	119,9	121,0	0,95%
Guatemala	114,8	101,0	93,48	90,95	93,05	93,86	90,69	96,60	96,60	-2,13%
Colômbia	93,03	86,40	86,36	82,59	82,86	83,26	92,09	92,70	92,29	-0,10%
Equador	55,56	63,64	83,12	69,82	72,44	87,21	63,35	83,72	76,62	4,10%
Brasil	68,88	69,25	68,15	67,62	69,56	71,31	73,73	73,88	72,85	0,70%
México	73,56	77,54	72,89	71,33	75,75	72,18	70,61	70,61	70,61	-0,51%
Venezuela	61,69	54,70	57,47	58,81	57,33	66,60	67,53	70,25	67,69	1,17%
EUA	77,87	82,15	79,66	78,42	75,44	77,89	76,32	69,32	66,63	-1,93%
Argentina	65,07	63,47	60,73	59,26	61,13	65,48	65,25	63,28	63,28	-0,35%
Cuba	31,21	31,28	34,14	34,97	31,87	33,33	34,33	34,29	31,25	0,02%
Austrália	99,6	97,77	95,89	91,08	69,77	73,76	82,58	82,57	87,16	-1,65%
Tailândia	57,53	51,08	54,86	59,16	56,51	59,35	65,18	57,94	-	0,10%
Índia	66,56	66,52	72,93	70,91	68,58	68,23	61,12	59,05	-	-1,70%

Fonte: FAO, 2006.

A cana de açúcar é uma cultura semi-perene, isso quer dizer que após o plantio ela é cortada várias vezes antes de ser replantada; o ciclo produtivo da cana dura em média cinco anos, embora existam variações de dependem de vários fatores.

Existem duas alternativas utilizadas para a época de plantio da cana (CGEE & NIPE/UNICAMP, 2005):

- Cana de 12 meses: a cana é plantada pouco tempo após a última colheita e será colhida no ano seguinte; nesta opção a terra estará sempre cultivada com cana, mas a produtividade é mais baixa, e por isso só é utilizada em cerca de 20% dos casos.
- Cana de 18 meses: após a última colheita do canavial a terra fica vários meses descansando ou recebe uma cultura de rotação de leguminosas como: amendoim, soja, girassol ou algum vegetal que ajude a nitrogenar o solo. Com esta alternativa a produtividade do primeiro corte é muito mais alta, mas haverá um espaço de tempo de cerca de dois anos entre o último corte do ciclo anterior e o primeiro corte do novo ciclo.

Após o primeiro corte, que corresponde a chamada cana-planta, o canavial é colhido em média mais quatro vezes (cana soca), a partir da rebrota da cana cortada (soqueira).

Nas Tabelas 2.5 e 2.6, são mostradas as áreas plantada e colhida de cana-de-açúcar para alguns dos principais países produtores. Nestas tabelas, pode-se ver que o Brasil e a Índia são os maiores plantadores de cana, já que possuem extensas áreas agricultáveis e a cana é uma das principais atividades econômicas do setor agroindustrial. Calcularam-se, também, as taxas de crescimento nas duas tabelas, através das quais, é observado que a maioria dos países está incrementando a sua produção, fato que revela a maior importância que a cana-de-açúcar está tendo no mundo, devido ao aproveitamento do seu potencial energético.

O maior exemplo de incremento da produção e aproveitamento energético da cana-de-açúcar aconteceu no Brasil, que há mais de 30 anos tem um programa de uso e produção de etanol combustível, a partir da cana, em grande escala².

² O Programa Nacional de Álcool (Proálcool) foi instituído pelo decreto número 76.593 de 14 de novembro de 1975 com a finalidade de expandir a produção do álcool etílico anidro, viabilizando seu uso como matéri-prima para indústria química e como combustível adicionado à gasolina. Desta forma, o Brasil poderia substituir parte do combustível derivado de petróleo. Além disso, socorreria o setor sucroalcooleiro, deslocando parte da produção de açúcar e utilizando parte da capacidade produtiva ociosa das usinas e destilarias de cana para a produção de etanol (PIACENTE, 2006).

Também há outros países, como Colômbia, Austrália, México e Tailândia que estão incrementando substancialmente as plantações de cana-de-açúcar, e têm potencial para crescer ainda mais e aproveitar as oportunidades econômico-energéticas que oferece a sua industrialização.

O país que chama a atenção, nas tabelas 2.5 e 2.6, é Cuba, um tradicional produtor de cana-de-açúcar, que na última década diminuiu constantemente a sua área plantada.

Tabela 2.5. Área Plantada de Cana-de-Açúcar

Área Plantada (milhões de hectares)											
País	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Taxa cr.
Brasil	4,75	4,81	4,99	4,90	4,85	4,97	5,10	5,37	5,63	5,77	2,18%
Índia	4,15	4,17	3,94	4,05	4,22	4,32	4,41	4,61	4,00	3,75	-1,12%
China	1,24	1,11	1,19	1,04	1,19	1,28	1,42	1,43	1,39	1,41	1,44%
Tailândia	0,98	0,98	0,92	0,94	0,92	0,88	1,01	1,14	1,12	1,07	0,98%
México	0,63	0,61	0,63	0,64	0,62	0,62	0,63	0,64	0,64	0,64	0,18%
Colômbia	0,39	0,39	0,39	0,39	0,41	0,40	0,43	0,42	0,43	0,43	1,09%
Austrália	0,38	0,40	0,42	0,41	0,42	0,41	0,43	0,45	0,45	0,42	1,12%
Cuba	1,24	1,25	1,05	1,00	1,04	1,01	1,04	0,64	0,70	0,40	-11,81%
EUA	0,36	0,37	0,38	0,40	0,42	0,42	0,41	0,40	0,38	0,39	0,89%
Argentina	0,30	0,30	0,31	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	0,00%
Guatemala	0,18	0,15	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,68%

Fonte: FAO, 2006.

Tabela 2.6. Área Colhida de Cana-de-Açúcar

Área Colhida (milhões de hectares)										
País	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Taxa cr.
Brasil	4,75	4,81	4,99	4,90	4,85	4,96	5,10	5,37	5,63	2,15%
Índia	4,15	4,17	3,94	4,05	4,22	4,32	4,41	4,61	3,99	-0,49%
Tailândia	0,98	0,98	0,92	0,92	0,91	0,88	1,01	1,14	1,12	1,68%
México	0,63	0,61	0,63	0,64	0,62	0,62	0,63	0,64	0,64	0,20%
Colômbia	0,39	0,39	0,39	0,39	0,41	0,40	0,42	0,42	0,43	1,23%
Austrália	0,38	0,40	0,42	0,41	0,42	0,40	0,43	0,45	0,45	2,14%
Cuba	1,24	1,25	1,05	0,99	1,04	1,01	1,04	0,64	0,70	-6,90%
Argentina	0,30	0,30	0,31	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,30	0,00%
Guatemala	0,18	0,15	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,68%

Fonte: FAO, 2006.

2.3 Industrialização da Cana-de-Açúcar no Mundo

Da colheita da cana e do seu atual processamento industrial é possível obter vários produtos e sub-produtos³, porém, utilizando tecnologias químicas e biotecnológicas, a cana teria potencial para ser matéria-prima de mais de cem produtos de valor comercial, apenas superados pelos que se obtêm da petroquímica. O aproveitamento integral da cana na indústria, abrangendo a utilização dos resíduos, pode, no futuro, representar uma significativa oportunidade econômica.

A cultura da cana e sua industrialização nas usinas constituem, de fato, uma unidade econômica e tecnológica, que pode adquirir uma nova projeção à medida que os seus resíduos sejam aproveitados, e até poderiam atingir, de maneira progressiva, a importância econômica que hoje tem o açúcar (principal produto fabricado na industrialização da cana).

Historicamente, a cana-de-açúcar foi e é industrializada com o objetivo de produzir o açúcar. Somente no Brasil, a partir de 1975, o etanol veio a ser produzido em grande escala,

³ Resíduos na Colheita, Resíduos no Centro de Limpeza, Açúcar, Bagaço, Melaço, Torta de Filtro, Residual Líquido.

utilizando-se como matéria-prima os méis nas usinas e 100% da cana nas destilarias. Atualmente, o Brasil destina praticamente 50% da cana colhida à produção de etanol, para uso industrial, para bebidas, e, sobretudo, para o etanol combustível (anidro e hidratado).

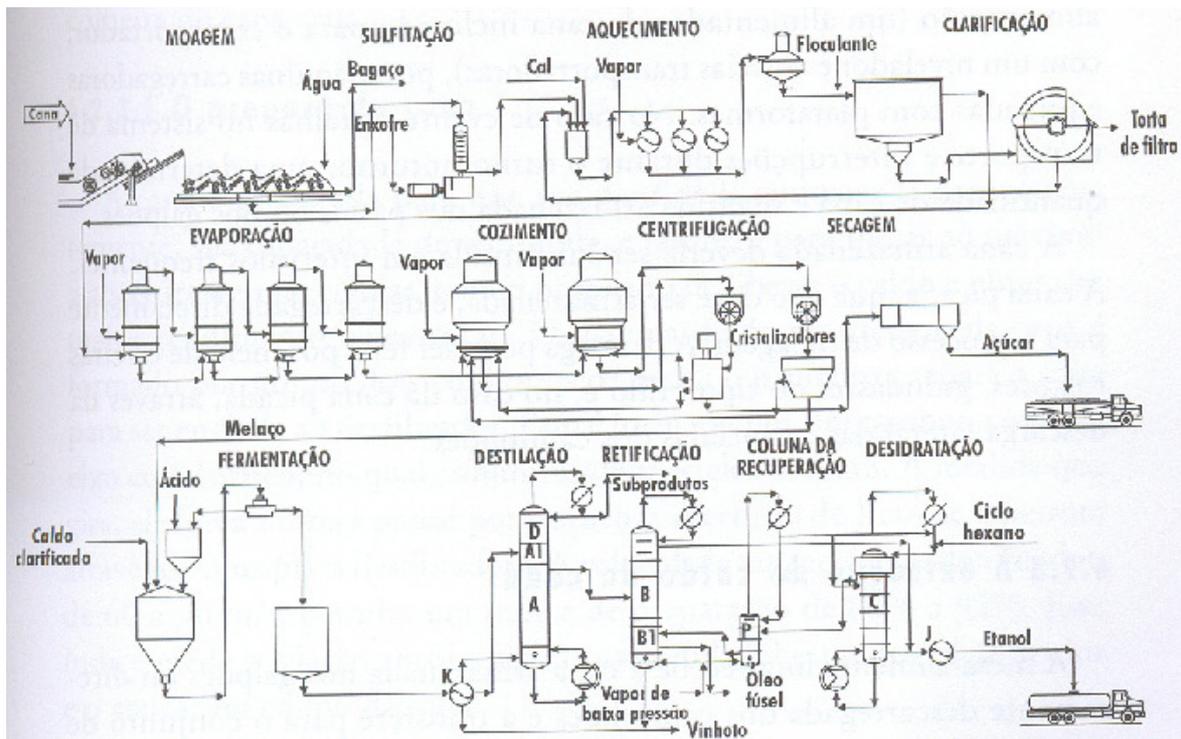
2.3.1 Produção do Açúcar

O complexo agroindustrial açucareiro é formado por várias usinas industriais, das quais a usina açucareira, ou fábrica de açúcar, constitui o centro de elaboração da cana, que produz, ainda, matérias-primas (bagaço, mel final, torta), através do quais, em geral, se obtém a energia para o funcionamento do próprio complexo. O objetivo principal das usinas açucareiras no mundo é extrair da cana todos seus componentes que não sejam sacarose, para isolar esta, em forma de cristais.

O açúcar (sacarose) se obtém como produto cristalizado para a sua venda, e como componente do melaço (mel final). No melaço, além da sacarose encontram-se os açúcares redutores (glucose e frutose) procedentes do suco e, também, os formados no processo de inversão da sacarose (mel não esgotado), para constituir, no conjunto, entre 50 e 60% de açúcares totais (OTERO et al,1999).

A composição média da cana-de-açúcar para o processamento, quando entra na indústria, é de 8% a 14% de fibras, 12% a 23% de sólidos solúveis e de 65% a 75% de água (MACEDO & CORTEZ, 2005).

O fluxograma do processamento da cana-de-açúcar não varia na sua essência, com exceção do processamento paralelo de álcool feito no Brasil, como é apresentado na Figura 2.3.



Fonte: MACEDO & CORTEZ, 2005.

Figura 2.3. Diagrama do fluxo de produção do açúcar.

Pode-se descrever, resumidamente, o processo de fabricação do açúcar através das seguintes etapas:

- Transporte, pesagem, descarga e armazenamento da cana.
- Preparo da cana

A cana é preparada para que sua densidade aumente e, conseqüentemente, sua capacidade de moagem, e também para forçar ao máximo a abertura de suas células, com o propósito de liberar o caldo e obter um maior rendimento na extração (MACEDO & CORTEZ, 2005).

- Alimentação das moendas

Depois do preparo, uma chapa de ferro separadora, usando um campo eletromagnético, remove cerca de 90% das impurezas da cana (pedaços de material ferroso) para proteger o

conjunto de moagem. Em seguida, o conjunto de moendas é alimentado, forçando a cana para dentro da calha de alimentação (MACEDO & CORTEZ, 2005).

➤ Moagem da cana

A cana é formada basicamente de caldo e fibra. Uma vez que o açúcar está dissolvido no caldo, o objetivo do processo de moagem é extrair a maior quantidade possível de caldo de cana (MACEDO & CORTEZ, 2005).

O caldo extraído (caldo mesclado) tem por volta de 15° Brix com uma pureza que flutua entre 80% e 87%. Portanto, 100 t de caldo devem conter 15 t de sólidos totais e entre 12% e 13% de pol. A quantidade de não-açúcares (impurezas) em 100 t de caldo pode então variar entre 2 e 3 t. (POSADA, 1999).

➤ Embebição

A cana, que passa sucessivamente pelas várias unidades de moagem, tem o seu caldo removido gradualmente. O processo de adição de água ao bagaço é chamado de embebição e é empregado para diluir o caldo remanescente no bagaço, aumentando a extração da sacarose (MACEDO & CORTEZ, 2005).

➤ Tratamento preliminar do caldo da cana

O caldo de cana obtido no processo de extração tem entre 5 e 5,5 de pH e apresenta vários tipos de impurezas. O tratamento preliminar do caldo visa eliminar a maior quantidade possível de impurezas insolúveis (areia, barro, bagacilho etc.), cuja quantidade varia de 0,1% a 1% (MACEDO & CORTEZ, 2005).

➤ Pesagem do caldo

Após o tratamento preliminar, a massa do caldo é quantificada por meio de dispositivos de medição de vazão, permitindo melhor controle do processo químico.

➤ Tratamento químico do caldo

O tratamento físico-químico consiste na coagulação, floculação e precipitação das impurezas, que devem, então, ser eliminadas por meio da sedimentação. É necessário também corrigir o valor do pH para evitar a inversão e a decomposição da sacarose durante a produção de açúcar. Assim, o caldo tratado pode, em seguida, ser enviado para a produção de açúcar e álcool (MACEDO & CORTEZ, 2005).

➤ Sulfitação do caldo

➤ Tratamento com cal

Neste processo, é adicionada cal hidratada (Ca(OH)_2) ao caldo de cana tratado para aumentar o seu pH entre 6,8 e 7,2, que é aquecido a 95° e 105°C. É desejável um pH elevado para efeito da purificação do caldo, pretendendo-se atingir até a um pH de 7 no caldo clarificado, já que, sempre há queda do pH no processo de clarificação pela remoção dos sais básicos. O excesso no uso da cal neste processo pode causar decomposição dos monossacarídeos em ácidos orgânicos e incrementar a queda do pH (CLARKE & GODSHALL, 1988).

➤ Aquecimento e sedimentação

➤ Filtragem

Antes de ser enviado aos filtros a vácuo giratórios, adiciona-se ao lodo removido do clarificador aproximadamente 5 kg de bagacilho/TC, o que facilita o processo de filtragem. O caldo filtrado retorna ao processo. A torta de filtro é usada como fertilizante nas plantações de cana. A perda de açúcar na torta de filtro não deve ser maior do que 1% (MACEDO & CORTEZ, 2005).

➤ Evaporação

A primeira fase do processo de concentração do caldo é realizada em evaporadores contínuos. Estes são sistemas de múltiplo efeito para economizar energia. O caldo clarificado apresenta, inicialmente, uma concentração de 13° a 18° Brix, atingindo, no final do processo, uma concentração de 50° a 70° Brix, quando, então, é denominado de xarope ou mel rico.

➤ Cristalização do açúcar

Depois que deixa os evaporadores, o xarope é enviado para outra fase do processo de concentração, em que ocorre a formação de cristais como resultado da precipitação da sacarose dissolvida na água. Existem dois processos de cristalização: a cristalização durante o cozimento e a cristalização por resfriamento (MACEDO & CORTEZ, 2005).

O processo “a quente” emprega tanques a vácuo que funcionam individualmente, em bateladas ou de forma contínua, facilitando a operação a baixas temperaturas e ajudando a minimizar a decomposição da sacarose.

A evaporação da água dá origem a uma mistura que contém 50% de cristais envolvidos no mel (uma solução de açúcar com as impurezas remanescentes) e recebe o nome de massa cozida (uma mistura de cristais e mel formada antes da separação em uma centrífugadora).

A concentração da massa cozida oscila entre 91° a 93° Brix (porcentagem por peso dos sólidos solúveis, como determinado pelo refratômetro) e a temperatura, na descarga, oscila entre 65° a 75° C (MACEDO & CORTEZ, 2005).

No processo de cristalização por resfriamento, a massa cozida é descarregada dos tanques a vácuo nos cristalizadores, onde ocorre um resfriamento lento, geralmente impulsionado por água ou ar.

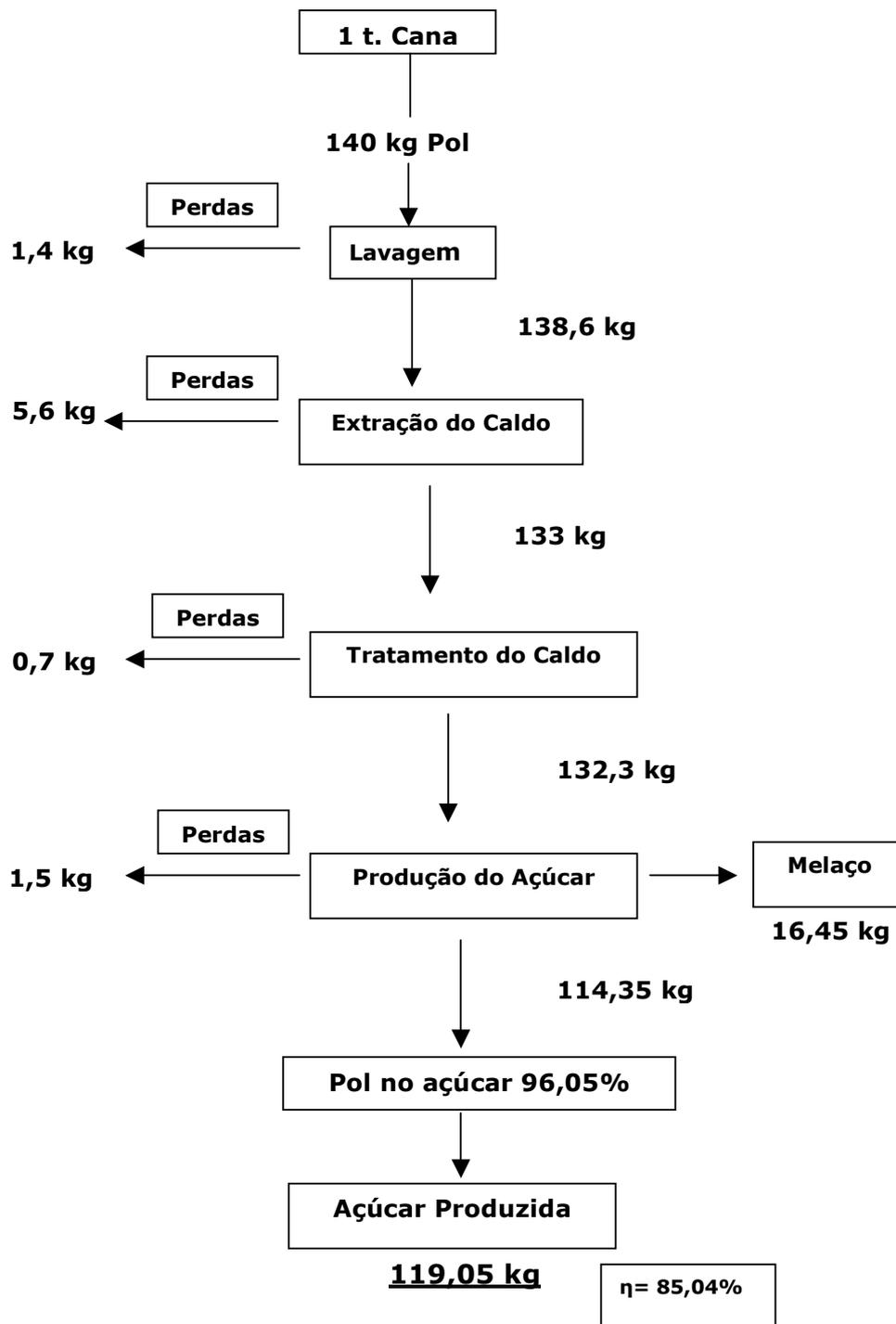
➤ Centrifugação do açúcar

A massa cozida resfriada é enviada ao setor de centrifugação e despejada na centrífuga. Dentro dela, o mel A, B e/ou o melaço (dependendo das massas cozidas trabalhadas) é separado dos cristais de sacarose. O processo é concluído com a lavagem dos cristais de açúcar em água ou vapor, ainda dentro da centrífuga. O mel removido é coletado em um

tanque e levado de volta aos tanques à vácuo para a recuperação do açúcar dissolvido, ainda contido no mel, até que seja atingido o grau mais elevado de esgotamento, no qual aparece o melaço (melaço final). O açúcar despejado das centrífugas apresenta um alto teor de umidade (0,5% a 2%) e também uma alta temperatura (65° a 85° C), devido à lavagem no vapor (MACEDO & CORTEZ, 2005).

➤ Secagem do açúcar

A quantidade média de açúcar que pode se produzir a partir de 1 tonelada de cana com 140 kg de Pol é de quase 120 kg. Na Figura 2.1 , mostra-se o balanço de Pol que permite calcular a quantidade de açúcar possível de ser produzida.



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados obtidos do CTC.

Figura 2.4. Produção teórica de açúcar.

2.3.2 Mercado Mundial do Açúcar

O açúcar é uma *commodity* agrícola comercialmente muito distorcida, já que, está muito influenciada pelas políticas das economias mais ricas do mundo. Importantes países produtores e consumidores, através de medidas protecionistas, interferem nos preços praticados pelo mercado global de açúcar. O mercado livre internacional representa 30% do consumo mundial de açúcar (UNICA, 2002).

As principais barreiras comerciais encontradas em países como EUA, Japão e nos países membros da União Europeia são: tarifas de importação e os subsídios de exportação, assim como as quotas de produção, os preços fixados ao produtor e os preços regulados ao consumidor.

Os altos níveis de apoio às indústrias açucareiras, oferecidos, também, pelos países da Organização de Cooperação Econômica e Desenvolvimento – OECD, resultam em excessos de produção do açúcar que, mais tarde, são exportados a preços inferiores ao seu custo de produção.

A despeito dos esforços da OMC em negociar estratégias para a suspensão das barreiras protecionistas aplicadas pelos principais consumidores dos produtos agroindustriais, ainda sem ter conseguido os resultados esperados, o comércio internacional do açúcar vem se incrementando graças aos Acordos de Comércio Regional e Bilateral (RTAs) existentes. Alguns exemplos:

- **MERCOSUL** (Mercado Comum do Sul).
- **CACM** (Mercado Comum de América Central) tem *duty-free* (livre de imposto).
- **CAN** (Comunidade Andina de Nações) tem *duty-free*, mas está sujeito a restrições de volume na exportação.
- **ASEAN** (Associação de Nações do Sudeste Asiático).

2.3.2.1. Reformas no setor açucareiro nos EUA e na UE

A Comissão Europeia tem proposto uma reforma na política do açúcar europeu, que inclui menores intervenções nos preços e a redução das cotas de produção, que abre a possibilidade de aumentar, nos próximos anos, as importações do açúcar na UE (CEC, 2005).

No caso dos EUA, que aplicam um regime de suporte de preços e quotas tarifárias para controlar o suprimento do açúcar, existem hoje perspectivas favoráveis para os exportadores de açúcar, face ao incremento dos RTAs e das pressões políticas.

As mudanças na política do açúcar nos principais países importadores, poderiam incrementar o seu comércio internacional, impulsionando as exportações dos países que apresentam maior competitividade na produção, como o caso do Brasil, Austrália, Tailândia, etc.

Os países menos competitivos no mercado de açúcar provavelmente estarão obrigados a sair do mercado internacional ou a buscar novas alternativas para diversificar a sua indústria.

Respeito ao próprio mercado do açúcar, não se espera fortes incrementos na demanda, dado que, o consumo mundial per capita do está estagnado há muitas décadas em aproximadamente 21 kg/ano (FIGUEIRA, 2005) e a demanda mundial vem crescendo, vegetativamente, em 2% ao ano (USDA, 2005).

2.3.2.2. Oferta e Consumo do Açúcar no Mundo

A atual produção mundial de açúcar, em média 149,2 milhões de toneladas, está se recuperando do déficit alcançado nos últimos anos. O consumo mundial projetado pela F.O. Lichts (2006) diz que entre 2015/2016 poderia-se atingir 180 milhões, como mostrado na Figura 2.4.

Espera-se que a produção mundial de açúcar continue crescendo nos próximos anos, como publicado pela ISO em seu último informe trimestral de 2007, onde menciona que, nos próximos anos, a oferta mundial de açúcar poderá exceder fortemente sua demanda.

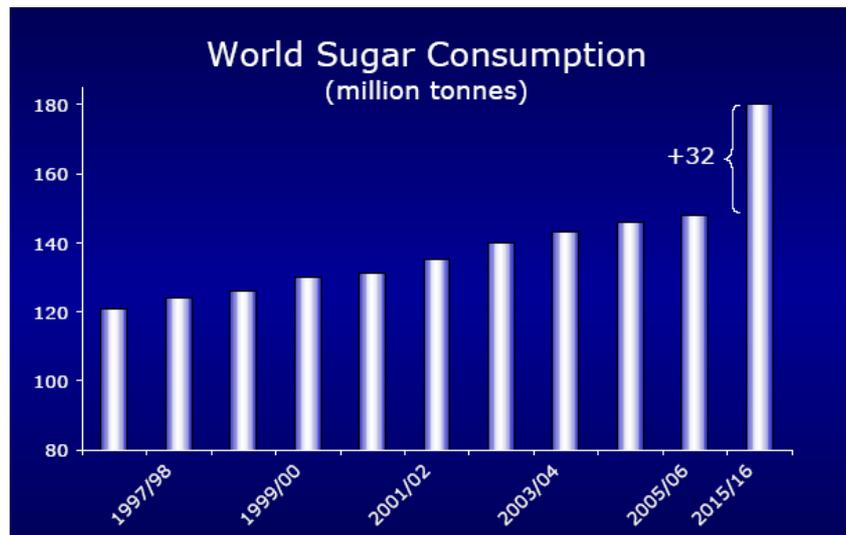
Na Tabela 2.7 são mostrados a produção mundial e os principais países produtores do açúcar, a partir da cana.

Tabela 2.7. Principais Países Produtores do Açúcar a partir da Cana-de-Açúcar

Produção de Açúcar, valor bruto (milhões de toneladas)					
Países	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006
Argentina	1,65	1,92	1,81	2,14	2,30
Austrália	5,46	5,18	5,39	5,30	5,18
África do Sul	2,93	2,56	2,31	2,59	2,58
Brasil	23,81	26,40	28,17	27,08	30,34
Colômbia	2,63	2,68	2,71	2,39	2,36
Cuba	2,25	2,55	1,30	1,20	1,30
Guatemala	1,99	1,85	2,10	2,14	2,21
Índia	22,14	15,15	14,21	20,32	22,32
México	5,23	5,33	6,15	5,62	5,65
Tailândia	7,29	7,01	5,19	4,81	6,20
<i>Total Mundo</i>	148,42	142,41	140,68	144,57	149,20

Fonte: USDA; 2007.

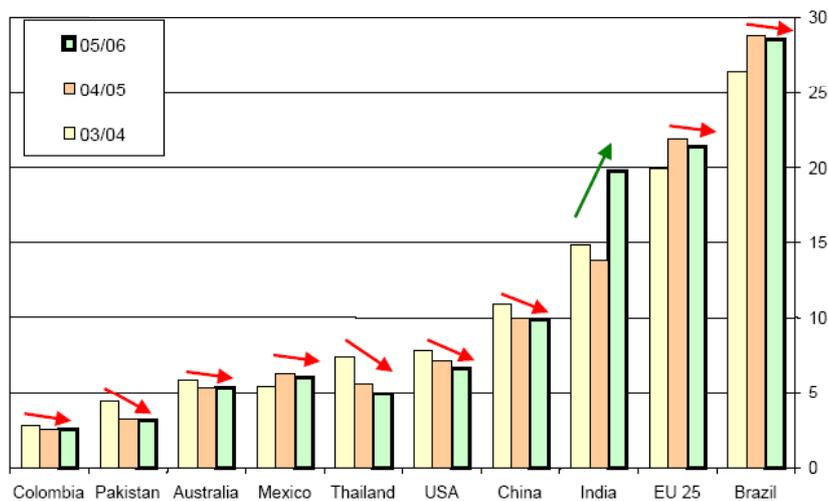
A Figura 2.4 mostra os 10 primeiros produtores de açúcar no mundo, considerando todas as matérias-primas (cana-de-açúcar, beterraba, etc). A UE é o segundo maior produtor, e o único que utiliza a beterraba como a principal matéria-prima. A Índia recuperou rapidamente a sua produção de açúcar em 2005, depois de dois difíceis anos ocasionados pela seca sofrida no país.



Fonte: F.O.Lichts; 2006.

Figura 2.5 Consumo do açúcar no mundo

10 PRIMEIROS PAÍSES PRODUTORES DE AÇÚCAR NO MUNDO



Fonte: LCM; 2006.

Figura 2.6 Maiores produtores do açúcar no mundo – (milhões de toneladas).

Os principais consumidores de açúcar são a Índia, UE, China, Brasil, EUA e Rússia, que juntos representam em média 52% do consumo mundial, como apresentado na Tabela 2.8

Tabela 2.8. Principais Países Consumidores de Açúcar

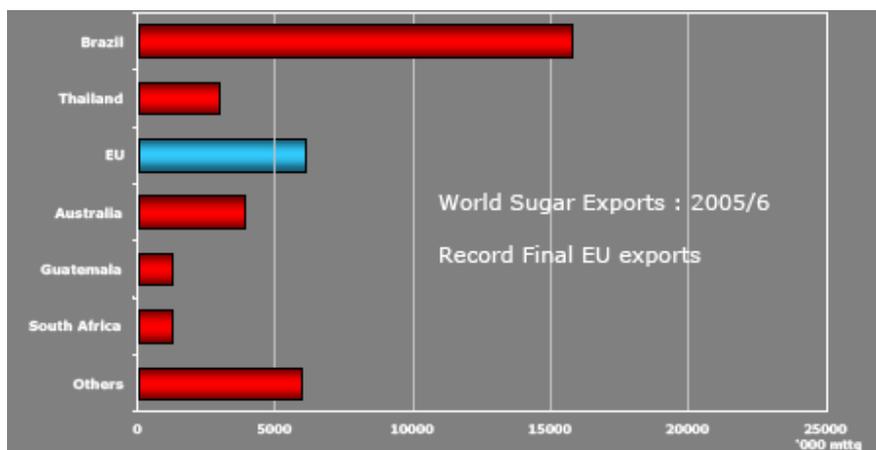
Países	Consumo em toneladas		Consumo em toneladas		Consumo em toneladas	
	2002-2003	%	2003-2004	%	2004-2005	%
Mundial	140,8	100	144,9	100	147,9	100
Índia	19,4	13,8	19,6	13,6	20	13,6
União Européia	17,4	12,4	17,7	12,3	17,7	12
China	11	7,9	1,9	8,3	12,4	8,2
Brasil	9,2	6,6	10,9	7,6	11,1	7,8
EUA	9	6,4	8,9	6,2	9	6,1
Rússia	6,9	4,9	6,9	4,8	6,	4,6
Sub-total	72,9	52	75,9	52,8	77	52,2
Resto do Mundo	67,9	48	69	47,2	70,9	47,8

Fonte: ISO, 2007.

2.3.2.3. Exportadores de açúcar no mundo

Segundo um estudo da USDA (2007), os principais exportadores históricos do açúcar são Brasil, União Européia, Austrália, Tailândia, Guatemala, Colômbia, Cuba e África do Sul, que com exceção da EU, todos produzem o açúcar a partir da cana-de-açúcar. A Figura 2.5 mostra os principais exportadores de açúcar do ano 2005-2006.

As exportações do açúcar tendem a se incrementar no curto e médio prazo, principalmente devido o aumento da demanda nos países com maior crescimento econômico e maiores populações, como a China, a Índia e a Rússia, e também pelas esperadas reformas nas políticas açucareiras nos EUA e na UE (ISO, 2007).



Fonte: CSR Sugar; 2006.

Figura 2.7 Principais Exportadores de Açúcar no Mundo

2.3.2.4. Preço Internacional do Açúcar

No último informe, encontrado no site da Associação de produtores de cana-de-açúcar da Colômbia, acessado em junho de 2007, pode-se verificar que a partir de 2002 se registrou um aumento constante nos preços internacionais do açúcar, alcançando, em 2006, o seu máximo valor registrado desde 1989.

Especula-se que o principal fator que influenciou tal aumento de preços foi o déficit no mercado mundial, agravado entre os anos de 2004 e 2005. Outros fatores que talvez estejam relacionados são: o constante aumento do preço internacional do petróleo, assim como, o aumento da produção de etanol, que é feito, majoritariamente, a partir da cana-de-açúcar.

Outro fator que também influencia os preços internacionais do açúcar, como mencionado anteriormente, são as barreiras comerciais estipuladas pelas políticas da União Européia e dos Estados Unidos, um exemplo é o subsídio⁴ ao açúcar exportado pela UE.

⁴ Entende-se como subsídio a concessão de um benefício, em função das seguintes hipóteses: (i) caso haja, no país exportador, qualquer forma de sustentação de renda ou de preços que, direta ou indiretamente, contribua para aumentar exportações ou reduzir importações de qualquer produto; ou (ii) caso haja contribuição financeira por um governo ou órgão público, no interior do território do país exportador. E que com isso se confira uma vantagem ao exportador. (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior www.desenvolvimento.gov.br).

A Tabela 2.9 apresenta a média anual dos preços internacionais (FOB) do açúcar bruto entre 1989 e 2006, negociados na bolsa de valores de Nova Iorque - contrato 11.

Tabela 2.9. Preço médio do açúcar bruto (FOB)⁵ – Contrato 11 New York

Ano	Preço médio anual (US\$cent/lb)
1989	12,78
1990	12,54
1991	8,83
1992	9,03
1993	10,22
1994	12,17
1995	12,13
1996	11,42
1997	11,36
1998	8,81
1999	6,16
2000	8,14
2001	8,35
2002	6,41
2003	6,86
2004	7,38
2005	9,99
2006	14,65
\bar{x}	9,85

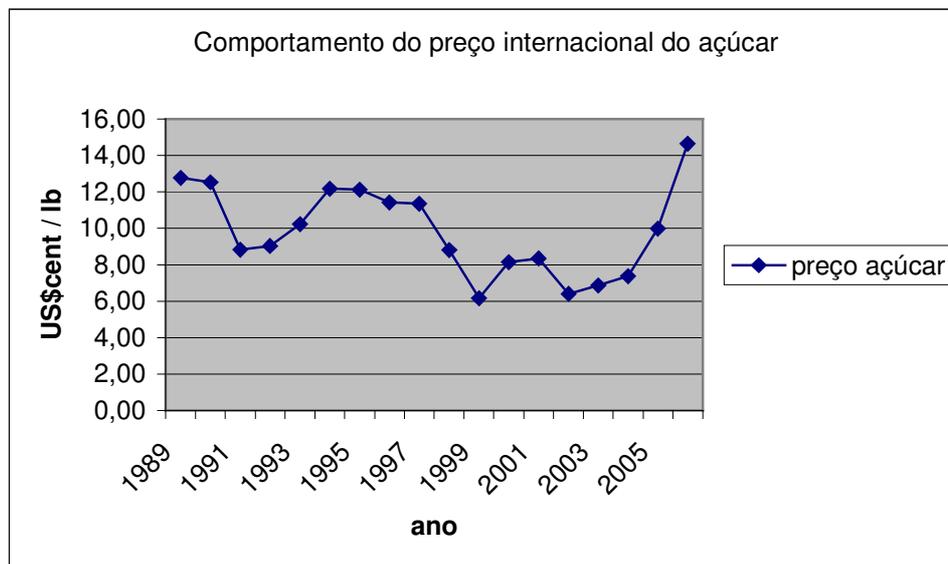
Fonte: ASOCAÑA – 2007.

O preço médio internacional do açúcar bruto entre 1989 e 2006 foi de US\$9,85 cent/lb ou seu equivalente em toneladas⁶ de US\$217 por tonelada de açúcar. Nestes últimos 18 anos, o preço do açúcar atingiu o preço mínimo de US\$6,41 cent/lb em 2002 e o valor máximo de US\$14,65 cent/lb. No Gráfico 2.2 é mostrado o comportamento do preço internacional do açúcar.

Para o caso do Incentivo fiscal, entende-se como o benefício concedido pelo governo na área fiscal (redução da carga tributária), com o intuito de incentivar uma certa área, setor ou atividade econômica. Pode ser uma redução de alíquota, isenção, compensação, etc.(www2.com.br/aprendiz/designsocial/agora/texto_dic.htm).

⁵ **FOB – Free on Board** - Tipo de preço de exportação definida nos INCOTERMS (*International Commercial Terms*): o exportador deve entregar a mercadoria, desembarçada, a bordo do navio indicado pelo importador, no porto de embarque. Esta modalidade é válida para o transporte marítimo ou hidroviário interior. Todas as despesas, até o momento em que o produto é colocado a bordo do veículo transportador, são da responsabilidade do exportador. Ao importador cabem as despesas e os riscos de perda ou dano do produto a partir do momento que este transpuser a amurada do navio. www.schualm.com.br/9fiipe.htm#FOB

⁶ Onde: 1 lb = 0,454 kg



Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da Tabela 2.9.

Gráfico 2.2. Comportamento dos preços internacionais do açúcar de 1989 – 2006

2.3.2.5. Perspectivas do Mercado Mundial do Açúcar

O mercado internacional açucareiro tende a mudar, como consequência das novas políticas que visam ser adotadas pela União Européia e pelos Estados Unidos. Espera-se que novos acordos comerciais e o fortalecimento dos já existentes possam aumentar o comércio internacional do açúcar.

Nesta perspectiva, os especialistas do setor acreditam que o mercado açucareiro da China, cuja economia apresenta maior índice de ascensão (crescimento de 9% ao ano do PIB), seja nos próximos anos o mais importante mercado açucareiro do mundo (IAD, 2004).

Talvez o maior beneficiado nas futuras reformas políticas açucareiras seja o Brasil, já que é o primeiro e mais eficiente produtor, possuindo o menor custo de produção e a maior capacidade para ampliar sua produção. Porém, outros países poderão ter maior participação na medida em que possam aumentar sua competitividade e a sua capacidade de produção. Alguns países com potencial são o México, a Colômbia, países da América Central, a África do Sul e a Austrália.

Segundo o último informe do mercado mundial de açúcar elaborado pela ISO, em maio de 2007, espera-se que nos próximos anos a produção de açúcar aumente consideravelmente, dada a recuperação na produção de países como Paquistão, Índia, dentre outros.

A ISO menciona que o crescimento da produção mundial de açúcar nos próximos anos vai incrementar o volume dos estoques mundiais, essa sobreprodução esperada deve derrubar os preços internacionais, diminuindo, provavelmente, o lucro das indústrias de vários países produtores.

Uma alternativa para o aumento na competitividade das indústrias açucareiras nos países em desenvolvimento, principalmente no curto prazo, poderia ser o estímulo à produção e fabricação de outros produtos de maior valor agregado, como o etanol combustível, com grande potencial de exportação para os principais mercados consumidores. Sobretudo, levando em conta a elevação nos preços do bioetanol, em face à crescente demanda impulsionada por políticas federais e estaduais em países como os Estados Unidos.

A diversificação da indústria açucareira na UE, orientada à produção de etanol combustível, também poderia ser aproveitada, especialmente se for considerada a possível queda das barreiras comerciais que atualmente protegem a sua agroindústria.

Cabe mencionar, que as atuais políticas que estão sendo propostas na UE, a respeito do incremento do uso dos biocombustíveis na sua matriz energética, também poderiam motivar às indústrias açucareiras da própria UE para produzirem o etanol combustível.

2.3.3. Outros produtos que podem se obter da industrialização da cana

Além das indiscutíveis vantagens do açúcar como alimento, devem-se acrescentar as potencialidades da cana-de-açúcar como matéria-prima de uma centena de derivados de diferentes gerações, comprovados em escala comercial, com mercados diferentes o que amplia estrategicamente o espectro produtivo da economia açucareira, permitindo que esta não dependa apenas de um único produto, nem um único mercado (TAUPIER, 1999).

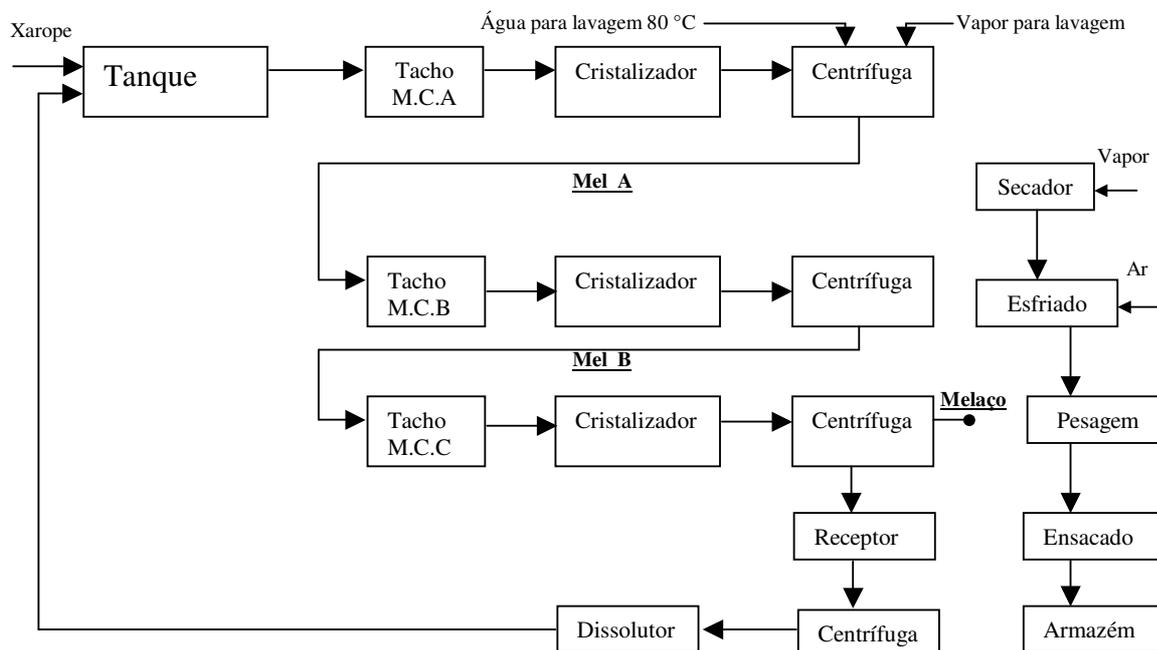
Neste sentido, cabe mencionar: levedura e derivados (e.x. levedura para panificação, etc.), bagaço e derivados (e.x. bagaço para energia elétrica, etanol através da hidrólise do bagaço, etc.), vinhoto (e.x. metano da vinhaça, etc.), entre outros (CTC, 1992).

2.4. Os Méis da Cana-de-Açúcar

Nesta parte do trabalho, descreve-se o processo de obtenção e as principais características dos méis da cana-de-açúcar.

2.4.1. Obtenção dos Méis Intermediários e do Melaço

No processo de fabricação do açúcar também são produzidos o melaço e os méis intermediários, os quais serão estudados como alternativas para a fabricação do etanol. A obtenção destes méis no processo é mostrado na Figura 2.8.



Fonte: Elaboração própria, adaptação a partir do publicado pelo ICIDCA, 2005.

Figura 2.8. Obtenção dos méis no processo de fabricação do açúcar

2.4.2. Melaço

O melaço, ou mel final, pode ser definido como o efluente final da produção do açúcar bruto (PATURAU, 1989). Atualmente, o processo de cristalização da sacarose é realizado de forma contínua, obtendo-se os cristais até o ponto em que a sacarose não pode ser mais cristalizada através dos métodos convencionais e a uma determinada temperatura; neste estágio o mel incristalizável é chamado de melaço ou mel de exaustão.

O melaço aparece como sub-produto somente depois que o cristal da sacarose é obtido como produto principal e retêm quase 25% da sacarose produzida na cana-de-açúcar (OTERO, 2001).

2.4.2.1. A Pureza do Melaço

A pureza do melaço ou mel de exaustão depende, principalmente, do seu teor de água e da natureza e do conteúdo dos constituintes não-sacarídeos, que têm origem na cana. Embora todos os constituintes do melaço tenham influência, somente aquele presente em grandes quantidades tem maior efeito, como é o caso dos açúcares redutores e as cinzas.

Estes dois ingredientes têm efeitos opostos na retenção da sacarose. Os açúcares redutores têm relação direta, pois, quanto mais açúcares redutores presentes menor será o conteúdo de sacarose, resultando assim em um melaço menos puro. Por outro lado, as cinzas em geral, e o cloreto de potássio (o principal constituinte) em particular, tendem a incrementar a solubilidade da sacarose dando uma maior pureza ao melaço de exaustão.(OTERO, 2001).

A pureza do melaço depende também de outros fatores como, a composição do caldo de cana, os equipamentos (peneiras, cristalizadores e centrífugas disponíveis) e a tecnologia usada. Portanto, quanto menor for a pureza do caldo resultante, mais melaço será produzido por unidade de sacarose e maior quantidade de material do grau mais baixo será processado; por exemplo: um caldo com 80% de pureza vai produzir teoricamente 2,4 vezes mais melaço do que um caldo com 90% de pureza.

A pureza aparente (Q) do melaço e de qualquer outro mel pode ser calculada a partir da seguinte equação (CTC, 1999):

$$Q = (Pol / Brix) \times 100 \quad ^7$$

2.4.2.2. Composição do Melaço

A composição do melaço pode variar entre limites amplos, dificultando a indicação de valores absolutos, dado que é influenciada por variantes múltiplas como, o tipo de solo, a aplicação de fertilizantes, os métodos de colheita e as particularidades do processo aplicado em cada usina. Portanto, os dados apresentados na Tabela 2.10 podem ser considerados como alguns valores indicativos freqüentemente obtidos em muitos países produtores da cana-de-açúcar.

Tabela 2.10. Composição Típica do Melaço

Critério	Bom	Moderado	Ruim
Brix	87,6	85,4	84,2
Sacarose % m/m	38,0	34,6	31,3
Açúcares Redutores Livres ARL %	20,0	19,6	13,5
Açúcares Totais ATR %	58,0	52,9	49,9
Cinzas % m/m	7,3	9,4	11,6
Nitrogênio % m/m	1,1	0,5	0,5
P ₂ O ₅ % m/m	0,2	0,1	0,2
Goma % m/m	2,0	2,6	3,8
pH	5,5	5,7	5,3
Água %	-	15 - 25	-
Relações			
Açúcares Totais / cinzas	7,95	5,63	4,30
P ₂ O ₅ / Nitrogênio	0,18	0,17	0,40
Goma / Açúcares Totais	0,03	0,05	0,08
Álcool / Açúcares Totais % m/m	46,5	44,0	39,0

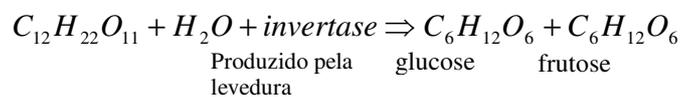
Fonte: Elaboração própria a partir de CLARKE & GODSHALL, 1988 / OTERO, 2001.

⁷ Onde: Pol = teor de sacarose; Brix = quantidade dos sólidos presentes

2.4.2.2.1. Os Açúcares no Melaço

Dos carboidratos presentes no melaço a sacarose é a mais abundante, porém, os açúcares invertidos (glucose e frutose) também existem em quantidades importantes. Encontra-se também, em quantidades menores, oligossacarídeos e polissacarídeos (OTERO et al, 1999).

Os açúcares invertidos são produzidos durante o processo de fabricação do etanol devido à hidrólise da sacarose. A intensidade desta hidrólise aumenta em função do aumento da temperatura e a diminuição do pH (acidez do melaço).



2.4.2.2.2. Não-Açúcares no Melaço

Neste composto se incluem todos os constituintes do melaço, com exceção da sacarose e dos açúcares invertidos, podendo ser classificados como orgânicos e inorgânicos.

Os não-açúcares inorgânicos são quantificados pelo teor das cinzas, sua composição relativa e quantidade dependem das condições climáticas, o tipo de solo e a fertilização. Um valor médio de cinzas achado no melaço é 10% (OTERO, 2001).

2.4.2.3. Usos Diretos do Melaço

O melaço é um produto de baixo valor, quando comparado com outros produtos de mesma natureza, e sua produção depende da produção de açúcar. Porém, o melaço apresenta ampla variedade de aplicações, que vão desde seu emprego na indústria fermentativa até seu uso na alimentação animal.

Dada sua condição de produto viscoso, sua manipulação é problemática, uma vez que, a alta viscosidade pode afetar a centrifugação das massas cozidas. Nas indústrias microbiológicas ou na

alimentação animal esta propriedade cria problemas no esvaziamento dos tanques. As elevadas concentrações de sólidos, especialmente as gomas, são as causas principais das altas viscosidades (OLBRICH, 1969).

A composição do melaço tem diferentes níveis de interesse. Para o fabricante de rações ou para o criador de gado, na alimentação direta, a composição em detalhe tem um papel secundário, ao passo que, na indústria fermentativa se tem especial interesse na quantidade dos açúcares fermentáveis e probióticos, assim como, no conteúdo dos sólidos, devido a proteção que aporta durante seu armazenamento (OTERO, 2001).

O melaço é utilizado na indústria de alimentação em geral, principalmente como alimento animal. Alguns dos seus usos diretos serão mostrados a seguir:

2.4.2.3.1. O Melaço de Exportação

No mercado, o melaço é comercializado sob a base de quatro destinos básicos: alimento animal, a produção de álcool, re-processamento industrial (para a extração do açúcar), e para o uso industrial (levedura, ácido cítrico, lisina etc.). Pela diferença na composição, o melaço obtido a partir da industrialização da beterraba é mais valorizado pela indústria de fermentação e para o uso direto como ração.

2.4.2.3.2. O Melaço como Fertilizante

A prática da aplicação do melaço no solo dos canaviais como fertilizante existe desde o ano de 1850, mas a partir do começo do século XX foi perdendo espaço para os fertilizantes artificiais, dado a controvérsia sobre o nível de aporte da matéria orgânica (melaço) no rendimento da cultura da cana-de-açúcar (PATURAU, 1989).

2.4.2.3.3. O Melaço como Alimento Animal

O valor do melaço como alimento animal é conhecido desde a primeira vez que o açúcar foi produzido. Este foi utilizado principalmente na alimentação de gado bovino. Para este propósito,

sendo definido como um sub-produto da fabricação do açúcar, o melaço deve conter um valor não menor a 48% do total dos açúcares invertidos (principalmente glicose e frutose). Os principais consumidores históricos do melaço como ração animal são os Estados Unidos e a Europa (PATURAU, 1989).

➤ **Características Nutricionais:**

A mais importante característica do melaço como alimento é seu rico conteúdo de carboidratos, comumente conhecidos como açúcares. Também possui pequenas quantidades de proteínas e uma certa quantidade de não-proteínas e não-açúcares, que têm alguns nutrientes de especial valor para os ruminantes. Na Tabela 2.11 é apresentada uma comparação entre o melaço, a aveia e o milho, mostrando que o melaço é um importante e valorizado alimento animal, principalmente pelo seu conteúdo energético.

Tabela 2.11. Valores Nutricionais Comparativos entre o Melaço, Aveia e Milho

Composição (%)	Melaço da Cana	Aveia	Milho
Carboidratos	64	58,6	69,2
Água	22	10	15
Proteína crua	3,5	11,6	8,7
Gordura	-	4,1	3,9
Fibra	-	12,0	2,0
Extrato do Nitrogênio livre	64	58,6	69,2
Matéria Mineral	10,5	4,3	1,2
Cálcio (Ca)	0,66	0,09	0,02
Fósforo (P)	0,08	0,33	0,27
Matéria Seca Total	78	90,0	85
Proteína Digerível	2,0	9,0	6,7
Nutrientes Digeríveis Totais	55	68,5	80
Vitaminas (mg/kg)			
Caroteno	-	0,1	2,6
Tiamina	0,8	5,6	3,4
Riboflavina	3,0	1,0	1,0
Niacina	31,2	12,6	19,6
Ácido Pantotênico ⁸	34,8	12,0	4,8

Fonte: PATURAU, 1989.

⁸ Substância essencial para o crescimento de leveduras. (ABMC, 2007 / www.medicinacomplementar.com.br)

➤ **Métodos de Aplicação do Melaço na Alimentação:**

- Uso direto como alimento;
- Aspergido ou misturado com grão;
- Incorporado em misturas alimentícias prontas (este método é o mais utilizado);
- Absorvido em materiais com alto conteúdo de celulose, como as espigas de milho e o bagaço.

➤ **Enriquecimento com Nitrogênio**

O melaço tem um conteúdo protéico pobre, embora seja rico em carboidratos. Para aumentar o grau de proteínas, são adicionadas ao melaço substâncias que contenham nitrogênio, assumindo que estas podem ser depois convertidas em proteínas, principalmente pelos ruminantes. Duas substâncias são utilizadas para este propósito, a uréia e a amônia, esta última com menor eficiência.

2.4.2.4. Usos através da Transformação Bioquímica dos Açúcares do Melaço

A Tabela 2.12 oferece uma listagem de produtos que podem ser obtidos do melaço, através de transformações microbianas dos açúcares presentes. De todos os produtos elencados, os de maior aplicação na indústria são o etanol e a levedura padeira. Além disso, o melaço tem tido bastante aproveitamento comercial na produção de lisina e ácido cítrico, em vários países.

Tabela 2.12. Processos Microbianos na Utilização do Melaço e os Produtos obtidos

Microorganismo	Produto Principal
<i>Leveduras</i>	Etanol
	Glicerol
	Saborizantes
	Proteína unicelular
	Ácidos nucleicos
	Lipídeos
<i>Bactérias</i>	Acetona-butanol-etanol
	Etanol
	Ac. Láctico
	Ac. Propiônico
	Ac. Butírico
	Ac. Acético
	Alfa-amilasa
	Proteasas
	Aminoácidos
	<i>Fungos</i>
Antibióticos	
Ac. Cítrico	
Ac. Oxálico	

Fonte: OTERO, 2001.

2.4.3 Méis Intermediários

O melaço não é o único efluente do processo de extração da sacarose, também são produzidos os méis intermediários, como o mel A e B, de elevados teores de açúcar. Estes méis intermediários não são diretamente comercializados pela indústria, pois são rutilizados na própria elaboração do açúcar. Os diferentes tipos de méis intermediários obtidos em uma usina açucareira são:

2.4.3.1 Mel Rico Invertido (*high-test molasses*)

Trata-se de um xarope grosso e parcialmente invertido, que tem um conteúdo médio de sólidos de 85° Brix, do qual ainda não foi extraída a sacarose (CTC, 1985).

O mel invertido (MI) se produz ao invés do açúcar e nunca junto. O processo é o mesmo da produção do açúcar bruto, ou seja, o caldo que sai das moendas é clarificado e evaporado, embora no caso do mel invertido, necessita-se de menores quantidades de óxido de cálcio (aproximadamente 0,5 kg por tonelada de cana) para ajustar o pH entre 6,0 e 6,3 (OTERO, 2001).

Tabela 2.13. Composição do Mel Rico Invertido

Principais Componentes	%
Água	14 – 19
Matéria Seca	81 – 86
Açúcares Totais	72 – 79
Nitrogênio	0,07 – 0,02
Carbono	28 – 36
Cinzas	2 – 3
P ₂ O ₅	10,2 – 0,6

Fonte: OTERO, 2001/ ICIDCA – 2005.

O mel invertido era usualmente empregado na produção de etanol e adoçantes e para a dieta de animais, principalmente nos Estados Unidos e na Grã Bretanha, contudo, atualmente é pouco usado.

2.4.3.2 Mel “A” e “B”

Dependendo da demanda, é possível trabalhar com sistemas de uma, duas ou três massas cozidas. A “massa cozida A”⁹ (M.C.A.), de pureza praticamente igual ao mel rico, contém uma quantidade de cristais equivalente a 50% ou 60% do total dos sólidos. A separação do açúcar na

⁹ As massas cozidas A, B e C dão origem ao mel A, B e ao melaço.

centrífuga deixa como produto residual o chamado mel A cuja pureza é 18 pontos inferior à da massa cozida, por exemplo, se a pureza da M.C.A é de 85%, a do mel será em torno de 67%. O tempo de cocção de uma massa cozida de 40 m³ é de 2 horas (POSADA, 1999).

Ao mel A se acrescenta determinada quantidade de mel rico para fabricar uma “massa cozida B” (M.C.B.), que tem de 73% a 75% de pureza. Nessa massa os cristais representam de 43% a 50% do total de sólidos solúveis presentes. A centrifugação separa o açúcar de qualidade levemente inferior ao açúcar A ¹⁰, e como resíduo se obtém o mel B, com pureza aproximada de 55%. A maior proporção de impurezas nessa massa diminui a velocidade de cristalização e o tempo de cocção no cozedor pode durar de 4 a 8 horas (POSADA, 1999).

Tradicionalmente, os méis A e B eram utilizados como matéria-prima na produção de açúcar, e não como sub-produtos que poderiam oferecer alternativas economicamente aproveitáveis.

A Tabela 2.14 mostra a composição média do mel B produzido em Cuba, a partir da amostra de 5 testes realizados nos últimos 20 anos.

Tabela 2.14. Composição Média do mel B

N°	Brix	Pol	Pureza	ALR	ATR	Colóides	Cinzas
Teste			%	%	%	%	%
7	87,289	47,674	54,621	11,200	68,284	1,533	5,151
8	89,118	39,166	53,958	10,413	63,606	3,891	6,925
6	88,033	44,588	50,672	9,627	69,385	2,150	6,118
19	87,151	39,478	45,319	9,707	62,918	3,105	6,094
6	86,083	51,473	59,815	9,612	63,858	3,807	6,068
Média	87,53	44,48	52,88	10,111	65,658	2,865	6,214

Fonte: OTERO, 2001/ ICIDCA, 2005. (resultados ainda não publicados)

¹⁰ O açúcar A é obtido da massa cozida A, depois da primeira centrifugação.

A pureza do mel A oscila entre 61% e 70%, enquanto a pureza do mel B está na faixa de 50% até 60%. Tal como acontece com o melaço, estes valores são variáveis (OTERO, 2001). Os valores da pureza dos méis que serão considerados para cada país incluído neste trabalho serão importantes na hora de calcular o potencial de produção do etanol, já que o valor da pureza dos méis será assumido como o teor dos açúcares fermentáveis presentes.

Capítulo III

Potencial dos Méis da Cana para a Produção do Etanol

Da cana-de-açúcar que é cultivada em mais de 100 países e da sua industrialização são produzidos o açúcar e outros sub-produtos, destaca-se atualmente, pelo seu aproveitamento econômico: o melaço e o bagaço. O melaço é o sub-produto final da produção do açúcar, é comercializado *in natura* e tem como principal destino a produção de álcool industrial e de bebidas, assim como a ração animal.

Durante o processo de fabricação do açúcar são gerados também outros méis, conhecidos como méis intermediários (mel A e mel B), utilizados para incrementar a produção de açúcar.

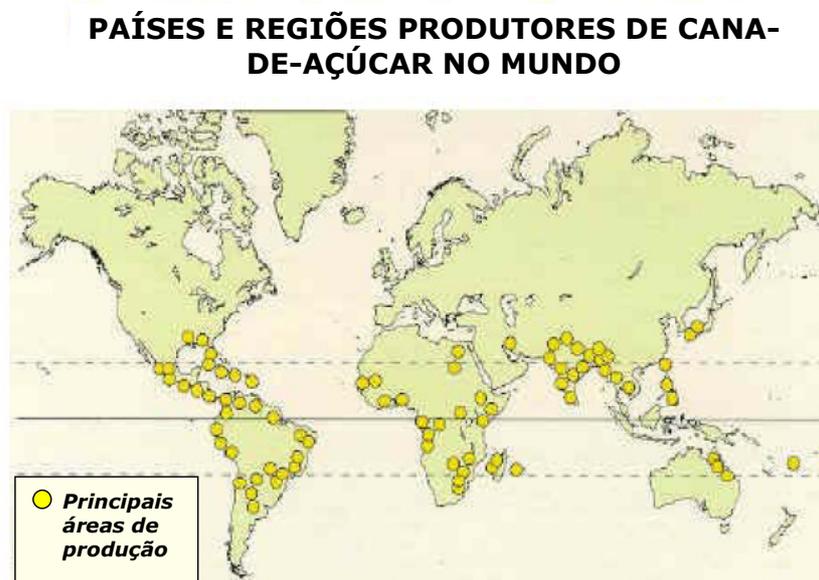
Neste capítulo, pretende-se mostrar o potencial dos méis intermediários e do melaço ou mel final para produção de etanol combustível como uma opção estratégica proposta nesta dissertação, para que alguns países possam aumentar a produção mundial do biocombustível no curto prazo.

Para que o etanol combustível, oriundo dos méis da cana, seja analisável no mercado internacional, foram escolhidos alguns países industrializadores da cana-de-açúcar no intuito de conhecer as quantidades que eles poderiam produzir, através desta alternativa e os impactos no mercado mundial, tanto no do etanol como no do açúcar.

3.1 Países com Maior Potencial para Produzir Etanol Combustível

Foram escolhidos os principais países industrializadores da cana-de-açúcar que se encontram, como mostra a Figura 3.1, dentro das maiores regiões produtoras desta cultura.

A escolha foi feita através da avaliação de quatro critérios: (i) maiores produtores de cana-de-açúcar; (ii) maiores produtores de açúcar de cana; (iii) maiores exportadores de açúcar; (iv) aqueles que possuem políticas que apóiam o uso e a produção de etanol combustível.



Fonte: CARVALHO, 2006.

Figura 3.1. Principais regiões produtoras da cana-de-açúcar.

A produção de cana foi analisada a partir dos países com maior tradição na cultura desta gramínea. Nos informes da F.O.Lichts (2006), pode-se apreciar que entre os anos de 1994 e 2005, os maiores produtores de cana foram: Argentina, Austrália, Bolívia, Brasil, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Equador, Egito, El Salvador, Ghana, Guatemala, Honduras, Índia, Indonésia, Jamaica, México, Nicarágua, Paquistão, Panamá, Paraguai, Peru, África do Sul, Tailândia, Uruguai, Venezuela.

A Tabela 3.1 mostra a produção da cana-de-açúcar de alguns países mencionados acima, considerados como os principais países produtores elegíveis para o estudo. Segundo o Ministério de Agricultura da Colômbia, em 2005 o Brasil teve 32,49% da participação na produção mundial de cana, a Índia 17,96%, a Tailândia 3,83%, o México 3,49%, a Colômbia 3,08%, a Austrália 2,96%, a Argentina 1,49% e Cuba 0,97%.

Tabela 3.1. Principais países produtores de Cana-de-Açúcar

Produção da Cana-de-Açúcar (milhões de toneladas)							
Países	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Argentina	16,70	18,40	18,72	19,25	19,25	19,30	19,30
Austrália	39,70	38,16	31,23	32,26	37,97	36,99	38,25
África do Sul	21,22	23,88	21,16	23,01	20,42	19,10	-
Brasil	333,85	327,70	345,94	363,72	389,85	416,26	420,12
Colômbia	32,30	33,50	33,40	35,80	37,00	40,02	39,85
Cuba	34,00	36,40	32,10	34,70	22,90	24,00	12,50
Guatemala	17,01	16,55	16,93	17,49	17,40	18,00	-
Índia	295,73	299,23	295,96	297,21	281,60	236,18	232,32
México	46,88	44,10	47,25	45,63	45,13	48,37	45,13
Tailândia	50,33	52,81	49,56	60,01	74,26	64,97	49,57

Fonte: FAOSTAT / FAO Estatic Division 2006.

Para a análise dos maiores produtores do açúcar da cana, seguiram-se os mesmos critérios utilizados na análise da produção mundial da cana-de-açúcar. Considerou-se a produção média dos países mais importantes, a partir de dados obtidos nos informes anuais publicados pela FAO, como será mostrado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Principais produtores do Açúcar da Cana

País	Produção Média do Açúcar entre 1994-2005 (milhões de toneladas)
Brasil	27,16
Índia	18,83
Tailândia	6,10
México	5,60
Austrália	5,30
África do Sul	2,60
Colômbia	2,55
Guatemala	2,06
Argentina	1,96
Cuba	1,72

Fonte: Elaboração Própria, a partir dos dados da FAO, 2006.

A análise das exportações mundiais do açúcar seguiu o mesmo princípio da análise dos dois critérios anteriores. Na Tabela 3.3 são mostradas as exportações médias dos principais países, entre os anos de 2001 e 2006.

Tabela 3.3. Principais Exportadores do Açúcar da Cana

País	Exportação Média do Açúcar entre 2001-2006 (milhões de toneladas)
Brasil	14,77
Austrália	4,00
Tailândia	3,65
Cuba	1,55
Guatemala	1,40
Colômbia	1,10
África do Sul	1,10
Índia	0,50

Fonte: Elaboração Própria, a partir dos dados da FAO, 2006.

O Brasil é o país mais importante na produção e industrialização da cana-de-açúcar, é o único que produz etanol combustível em grande escala há mais de trinta anos, utilizando, aproximadamente, 50% da cana colhida na produção do biocombustível. Já que possui um modelo de industrialização da cana diferente dos outros países, o Brasil não será incluído neste estudo.

Como já mencionado, o último critério considerado para escolher os países investigados neste trabalho serão as políticas de apoio aos biocombustíveis existentes nestes países, vistas em detalhe no capítulo 4.

Finalmente, os países que foram escolhidos para este estudo: **Tailândia, Austrália, Índia, México, Colômbia e Guatemala**, podem ser considerados como os principais países industrializadores da cana-de-açúcar na atualidade. Estes países, em conjunto, poderiam representar, conjuntamente ao Brasil, aos maiores produtores de etanol combustível da cana-de-açúcar.

3.2. O Potencial do Melaço

Um dos usos mais comuns é a produção de etanol. Este foi introduzido na indústria alcooleira há quase 300 anos. A fermentação alcoólica do melaço foi por muito tempo a sua única utilização prática.

A produção convencional do etanol emprega o melaço em altas concentrações de açúcar (25% do total de sacarose produzida) e é feito em condições anaeróbicas (onde há ausência de O₂, para induzir a fermentação alcoólica nas leveduras). Os rendimentos possíveis de álcool etílico (etanol) são, considerando as condições de operação favoráveis, de 65 litros de etanol por cada 100 kg de açúcares (OTERO, 2001).

3.2.1. Produção do Melaço na Fabricação do Açúcar

O potencial da produção do melaço, obtido na fabricação do açúcar nos países propostos para o estudo foi calculado utilizando a fórmula SJM ¹¹, proposta por Poy (1998).

$$Melaço_{toneladas} = \frac{Ton.Brix_{melB} - Ton.Brix_{açúcar}}{Brix_{melaço}}$$

12

Onde, **Melaço**_{toneladas} é a quantidade de melaço produzido em toneladas; **Ton.Brix**_{melB} é o Brix do mel B expressada em toneladas, **Ton.Brix**_{açúcar} é o Brix do Açúcar expressada em toneladas; **Brix**_{melaço} é o valor típico de Brix encontrado no melaço.

Segundo os cálculos aplicados através desta fórmula, para cada um dos países selecionados, a produção média do melaço é de **37,5 kg** por tonelada de cana-de-açúcar processada.

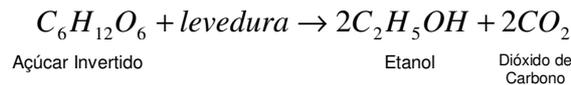
3.2.2. Conversão do Melaço e dos Méis intermediários em Etanol

No momento que é obtido o açúcar A, logo após a primeira centrifugação são gerados os méis, que atualmente servem para continuar produzindo açúcar ao longo de todo o processo de industrialização da cana. Porém, estes méis podem também converter-se em etanol. Para isto, é preparado o substrato, onde o mel é diluído em água, e o pH é ajustado com ácido sulfúrico adicionando-lhe nitrogênio e fósforo em forma de sais solúveis (ARIAS, 1999).

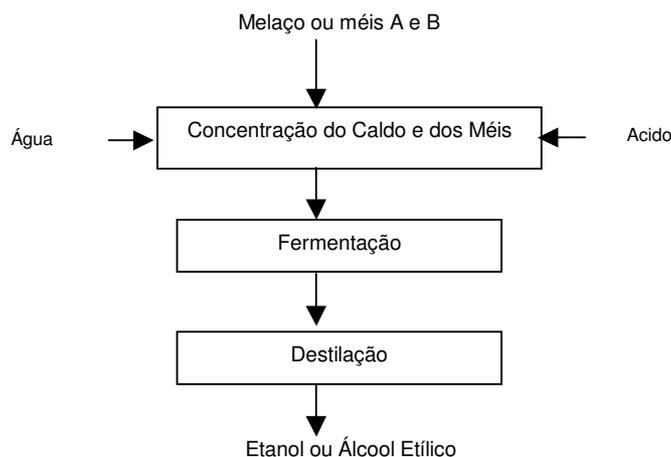
¹¹ **Recuperação SJM** da seção de Cozimento, é chamado assim porque considera a pureza do açúcar (Sugar), do caldo (Juice) e do melaço (Molasses)(FERNANDEZ, 2003) esta fórmula vai permitir calcular os rendimentos teóricos de açúcar e méis que poderiam se produzir na seção de cozimento. Embora esta fórmula seja comumente usada para determinar a produção do açúcar e do melaço, nós aplicaremos também para determinar as quantidades de mel A e mel B que poderiam ser obtidas no processo de cozimento. A fórmula completa será mostrada no cálculo do potencial dos méis intermediários.

¹² Para o valor de **Ton.Brix** (brix em toneladas) *do açúcar* é considerado o Brix da quantidade do açúcar que poderia produzir a Massa Cozida C, a partir do mel B.

Posteriormente, os açúcares presentes nestes méis são fermentados pela ação da levedura; o processo de conversão começa com a inversão da sacarose, que é obtida a hexose¹³ de forma direta pela ação da enzima invertase (produzida pela própria levedura durante o processo). Depois a levedura converte os açúcares invertidos em etanol, pela seguinte reação:



Este álcool ou etanol obtido, que, neste momento, ainda não é o álcool etílico hidratado carburante e nem o álcool etílico anidro carburante, é separado do mel fermentado através da destilação. O Gráfico 1 mostra, de forma simples, os passos no processo de produção do etanol, a partir do melão e do mel A e B.



Fonte: ARIAS, 1999.

Gráfico 3.1. Produção Simplificada do Etanol dos Méis da Cana

3.2.3 Rendimento de etanol a partir do Melaço e dos Méis intermediários

O etanol que pode ser obtido através da fermentação dos açúcares presentes nos méis da cana depende do valor teórico da conversão alcoólica dos açúcares (Et) ou coeficiente de

¹³ As fontes de hexose mais empregadas na produção de etanol são: caldo e méis da cana, amido de milho, outros grãos e tubérculos e diferentes tipos de frutas.

conversão de 100% dos açúcares em etanol; do teor dos açúcares fermentáveis (A_f) e das eficiências nos processos de fermentação e destilação (OTERO, 2001). Também é considerado o fator de transformação do volume do etanol produzido em etanol anidro (CTC, 1999).

A partir da reação química, entre o açúcar invertido e a levedura, do qual se obtém o etanol e o dióxido de carbono, é possível calcular o Et (rendimento teórico da conversão dos açúcares em etanol).

Segundo Otero (2001), o rendimento teórico de 1 kg de açúcar invertido é de 0,511 kg de etanol e 0,486 kg de dióxido de carbono. O autor assume a densidade do etanol em 0,785 kg/l, desta forma, a partir de um quilograma de açúcar invertido (se todos estes açúcares fossem fermentáveis) é possível obter teoricamente 0,651 litros de etanol, que seria o 100% de etanol resultante dos açúcares invertidos, ou também conhecido como o etanol 100.

Para o total de A_f (açúcares fermentáveis presentes no mel), que está diretamente relacionado com o rendimento alcoólico da matéria-prima processada, assumiremos que esta pode ser equivalente à pureza aparente dos méis (podendo ser o melaço, o mel A ou o mel B), já que segundo alguns valores de A_f encontrados na literatura (e.x. A_f do melaço = 45%) (POY; 1998)¹⁴ estes são muito próximos com os valores da pureza Q da matéria-prima. Outra razão pela qual foi assumida que a $Q = A_f$ é que não foi possível obter os dados necessários para o cálculo direto de A_f em cada um dos países pesquisados.

Para o caso da $F\eta$ e da $D\eta$ foram assumidas as eficiências comumente encontradas nestes países industrializadores de cana, conforme publicado por Lavarack et al. na SRI/Austrália¹⁵ (2003) - *Estimates of Ethanol Production From Sugar Cane Feedstocks*, sendo a eficiência de fermentação 88% e a eficiência de destilação 99%. Atualmente, no Brasil, a eficiência de fermentação está na faixa de 91%.

¹⁴ CNIAA: Cámara Nacional de Industrias Azucarera e Alcoholera do Mexico / Ing. Manuel E. Poy (pesquisador), 2006

¹⁵ SRI: Sugar Research Institute Austrália /B.P. Lavarack and R. Broadfoot (researchers), 2003

Considerando tudo isto, a fórmula empregada para calcular o etanol anidro que poderia ser produzido pelos méis da cana, para cada um dos países pesquisados, foi a seguinte:

$$E = Et \times Af \times F\eta \times D\eta \times 0,95821 \quad 16$$

Assim, a partir desta fórmula (E) e da fórmula SJM, foi calculado o rendimento médio da produção de etanol anidro por tonelada de melaço e por tonelada de cana-de-açúcar para cada país.

Considerando os dados médios obtidos para cada um destes países e a produção média de melaço por tonelada de cana (37,5 kg/TC), obtida a través da fórmula SJM, elaborou-se a Tabela 3.4.

Tabela 3.4. Rendimento Médio do Etanol Anidro a partir do Melaço

Matéria-prima	Etanol Anidro (l / t. de melaço)	Etanol Anidro (l / TC)
Melaço	240	9

Fonte: Elaboração Própria, a partir dos valores calculados através da formula SJM e da fórmula E de produção de etanol anidro, 2006

3.3. O Potencial dos méis A e B

Atualmente, os méis A e B não são usados para a produção direta do etanol nos países industrializadores da cana, com exceção do Brasil. O aproveitamento econômico destes méis é indireto, já que, voltam para a formação das massas cozidas B e C, com o objetivo de produzir maiores quantidade de açúcar, finalmente obtendo o melaço ou mel final.

¹⁶ Onde: E = Etanol produzido; Et = Produção de etanol 100 (valor teórico); Af = Açúcares fermentáveis em %; $F\eta$ = Eficiência na fermentação em %; $D\eta$ = Eficiência na Destilação em %; Finalmente é incluído um fator que ajuda a calcular o valor do etanol anidro = 0,95821.

3.3.1. Produção dos méis A e B na Fabricação do Açúcar

O potencial da produção dos méis A e B nos países propostos para o estudo, assim como o açúcar que deixaria de ser produzido, caso estes méis fossem usados como matéria-prima de etanol anidro, foram calculados utilizando a fórmula SJM proposta por Poy (1998):

- **Mel B:** Se o objetivo fosse produzir o mel B para fabricar o etanol, o açúcar e o melaço que se deixaria de produzir são calculados a partir das seguintes fórmulas.

$$Açúcar_{toneladas} = Ton.Pol_{melB} \times \frac{Q_{açúcar} (Q_{melB} - Q_{melaço})}{Q_{melB} (Q_{açúcar} - Q_{melaço})} \times 0,985 \quad 17$$

$$Melaço_{toneladas} = \frac{Ton.Brix_{melB} - Ton.Brix_{açúcar}}{Brix_{melaço}} \quad 18$$

Onde, **Açúcar**_{toneladas} é a quantidade de açúcar em toneladas; **Ton.Pol**_{melB} é o Pol do mel B em toneladas; **Q**_{açúcar}, **Q**_{melB} e **Q**_{melaço} é o valor de pureza em percentagem para cada um respectivamente; **0,985** é o número constante que é proposto na fórmula SJM.

- **Mel A:** Se o objetivo fosse produzir o mel A como matéria-prima para a fabricação do etanol se deixaria de produzir açúcar e mel B, que são calculados através das seguintes fórmulas:

$$Açúcar_{toneladas} = Ton.Pol_{melA} \times \frac{Q_{açúcar} (Q_{melA} - Q_{melB})}{Q_{melA} (Q_{açúcar} - Q_{melB})} \times 0,985 \quad 19$$

¹⁷ Onde: **Ton. Pol**= Pol do mel em Toneladas, **Q** = Pureza aparente; **Ton.Brix** = Brix em toneladas.

¹⁸ Para o valor de **Ton.Brix do açúcar** é considerado o Bx da quantidade do açúcar que é deixado de produzir.

¹⁹ Onde: **Ton. Pol**= Pol do mel em Toneladas, **Q** = Pureza aparente; **Ton.Brix** = Brix em toneladas.

$$MelB_{toneladas} = \frac{Ton.Brix_{melA} - Ton.Brix_{açúcar}}{Brix_{melB}}$$

Onde, **Açúcar**_{toneladas} é a quantidade de açúcar em toneladas; **Ton.Pol**_{melA} é o Pol do mel A em toneladas; **Q**_{açúcar}, **Q**_{melA} e **Q**_{melB} é o valor de pureza em percentagem para cada um respectivamente; **0,985** é o número constante que é proposto na fórmula SJM. **MelB**_{toneladas} é a quantidade de mel B em toneladas; **Ton.Brix**_{melA} é o Brix do mel A em toneladas; **Ton.Brix**_{açúcar} é o Brix do açúcar em toneladas; **Brix**_{melB} é o Brix do mel B.

Estas fórmulas foram aplicadas para cada um dos países incluídos no estudo. Na Tabela 3.5 são mostradas a média global da produção dos méis e a redução média na produção do açúcar destes seis países, que poderia ocorrer caso os méis da cana fossem utilizados com matéria-prima do etanol combustível.

Tabela 3.5. Produção Média dos Méis A e B - Diminuição da Produção do Açúcar

Matéria-prima / ton de cana	Produção - kg	Diminuição do Açúcar
Mel A	75,5	28,5 %
Mel B	53,3	11,2 %

Fonte: Elaboração própria, a partir dos valores calculados através da formula SJM, para todos os países, 2006.

3.3.2 Rendimento de etanol a partir dos méis A e B

Para calcular a quantidade de etanol anidro possível de ser produzido a partir dos méis A e B foi aplicada a mesma fórmula proposta para o melaço. Na Tabela 3.6, mostra-se o rendimento médio por tonelada de matéria-prima e por tonelada de cana nos seis países pesquisados:

$$E = Et \times Af \times F\eta \times D\eta \times 0,95821 \quad 20$$

²⁰ Onde: **E** = Etanol produzido; **Et** = Produção de etanol 100 (valor teórico); **Af** = Açúcares fermentáveis em %; **Fη** = Eficiência na fermentação em %; **Dη** = Eficiência na Destilação em %; Finalmente é incluído um fator que ajuda a calcular o valor do etanol anidro = 0,95821.

Tabela 3.6. Rendimento Médio do Etanol Anidro

Matéria-prima	Etanol Anidro (l / t. de mel)	Etanol Anidro (l / TC)
Mel A	404	31
Mel B	338	18

Fonte: Elaboração Própria, a partir dos valores calculados através da formula SJM e da fórmula *E* de produção de etanol anidro, 2006

3.4. Análise do Potencial de Produção de Etanol Anidro para cada país Selecionado

A partir dos cálculos realizados nos ítems anteriores, a Tabela 3.7 mostra o potencial de produção de etanol anidro para cada país, incluindo as três matérias-primas propostas. Nesta tabela, é possível apreciar que atualmente a indústria açucareira da Tailândia, México e Austrália teriam capacidade para produzir mais de 1 bilhão de litros de etanol anidro por ano. A Guatemala e a Colômbia, os países menores do grupo, teriam capacidade de produção média de 500 milhões de litros por ano ou mais. No caso da Índia, que tem potencial comparável com o Brasil, poderia-se produzir 8 bilhões de litros a partir dos méis da cana. Porém, essa fabricação de etanol combustível a partir do mel A poderia reduzir, em média, 28% da produção de açúcar nos seis países pesquisados.

Tabela 3.7. Potencial da Produção Média do Etanol Anidro por País

	Etanol Anidro – bilhões de litros por ano					
	Austrália	Guatemala	México	Colômbia	Tailândia	Índia
Mel A	1,10	0,48	1,27	0,60	1,94	7,99
Mel B	0,56	0,27	0,72	0,37	1,18	4,71
Melaço	0,27	0,14	0,37	0,17	0,63	2,36

Fonte: Elaboração Própria, a partir dos dados obtidos a aplicando as formulas SJM e *E*, considerando a produção média anual de cana em cada país, 2006

O potencial que a maioria dos países industrializadores da cana têm é difícil de comparar, em termos de capacidade de produção do etanol biocombustível, como o caso brasileiro e norte americano. Porém, tendo em vista que o mercado internacional e nacional de etanol nestes países

está em fase inicial, a opção de utilizar os méis da cana como matéria-prima poderia se tornar uma interessante oportunidade de incentivo ao rápido crescimento do seu mercado.

3.4.1. Os Novos Cenários Produtivos da Indústria Açucareira

A utilização dos méis na produção de etanol desenha novos cenários produtivos nas indústrias açucareiras dos principais países industrializadores da cana-de-açúcar. Seriam incluídos, dentro do fluxo de industrialização, os processos de fermentação e destilação para a feitura do etanol, além da diminuição da produção de açúcar.

Na Tabela 3.8 são mostradas as características gerais de novos cenários potenciais à indústria açucareira com a inclusão da produção de etanol combustível.

Tabela 3.8. Características e Objetivos dos Cenários Produtivos

Cenário	Objetivo Produtivo	Características
Convencional (A)	Continuar com o atual processo de fabricação, tendo o açúcar como produto principal. O melaço é comercializado <i>in natura</i> .	O açúcar é o produto principal. O melaço é um subproduto principalmente comercializado <i>in natura</i> e usado como ração. Os méis intermediários não são considerados.
Uso do Melaço (B)	Continuar com o atual processo de industrialização do açúcar. O melaço é convertido em etanol	O açúcar é o produto principal O melaço é matéria-prima do etanol anidro que poderia ser exportado ou vendido no país.
Uso do Mel A (C)	O mel A é destinado à produção de etanol	Incrementam-se processos de fermentação e destilação para o mel A. Diminui-se a produção do açúcar. Não se produz melaço. Só se produz mel A
Uso do Mel B (D)	O mel B é destinado à produção de etanol	Incrementam-se processos de fermentação e destilação para o mel B. Diminui-se a produção do açúcar. Não se produz melaço. Só se produz mel B

Fonte: Elaboração própria, a partir da análise da Figura 2.2 e do Gráfico 2.3, considerando a produção do etanol a partir dos méis A e B, 2006.

3.5. Potencial da produção de etanol a partir dos méis da cana, considerando o atual crescimento da área plantada

A expansão da área plantada com cana é um fator importante quando se discute as possibilidades de incremento da produção mundial de etanol combustível, já que, maiores ganhos de eficiência no processo produtivo, somados aos que foram conseguidos até agora, serão pouco relevantes. Este ponto de vista, considera somente o uso da atual tecnologia aplicada à produção de etanol, embora hoje esteja se estuando a possibilidade de outras alternativas tecnológicas muito mais eficientes.

Os cenários para a industrialização da cana-de-açúcar, que consideram o etanol e o açúcar como os principais produtos a serem aproveitados, deverão, também, ponderar sobre o crescimento da área plantada.

No curto prazo, a área plantada com cana-de-açúcar está se incrementando em todo o mundo, seguindo principalmente o ritmo de crescimento da oferta e demanda do açúcar.

Na tabela 3.9, apresenta-se o uso da terra, a área agrícola disponível, a área plantada com cana e a taxa de crescimento desta área, referente aos últimos anos nos países selecionados por este estudo.

Tabela 3.9. Uso da Terra nos Países Produtores de Cana

Uso da Terra	Dados de 2003 – Milhões de hectares					
	Austrália	Colômbia	Guatemala	Índia	México	Tailândia
Área Total	774	114	10,89	329	196	51
Área Agrícola	439	46	4,65	181	107	18,5
Culturas Permanentes	-	1,56	0,61	9,22	2,50	3,55
Pastagem Permanentes	392	42,1	2,60	11,1	80	0,80
Área Plantada com Cana*	0,42	0,43	0,19	3,75	0,64	1,07
Taxa Cresc. Área com Cana*	1,12%	1,09%	0,68%	-1,12%	0,18%	0,98%
Florestas e Áreas Reflorestadas	145	53	5,21	68,5	48,7	14,5

* Área plantada com cana em 2005

* Taxa de crescimento da Área plantada com cana considera a plantação da cana entre os anos de 1996 e 2005

Fonte: FAO, 2006 / ASOCAÑA, 2006.

A área plantada com cana-de-açúcar representa em média somente 1% da área total em todos estes países e 2,1% da área agrícola disponível, fato que favorece o potencial da cultura da cana nestes países, principalmente quando se prevê o incremento da produção do etanol combustível.

Na Guatemala, Tailândia e Índia a cana-de-açúcar representa uma atividade econômica importante, quando se refere à área ocupada pelas culturas permanentes. No caso da Índia, mesmo apresentando recentemente uma taxa de crescimento negativa da cultura de cana, considerou-se que a sua área com cana irá se manter nos atuais níveis.

Levando em conta os números mostrados na Tabela 3.9, verifica-se um grande potencial para a expansão da cultura da cana-de-açúcar. Todavia, serão necessários estudos mais aprofundados quanto aos impactos desta expansão, sobretudo em relação à concorrência com outras culturas, bem como, as perspectivas energéticas e econômicas de cada país.

A área plantada e a quantidade de cana que seria produzida em 2010 são mostradas na Tabela 3.10. A expansão da cultura da cana seguiu o ritmo atual de crescimento que mostra a Tabela 3.9, e o rendimento médio de cana por hectare foi calculado a partir dos dados da Tabela 2.4.

Tabela 3.10. Produção de Cana e Área Plantada em 2010

	Área plantada em 2010 Mha	TC / ha *	Produção de cana Mt
Austrália	0,44	87	38,63
Guatemala	0,20	97	19,06
México	0,65	73	47,14
Colômbia	0,45	88	39,95
Tailândia	1,12	58	65,16
Índia	3,75 ^a	67	251,25

* rendimento médio de cada país entre 1997 – 2005

^a se mantem a área plantada com cana de 2005

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados das Tabelas 2.4 e 3.9

Se a atual taxa de crescimento da cana plantada (Tc.APC) se mantivesse constante até o ano de 2010, como mostrado na Tabela 3.9, a influência deste fator ao aumento da produção do etanol a partir dos méis da cana seria pouco significativa, em comparação com o potencial calculado na Tabela 3.7. Este potencial é mostrado na Tabela 3.11.

Tabela 3.11. Produção de Etanol em 2010 segundo Evolução da Plantação de Cana

	Etanol Anidro – bilhões de litros					
<i>Mat.Prima</i>	Austrália	Guatemala	México	Colômbia	Tailândia	Índia
Mel A	1,16	0,52	1,29	0,63	1,96	7,79
Mel B	0,60	0,29	0,73	0,39	1,20	4,62
Melaço	0,29	0,15	0,38	0,18	0,64	2,26

* A produção de cana por hectare assumida para cada país foi a média calculada entre 1997 – 2005, a partir dos dados da Tabela 2.4.

Fonte: Elaboração Própria, a partir das fórmulas SJM e E, e da Tabela 3.9, 2007

Nesta tabela, também é possível apreciar que a Índia diminuiria ligeiramente o seu potencial de produção de etanol, já que, considerou-se a manutenção da área plantada com cana nos níveis presentes. No caso dos outros países, que apresentam aumento do potencial da produção de etanol, este representaria só o 5% do atual potencial de produção.

Todo este potencial de produção do etanol analisado para os principais países industrializadores da cana-de-açúcar somente avaliou a expansão da área plantada de cana utilizada pelas usinas açucareiras, assim como considerou o atual rendimento médio da produção da cana por hectare e outros. Neste sentido, foram considerados os cenários de avanços tecnológicos ou o uso de outras matérias-primas como o bagaço e a palha, e igualmente a utilização do total da cana plantada nas destilarias anexas e autônomas, que poderiam ocorrer nestes países.

3.6. Etanol Combustível como Custo de Oportunidade

O custo de oportunidade representa o custo associado a uma determinada escolha medido em termos da melhor oportunidade perdida. Em outras palavras, o custo de oportunidade representa o valor que atribuímos à melhor alternativa de que prescindimos quando efetuamos a nossa escolha (HEYMANN & BLOOM, 1990).

3.6.1. Custo de oportunidade dos méis intermediários

O custo de oportunidade para a industrialização da cana-de-açúcar é o rendimento econômico total a mais pela produção de outros produtos além do açúcar. Nesse sentido, este trabalho pretende mostrar o custo de oportunidade gerado pela produção de etanol anidro, a partir dos méis A e B.

Para fazer o exercício do custo de oportunidade na industrialização da cana considera-se as seguintes variáveis: a) os seis (6) países escolhidos neste trabalho começariam produzir etanol anidro para exportação; b) o produto a substituir será o açúcar de exportação; c) o destino destes produtos é os EUA, devido ao fator de ser o maior consumidor de etanol combustível e um dos maiores consumidores de açúcar.

Os preços médios internacionais do etanol anidro e do açúcar bruto comercializado com os EUA são mostrados na Tabela 3.12. O preço médio do açúcar bruto foi calculado em referência aos preços médios anuais de exportação “*Free on Board*” (FOB), registrados no contrato 11 na bolsa de Nova Iorque entre 1989 – 2006. Já o preço médio do etanol anidro foi obtido a partir do preço médio de exportação FOB no Brasil, entre 2004 e julho de 2007, publicado pela União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA).

Tabela 3.12. Preços Internacionais Médios do Açúcar e do Etanol

Produto	Preço médio
Açúcar Bruto	9,85 US\$ centavos/lb
Etanol Anidro	0,35 US\$ centavos/litro

Fonte: Elaboração própria, a partir de ASOCAÑA, 2007 e LMC, 2006.

A oportunidade que poderia se apresentar para estes países exportarem aos EUA dependeria fundamentalmente de acordos comerciais estabelecidos para o açúcar e o etanol. No caso da Colômbia e da Guatemala já existem acordos comerciais que lhes permitem vender açúcar e/ou etanol para os EUA com taxas preferenciais. Para os outros países, além de depender de acordos

comerciais parecidos aos existentes com a Guatemala e a Colômbia, também dependeriam da sua competitividade em nível internacional.

No caso da Índia e do México, a análise desta oportunidade é mais complexa, uma vez que as exportações do açúcar são muito pequenas embora apresentem grande potencial de produção de etanol, nestes países, o aumento da demanda interna e o incentivo do governo serão imprescindíveis para viabilizar o interesse da indústria açucareira pelo etanol.

O custo de oportunidade ou o rendimento bruto que poderia se obter pela venda do etanol anidro no mercado dos Estados Unidos é mostrado na Tabela 3.13. Aqui, foram calculados os rendimentos pela exportação do etanol anidro, vindo do mel A e B, comparados com os alcançados pela venda do açúcar e do melaço para os EUA.

No caso do melaço, foi considerado o cenário no qual todo o produto é exportado para os EUA, pelo preço médio registrado entre os anos de 1995 a 2005.

Tabela 3.13. Recita Bruta Média do Açúcar e do Etanol por Tonelada de Cana

Matéria-prima	Produtos	Produção Média por ton de cana	Preço médio (FOB) nos EUA US\$	Receita Bruta média US\$/TC
Mel A	Etanol Anidro	31 litros	0,35 US\$/litro	10,85
	Açúcar	37 kg	0,217 US\$/kg	8,03
	Melaço	37,5 kg	0,073 US\$/kg	2,74
Mel B	Etanol Anidro	18,4 litros	0,35 US\$/litro	6,44
	Açúcar	15,25 kg	0,217 US\$/kg	3,31
	Melaço	37,5 kg	0,073 US\$/kg	2,74

* Os preços médios do açúcar bruto e do melaço foram convertidos em US\$/kg

Fonte: Elaboração Própria, a partir dos dados nas Tabelas 3.11, 3.6 e 3.14, 2006

Esta tabela mostra, a receita bruta que poderia ser conseguida pela venda do etanol anidro, que como se pode perceber, é um pouco maior do que a receita pela venda do açúcar bruto e do melaço juntos, seja utilizando o mel A ou o mel B como matéria-prima.

Se fosse produzido etanol anidro a partir do Mel A, com o objetivo de vender ao mercado norte-americano, poderia se obter uma receita bruta de US\$ 10,85 por tonelada de cana industrializada. Porém, se o mel A fosse direto à produção de açúcar, conseqüentemente produzindo também o melaço, poderia se obter (pela venda do açúcar e do melaço) US\$ 10,77 por tonelada de cana industrializada. Isto significa que, hoje, a venda do etanol combustível aos EUA seria um pouco mais vantajosa do que venda do açúcar e o melaço.

Igualmente, produzir etanol anidro a partir do mel B, renderia uma receita bruta de US\$ 6,44 / TC. Já, pela venda do açúcar e do melaço se conseguiria um valor conjunto de US\$ 6,05 / TC.

Isto significa que a vantagem de vender etanol anidro para os EUA, a partir dos méis intermediários da cana, está principalmente atrelada à sua receita marginal. Porém, mesmo sendo pouca a diferença pela venda destes produtos, a produção de etanol a partir do mel A ajudaria a impulsionar mais rapidamente o mercado internacional de biocombustível no curto prazo.

Dados os atuais preços do etanol e do açúcar no mercado internacional, comprovou-se que do ponto de vista estratégico e econômico o etanol é uma boa oportunidade para os países industrializadores de cana-de-açúcar.

Contudo, esta vantagem poderá ser mantida no futuro através do aumento da competitividade dos países produtores e do desenvolvimento do mercado internacional, já que, tanto os preços do açúcar e do etanol são muito variáveis, e não garantem a competitividade dos produtos no futuro.

3.6.2. Custo de oportunidade do melaço

A disponibilidade do melaço da cana está diretamente vinculada à produção de açúcar, uma vez que este é resultante do processamento do açúcar, como mostrad o Gráfico 2.2.

O custo de oportunidade para este sub-produto da industrialização da cana é o rendimento econômico total a mais, considerando todos os destinos comerciais que lhe poderiam ser aplicados.

Sendo assim, o custo de oportunidade para o melaço, atualmente comercializado *in natura* e destinado principalmente à ração animal, seria a transformação do melaço em etanol anidro, imaginando como destino comercial o mercado dos EUA, que é o segundo maior importador de melaço depois da UE, como mostra a Tabela 3.14.

Tabela 3.14. Principais Importadores de Melaço

País	Ano de Importação do Melaço (Mt)					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
MUNDO	8,69	8,38	7,91	8,64	7,28	5,68
UE	3,84	3,84	3,33	3,18	2,42	2,31
Japão	0,18	0,18	0,16	0,17	0,17	0,16
Coréia do Sul	0,78	0,76	0,80	0,82	0,63	0,61
EUA	1,50	1,60	1,83	1,72	1,76	1,57

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da FAO, 2006; ISO, 2007.

No mercado internacional, o melaço comercializado tem quatro principais usos: alimento animal (em concorrência com o milho, outros cereais e a polpa dos cítricos), produção de álcool industrial e de bebida, o reprocessamento para a extração do açúcar, e as produções industriais de levedura, ácido cítrico, entre outros. Segundo Clarke e Godshall (1988), historicamente 70% do melaço produzido no mundo, seja a partir da cana-de-açúcar ou da beterraba, é utilizado como suplemento na alimentação animal. A produção mundial de melaço em 2003 (a partir da cana e da beterraba) foi 51,8 milhões de toneladas métricas (FAO, 2006).

Na Tabela 3.15 é mostrado o melaço destinado à alimentação nos países pesquisados. Os outros usos são representados, principalmente, pela indústria de bebida e a levedura.

Tabela 3.15: Usos do Melaço

País	Ano e Usos do Melaço (milhões de toneladas métricas)							
	2000		2001		2002		2003	
Usos	Alimento	Outro	Alimento	Outro	Alimento	Outro	Alimento	Outro
MUNDO	35,50	8,70	36,43	10,50	38,74	11,5	38,80	12,5
Austrália	0,70	-	0,67	-	0,66	-	0,79	-
Colômbia	0,32	0,03	0,31	0,12	0,34	0,05	0,35	0,09
Guatemala	0,17	0,03	0,17	0,11	0,17	0,13	0,17	0,36
Índia	7,62	-	7,63	-	7,89	-	8,81	-
Tailândia	0,17	-	0,44	-	1,16	-	1,18	-
México	1,10	0,25	0,92	0,36	0,79	0,20	0,98	0,37

Fonte: FAO, 2006

O preço internacional do melaço é definido pelos dois maiores consumidores e importadores deste produto, os EUA e a UE. Nos EUA o melaço é comercializado através do contrato *Gulf Blackstrap f.o.b* e na UE através da *Amsterdam c.i.f* (LMC, 2006). Para o exercício de custo de oportunidade proposto nesta parte do trabalho, será considerado o preço médio dos contratos *Gulf Blackstrap f.o.b* nos EUA, entre 1995 e 2005 como mostrado na Tabela 3.16.

Tabela 3.16. Preços do Melaço - US\$ / t

País	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
EUA	79,4	82,7	64,1	51,1	40,0	79,0	79,8	76,3	68,9	73,4	118,5
UE	112,3	100,8	84,8	65,3	62,0	84,0	84,3	79,4	78,4	97,2	135,7

Fonte: LMC, 2006.

Na Tabela 3.17, tem-se a receita bruta potencial da venda no mercado dos EUA, tanto do melaço *in natura* como do etanol anidro fabricado de melaço. O preço médio do melaço *in natura* é de US\$ 73,42 / t (ou US\$ 0,073 /kg); para o caso do etanol, considerou-se o preço médio entre 2002 até 2005 negociado nos EUA (*spot price, f.o.b CBOT-CHICAGO*). Nesta tabela, se observa que a diferença das receitas obtidas pela venda do etanol combustível e do melaço é de US\$ 0,41 por tonelada de cana industrializada, valor que seria atrativo para a indústria destes países. Entretanto, deve-se salientar que o melaço se produz em menores quantidades e tem menor capacidade de produção de etanol quando comparado com os méis intermediários, sendo assim, o uso dos últimos, seria mais recomendado para a produção do etanol anidro combustível.

Tabela 3.17. Receita Bruta Média do Melaço e do Etanol por Tonelada de Cana

Matéria-prima	Produtos	Produção Média por TC	Preço médio FOB nos EUA US\$	Receita Bruta média US\$/TC
Melaço	Etanol Anidro	9 litros	0,35 US\$/litro	3,15
	Melaço	37,5 kg	0,073 US\$/kg	2,74

* Os preços médios do melaço foram colocados em US\$/kg

Fonte: Elaboração Própria, a partir dos dados nas Tabelas 3.4 e 3.6, 2006.

Capítulo IV

Perspectivas da Demanda Mundial de Etanol Combustível

A demanda mundial por etanol combustível está crescendo de forma rápida, e esta deverá aumentar ainda mais no futuro, sobretudo nos chamados países desenvolvidos e nos de maior consumo de combustíveis automotivos.

Os governos dos países, que são os principais agentes para o desenvolvimento do mercado dos biocombustíveis, começam a adotar programas de incentivo ao consumo de etanol, visando entre outras coisas, a adoção de planos para a redução das emissões dos gases de efeito estufa (GEE), assim como, a redução da dependência dos derivados do petróleo e a substituição do Éter Metil Terc-Butílico - MTBE²¹ como aditivo da gasolina com intuito de minimizar o impacto ambiental.

4.1. Programas do etanol combustível

Foram pesquisados 21 países, excetuando o Brasil, que representam mais de 70% do consumo mundial de gasolina. Serão mencionados os programas de etanol combustível adotados

²¹ Éteres terciários como o MTBE (éter Metil Terc-Butílico) podem ser utilizados como aditivo da gasolina comercial para melhorar o desempenho na combustão, em substituição aos compostos do chumbo. O MTBE é amplamente utilizado no mundo, porém o éter Etil Terc-Butílico (ETBE) tem-se mostrado como um aditivo que possui maiores vantagens, comparado ao MTBE: menor pressão de vapor e menor toxidez. E ainda o ETBE é produzido a partir do etanol, um álcool renovável.(NÓBREGA, UFPB 1998/ dissertação mestrado)

em alguns países para o incentivo à produção e uso dos biocombustíveis. Os dados utilizados foram coletados dos informes publicados pela F.O.Lichts e pelos próprios governos de cada país nos seus *sites* e através de eventos internacionais.

4.1.1. Austrália

Com quase 20 milhões de habitantes, a Austrália é um consumidor relativamente pequeno no mercado de energia. Em Queensland, onde o potencial de produção do etanol é maior, há um subsídio de € 0,049 por litro.

Em Julho de 2003, ratificado em 2004, o governo da Austrália promulgou a lei do uso do etanol em mistura com a gasolina, na proporção de 10% etanol e 90% gasolina (E10). Além disso, desde 2002, existe um plano de concessões para investimentos em biocombustíveis.

O governo também decretou a isenção de impostos para os biocombustíveis, mas em 2003 essa medida foi cancelada, assim, a partir de 2011 serão cobrados impostos, regulamentados sistematicamente até 2015.

A partir de 2010, as companhias de energia devem produzir 10% do valor energético de seus produtos com recursos renováveis. Por outro lado, a mistura dos biocombustíveis não é obrigatória, embora exista isenção de imposto para os produtores de biocombustíveis, com exceção da importação do etanol (AUSTRALIA, 2006).

4.1.2. Colômbia

Em 2001, o Congresso da República da Colômbia promulgou a Lei N° 693, que dispõe sobre o uso do etanol em mistura com a gasolina (10% etanol e 90% gasolina) a partir de 2005. O etanol colombiano é produzido principalmente da cana-de-açúcar, na região norte (Guajira, César e Atlântico), já nos “Llanos Orientales” a mandioca é a fonte escolhida.

No ano de 2002, houve uma reforma nos impostos com a Lei 788, aplicando isenções no Imposto Global e Sobretaxa ao componente etanol dos combustíveis oxigenados (IVA); nesta mesma lei, o governo introduziu a isenção dos impostos à importação das máquinas necessárias para a montagem das destilarias de etanol, para processos de melhoria no cultivo da cana e infraestrutura.

Como complemento desta lei, o governo expediu a Resolução N° 180836 no dia 25 de Julho de 2003, que estabelece a estrutura dos preços da gasolina oxigenada, garantindo assim, a estabilidade para os produtores do etanol combustível.

O uso do combustível misturado é obrigatório nas cidades com mais de 500 000 habitantes, e especialmente nas cidades que apresentam o maior nível de contaminação do ar, desta forma, as principais cidades que usam o biocombustível são Bogotá, Cali e Medellín (MINMINAS, 2007).

4.1.3. Estados Unidos

A passagem do *Energy Act* em 1978 no Congresso americano anunciou o nascimento do etanol como combustível nos EUA, possibilitando incentivos econômicos para a produção de combustíveis líquidos a partir de fontes sólidas de origem fóssil, bem como fontes renováveis de energia (SINICIO, 1997).

Tornou-se o maior produtor do etanol no mundo em 2006, produzindo mais de 18 bilhões de litros de etanol, derivados principalmente do milho (RFA, 2007). Em nível federal, há uma taxa de incentivo à produtores de etanol. Adicionalmente, os estados produtores de etanol têm introduzido incentivos locais.

O impulso real veio dos mercados exigidos (cativos) no começo da década de 1990. O *The Clean Air Act* estabeleceu o uso de combustíveis mais limpos nas cidades estadunidenses. Assim, as leis reforçaram o uso na adição de oxigenantes na gasolina, que por muito tempo foi o Metil ter-Butil Éter - MTBE.

A Califórnia, por exemplo, o mais populoso estado dos EUA, proibiu o uso do MTBE nos combustíveis a partir 2004, incentivando, desta forma, o uso do etanol. A demanda por etanol na Califórnia está em torno de 3,5 bilhões de litros.

As taxas de incentivos ao etanol combustível se incrementaram de US\$ 198 milhões até US\$ 11 bilhões, entre crédito e isenção de impostos, no período de 1980-2000.

Atualmente, os combustíveis para motores que têm 10% de etanol derivado da biomassa, são isentos de 1,4 centavo de dólar, a partir dos 4,9 centavos por litro (taxa de imposto federal). O combustível que tem misturas de até 85% de etanol recebe subsídio de 14,3 centavos de dólar por litro de etanol usado na mistura.

No caso das importações, o governo impôs uma taxa de 14,3 centavos de dólar por litro de etanol importado para países que não têm acordos comerciais com os EUA, como o Brasil. Inclui-se a isto, uma *ad valorem* de 2,5% (que pode variar de US\$ 0,008 a US\$ 0,01 por litro).

Existem exceções para os impostos de importação, através dos acordos bilaterais de mercado, como o Acordo de Comércio livre EUA-ISRAEL e o Acordo de Comércio Livre da América do Norte, que permite ao etanol, produzido inteiramente da biomassa, ingressar sem pagar imposto. O congresso criou alguns programas unilaterais de comércio, como a Iniciativa da Bacia Caribenha e o Ato de Preferência de Comércio Andino - APTA, que igualmente admite a entrada de produtos, como o etanol, livrando-os de impostos.

De acordo ao documento publicado pelo Senado dos Estados Unidos (26 de Maio de 2005), através do *Renewable Fuels Standards* do *Energy Policy Act of 2005*, incrementou-se a meta da produção do etanol combustível, de 18,9 bilhões de litros em 2012 para 28,39 bilhões de litros no mesmo ano (DOE, 2005).

4.1.4. Índia

Na Índia, o setor de transporte está crescendo rapidamente e utiliza mais da metade do petróleo importado em grandes quantidades. O país é um dos principais produtores de açúcar e, portanto, dispõe de grandes quantidades de melado.

Com o objetivo de dar impulso ao setor agrícola e, ao mesmo tempo, reduzir a poluição e a importação do petróleo, o governo, através da Notificação de Setembro de 2002, tornou obrigatório a mistura de 5% do etanol com a gasolina em 9 estados e 3 territórios da União, por meio de um programa.

O governo, também reduziu os impostos do combustível misturado em quase 100% em comparação com o imposto da gasolina pura, e apoiou a pesquisa e desenvolvimento (P&D) em paralelo aos projetos pilotos para a produção do etanol para uso veicular.

Como resultado deste apoio, no final de 2005 a Índia, através de algumas das suas mais de 240 usinas, incrementou a capacidade produtiva de etanol combustível em 300 milhões de litros. A atual produção de etanol global é de 2,3 bilhões de litros, vindos do melado.

A mistura de E5 proposta pelo governo indiano requer, atualmente, 500 milhões de litros de etanol, que poderiam ser facilmente obtidos com o melado disponível, porém, os principais destinos do etanol produzido neste país são o uso industrial e a fabricação de bebidas, e principalmente a comercialização *in natura* para ração animal. Entre outras barreiras que impedem a adoção da mistura E5 em todo o país, há o problema entre a indústria de petróleo e o governo (ETHANOLINDIA, 2007).

4.1.5. Japão

No Japão, o governo intenciona implementar um programa de biocombustíveis para incentivar o uso e a produção do etanol, como parte importante das políticas sobre mudanças climáticas, aprovada em 2005.

Porém, a adoção deste programa, que no começo pretende misturar a gasolina com 3% do etanol, enfrenta controvérsias neste país. A principal barreira considerada a pouca disponibilidade de matéria-prima, que conseqüentemente tornaria o país um grande importador de etanol, levando em conta que considerando que, em longo prazo, o governo pretende substituir por biocombustível toda a gasolina que se consome no Japão (F.O.Lichts, 2004).

4.1.6. Tailândia

O governo da Tailândia aprovou a mistura de 10% de etanol na gasolina, embora seu uso não seja obrigatório; o atual programa está baseado na mandioca como principal matéria-prima do etanol. Além disso, o país tem implementado importantes projetos na pesquisa do biodiesel e no aumento da produção da sua matéria-prima (a palma, de onde se extrai o óleo de dendê).

Em 2004, a produção de etanol foi de 280 milhões de litros (F.O.Lichts, 2005) e o governo determinou diferentes incentivos para incrementá-la, entre os quais está o aumento na cultura da cana-de-açúcar. Atualmente a Tailândia possui mais de 90 000 produtores de cana-de-açúcar e uma área plantada de 1,1 milhão de hectares, aproximadamente. A mandioca é outra importante matéria-prima na produção do etanol, atualmente há 1,07 milhão de hectares destinados à essa cultura.

Foi aprovada a construção de 14 usinas açucareiras, que também teriam o objetivo de produzir etanol do caldo da cana e do melaço, além disso, espera-se a construção de outras 4 usinas para produção de etanol a partir da mandioca. Estas plantas devem ter entrado em operação em 2006, contando com uma capacidade de 1,5 milhão de litros por dia.

Como parte da política de incentivos, o governo já determinou privilégios para os potenciais investidores no setor, isenções dos impostos pela produção do etanol e pela importação do maquinário para as usinas.

Desde 2002, o etanol puro ou misturado com gasolina para transporte tornou-se isento de impostos e, recentemente, em 2006 foi iniciada a venda do E5 (5% etanol, 95% gasolina) na área

metropolitana de Bangkok. O objetivo da Tailândia é atingir a produção de 1 bilhão de litros de etanol em 2010 (F.O.Lichts, 2004).

4.1.7. União Européia

A UE adotou duas medidas relacionadas aos combustíveis usados no transporte. A primeira promove o uso dos biocombustíveis e outros combustíveis renováveis para transportes (Diretiva 2003/30/EC). A segunda visa estruturar o marco legal para a taxação dos produtos energéticos e da eletricidade (Diretiva 2003/96/EC).

Estabeleceu-se que no final de 2005 a participação dos biocombustíveis deveria atingir 2% do mercado de combustíveis, porém, somente 1,4% desta meta foi alcançado, da qual o biodiesel foi responsável por 80% e o etanol combustível 20%, sendo aproximadamente 15% utilizado em forma de ETBE (CEC, 2006).

A UE espera, em 2010, elevar a participação dos biocombustíveis para 5,75% do mercado, e 10% em 2020, embora seja pouco provável que, na prática, se consiga alcançar tais objetivos. Cada estado membro da UE pode estabelecer metas próprias, mas se forem menores que as metas da UE, o estado deverá justificar-se objetivamente diante a Comissão. O resumo das políticas assumidas por alguns países membros é seguidamente apresentado (CEC, 2007):

- A Áustria tem planos de consumir etanol combustível a partir de 2007 em forma de ETBE, contudo, o governo manifestou a necessidade de incentivar o consumo do etanol acompanhando o crescimento da capacidade de produção no país, para minimizar a necessidade de eventuais importações.
- Na Dinamarca, o governo manifestou que não deve apoiar de forma decisiva a produção e o consumo dos biocombustíveis, alegando razões econômicas e de indisponibilidade de terras, cortando as possibilidades de importar etanol ou biodiesel e defendendo outras alternativas para reduzir as emissões de CO₂.

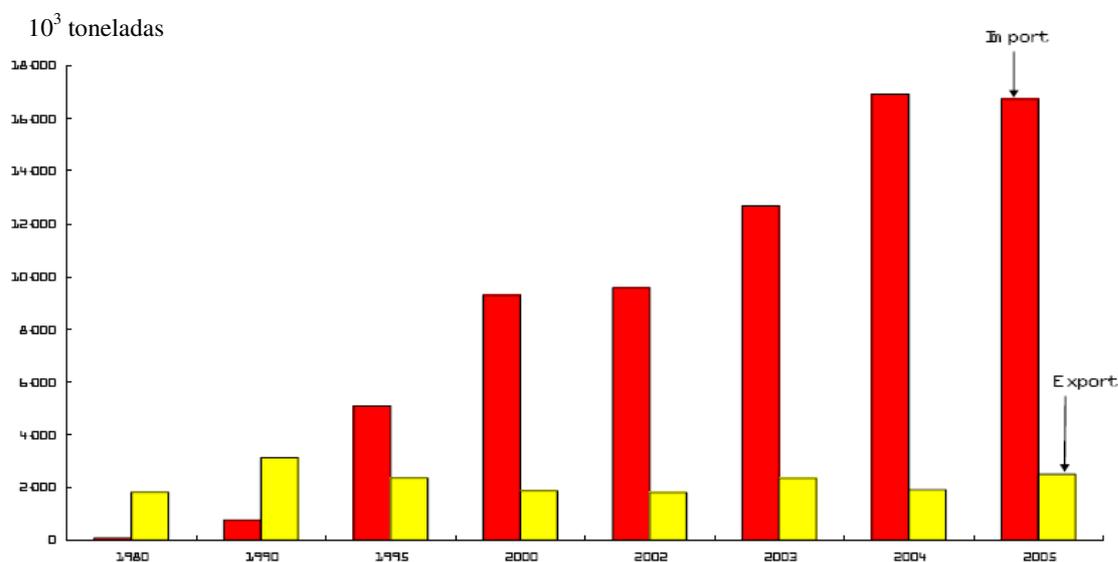
- O governo da Finlândia não aplica mais os incentivos nos impostos, e defende outras vias para atingir as metas do protocolo de Quioto, ou seja, no futuro não se espera consumo de etanol no país.
- A França incentiva os biocombustíveis há dez anos, o governo autorizou a mistura E5 na gasolina desde 2004, porém, o principal uso do etanol no país encontra-se na produção do ETBE, onde chega-se a adicionar até 15% à gasolina.
- O principal consumo na Alemanha é o biodiesel, a pouca produção de etanol que o país tem é usada para a fabricação do ETBE e também é importado etanol principalmente da Dinamarca e outros países.
- O consumo de biocombustíveis na Grécia é incipiente, e é caracterizado principalmente pelo uso do biodiesel. Em 2007, começou-se a produzir etanol com o objetivo específico da fabricação do ETBE. O governo almeja produzir, em 2012, aproximadamente 560 milhões de litros de etanol.
- A Itália está incentivando timidamente a produção de etanol através de alguns estímulos fiscais, porém, não há um programa de biocombustível estabelecido.
- A Holanda produz e consome somente o biodiesel, entretanto, também há planos de apoiar o consumo do etanol, mas ainda não foram definidas as misturas.
- A Espanha não notificou o seu programa de biocombustíveis à União Européia, mas sabe-se que, desde 2004, aplicam taxas de incentivo para a produção do ETBE e para a mistura direta do etanol com a gasolina. A atual produção de etanol neste país está em torno de 370 milhões de litros e não se tem conhecimento do potencial e das expectativas futuras do governo.
- O principal biocombustível usado na Suécia é o etanol, 97% do etanol consumido é para a mistura E5 e E85, o restante é usado na produção do ETBE. O governo tem planos de

aumentar a participação do etanol em aproximadamente 0,6% ao ano, baseado no compromisso proposto no Protocolo de Quioto até 2012.

- Na Hungria se utiliza o etanol para produzir o ETBE desde 2005, o governo objetiva produzir 0,13 bilhão de litros por ano a partir de 2006.

4.1.8. China

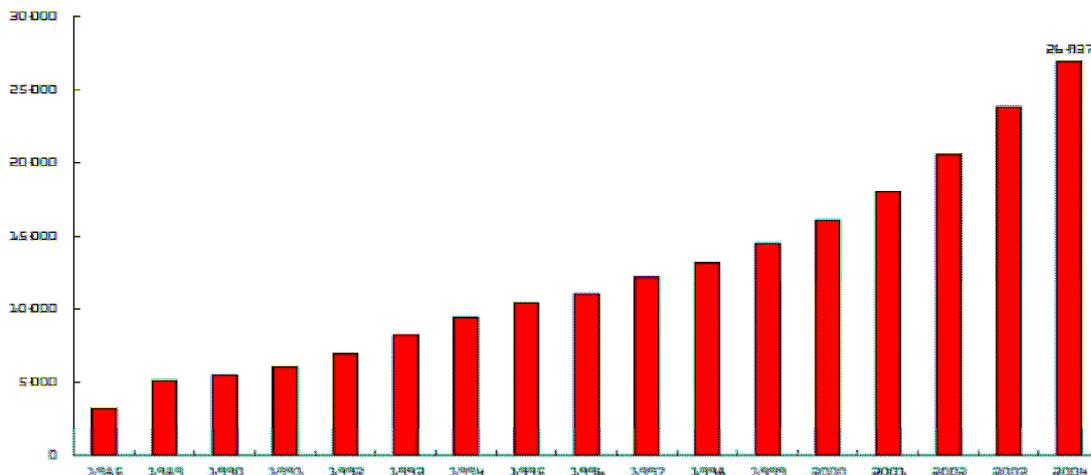
A China apresentou nos últimos anos um forte crescimento econômico que resultou em um aumento no consumo de petróleo e outros energéticos, com impactos negativos ambientais, tais como emissão de poluentes. A Figura 4.1 mostra a evolução do consumo de petróleo até 2005, chamando atenção à grande quantidade de petróleo importado. A gasolina, também, é um combustível que revela um forte crescimento no seu consumo, em 2004 atingiu 56 bilhões de litros (DOE/EIA, 2005).



Fonte: OHGA & KOIZUMI, 2007.

Figura 4.1. O consumo de petróleo na China

As perspectivas de crescimento econômico e da demanda de energia, assim como os impactos ambientais estão motivando o governo chinês em incentivar a adoção de energias renováveis alternativas, como o etanol combustível. A Figura 4.2 mostra o desenvolvimento do parque automotivo da China até 2004, que hoje, provavelmente, já supera os 27 milhões de veículos.



Fonte: OHGA e KOIZUMI, 2007.

Figura 4.2. O Parque automotivo na China

A China produz 3,7 bilhões de litros de etanol (combustível, industrial e bebida), sendo a matéria-prima predominante o milho, no que diz respeito particularmente à produção do etanol combustível, em 2004, a China fabricou 1,2 bilhão de litros (F.O.Lichts 2005).

O governo está promovendo o uso do biocombustível em 5 cidades importantes do país, planejando produzir e consumir 2,5 bilhões de litros de etanol até 2010 (equivalente à mistura E3), e em 2020 atingir 12,6 bilhões de litros, conforme à mistura E10 (WALTER et al., 2007). Na Tabela 4.1 são elencadas as plantas produtoras de etanol combustível e suas respectivas capacidades, bem como as plantas que estavam em construção até 2004.

Tabela 4.1. Plantas de Bioetanol Existentes e sob Construção na China

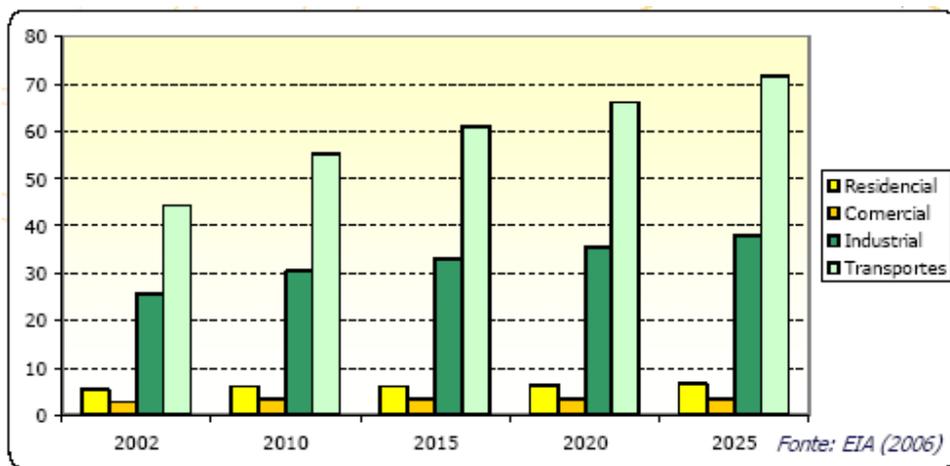
Companhia	Cidade	Província	Capacidade	
			tonelada	Bilhões de litros
Plantas Atuais				
Bengbu Fengyuan/BBCA	Hefei	Anhui	320 000	0,4
Tianguan Group		Heilongjiang	100 000	0,13
Henan Tianguan Group	Nanyang	Henan	200 000	0,25
Jilin Fuel Ethanol Co.	Jilin	Jilin	300 000	0,38
Subtotal			920 000	1,17
Sob construção				
Guangzhou energy research	Guangzhou	Guangdong	500 000	0,63
Henan Tianguan Group		Henan	300 000	0,38
Jilin Fuel Ethanol Co.	Jilin	Jilin	300 000	0,38
Hong Kong Union/Penglai Jinchuang		Shandong	900 000	1,14
Subtotal			2 000 000	2,52
Total			2 920 000	3,68

Fonte: F.O. Lichts, 2005

4.2 Consumo Mundial de Gasolina

O atual consumo mundial de gasolina é de aproximadamente 1,15 trilhão de litros, consumidos, quase que exclusivamente, como combustível para veículos leves. A *National Energy Information Center* – NEIC, dos EUA, projeta um aumento da demanda mundial de 48% entre os anos de 2005 à 2025, significando um consumo de 1,7 trilhão de litros, podendo variar cerca de 5% para mais ou para menos conforme a adoção de políticas e o desenvolvimento de novas tecnologias.

As perspectivas das demandas de derivados de petróleo no mundo são mostrados na Figura 4.3, através da qual o Departamento de Energia dos EUA - DOE/EIA expressa como o setor transportes, liderado pelos derivados leves e médios como a gasolina e diesel, respectivamente, são os principais responsáveis pelo aumento da demanda por derivados do petróleo, em uma projeção feita até 2025 (MME, 2006).



*milhões de barris por dia

Fonte: MME, 2006.

Figura 4.3. Perspectivas para a demanda de derivados de petróleo no mundo

O consumo mundial de gasolina para uso veicular vem se incrementando fortemente há vários anos, impulsionado sobretudo pelo crescimento econômico dos países emergentes como a China e a Índia. Esta tendência, torna-se mais complexa quando se leva em conta traços sócio-culturais específicos, como ocorre nos Estados Unidos, onde o carro, muito mais que um meio de transporte, é um símbolo de status.

Uma alternativa para conter o forte crescimento do consumo de gasolina é a inserção do etanol combustível na matriz energética mundial. Embora seja praticamente inviável substituir 100% da gasolina consumida no mundo, o etanol da cana-de-açúcar se apresenta como a melhor alternativa para substituir parte do consumo deste combustível fóssil.

De acordo a um estudo elaborado pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2006) o dissenso acerca da qualidade do petróleo disponível, das configurações das refinarias e da crescente demanda deste produto têm sido as principais responsáveis pelas recentes e sucessivas altas nos preços do óleo. Entretanto, os investimentos em refinarias e na melhoria tecnológica para garantir o suprimento de combustíveis derivados do petróleo continuam sendo crescentes.

É possível observar o rápido aumento da demanda de diesel, principalmente na UE, onde também se visualiza o declínio do consumo da gasolina, que se espera seja entre 17,4 e 23,2 bilhões de litros entre o período de 2006 e 2011 (IEA, 2006).

Os EUA, maior consumidor de gasolina automotiva mundial, deverá, nos próximos anos, experimentar um rápido crescimento no consumo de gasolina. No Japão, espera-se um ritmo mais lento no aumento do consumo de gasolina, aproximadamente 0,5% por ano nos próximos 5 anos. Na China, devido ao forte desenvolvimento de sua economia, espera-se um crescimento na demanda nacional por gasolina entre 5 – 7% ao ano. Na Índia, país que igualmente apresenta um grande avanço econômico, prevê-se um incremento de consumo da gasolina em 5,3% por ano, nos próximos 5 anos (WALTER et al., 2007).

Segundo as estimativas da IEA (2006), em curto prazo, a demanda mundial por combustível para transporte se incrementará em aproximadamente 2,5% por ano, sendo que, o diesel apresentará maior crescimento do que a gasolina.

4.2.1. Estimativas do Consumo de Gasolina

O objetivo principal deste capítulo é projetar a demanda por etanol, determinada a partir das estimativas do consumo de gasolina e das diferentes misturas (etanol e gasolina) implantadas.

Em um primeiro momento, se obteve os dados do consumo histórico de gasolina na maior quantidade de países, na medida que fossem representativos em termos do consumo mundial de combustível. Assim, foi possível obter os consumos de gasolina entre 1994 e 2003 de 8 países, e também da UE (conformada por 25 países) que representam mais de 70% do consumo mundial, da *Energy Information Administration* – EIA. Lembra-se que o Brasil não está incluído dentro deste grupo de países.

Para a projeção do consumo de gasolina na UE, no Japão e na China, utilizou-se as taxas de crescimento calculadas no informe elaborado por Walter et al. (2007), onde estão considerados vários fatores relacionados às tendências da demanda por este combustível, como mostrado no

documento da IEA (2006). As taxas de crescimento do consumo foram aplicadas unicamente ao consumo do último ano disponível para cada país.

Para os outros 6 países foi aplicado o modelo de projeção tendencial, partindo de dados históricos sobre o consumo da gasolina. Neste sentido, assumiu-se que até 2012 haverá poucas alterações nos fatores determinantes da evolução da demanda. No Anexo IV, são mostradas as equações da reta e o R^2 , para cada um dos países analisados. Para a projeção do consumo de gasolina nos EUA, considerou-se a manutenção da atual tendência de consumo, a qual apresenta forte crescimento.

A Colômbia, entre os anos de 1998 e 2002 experimentou uma brusca queda no consumo de gasolina, que segundo o governo deste país se deu em razão à oferta ilegal de gasolina, cuja comercialização foi dificilmente fiscalizada e estimada. O governo colombiano também manifestou que tal problema está sendo resolvido, fato que pode ser apreciado na retomada do crescimento no consumo a partir de 2003 e 2004, portanto, considera-se na projeção da demanda de gasolina essa tendência de crescimento até 2012.

No caso do Peru, verifica-se uma tendência negativa no consumo de gasolina, embora, apresentem-se variáveis que poderiam motivar o crescimento no consumo como: crescimento econômico constante, o preço da gasolina tem poucas variações devido ao Fundo de Estabilização do Preço (FEP) estabelecido pelo governo, a pequena mas crescente frota de veículos movimentados a gasolina. As razões que poderiam estar influenciando a diminuição no consumo do combustível, seriam: a ascensão das vendas de carros movimentados a diesel e o seu baixo preço em relação à gasolina. Neste sentido, espera-se que no curto prazo esta tendência se confirme acompanhando a leve queda apresentada nos últimos anos.

No caso da Austrália e da Tailândia, que apresentam tendências positivas de consumo da gasolina, sem fortes variações nos dez anos analisados, considerou-se que o consumo de etanol até 2012 seguirá a mesma tendência.

A Índia, país que como a China vem manifestando elevado crescimento econômico, apresenta no seu histórico de consumo de gasolina um rápido e constante aumento, diante deste contexto, espera-se que nos próximos anos esta elevação da demanda continue a se confirmar.

No que diz respeito à projeção do consumo de gasolina da UE, da China e do Japão foram consideradas as estimativas de evolução da demanda calculadas por Walter et.al. (2007), que se baseiam nas variáveis analisadas e nas perspectivas de consumo de gasolina publicadas pela IEA em 2006. Com isto, a UE apresentaria um crescimento no consumo de gasolina de -2,82% por ano, a China de 6% por ano e o Japão de 0,5% por ano; para os três casos foram mantidas as percentagens de evolução até 2012.

Um fator importante desprezado na projeção do consumo de gasolina, é a inclusão do etanol usado em mistura com a na gasolina em todos estes países. A projeção do consumo deste biocombustível será calculada a partir do consumo projetado da gasolina, para o qual será subtraído o volume da gasolina substituída pelo etanol combustível, que através das políticas de biocombustíveis foram determinadas em diferentes percentagens de misturas (etanol-gasolina).

Tabela 4.2. Consumo Projetado de Gasolina

Bilhões de litros por ano		
País	2003	2012
EUA	521	601
Colômbia	5,1	7,7
Peru	1,10	0,783
UE-25	167,8*	133,5
Austrália	19,03	23,7
China	54,2	91,5
Índia	10,6	15,8
Japão	62,8	65,7
Tailândia	7,6	8,9
Total	849	949
Mundo	1154	-

* EU-25 consumo em 2004

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados publicados pela DOE/EIA, 1993-2003.

4.3 Projeção da Demanda Mundial do Etanol Combustível

Utilizando-se a previsão do consumo de gasolina para os países selecionados, apresentada no item anterior, foi construído um cenário de consumo de combustível, considerando as misturas de etanol e gasolina, em face às legislações adotadas por estes países para a inserção do etanol no setor de transportes.

A quantidade de etanol que potencialmente irá ser consumido nos países estudados, determinados através das legislações adotadas, será considerado como a quantidade de gasolina que seria substituída em 2012. Assim, na Tabela 4.3 observa-se o consumo de gasolina e etanol que poderia ser registrado no referido ano, baseado nas políticas vigentes nos países estudados.

No caso da UE, considerou-se, tanto a participação de 5,75% dos biocombustíveis, objetivo que pretende ser alcançado em 2010, quanto a percentagem de gasolina que seria substituída pelo

etanol combustível até 2012. Para a China se considera que em 2012 o consumo de etanol será equivalente à mistura E3.

A Tabela 4.3 apresenta o consumo de etanol combustível que poderia ser consumido por um grupo de países em 2012, dentre os quais os EUA, UE-25 e a China se destacam como os maiores consumidores.

Em 2005 o consumo mundial de etanol combustível foi 33 bilhões de litros (WALTER et al, 2007), que representou aproximadamente 2% do consumo total de gasolina. O grupo de países mostrados na Tabela 4.3 poderiam ser responsáveis em 2012 por 46 bilhões de litros de etanol combustível, ou seja, quantidade 40% maior que todo o volume de etanol utilizado como combustível no mundo em 2005.

Tabela 4.3. Demanda do Etanol Combustível para Alguns Países em 2012

País	Bilhões de Litros por ano Mistura proposta / Política adotada	2012	
		Gasolina	Etanol
Estados Unidos	<i>RFS-Energy Policy Act</i>	572,6	28,39
Colômbia	E10	6,9	0,8
Peru ²²	E7,8	0,72	0,06
União Européia	5,75% (ETBE e mistura direta)	125,7	7,8
Austrália	E10	21,3	2,4
China	E3	88,8	2,8
Índia	E5	15,0	0,8
Japão	E3	63,7	2,0
Tailândia	E10	8,0	0,9
Total		903	46

Fonte: Elaboração própria, a partir da Tabela 4.2, 2007.

Acredita-se que a gasolina que será substituída pelo etanol combustível em 2012 é, ainda, pouca em relação ao potencial de substituição que este produto energético deve adquirir no longo prazo. Com o incremento dos países interessados no consumo de biocombustíveis, com as políticas propostas em todo o mundo para diminuir as emissões dos gases de efeito estufa e, ainda, dado o potencial econômico, energético e social do etanol combustível, principalmente

²² O Peru vai misturar a gasolina com 7,8% de etanol anidro (E7,8), a partir de 2008 em 50% da gasolina consumida no país e em 2010 em 100%.

aquele produzido a partir da cana-de-açúcar, espera-se que no futuro o etanol seja um combustível automotivo importante na maioria dos países do mundo.

Capítulo V

Impactos dos Cenários Produtivos Propostos

No desenvolvimento deste trabalho, foram tratados amplamente o açúcar, o melão e seus mercados, assim como o potencial dos méis da cana na produção de etanol combustível. Através deste estudo foram propostos alguns novos cenários produtivos resultantes da utilização dos diferentes méis por países industrializadores da cana-de-açúcar.

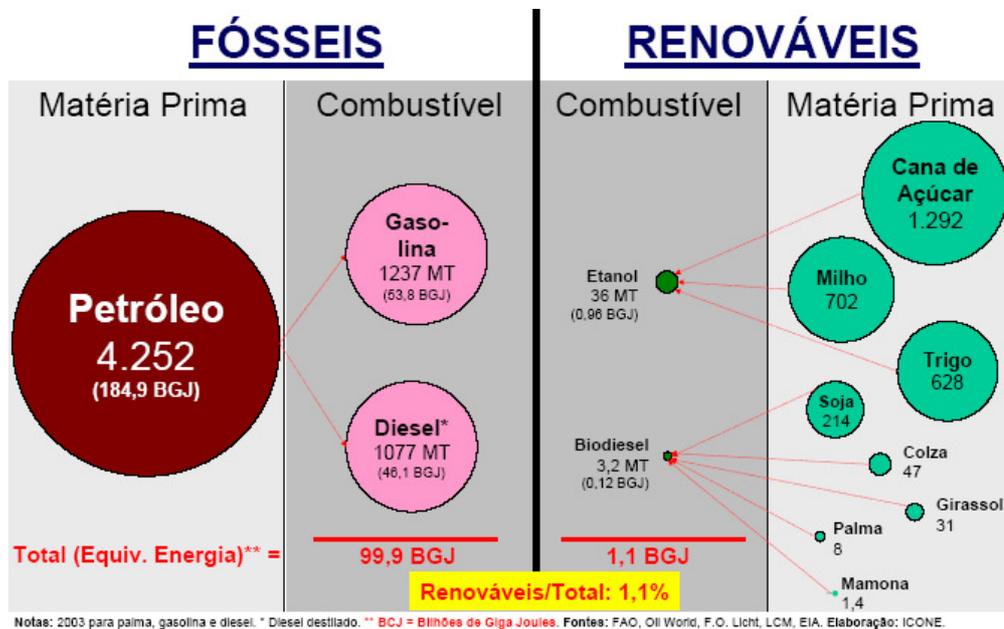
Neste capítulo serão apresentados os impactos que os cenários produtivos propostos para estes países teriam, caso fossem aplicados no curto prazo, tanto na produção e no mercado do açúcar, do etanol e do melão.

Inicialmente, este capítulo descreve uma visão do atual mercado mundial de etanol combustível, sendo que os atuais mercados do açúcar e do melão foram previamente apresentados no capítulo 2 e 3.

5.1. Cenário Atual do Mercado Mundial de Etanol Combustível

O mercado internacional de etanol tem seu desenvolvimento potencializado pelas políticas governamentais de estímulo ao uso de combustíveis líquidos renováveis, dentre os quais o etanol é a maior fonte, a mais antiga, testada e confiável (SILVA e ALMEIDA, 2006). A Figura 5.1 traz a produção mundial de combustíveis em 2005 entre fósseis e renováveis. Neste último caso, tem-

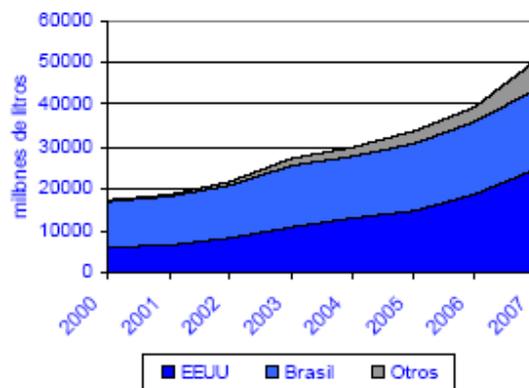
se que representa 1,1% da produção total atual, ainda destaca-se o etanol como o principal combustível renovável e à cana-de-açúcar como a sua principal matéria-prima.



Fonte: JANK, 2006.

Figura 5.1. Produção Mundial de Combustíveis em 2005.

O comércio internacional do etanol, apesar de crescente, ainda é bastante regionalizado, sendo que os maiores produtores também são os seus maiores consumidores. A Figura 5.2 mostra a produção mundial de etanol combustível entre 2000 e 2006, traz também uma estimativa da produção de 2007 contabilizando, aproximadamente 50 bilhões de litros (ISO, 2007).



Fonte: ISO, 2007

Figura 5.2. Produção Mundial de Etanol Combustível

A produção mundial de etanol está se incrementando em outros países além do Brasil e os EUA. Mais de trinta governos já introduziram, ou demonstram interesse em introduzir, programas de etanol combustível a partir de diversas fontes, a exemplo: da Austrália, Canadá, Colômbia, China, Índia, México e Tailândia (ROSILLO-CALLE & WALTER, 2006).

A produção global de etanol em 2005 atingiu os 45 bilhões de litros, sendo que deste volume 33 bilhões de litros foram usados como combustível. Isso representa aproximadamente 2% do consumo total de gasolina (WALTER et al, 2007).

O principal fator ligado ao aumento de consumo mundial de etanol é o implemento de políticas governamentais, preocupadas com: questões relativas à geração de energia (como: a segurança energética, a volatilidade dos preços, a independência de países politicamente instáveis), questões ambientais (diminuição dos GEE) e, finalmente, questões de desenvolvimento agrícola e rural (promoção agrícola, reativação econômica, etc). Pode-se, portanto, dizer que o conjunto destas problemáticas foi fundamental para o aumento do consumo do etanol combustível em mistura direta com a gasolina e como oxigenante da gasolina, em substituição do MTBE, como mostrado no capítulo anterior.

5.1.1. Comércio Internacional de Etanol Combustível

Apesar da demanda crescente, pode-se dizer que ainda não existe um mercado internacional consolidado para o etanol combustível. Isso, em partes, se deve aos subsídios e aos regimes protecionistas que distorcem o mercado internacional, impedindo o livre fluxo do produto.

Atualmente, o comércio internacional do etanol combustível se desenvolve através de transações ocasionais, pequenos acordos comerciais bilaterais e principalmente dentro de acordos comerciais regionais como o Pacto Andino (que usufrui do livre comércio com a União Européia), a Iniciativa de Bacia Caribenha (CBI) e o Ato de Preferência de Comércio Andino (APTA) que comercializa com os Estados Unidos e outros acordos e comércios bilaterais entre alguns países.

A exportação global do etanol em 2005 ficou próxima aos 6 bilhões de litros, tendo a participação aproximada do Brasil em 48% e da UE em 20% como os principais exportadores dos diferentes tipos de etanol comercializados (F.O.Lichts, 2007). Com relação ao etanol combustível, relativamente recente no mercado internacional, tem-se como principal exportador o Brasil e alguns países da América Central, e como principal destino o mercado dos EUA. Na Figura 5.3 são mostradas as exportações de etanol global de 2001 até 2005.

Nesta figura, destaca-se o crescimento da participação do Brasil no mercado internacional de etanol, impulsionada pelo aumento das exportações de etanol combustível. Também se aprecia a importante presença da UE no mercado do etanol, devido ao fluente comércio entre os países da própria comunidade europeia, que exportam majoritariamente o etanol para uso industrial e de bebida.

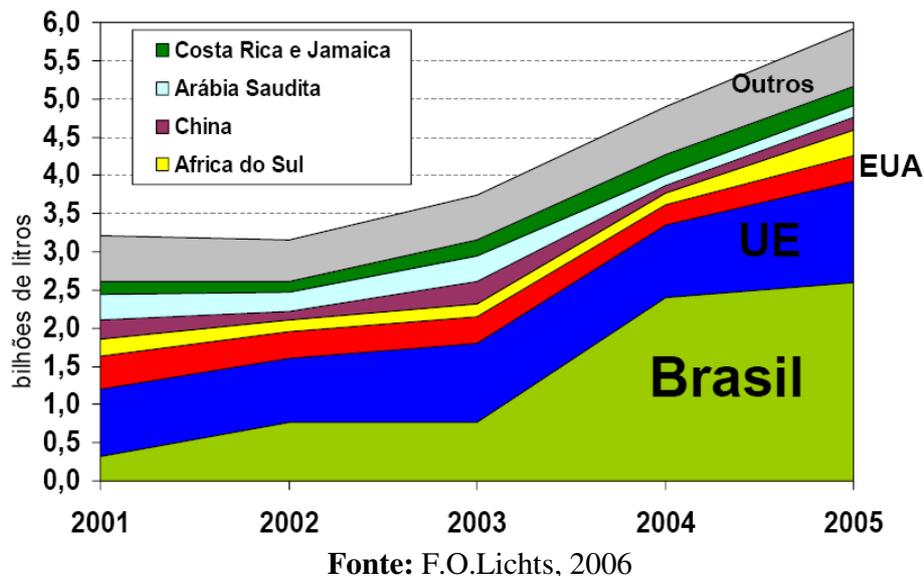


Figura 5.3. Exportações Mundiais de Etanol

As importações globais de etanol são concentradas nos EUA com 18% e na EU com 26% aproximadamente (F.O.Lichts, 2007). O Japão é um dos países desenvolvidos que mais importa etanol para fim industrial. A Figura 5.4 revela os principais países importadores de etanol.

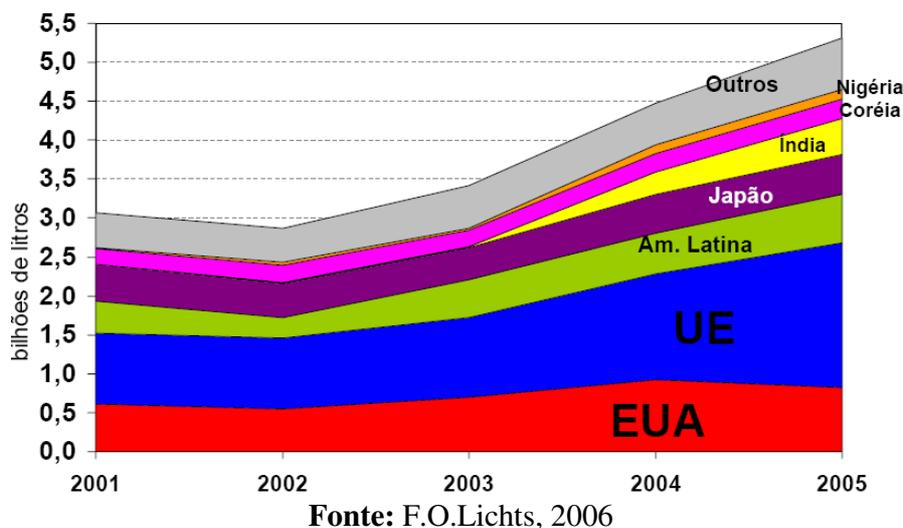


Figura 5.4. Importações Mundiais de Etanol

5.1.2. Barreiras e Fluxo Comercial do Etanol

Os maiores consumidores de etanol são também os países que mais impedem a liberação do mercado internacional. O etanol é um produto ainda comercializado como parte do agronegócio internacional, portanto, as barreiras comerciais impostas às matérias-primas deste produto e outros como o açúcar, que é a maior *commodity*, cuja matéria-prima também é útil ao etanol combustível, afetam-no quase diretamente.

Estas barreiras, dentre as quais se destaca as políticas de subsídios, fazem parte de programas comprometidos em fortalecer a agricultura local e viabilizar mercados não alimentícios para a produção agrícola. Assim, o comércio internacional é visto como uma ameaça à sobrevivência da produção local por parte de produtores externos mais competitivos (PIACENTE, 2006).

Através da Organização Mundial do Comércio - OMC, países como o Brasil e a Índia, dentre outros, estão abrindo discussões referentes ao comércio internacional agrícola, para que os maiores consumidores de produtos como o açúcar e atualmente o etanol possam diminuir e/ou

suprimir as barreiras até agora impostas. Já que, trata-se de uma oportunidade de negócios valiosa para muitos países, capazes de oferecer produtos agrícolas no mercado internacional com maior competitividade.

Apesar disso, os fluxos comerciais do etanol combustível em direção aos países ricos, que estão se tornando nos maiores consumidores de biocombustíveis, aumenta a cada ano, minimizando de alguma forma os efeitos das barreiras comerciais, fundamentalmente através das negociações internacionais emcampadas por acordos de natureza bilateral, regional, bi-regional e multilateral.

Como já mencionado no capítulo 2, alguns acordos de comércio internacional como o MERCOSUL, a CBI, a CAN entre outros, estão permitindo a países como o Brasil, o mais eficiente produtor de etanol, melhorar sua inserção no comércio internacional deste produto. Assim como, pode servir de incentivo aos países com menor capacidade e competitividade, a explorar seus potenciais, tendo em vista a oportunidade de exportação deste biocombustível.

Tudo isto, faz com que o comércio do etanol combustível continue na sua etapa infante e a capacidade de resposta do mercado aos déficits e excedentes locais continui sendo relativamente limitada.

Atualmente, o Brasil seria o único país com um potencial de exportação de grande envergadura, e as expectativas futuras são que as suas exportações de etanol continuem crescendo ou mantenham o nível apresentado em 2006, aproximadamente 3,2 bilhões de litros. O etanol brasileiro tem como principal destino os EUA, e também países como Venezuela e Nigéria, que estão importando etanol para dar o primeiro impulso aos seus programas nacionais de biocombustíveis (ISO, 2007).

No caso dos EUA, as importações de etanol em 2006 contabilizaram até 2,7 bilhões de litros a mais com relação aos 821 milhões de litros importados em 2005. Além do Brasil, o mercado norte-americano contou com o etanol originário da Jamaica, El Salvador, Costa Rica e mesmo da China.

O aumento das importações de etanol nos EUA foi reflexo da política de retirada do MTBE da gasolina americana, e da pouca capacidade de resposta dos produtores nacionais em abastecer o mercado interno, além do aumento nos preços do biocombustível.

As comercialização internacional do etanol por produtores da América Central estiveram dentro do marco da Iniciativa da Bacia do Caribe (CBI), que permite aos países beneficiados a livre exportação de até 7% do consumo de etanol combustível norte-americano, que atualmente está usando aproximadamente 77% da sua cota de exportação preferencial (ISO, 2007). Na Tabela 5.1 é mostrado o índice de uso das cotas de importação dos EUA concedida à CBI, que em 2006 teve o maior índice registrado desde 2000.

Tabela 5.1. Importação de etanol dos EUA desde a CBI

Ano	Cota – CBI (MI)	Etanol Importado (MI)	Índice de uso da cota (%)
2000	349,4	220,3	63,1
2001	426,6	149,8	33
2002	455,3	180,3	39,6
2003	501,5	246,9	49,2
2004	707,4	263,5	37,3
2005	909,9	391,9	43,1
2006	1400	1075,2	76,8

Fonte: ISO, 2007

5.1.3. Mercado do açúcar e o etanol combustível

Tomando como referência os EUA, a produção de etanol tem aumentado nos países que estão incentivando o uso do etanol ou dos seus derivados (e.x. ETBE) (WALTER et al, 2007). Os principais produtores de etanol entre 2004 e 2005 são mostrados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2. Principais Produtores de Etanol entre 2004 - 2005

	2004 (Bt)	2005 (Bt)	Crescimento (%)
Brasil	15,41	16,50	7,07%
EUA	13,38	16,21	21,15%
China	3,65	3,80	4,11%
Índia	1,75	1,70	-2,86%
França	0,83	0,91	9,64%
Rússia	0,75	0,75	0,00%
África do Sul	0,42	0,39	-7,14%
Espanha	0,29	0,38	31,03%
Alemanha	0,27	0,35	29,63%
Tailândia	0,28	0,30	7,14%

Fonte: F.O.Lichts (2005), WALTER et al (2007)

Considerando a produção de etanol em 2005, aproximadamente 60% da produção foi obtido a partir das culturas açucareiras (cana-de-açúcar e beterraba), 30% a partir dos grãos (a maior parte milho), 7% correspondeu ao etanol sintético (produzido a partir do carvão, etileno, etc) e 3% a partir de outras matérias-primas (WALTER et al, 2007).

Visto que a matéria-prima mais utilizada na fabricação de etanol no mundo são as culturas açucareiras e que o presente trabalho enfoca a cana-de-açúcar (através dos seus méis) como matéria-prima para aumentar a produção de etanol combustível, considera-se importante analisar a interação dos mercados de açúcar e etanol, uma vez que o uso dos méis da cana na produção de etanol afeta diretamente a produção de açúcar.

O Brasil, único país que possui um modelo de industrialização da cana visando produzir açúcar e etanol combustível, tem os mercados destes dois produtos influenciados entre si. Já que, parte do processo de industrialização da cana é o mesmo para os dois produtos, é possível gerenciar as quantidades de produção de cada um deles, permitindo assim a procura do maior benefício por parte do agente industrializador da matéria-prima, conforme os preços de mercado.

Como o presente estudo, de certa forma, visa propor a implantação do modelo brasileiro de industrialização da cana à alguns países, mas com a diferença que para incrementar a produção mundial de etanol combustível no curto prazo seria necessário utilizar os méis intermediários, foram indicados cenários produtivos que afetariam a produção de açúcar e o seu mercado (previamente analisado no capítulo II), assim como o mercado do melaço e do etanol combustível.

5.1.3.1. Cenário A – modelo atual de industrialização da cana-de-açúcar

O primeiro cenário a ser mostrado é o atual modelo de industrialização da cana-de-açúcar, tendo como objetivo principal a produção do açúcar. Na Tabela 5.3 é mostrada a média da produção de cana, açúcar e melaço que os seis países teriam produzido anualmente, entre 2002 e 2005. Para o caso do melaço, a média das exportações foi calculada a partir dos dados da FAO entre 1999 e 2003.

Nesta mesma tabela, pode-se ver a Tailândia e a Austrália como os maiores exportadores de açúcar deste grupo. A Índia se apresenta como o maior produtor de melaço, sendo a Tailândia o maior exportador deste sub-produto da cana. Em conjunto, todos estes países representam em média 34% da produção de cana, 28% da produção mundial de açúcar, 24% das exportações de açúcar, 34% e 30% da produção e exportação mundial de melaço, respectivamente.

Tabela 5.3. Cenário A - industrialização da cana-de-açúcar – produção média hoje

	Prod. de Cana	Prod. de Açúcar	Export. de Açúcar	Prod. de Melão	Export. de Melão
	Mt	Mt	Mt	Mt	Mt
Austrália	36,37	5,21	4,23	1,1	0,36
Colômbia	21,41	2,68	1,16	0,72	0,13
Guatemala	17,46	2,10	1,35	0,57	0,22
México	46,23	5,58	0,23	1,53	0,38
Índia	261,83	18,83	0,71	9,69	0,22
Tailândia	62,20	6,55	4,01	2,65	1,15
MUNDO	1320	144,10	48,15	47,9	7,84

Fonte: FAO (2006) para a produção de cana e exportação de melão; USDA (2007) para exportação de açúcar; Produção de açúcar e melão, elaboração própria a partir da fórmula SJM (2006).

5.1.3.2. Cenário B – mercado de açúcar, melão e etanol combustível

Como apresentado no capítulo 3, a Tabela 3.8 mostra o cenário produtivo B proposto para a cana-de-açúcar, que tem como objetivo produzir açúcar e etanol combustível a partir do melão.

O melão, sub-produto obtido quando o objetivo da usina é a produção de açúcar, é um mel ainda rico em sacarose, usado majoritariamente como ração animal (ver tabela 3.15). O melão é vendido *in natura* e também é utilizado como matéria-prima na fabricação de etanol, principalmente o etanol industrial e de fabricação de bebidas.

Este trabalho propõe, através do cenário B, que o etanol produzido nos seis países pesquisados seja convertido em etanol combustível, visando a sua exportação entre os países que atualmente exportam melão, tomando como destino o mercado dos EUA.

A produção de etanol a partir do melão e dos méis significaria o investimento em equipamentos de fermentação, destilação e desidratação, dentre outros. Segundo o estudo de Eijsberg (2006), o custo total de instalação de todo o equipamento para produção de etanol estaria

por volta de US\$ 6 milhões, tomando como referência o mercado brasileiro. Todo o equipamento devidamente instalado, pronto para operação na sua máxima capacidade demoraria aproximadamente 1 ano.

Pelo que foi apreciado no presente trabalho, considerando os preços internacionais assumidos, o etanol combustível teria uma pequena vantagem econômica que poderia se incrementar a medida em que a quantidade de etanol produzido aumentar.

Outra vantagem concedida ao etanol é o rápido retorno que teriam as usinas açucareiras, dado o baixo investimento necessário para incluir a produção de etanol combustível na indústria. Porém, esta vantagem econômica é muito sensível em função das constantes variações do preço do açúcar e da dependência do preço internacional do etanol combustível.

A Tabela 5.4 mostra o cenário B e os seus impactos produtivos na industrialização da cana nos países estudados.

Tabela 5.4. Cenário B – industrialização da cana-de-açúcar – produção média

	Prod. de Cana	Prod. de Açúcar	Export. de Açúcar	Prod. de Etanol com todo o melão	Prod. de Etanol com o melão de export.
	Mt	Mt	Mt	M lit.	M lit.
Austrália	36,37	5,21	4,23	264	86,4
Colômbia	21,41	2,68	1,16	172,8	31,2
Guatemala	17,46	2,10	1,35	136,8	52,8
México	46,23	5,58	0,23	367,2	91,2
Índia	261,83	18,83	0,71	2325,6	52,8
Tailândia	62,20	6,55	4,01	636	276
MUNDO	1320	144,10	48,15		

Fonte: FAO (2006) para a produção de cana, USDA (2007) para exportação de açúcar. Elaboração própria a partir da fórmula E (2006) para prod. de etanol anidro.

- Na Tabela 5.4 foi considerada a atual produção média da cana-de-açúcar para cada país;
- Todos os países continuam produzindo a mesma quantidade média de açúcar;
- Todos os países mantêm as quantidades médias de exportação de açúcar, não ocorrendo alterações no mercado mundial;
- Se todo o melaço produzido por estes países fosse convertido em etanol anidro, a produção mundial de melaço diminuiria 16 milhões de toneladas, fato que afetaria fortemente o mercado de alimentação animal, principalmente o gado bovino, considerando que o melaço é o principal insumo para a preparação da ração deste animal;
- A diminuição de 16 milhões de toneladas de melaço afetaria diretamente o mercado da Índia, já que este país consome quase toda a sua produção na alimentação animal, atividade de grande importância para a população deste país. Este fato tornaria pouco provável a prática desta opção na Índia, dada também a dificuldade na reposição do produto para cobrir o mercado de alimentação animal, que precisaria importar melaço ou produtos afins, incrementando o preço interno. Além disso, não haveria um produtor internacional capaz de suprir a demanda de melaço da Índia no curto prazo;
- O impacto no mercado de alimentação animal, em geral, afetaria a todos os países estudados, talvez com exceção da Guatemala, que produz maior quantidade de álcool;
- Caso todo o melaço fosse convertido em etanol combustível, estes países precisariam importar melaço ou procurar outras alternativas para cobrir os mercados internos, o que levaria a um aumento do preço do melaço e a falta do mesmo em curto prazo;
- Economicamente, se o melaço que hoje é exportado por estes países fosse convertido em etanol anidro, também para exportação, os ingressos brutos nas indústrias açucareiras destes países aumentariam, principalmente, se os preços considerados no estudos se mantivessem no tempo ou as condições no mercado de etanol melhorassem;
- O aumento da produção mundial de etanol combustível seria pouco significativo para o mercado internacional: aproximadamente 590 milhões de litros a partir do melaço de exportação. Porém, se todo o melaço fosse destinado à produção de etanol combustível, sem considerar a Índia, 1,7 bilhão de litros seriam incorporados ao mercado dos biocombustíveis, e no curto prazo esta quantidade não é desprezível, principalmente para o comércio internacional, lembrando que o Brasil, maior exportador de etanol, comercializa mais de 3,2 bilhões de litros (ISO, 2007);

- No caso da Índia, que tem intenções de deixar o mercado mundial de melação para produzir etanol combustível para uso interno (ISO, 2007), poderia aumentar a sua atual produção de etanol combustível, em 70 milhões de litros, até 123 milhões de litros. Segundo a mistura exigida no país (E5) atualmente seriam necessários 500 milhões de litros de etanol;
- A Guatemala, que atualmente produz 43 milhões de litros de etanol combustível para exportação, poderia aumentar sua capacidade usando o melação de exportação, em até 100 milhões de litros, incrementando a receita bruta da indústria sucroalcooleira nacional;
- A Tailândia, que produz etanol combustível a partir da mandioca, com o qual supre aproximadamente 30% da demanda interna de biocombustível (WALTER et al, 2007), poderia aumentar quase 300 milhões de litros à sua produção atual, a partir do melação de exportação. Entretanto, como a Tailândia é um dos maiores exportadores de melação, a sua retirada do mercado internacional teria um forte impacto, aumentando o preço internacional e a escassez do mesmo no mercado, já que este país representa quase 15% do melação comercializado internacionalmente;
- O México, dada a sua política de etanol E10, precisaria atualmente de 700 milhões de litros de etanol combustível para saciar a demanda. Porém, a sua atual produção, baseada no melação da cana, é de 50 milhões de litros e poderia aumentar até 140 milhões de litros, caso fosse utilizado o melação que atualmente é exportado. O governo já está estudando a possibilidade de incrementar a produção de etanol anidro a partir do mel B para suprir a demanda exigida pelo programa de etanol. Provavelmente, o México não está buscando participar como um forte exportador, embora teria possibilidade graças a sua posição geográfica em relação aos EUA e aos acordos comerciais;
- Na Austrália, a produção de etanol combustível em 2004 foi de 72 milhões de litros (RFA, 2005), e, conforme o programa de etanol E10, necessita de quase 1,9 bilhão de litros para abastecer todo o país. A produção de etanol a partir do melação seria insuficiente para atender o seu mercado interno contudo, para o mercado externo, ajudaria a multiplicar os fluxos comerciais do novo mercado de etanol e incrementaria a economia da indústria sucroalcooleira do país se os preços forem favoráveis;
- A Colômbia, que começou o seu programa de etanol firmemente, hoje produz aproximadamente 266 milhões de litros de etanol combustível a partir do caldo da cana e

do melão (ASOCAÑA, 2007). Este modelo de industrialização é semelhante ao modelo brasileiro. A mistura E10 exigida no país precisaria, hoje, de aproximadamente 474 milhões de litros de etanol combustível para atingir a demanda, que torna insignificante a opção de sair do mercado internacional de melão.

5.1.3.3. Cenário C – mercado de açúcar, melão e etanol combustível

Como mostrado na tabela 3.8 do capítulo III, o cenário produtivo C tem por objetivo produzir açúcar e etanol combustível a partir do mel A, diminuindo a produção de açúcar e deixando de produzir o melão.

Este cenário teria impacto em três mercados (açúcar, etanol e melão) e, para analisar estes impactos, primeiro temos que lembrar que para todos os cenários propostos, a indústria açucareira de cada país deverá investir no equipamento de produção do etanol, retardando o começo da produção em mais ou menos um ano, como explicado anteriormente. De outro lado, o uso dos meios intermediários deixaria inativos equipamentos de alta demanda de energia como são os cozedores e as centrífugas, fato que poderia tornar atrativa a produção de etanol nas usinas açucareiras, diminuindo o gasto de energia no processo de industrialização da cana-de-açúcar.

Na Tabela 5.5. se mostra o impacto do cenário C na industrialização da cana, quando o mel A é utilizado na produção de etanol combustível. Este cenário considera: a produção média da cana se mantém constante; não é produzido o melão; em média a redução da produção do açúcar é 28,5%, assumido como o açúcar de exportação.

Tabela 5.5. Cenário C – industrialização da cana-de-açúcar – produção média

	Prod. de Cana	Prod. de Açúcar	Export. de Açúcar	Prod. de Etanol do mel A
	Mt	Mt	Mt	Bl
Austrália	36,37	3,86	2,88	1,10
Colômbia	21,41	1,94	0,42	0,60
Guatemala	17,46	1,52	0,77	0,48
México	46,23	4,05	-	1,27
Índia	261,83	13,46	-	7,99
Tailândia	62,20	4,33	1,79	1,94
MUNDO	1320	131,81	43,26	-

Fonte: FAO (2006) para a produção de cana, USDA (2007) para exportação de açúcar. Para a produção de etanol anidro, elaboração própria a partir da fórmula *E* (2006).

5.1.3.3.1. Impacto no mercado do Açúcar

- A Tabela 5.6 indica a atual produção e distribuição média do açúcar no mundo, entre 2002 e 2005, apresentando alguns dos países mais importantes no mercado mundial de açúcar (produtores e consumidores), assim como os mercados regionais.

A UE, a Índia, o Brasil e os EUA são os maiores consumidores e produtores de açúcar. No entanto, a UE e os EUA são também os maiores importadores deste produto. A Organização Internacional do Açúcar (ISO), através do primeiro informe trimestral de 2007, opina que hoje a economia mundial do açúcar está entrando em uma fase excedentária, caracterizada pelo excesso na produção global com relação ao consumo, assim como pela disponibilidade exportadora, consideravelmente superior à demanda de importação que também continua a se incrementar.

Tabela. 5.6. Produção e distribuição média do açúcar no mundo entre 2002 e 2005

País/região	Produção Açúcar	Importações	Exportações	Uso Total	Estoque
Milhão de tonelada (Mt)					
México	5,58	0,21	0,22	5,47	1,50
EUA	7,34	2,05	0,20	9,13	1,51
<i>Total América do Norte</i>	13,01	3,59	0,45	16,02	3,19
<i>Total Caribe</i>	2,66	0,56	1,78	1,49	0,37
Guatemala	2,1	0,002	1,35	0,60	0,16
<i>Total América Central</i>	3,93	0,004	2,31	1,65	0,45
Brasil	26,31	-	16,34	10,34	0,4
Colômbia	2,68	0,048	1,16	1,49	0,08
<i>Total América do Sul</i>	33,93	0,82	18,14	16,81	1,9
UE – 25	20,11	2,56	7,35	17,35	4,52
Leste da Europa	6,54	7,10	1,39	12,95	2,73
África do Sul	2,60	0,24	1,15	1,58	0,79
<i>Total África</i>	8,29	6,40	3,64	10,93	3,22
<i>Total Leste Médio</i>	4,99	8,29	3,11	10,17	2,49
Japão	0,89	1,38	0,012	2,24	0,46
Índia	18,83	0,69	0,71	19,84	7,85
China	10,35	1,18	0,18	11,29	1,8
Tailândia	6,55	-	4,01	2,03	1,14
Austrália	5,21	0,01	4,23	1,16	0,46
Paquistão	3,43	0,52	0,08	3,84	0,78
<i>Total Ásia - Oceania</i>	50,68	13,68	11,02	54,87	16,24
Total Mundo	144,10	43,14	48,15	141,04	35,41

Fonte: USDA, 2007.

- O mel A convertido em etanol combustível, diminuindo a produção de açúcar em 11,8 milhões de toneladas (8% da produção mundial), deveria incrementar o alcaído preço do açúcar internacional, no entanto, como projetado pela ISO, espera-se níveis de sobreprodução em vários países produtores que poderiam estabilizar o preço.
- A ISO (2007) acredita que no médio prazo continue a fase excedentária da produção do açúcar em termos globais, e que, países como Brasil, Tailândia, China e Paquistão aumentem a produção muito mais do que a média mundial nos próximos anos. Portanto, estes recordes de produção mundial que seriam alcançados poderiam contribuir com a queda do preço internacional do açúcar bruto, que já apresenta tendência decrescente.
- O déficit no mercado mundial de açúcar apresentado entre 2004 e 2005, um dos fatores que contribuiu para que o preço em 2006 atingisse o seu valor máximo dos últimos anos,

parece que não vai se repetir no curto e nem no médio prazo, como mostrado pela ISO (2007).

- Outro importante impacto que atingiria o mercado do açúcar seria o aumento do valor do açúcar produzido pelas usinas que destinassem o mel A à produção de etanol, já que somente o açúcar de maior qualidade (açúcar tipo A) seria obtido.
- Isto porque, o mel A e B produzem açúcar de menor qualidade e menos apreciado no mercado, pela maior dificuldade no refino.
- A produção de açúcar de maior qualidade nas usinas significaria o aumento no valor de negociação do produto e, embora a quantidade total de açúcar produzido seja menor, este terá um preço maior.
- Os impactos seriam diferentes e mais complexos analisando cada país:

México:

- O México já tem planos de utilizar o mel B para incrementar a sua produção de etanol combustível e assim atender a demanda interna, com a mistura E10. Porém, se o mel A fosse utilizado como matéria-prima para o etanol, poderia dispor de quantidades exportáveis de aproximadamente 500 milhões de litros, considerando que a necessidade interna está em torno de 700 milhões de litros (CORTINA, 2007).

O fato de utilizar o mel A na produção de etanol no curto prazo pressionaria a indústria mexicana a colocar no mercado o açúcar de estoque, e provavelmente até importar açúcar para conseguir atender a demanda atual. Isto provocaria ao mercado interno uma situação mais vulnerável às futuras baixas na produção do açúcar e às variações do seu preço. Contudo, pode-se dizer que a opção do mel A como matéria-prima do etanol seria mais difícil de acontecer, ainda que o Tratado de Livre Comércio de América do Norte (TLCNA), que começa em 2008, possa ser uma interessante opção econômica para o etanol e outros produtos oriundos da cana.

Guatemala:

- A Guatemala, que exporta aproximadamente 64% da sua produção de açúcar, poderia aproveitar o mel A para produzir etanol combustível, substituindo a exportação do açúcar pela do etanol. A redução média da produção de açúcar seria de 580 milhares de

toneladas, quantidade retirada do mercado internacional, contudo, acredita-se que sem prejuízos no preço, em face aos excedentes de produção previstos para os outros países exportadores deste produto.

Colômbia:

- A Colômbia, importante exportador de açúcar, vem diminuindo sua produção global, retirando parte do açúcar exportável e do açúcar consumido no mercado interno (fato que obrigou a aumentar as importações), uma vez que o governo está incentivando firmemente o consumo de etanol combustível, através da mistura E10 em todo o país. Aproximadamente, 60% da demanda prevista de etanol é suprida pela indústria da cana-de-açúcar, usando como matéria-prima o melaço e o caldo extraído diretamente da cana (ISO, 2007).
- Segundo o informe de mercado da ISO (2007), o governo planeja a expansão da produção de etanol para abastecer o 40% faltante para a mistura E10 em todo o país. Isto seria possível, através do uso da mandioca e da cana-de-açúcar utilizada na fabricação de rapadura. A Colômbia é o segundo maior produtor de açúcar não centrífugada ou do tipo demerara, depois da Índia.
- Se o mel A fosse utilizado na produção de etanol, reduziria a produção de açúcar em 740 milhares de toneladas, permitindo produzir 600 milhões de litros do biocombustível. Esta opção atenderia toda a demanda atual de etanol combustível no país, segundo a política E10, entretanto, a forte diminuição na produção de açúcar traria fortes impactos no mercado nacional e internacional, dado que, não há grandes estoques, além disso o tempo de recuperação da produção de açúcar seria demorado (considerando a formação do canavial e a instalação das novas usinas ou novos equipamentos para aumentar a produção de açúcar).
- As 740 milhares de toneladas que poderiam ser retiradas da oferta internacional de açúcar por parte da Colômbia, poderiam ser supridas por grandes produtores como o Brasil e outros. Porém, como o comércio internacional é bastante complexo, em função das barreiras protecionistas e acordos comerciais existentes, o acesso aos mercados da Colômbia ficaria restrito aos países que, além do potencial de exportação, tivessem fácil acesso aos mesmos mercados consumidores.

Índia:

- A Índia, um dos maiores produtores de açúcar junto ao Brasil, é um forte consumidor deste produto tendo pouca participação no comércio internacional. Se bem de que este país passou por uma crise de produção entre 2004 e 2005, que elevou sua pequena cota de importação. No último ano se recuperou surpreendentemente e, segundo os especialistas da ISO, a produção de açúcar continuará se incrementando nos próximos anos, favorecida pelas condições climáticas e a expansão da cultura de cana-de-açúcar.
- Este espetacular crescimento da produção de açúcar na Índia, ironicamente, tem provocado a saturação do produto no mercado interno, reduzindo os preços e multiplicando os estoques, afetando, portanto, diretamente o lucro dos usineiros locais (ISO, 2007). As previsões dão conta que o estoque de açúcar na Índia ultrapasse as 10 milhões de toneladas, quase 50% do seu consumo anual.
- Este cenário de sobreprodução de açúcar na Índia coloca ao mel A como a opção que poderia aliviar a economia futura da indústria, através da produção de etanol combustível, diminuindo 5,37 milhões de toneladas de açúcar produzido.

Tailândia:

- A Tailândia, também um importante produtor e exportador de açúcar, recupera-se das dificuldades enfrentadas no setor em 2005 e 2006, e espera-se que alcance novos recordes nos próximos anos (ISO, 2007).
- A opção de utilizar o mel A na produção de etanol poderia reduzir pouco mais de 2 milhões de toneladas de açúcar, o que representaria quase 50% do açúcar anualmente exportado.
- Este país tem potencial para ser um importante exportador de etanol combustível, mas esta opção teria de ser bastante analisada considerando bem os mercados aos quais teria que destinar o biocombustível levando em conta: acessibilidade, preços, acordos comerciais, etc.
- No mercado internacional de açúcar o impacto poderia ser manejável e até leve, se a sobreprodução de açúcar e do seu estoque nos principais países exportadores pudesse atender aos mercados deixados pela Tailândia. Mas isto dependeria também das

possibilidades que os outros países teriam para acessar aos mesmos mercados da Tailândia.

Austrália:

- A Austrália que viu afetada a sua produção de açúcar em 2006, da mesma forma que aconteceu em 2001 e 2002 por fatores climáticos, hoje, está recuperando a sua produção. Não há, no entanto, previsões de grandes aumentos nos próximos anos, o que se espera é que a produção se mantenha na média de 5 milhões de toneladas.
- Este país é um dos maiores exportadores de açúcar, exporta mais de 80% da sua produção anual e em razão dos atuais preços internacionais de etanol combustível e a tendência decrescente dos preços do açúcar, poderia escolher a opção de produzir o biocombustível incrementando a economia de sua indústria açucareira.
- A produção de etanol a partir do mel A, com potencial de 1 bilhão de litros, vai reduzir mais de um milhão de toneladas de açúcar, que seriam retirados do mercado internacional. Segundo a política de mistura E10 do governo australiano, a demanda atual pelo etanol combustível estaria perto de 2 bilhões de litros.
- O impacto da retirada de um milhão de toneladas de açúcar do mercado internacional poderia ser leve se os países exportadores que estão incrementando a sua produção de açúcar e os seus estoques, suprissem a demanda internacional. Este fato ajudaria a manter os preços internacionais do açúcar nos atuais níveis.

5.1.3.3.2. Impacto no mercado do Etanol

Como se mencionou anteriormente, o atual consumo de etanol combustível é de 33 bilhões de litros e está concentrado no Brasil e nos EUA. Porém, espera-se que através dos programas de etanol e das misturas de etanol-gasolina estabelecidos em vários países se consiga incrementar o consumo mundial e até o comércio internacional deste biocombustível.

Em 2012, a demanda por etanol combustível nos países pesquisados no capítulo IV, que representam mais de 70% do consumo mundial de gasolina, poderia chegar a mais de 52 bilhões de litros.

As oportunidades para aumentar a produção de etanol combustível no curto prazo, nos países industrializadores da cana-de-açúcar, são reais e em alguns casos como na Colômbia já estão acontecendo.

As matérias-primas aqui propostas já estão sendo avaliadas por alguns países. O México, que atualmente produz etanol combustível a partir do mel A, tem planos de utilizar o mel B para incrementar a sua produção. A Índia já tem planos de sair do mercado internacional do mel A e incrementar a produção de etanol combustível. Porém, o denominador comum nos planos de expansão da produção de etanol combustível é o atendimento do próprio mercado interno.

Vários países têm potencial não só de atender a demanda interna de etanol, mas também de fornecer o biocombustível para o mundo, essencialmente quando o mel A é utilizado como matéria-prima. Alguns dos impactos que aconteceriam no mercado de etanol são mostrados a seguir:

- Os seis países pesquisados poderiam produzir, a partir do mel A, mais de 13 bilhões de litros de etanol anidro combustível, representando quase 40% do atual consumo.
- Se todo este etanol fosse produzido com o objetivo de comercializá-lo no mercado internacional, atualmente, haveria muitas dificuldades para encontrar compradores, já que existem muitas barreiras comerciais que dificultam um crescimento exponencial deste mercado e estas barreiras são colocadas principalmente pelos potenciais maiores consumidores de biocombustíveis.

Índia:

- O maior produtor de etanol a partir dos méis da cana entre os países pesquisados é a Índia, que poderia produzir até 8 bilhões de litros por ano. Entretanto, o seu mercado interno, dada a mistura E5, somente chegaria perto de um bilhão de litros em 2012.
- Este cenário transformaria a Índia em um dos maiores exportadores de etanol combustível, mas como este produto tem o seu mercado internacional pouco desenvolvido e ainda é comercializado dentro de diversas restrições de mercado (como barreiras, cotas

de produção e subsídios), no curto prazo, não se espera um crescimento dos fluxos comerciais que encontre mercado para 7 bilhões de litros do etanol indiano.

- O comércio internacional de etanol é de aproximadamente 6 bilhões de litros e tem o Brasil como o seu máximo exportador, que por sua alta competitividade na produção, espera-se que no futuro continue a ser o maior *player* do mercado internacional de etanol.
- Um incremento tão acelerado da oferta de etanol combustível no mercado internacional diminuiria o seu preço, atualmente com um média de 0,35 dólares por litro, como apresentado no capítulo III.
- Se somente fosse considerado o atual mercado potencial de etanol combustível na Índia, a partir das políticas formuladas pelo governo, a produção do biocombustível teria mais chances de utilizar como matéria-prima o melado.

Austrália:

- A Austrália, importante exportador de açúcar, poderia produzir mais de 1 bilhão de litros de etanol combustível a partir do mel A, perdendo em produção de açúcar em até 3,9 milhões de toneladas.
- Se o etanol combustível fosse produzido em detrimento da produção do açúcar, que é exportado pela Austrália, também com o objetivo de exportá-lo, poderia incrementar o lucro da indústria açucareira do país, considerando o custo de oportunidade analisado para estes produtos.
- Porém, a maior dificuldade passaria pela liberalização dos mercados, embora a demanda mundial continua crescendo, como indicado pelas políticas lançadas por vários países.
- Considerando o tímido mercado internacional de etanol combustível, a rápida entrada de grandes quantidades do etanol poderia afetar de maneira negativa os preços internacionais.
- Se a projeção da demanda de etanol combustível, mostrada no capítulo IV, fosse considerada pela posição geográfica, a China e o Japão seriam os principais mercados para o etanol produzido na Austrália.
- Mas se o etanol fosse produzido para o mercado interno, em 2012, o mel A somente poderia suprir 50% da necessidade de etanol para o uso como combustível.

Colômbia:

- A Colômbia, que já está utilizando etanol combustível para substituir a gasolina, produz o seu etanol a partir do melaço e diretamente do caldo da cana, semelhante ao Brasil.
- A quantidade de etanol que a Colômbia poderia produzir a partir do mel A seria suficiente para suprir as necessidades atuais e futuras do mercado interno e ainda ter excedentes para exportação.
- O etanol combustível disponível para exportação teria como principal destino os EUA, país com quem a Colômbia tem um acordo internacional que poderia abarcar a importação do biocombustível.
- O etanol que poderia ser exportado pela Colômbia não teria efeitos negativos no mercado internacional de etanol combustível, pelo contrário ajudaria a incrementar os fluxos comerciais e a motivar o rápido crescimento do mercado internacional.

Guatemala:

- A Guatemala, o maior exportador de açúcar da América Central, poderia produzir quase 500 milhões de litros de etanol a partir do mel A.
- Este etanol poderia ser exportado aos EUA por intermédio dos acordos comerciais que incentivam a exportação do biocombustível e, assim, fomentar o crescimento do mercado internacional de etanol e, ao mesmo tempo, incrementar o lucro da indústria açucareira do país.

México:

- O México, como já foi explicado, tem como objetivo principal atender o seu mercado interno e já está planejando a produção de etanol combustível a partir do mel B, projetando mais de 700 milhões de litros de etanol anidro.
- Porém, se produzisse o biocombustível a partir do mel A, poderia suprir o seu mercado interno e também exportar, com a capacidade de produção de mais de 1 bilhão de litros de etanol.
- Um mercado importante para o etanol anidro mexicano seria os EUA, aproveitando-se do aproveitamento do tratado comercial que existe entre os dois países e do rápido crescimento da demanda neste país.

Tailândia:

- A Tailândia poderia produzir aproximadamente 2 bilhões de litros de etanol combustível a partir do mel A.
- Este grande potencial teria um forte impacto no atual comércio internacional de etanol combustível, contudo, a sua comercialização dependerá dos mercados que sejam acessíveis para a Tailândia.

5.1.3.3. Impacto no mercado do Melão

A produção de etanol a partir do mel A reduziria toda a produção de melão e, no caso dos países selecionados neste estudo, a redução de 16 milhões de toneladas representaria 34% da produção mundial e 31% do melão exportado anualmente.

Uma redução tão forte na oferta mundial de melão impactaria no preço internacional e até geraria uma escassez no mercado, afetando principalmente o setor da alimentação animal, o principal consumidor do melão.

5.1.3.4. Cenário D – mercado de açúcar, melão e etanol combustível

O cenário D, que propõe a produção de etanol combustível a partir do mel B, teria quase os mesmos impactos do cenário C em curto prazo, principalmente quando se deixa considerado que se deixaria de produzir grandes quantidades de melão.

Para o caso do mercado de açúcar, os impactos seriam parecidos com o cenário produtivo anterior, porém de forma mais leve, já que a diminuição na produção de açúcar seria menor (aproximadamente 3% da produção mundial) e reduziria os impactos nos preços e no tempo de reposição da produção, especialmente quando são considerados os incrementos no estoque mundial de açúcar previsto.

Para o mercado de etanol, o aumento da sua produção a partir do mel B seria também importante para impulsionar o mercado internacional e nacional de biocombustíveis, uma vez que os seis países teriam capacidade de produzir 7,8 bilhões de litros.

Especificamente, o mercado nacional de etanol dependerá das políticas de mistura e do potencial da atual capacidade de produção de cada país, ainda que o mercado internacional esteja sujeito aos acordos comerciais e à liberalização do comércio mundial dos produtos agroindustriais, que poderiam permitir um maior acesso a importantes mercados consumidores de açúcar e etanol: EUA e a UE.

5.1.3.5. Fluxos comerciais do etanol combustível em 2012

A Figura 5.5 apresenta os fluxos comerciais de etanol em 2012 que, segundo a análise feita neste capítulo, poderiam acontecer se estes países aproveitassem a sua capacidade de produção e conseguissem atingir os grandes mercados consumidores do biocombustível. Também são considerados os fluxos de etanol combustível que atualmente acontecem entre outros países como são o Brasil, que é o maior exportador de etanol na atualidade.



Fonte: Elaboração Própria a partir da análise feita no trabalho e o mapa político mundial, 2007

Figura 5.5. Comércio do Etanol Combustível em 2012

Nos fluxos comerciais que aconteceriam entre as principais regiões produtoras e consumidoras destacam-se países como: Brasil, EUA, EU, Japão, México, o Caribe, Peru, Austrália e China, entre outros.

Capítulo VI

Conclusões

Esta dissertação teve por objetivo mostrar o potencial dos méis da cana-de-açúcar na produção do etanol combustível, através de um estudo de caso, selecionando seis importantes países na industrialização da cana.

Estes seis países que industrializam a cana para produzir o açúcar, majoritariamente, poderiam começar a produzir etanol combustível através da utilização dos méis resultantes do próprio processo de produção do açúcar. Esta opção seria uma alternativa econômica para a atual indústria açucareira no curto prazo.

A alternativa de diversificação da atual economia açucareira nos países estudados, que são semelhantes em todo o mundo, pode ser comparada com o começo do Proálcool brasileiro. O Brasil é o único país que produz, paralelamente, etanol e açúcar a partir da cana, sendo na atualidade, embora não necessariamente por este fato, o maior industrializador da cana-de-açúcar.

Neste sentido, buscou-se como objetivos específicos: estudar o processo de produção do açúcar da cana e determinar as quantidades de méis que são produzidos; avaliar o potencial destes méis na produção do etanol anidro combustível; estudar o atual mercado internacional de etanol combustível e analisar os impactos do aumento de produção propostos através dos méis, assim como os impactos que poderiam se refletir no mercado do açúcar e melaço.

O objetivo principal no segundo capítulo foi estudar a cana-de-açúcar, matéria-prima com maior potencial para produzir etanol combustível no mundo. Mostrou-se as suas características, rendimentos e forma atual de industrialização. Posteriormente, estudou-se o açúcar, produto de maior valor obtido da cana, começando desde o seu processo de produção até chegar ao mercado no qual é comercializado.

Observou-se que o açúcar é uma *commodity* agroindustrial complexa, influenciada pela política, pelo clima e pela produção de biocombustível, como acontece no Brasil. Os países mais competitivos na produção de açúcar esperam as mudanças estruturais do comércio internacional, exigidas aos maiores consumidores no mundo, para incrementar a sua participação no mercado e torná-lo mais competitivo. Hoje, a dificuldade no acesso de alguns mercados e o crescimento da produção mundial traz consigo a diminuição dos preços e o incremento dos estoques.

Dentro do estudo do processo de produção de açúcar, analisou-se com mais detalhe os méis, sub-produtos obtidos ao longo de todo o processo de industrialização. Foram estudados o mel A e B e também o melaço, méis propostos como matéria-prima para produzir etanol combustível.

No terceiro capítulo foi calculado o potencial dos méis para a produção de etanol combustível. A partir da escolha de alguns países, assumidos como os principais industrializadores da cana-de-açúcar, depois do Brasil, aplicou-se as fórmulas que permitiram calcular: a produção dos méis, o açúcar que se deixaria de produzir, quando o etanol é produzido a partir dos méis A e B, e o potencial desses méis para ser convertidos em etanol anidro.

Para os países selecionados, Austrália, Índia, Tailândia, México, Colômbia e Guatemala, foram propostos novos cenários produtivos levando em conta o atual processo de industrialização da cana-de-açúcar. Cada cenário propõe a utilização de um tipo de mel como matéria-prima na produção de etanol combustível.

Os cálculos mostram que a produção de etanol combustível a partir do mel A diminuiria, em média, 28,5% a produção de açúcar e iria suspender a produção de melaço. Entretanto, a

partir do mel B, a produção de açúcar diminuiria em média 11,2%, parando também a produção de melaço. Já para o caso do melaço, que hoje é destinado majoritariamente à ração animal, quando usado como matéria-prima na produção de etanol combustível não afeta a produção do açúcar.

No caso do etanol combustível, os seis países poderiam produzir a partir do mel A um valor médio equivalente a 40% da atual produção mundial de etanol usado como combustível.

Através da análise de custo de oportunidade, aplicado ao açúcar, o melaço e o etanol anidro, imaginando que todos estes produtos fossem vendidos ao mercado dos EUA, observou-se que o etanol combustível é ligeiramente mais rentável para a indústria da cana, segundo o cenário apresentado. Porém, a vantagem econômica do etanol é dependente do atual cenário analisado, que podira experimentar muitas variações considerando a instabilidade dos preços do açúcar e o rápido crescimento do mercado de etanol combustível, entre outros fatores.

O incremento nas receitas brutas da indústria da cana é maior quando são comercializados grandes quantidades de etanol combustível, dependendo do equilíbrio, ao longo do tempo, dos atuais preços médios registrados para os três produtos ou, também, dos fatores que influenciam o desenvolvimento do mercado do biocombustível.

No quarto capítulo foram analisadas as perspectivas da demanda mundial de etanol combustível até 2012. Através do estudo dos programas de etanol combustível, em um grupo de países que representam mais de 70% do consumo atual de gasolina, assumiram-se as percentagens de gasolina que seriam substituídas com o etanol combustível.

Observou-se muitos países interessados na inclusão do etanol como combustível para transporte, porém, com intenções de produzir o seu próprio biocombustível, já que consideram importante a segurança energética, a diminuição da dependência da gasolina importada, a inclusão social e a reativação do setor econômico agroindustrial.

Muitos países não terão a capacidade de suprir o seu próprio biocombustível, abrindo a possibilidade de desenvolvimento do mercado internacional, no qual os países mais competitivos e de maior capacidade de produção poderão se tornar os maiores fornecedores de etanol.

Para prever a demanda de etanol combustível em 2012 também se projetou o consumo de gasolina, cuja demanda se mostra fortemente crescente, impulsionada principalmente por países emergentes, tais como a China e a Índia, assim como pelos EUA.

Finalmente, considerando as políticas de mistura de etanol-gasolina em cada país e a gasolina consumida em 2012, projetou-se a demanda de etanol combustível, subtraindo a gasolina que seria substituída pelo etanol combustível através das misturas. Assim, em 2012 a demanda de etanol combustível no grupo de países selecionados seria de 46 bilhões de litros por ano.

O quinto capítulo analisa o impacto dos cenários produtivos propostos nos seis países escolhidos neste estudo, abordando os mercados do etanol, açúcar e melão.

No cenário B, do ponto de vista do mercado de etanol combustível, o aumento da oferta deste biocombustível poderia contribuir ao desenvolvimento do mercado internacional, seja considerando a produção de etanol a partir de todo o melão produzido na indústria, seja a partir do melão que é exportado.

Os impactos do cenário B em cada país podem ser diferentes, já que os mercados do melão são distintos para cada um dos produtores. Por exemplo, na Tailândia, um dos maiores exportadores de melão, a produção de etanol através do melão de exportação incrementaria a receita anual da indústria. Em contrapartida, haveria um forte impacto no mercado internacional do melão, uma vez que estes país é um importante exportador e, por consequência, a retirada de grandes quantidades de melão influenciaria na elevação do seu preço internacional.

A substituição do melado de exportação pelo etanol combustível de exportação dependerá, em todos os países, do arranjo dos mercados para a venda deste biocombustível, atualmente limitada pelas diferentes barreiras comerciais existentes.

Outra opção para o etanol produzido a partir do melado e dos outros méis é o desenvolvimento do mercado interno. No curto prazo, os méis da cana oferecem quantidades de etanol importantes para impulsionar a inserção do etanol combustível em cada país, porém, esta opção é dependente da participação dos próprios governos que, através das políticas, devem incentivar a diversificação na industrialização da cana-de-açúcar.

Os cenários C e D incrementam ainda mais o potencial de produção do etanol, utilizando como matéria-prima os méis A e B, respectivamente. A produção de açúcar diminui até quase 30%.

Os impactos decorrentes destes cenários são diversos, atingindo os mercados de etanol, açúcar e melado. O cenário C, produzindo a maior quantidade de etanol a partir do mel A, teria impacto no preço internacional deste produto, principalmente se a Índia e a Tailândia aproveitassem todo o seu potencial de exportação: 8 e 2 bilhões de litros, respectivamente.

Se a oferta de etanol no mundo aumentasse exponencialmente no curto prazo sem um mercado totalmente definido, além de impactar decisivamente o preço internacional, este produto teria dificuldade para ingressar em muitos mercados. Porém, acredita-se que no longo prazo este potencial poderia ser aproveitado gradualmente aproveitando as condições de mercado interno e externo.

O mercado do açúcar também seria afetado no cenário C, diminuindo mais de 8% da produção mundial ou 24,5% do açúcar atualmente exportado no mundo. A retirada de grandes quantidades de açúcar do mercado internacional no curto prazo afetaria fortemente o preço, embora, segundo a ISO (2007), nos próximos anos é prevista a sobreprodução de açúcar, aumentando conseqüentemente os estoques mundiais, que poderiam, dado o cenário, atender a

demanda do açúcar substituído pelo etanol no cenário C. Por exemplo, estima-se que na Índia os estoques alcancem 10 milhões de toneladas, quase a metade do açúcar hoje consumido no país.

A sobreprodução de açúcar que se prevê para os próximos anos e a crescente demanda pelo etanol combustível colocam os cenários C e D como alternativas que poderiam aliviar e/ou melhorar as economias da indústria açucareira nos países estudados.

O impacto mais forte nos cenários C e D poderia se refletir no mercado do melaço, já que os seis países estudados são responsáveis por 31% do melaço exportado, encabeçados pela Tailândia. Acredita-se que a retirada de 2,5 milhões de toneladas de melaço no curto prazo incrementaria o preço internacional e o mercado de ração animal seria fortemente afetado.

De forma global, a alternativa de produzir etanol combustível a partir dos méis da cana-de-açúcar é tecnicamente possível no curto prazo e precisaria de pouco investimento nas usinas de açúcar. Entretanto, as vantagens econômicas serão determinantes no curto e longo prazo.

A produção de etanol combustível a partir dos méis da cana pode ser uma importante opção para o desenvolvimento dos mercados internos, mas também, poderia ser o impulso que o crescente mercado internacional de etanol precisaria no curto prazo.

A competitividade e a capacidade de produção de etanol serão necessários para aqueles com interesse de fornecer o biocombustível aos grandes mercados como: os EUA, a UE e o Japão.

Os atuais fatores econômicos, energéticos, políticos, ambientais e sociais estão fazendo com que os países com potencial para a produção dos biocombustíveis enxerguem a oportunidade de desenvolvimento dos seus próprios mercados. Neste sentido, o Brasil, que tem o mercado interno de etanol desenvolvido e a maior competitividade e capacidade de produção do mesmo, é o país com as mais claras opções para fornecer etanol ao mundo.

No entanto, hoje, acordos comerciais estão abrindo oportunidades para países de menor competitividade e capacidade de produção de etanol e, enquanto o mercado internacional

continuar amarrado às barreiras comerciais, muitos destes países podem exportar e aumentar a participação no mercado internacional de etanol combustível.

Finalmente, através deste trabalho vê-se que o etanol combustível produzido a partir da cana-de-açúcar é a alternativa mais importante, no curto e médio prazo, para tentar diminuir as emissões de gases de efeito estufa causadas pelo setor de transportes. Além disso, o etanol de cana representa oportunidades para que países diversifiquem as suas atuais economias açucareiras e diminuam a dependência da gasolina importada.

Espera-se que em um espaço de tempo mais longo se tornem viáveis outras alternativas para a produção de biocombustíveis, para que o mundo continue se desenvolvendo consumindo energia de forma sustentável.

6.1. Sugestões para futuros trabalhos

- Analisar o potencial de produção de etanol combustível nos países produtores de cana-de-açúcar no longo prazo, considerando as melhoras tecnológicas, concorrência com outras culturas, etc.
- No curto prazo, seria interessante estudar a competitividade que teriam os países com maior potencial de produção de etanol a partir de outras culturas.
- Fazer um estudo sobre as possibilidades de desenvolvimento do mercado internacional de etanol combustível e identificar os maiores *players*, analisando os impactos econômicos, energéticos e ambientais da inserção deste biocombustível na matriz energética mundial.
- Estudar o quanto a tecnologia poderá contribuir para o desenvolvimento do mercado internacional de etanol combustível.
- Aproveitar a experiência brasileira na produção e uso de etanol combustível e elaborar alinhamentos que permitam desenvolver o mercado na América Latina, considerando as características de cada país.

Anexo 1

Glossário

a) Incoterms:

FOB – *Free on Board*: o exportador deve entregar a mercadoria, desembaraçada, a bordo do navio indicado pelo importador, no porto de embarque. Esta modalidade é válida para o transporte marítimo ou hidroviário interior. Todas as despesas, até o momento em que o produto é colocado a bordo do veículo transportador, são da responsabilidade do exportador. Ao importador cabem as despesas e os riscos de perda ou dano do produto a partir do momento que este transpuser a amurada do navio (MRE, 2005).

CIF – *Cost, Insurance and Freight*: modalidade equivalente ao CFR, com a diferença de que as despesas de seguro ficam a cargo do exportador. O exportador deve entregar a mercadoria a bordo do navio, no porto de embarque, com frete e seguro pagos. A responsabilidade do exportador cessa no momento em que o produto cruza a amurada do navio no porto de destino. Esta modalidade só pode ser utilizada para transporte marítimo ou hidroviário interior (MRE, 2005).

b) Tipos de etanol

Álcool Etilico Anidro Combustível (AEAC): obtido, no Brasil, pelo processo de fermentação do caldo da cana-de-açúcar. Apresenta teor alcoólico mínimo de 99,3° INPM (fixado pela Resolução ANP n.º 36/05). O AEAC é utilizado para mistura com a gasolina A, especificada pela Portaria ANP n.º 309/01, para produção da gasolina tipo C. O teor de AEAC na gasolina é fixado por Portaria do Ministério da Agricultura, conforme Decreto N.º 3.966/2001. O teor adicionado pode variar de 20 a 25%, em volume, segundo a Lei N.º 10.696/2003. O percentual de AEAC adicionado à gasolina, a partir do ano de 2002, foi de 25% até 06/02, de 20% até 01/03, de 25% até 05/03, de 20% até 02/06 e de 23% a partir de 23/11/2006 (CTC, 1999).

Álcool Etilico Hidratado Combustível (AEHC): combustível automotivo obtido, no Brasil, pelo processo de fermentação do caldo da cana-de-açúcar. Quando isento de hidrocarbonetos, apresenta teor alcoólico na faixa de 92,6° a 93,8° INPM (fixado pela Portaria ANP n.º 45/01). Utilizado nos motores de ciclo Otto, especificamente no setor de transporte rodoviário, em veículos denominados do tipo álcool (CTC, 1999).

c) Tipos de Açúcar

Açúcar refinado granulado: puro, sem corantes, sem umidade ou empedramento e com cristais bem definidos e granulometria homogênea, o açúcar refinado granulado é muito utilizado na indústria farmacêutica, em confeitos, xaropes de excepcional transparência e mistura seca, em que são importantes o aspecto visual, escoamento rápido e solubilidade (COPERSUCAR, 2007).

Açúcar refinado amorfo: com baixa cor, dissolução rápida, granulometria fina e brancura excelente, o refinado amorfo é utilizado no consumo doméstico, em misturas sólidas de dissolução instantânea, bolos e confeitos, caldas transparentes e incolores (COPERSUCAR, 2007).

Glaúcar: o conhecido açúcar de confeitiro, com grânulos bem finos, cristalinos, produzidos diretamente na usina, sem refino e destinado à indústria alimentícia, que o utiliza em massas, biscoitos, confeitos e bebidas (COPERSUCAR, 2007).

Açúcar orgânico: produto de granulação uniforme, produzido sem nenhum aditivo químico, na fase agrícola como na industrial, e pode ser encontrado nas versões claro e dourado. Seu processamento segue princípios internacionais da agricultura orgânica e é anualmente certificado pelos órgãos competentes. Na produção do açúcar orgânico, todos os fertilizantes químicos são substituídos por um sistema integrado de nutrição orgânica para proteger o solo e melhorar suas características físicas e químicas. Evitam-se doenças com o uso de variedades mais resistentes, e combatem-se pragas, como a broca da cana, com seus inimigos naturais – vespas (COPERSUCAR, 2007).

Açúcar Cristal: Açúcar obtido por fabricação direta nas usinas, a partir da cana-de-açúcar, na forma cristalizada, após a clarificação do caldo da cana por tratamento físico-químicos (COPERSUCAR, 2007).

Anexo II

Pol, Brix e Pureza assumida para a matéria-prima dos países estudados

Valores Pol, Brix e Pureza na Colômbia

	Açúcar	Mel A	Mel B	Melaço
Q	99	75	64	44
Pol	96	67	56	37
Bx	96,3	89	86,9	85

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados médios publicados na literatura internacional e do próprio país.

Valores Pol, Brix e Pureza na Austrália

	Açúcar	Mel A	Mel B	Melaço
Q	99	78	64	45
Pol	96	68	55	38
Bx	96,3	87	86	85

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados médios publicados na literatura internacional e do próprio país.

Valores Pol, Brix e Pureza na México

	Açúcar	Mel A	Mel B	Melaço
Q	99	75	62	45
Pol	96	67	54	38,25
Bx	96,3	89	86,45	85

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados médios publicados na literatura internacional e do próprio país.

Valores Pol, Brix e Pureza na Guatemala

	Açúcar	Mel A	Mel B	Melaço
Q	99	75	62	44
Pol	96	67	54	37
Bx	96,3	89	87	85

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados médios publicados na literatura internacional e do próprio país.

Valores Pol, Brix e Pureza na Índia

	Açúcar	Mel A	Mel B	Melaço
Q	99	72	62	43
Pol	96	63	53	36
Bx	96,3	88	86	84

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados médios publicados na literatura internacional e do próprio país.

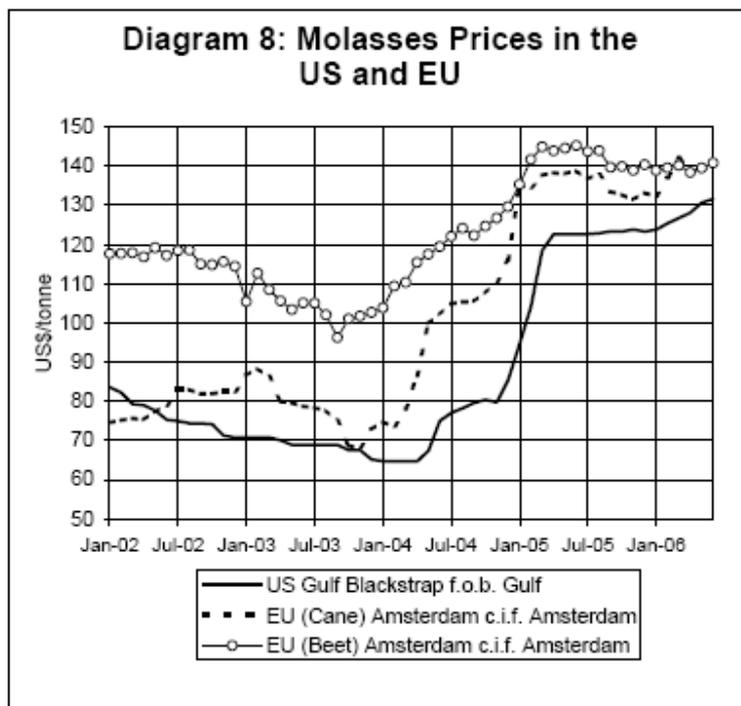
Valores Pol, Brix e Pureza na Tailândia

	Açúcar	Mel A	Mel B	Melaço
Q	99	72	60	44
Pol	96	64	52	38,25
Bx	96,3	89	86,45	86

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados médios publicados na literatura internacional e do próprio país.

Anexo III

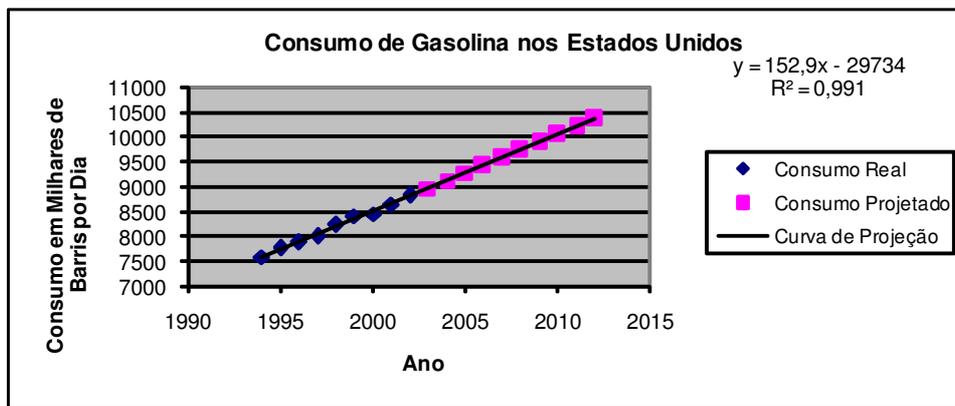
Preço internacional do meloço nos EUA e na UE entre 2002-2005



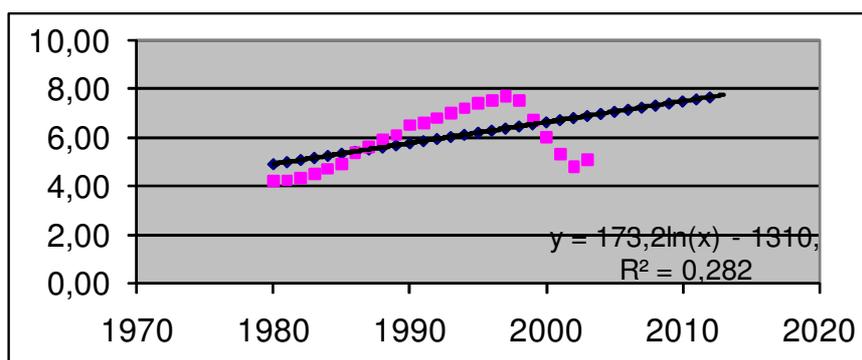
Fonte: LMC International , julho 2006

Anexo IV

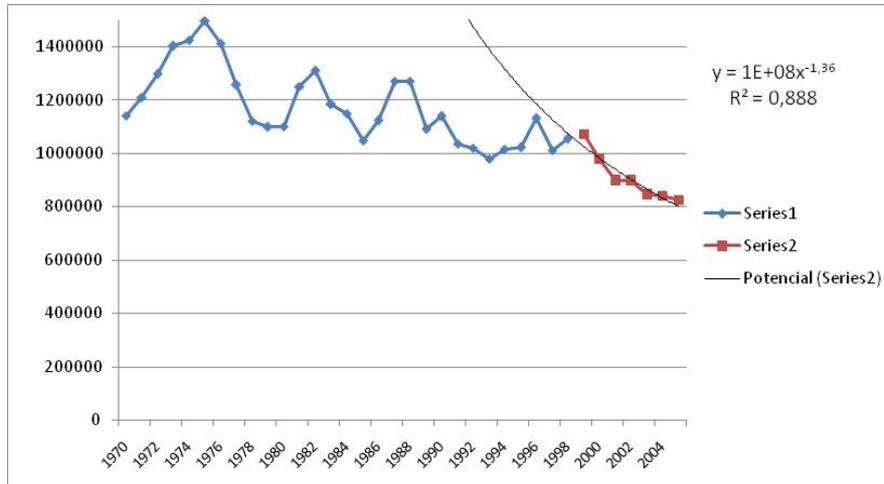
a) Projeção tendencial do consumo de gasolina nos EUA



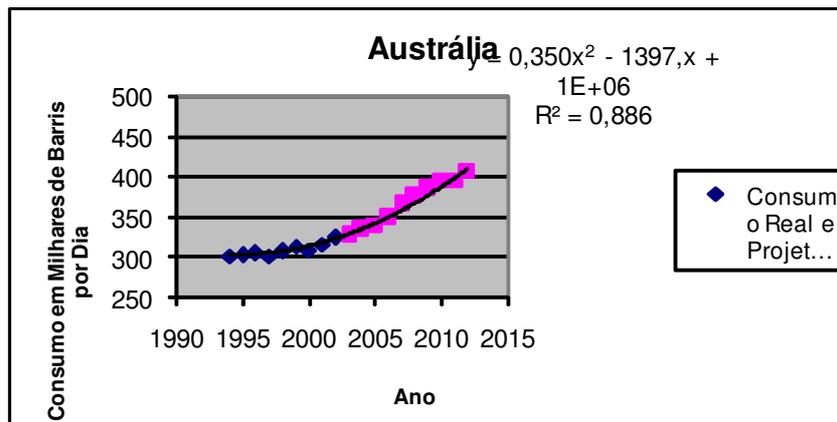
b) Projeção tendencial do consumo de gasolina na Colômbia



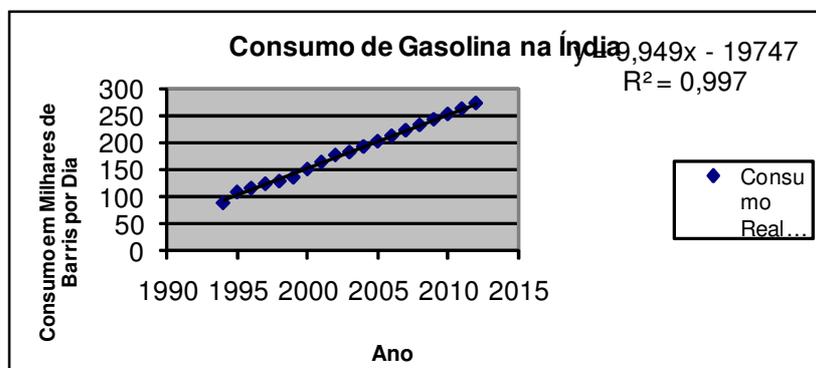
c) Projeção tendencial do consumo de gasolina no Peru



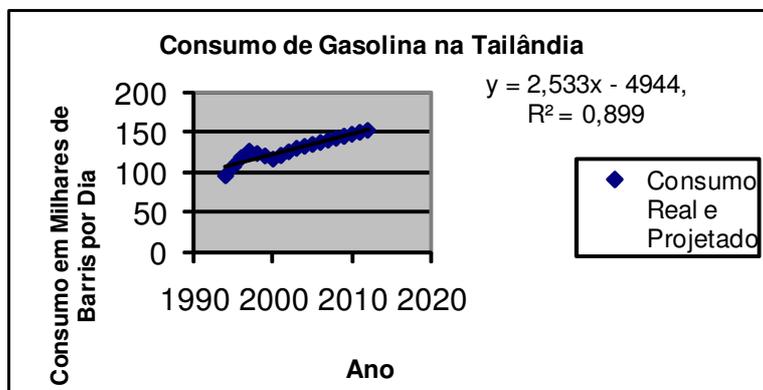
d) Projeção do consumo de gasolina na Austrália



e) Projeção do consumo de gasolina na Índia



f) **Projeção do consumo de gasolina na Tailândia**



Anexo V

Comparação entre a produção de etanol de milho no EUA e da cana-de-açúcar no Brasil

Tabela 1. Comparação entre a produção de etanol de milho nos Estados Unidos e de cana-de-açúcar no Brasil.

Parâmetro	Unidades	Cana-de-açúcar	Milho
Produção [§]	milhões t	386,5	282,4
Rendimento	t/ha e kg/ha	90	8.100
Área Plantada	milhões ha	5,6	28,2
Energia Exigida	kcal x 1000	10.509	8.115
Energia entrada: saída	kcal	1: 4,60	1: 3,84
Produção de álcool	litros/ha	8.100	3.000
Produção de álcool	litros/ t	90	371
Taxa de Conversão	kg/ 1000 L	11.110	2.690
Energia Total	kcal/ 1000 L	1.518.000	6.597.000
Produção Total Atual	Bilhões L	15,8	17,2
Balanco de Energia	kcal input: output	1:3,24	1:1,29
Custo de Produção	U\$/ L	\$0,28	\$0,45
Preço de Venda	U\$/ L	\$0,42	\$0,92
Número de Usinas ^ª	unidade	140	101
Subsídio	US bilhões/ ano	N.S.	\$4,1

[§] 50% da produção da cana é destinada para a produção de álcool no Brasil e 20% do milho nos Estados Unidos. ^ª Novas unidades: 89 no Brasil e 40 nos Estados Unidos.

Fonte: ANDREOLI & PEREIRA, 2006

Anexo VI

Custos dos equipamentos na produção de etanol

- a) Fermentação: 2 seções de fermentação paralelas. Cada seção tem 3 reatores, 60% do açúcar é consumido no primeiro reator.

Primary reactor size	1510 m³
Secondary and third reactor size	503 m³
Height primary reactor	19.7 m
Diameter primary reactor	9.9 m
Cooling requirement reactor series	780 m³/h
Total installed equipment purchase cost	\$1,845,354

Fonte: EIJSBERG, 2006

- b) Destilação: uma torre de destilação

Tower height	25 m
Tower diameter	5.86 m
Reflux ratio	4.6
Number of plates	50
Plate type	Sieve plates
Condenser cooling requirement	584 m³/h
Reboiler steam requirement	111.60 ton/h
Installed equipment purchase cost	\$1,512,846

Fonte: EIJSBERG, 2006

- c) Desidratação: Peneira molecular, 3 unidades de peneiras, na qual 2 ficam operando e a outra se regenerando.

material	aluminosilicates
Pore size	3 angstrom
Equilibrium water content	21 % w/w
Loading in practice	70 %
Bed height	4 m
Bed diameter	2 m
Installed equipment purchase cost	\$2,581,095

Fonte: EIJSBERG, 2006.

Referências Bibliográficas

- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Glosário**. Disponível: www.anp.gov.br. Acesso em: 26 de maio de 2007.
- ANDREOLI, C.; PEREIRA S. **Cana-de-açúcar: a melhor alternativa para conversão da energia solar e fóssil em etanol**. Orplana, 2006. Disponível em: www.orplana.com.br/cepea_consecana.asp
- ARIAS, M.S.; REVILLA, JOSÉ; CARRACEDO, GLADYS; GARLOBO, CARLOS. **Álcool, Cap. 4.1**. ICIDCA - Instituto Cubano de Pesquisa dos Derivados da Cana-de-açúcar. Versão em português, 1999.
- ASOCAÑA - Asociación de cultivadores de caña de azúcar. **Estadísticas – Precios Internacionales**. Disponível em: www.asocana.com.co. Acessado em: maio de 2007.
- ASOCAÑA - Asociación de cultivadores de caña de azúcar. **Azúcar en el Mundo**. Disponível em: www.asocana.com.co. Acessado em: dezembro de 2006.
- AUSTRALIA – Australian Government. Biofuels. Disponível em: www.industry.gov.au. Acessado em: dezembro de 2006.
- BERG, CHRISTOPH. **World Fuel Ethanol 2003 – Analysis & Outlook**. In: Bioenergy Review. F.O.Lichts.: Alemanha; 2003.
- BERG, CHRISTOPH. **World Fuel Ethanol 2004 – Analysis & Outlook**. In: Bioenergy Review. F.O.Lichts. : Alemanha; Abril de 2004.
- BHANDHUBANYONG, PARITUD. **Development and ethanol as a transportation fuel in Thailand**. METC, NSTDA. Bangkok, 2005.

- CÁRDENAS, DIEGO. H. **Millonarias Inversiones y Múltiples Beneficios Sociales**. ECOPETROL - Empresa Colombiana de Petróleos. Disponível em: www.ecopetrol.com.co. Acessado em: 2006.
- CARENSEA – Cane Resources Network for Southern Africa. **Feedstock for ethanol production**. Suécia, 2006. Disponível em: www.carensa.net
- CARVALHO L. C. **Regiões produtoras de cana-de-açúcar**. In: Álcool de cana, milho e biomassa, palestra apresentada na Fiesp por: Henrique Amorim da FERMENTEC. Disponível em: www.fiesp.com.br/download/palestras/alcool_canamilhobiomassa.pdf
- CEC - Commission of the European Communities. **Reforming the European Union's sugar policy**. Brussels; 2005.
- CEC - Commission of the European Communities. **An EU Strategy for Biofuels**. Brussels, 2006.
- CEC - Commission of the European Communities. **Biofuels Progress Report**. Brussels, 2007.
- CFDC - Clean Fuels Development Coalition. **A Guide to the New Tax Law: Changes in Tax Incentives for Ethanol and Biodiesel**. EUA; 2005.
- CGEE & NIPE/UNICAMP. **Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando à substituição parcial de gasolina no mundo**. Relatório Final Projeto Etanol – Fase I. Brasil; dezembro de 2005.
- CGEE & NIPE/UNICAMP. **Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando à substituição parcial de gasolina no mundo**. Relatório Final Projeto Etanol – Fase II. Brasil; fevereiro de 2007.
- CLARKE, M.A.; GODSHAL; M.A. **Chemistry and Processing of Sugarbeet and Sugarcane**. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam; 1988.
- COLOMBIA. **Ley 693 de 2001, de 19 de setembro de 2001**. Decreto del Congreso de Colombia. Diário Oficial No. 44.564, 27 de setembro. Disponível em: www.secretariasenado.gov.co.
- COPERSUCAR. **Processo de produção de Highh Test Molasses**. Cadernos Copersucar. Série Industrial No. 014. Piracicaba; 1985.
- COPERSUCAR. **Tipos de açúcar**. Disponível em: www.copersucar.com.br/produtos. Acessado em: junho de 2007.
- CORTINA, JUAN. **Mexican Sugar and Alcohol Chamber**. In: International Sweetener Colloquium. EUA; fevereiro de 2007.
- CRS - Congressional Research Service. **Fuel Ethanol: Background and Public Policy Issues**. EUA; 6 de junho de 2003.

- CSR SUGAR. **Sugar Market Outlook Presentation**. Austrália; Janeiro de 2006. Disponível em: www.csr.com.au
- CTC - Centro de Tecnologia Canavieira. **Processo de Produção de High Test Molasses**. In: Cadernos Copersucar. Piracicaba; 1985; Série industrial n° 014.
- CTC - Centro de Tecnologia Canavieira. **Outros produtos da industrialização da cana-de-açúcar**. CTTI – CTC. Piracicaba; 1992; Versão 92-11.
- CTC - Centro de Tecnologia Canavieira. **Formulas e Equações para a Agroindústria da Cana-de-Açúcar**. Piracicaba; Fevereiro de 1999.
- CTC - Centro de Tecnologia Canavieira. **Biomass Power Generation – Sugar cane, bagasse and trash**. Project BRA/96/G31. Piracicaba; 2005.
- DOE - U.S. Department of Energy. **State and Federal Incentives and Laws**. EUA; 2005. Disponível em: www.eere.energy.gov. Acessado em: 2006.
- DOE - U.S. Department of Energy. **International Energy Annual 1993 – 2003**. Disponível em: www.eere.energy.gov. Acessado em: 2006.
- DONAL MITCHELL. **Sugar policies: Opportunity for Change**. International Sugar Journal 2005; Vol. 107, N° 1273.
- EIJSBERG, RICHARD. **Ethanol Production: The current situation – Technical desing and economic evaluation of modern ethanol factory located in Brazil**. In: Campinas; 10 de Outubro de 2006. Dissertação de mestrado da Technical University of Delft (TUD), Holanda.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Aptidão dos solos do Acre para o cultivo da cana-de-açúcar**. Comunicado técnico 2001; N° 143. p. 1-6. Disponível em: www.cpafac.embrapa.br/pdf/comunicado143.pdf. Acessado em: 2006.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultura da Batata Doce**. Brasília, 2004. Disponível em: www.cnph.embrapa.br/sistprod/batatadoce Acessado em: Abril de 2007.
- EPPO - Energy Policy and Planning Office. **Thailand Energy and Natural Resources**. Tailândia; 2005. Disponível em: <http://www.eppo.go.th/index-E.html>.
- ETHANOLINDIA, **Report Ethanol in India**, 2007. Disponível em: www.ethanolindia.net.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical Databases – Molasses world production in 2003**. Disponível em: www.fao.org. Acessado em: dezembro de 2005.

- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical Databases – Área utilizada em algumas culturas no mundo, 2004.** Disponível em: www.fao.org. Acessado em: 2006.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical Databases – Rendimento, área plantada e área colhida da produção de cana-de-açúcar, 2006.** Disponível em: www.fao.org. Acessado em: 2007.
- FERNÁNDEZ, Antonio Carlos. **Cálculos na Agroindústria da Cana-de-açúcar.** STAB 2003; 2º edição.
- FIGUEIRA S. R. **Os programas do álcool com combustível nos EUA, no Japão e na União Européia e as possibilidades de exportação do Brasil.** Tese de doutorado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ. Universidade de São Paulo - USP, 2005.
- F.O.Lichts. **European Member States Still Far from Achieving Biofuels Target.** In: World Ethanol & Biofuels Report. Alemanha; 26 de Outubro de 2004.
- F.O.Lichts. **2004 World Ethanol Production Set to Create New Record.** In: World Ethanol & Biofuels Report. Alemanha; 3 de dezembro de 2004.
- F.O.Lichts. **EU – 25 Ethanol Deficit Rising.** In: World Ethanol & Biofuels Report. Alemanha; 16 de dezembro de 2004.
- F.O.Lichts. **World of Biofuels 2004.** In: World Ethanol & Biofuels Report. Alemanha; 11 de janeiro de 2005.
- F.O.Lichts. **Economics of Bioethanol Production in the Asia-Pacific: Australia – Thailand – China.** In: World Ethanol & Biofuels Report. Alemanha; 8 fevereiro de 2005.
- F.O.Lichts. **World Ethanol and Biofuels Report.** Alemanha; December de 2005.
- F.O.Lichts. **Main Ethanol Exporters and Importers in 2005.** In: Perspectivas do Etanol no Brasil e no Mundo. Apresentado em: Painel “Bioenergia: Etanol e Biodiesel”, São Paulo; 9 de novembro de 2006. Disponível em: www.iconebrasil.org.br
- F.O.Lichts. **Importações e Exportações mundiais de etanol.** In: ICONE; 2007. Disponível em: www.iconebrasil.com.br/arquivos/noticia/1395.pdf
- HEYMANN, H. G.; BLOOM, R. **Opportunity Cost in Finance and Accounting.** Quorum books. EUA; 1990.
- HOWARD, P. J. **Unit Operations in Cane Sugar Production – Final Molasses.** Cap. 14 – pag. 117-135; Elsevier Science Publishers B.V; 1969.
- HUGOT, E. **Handbook of Cane Sugar Engineering.** Sugar Series 7. Elsevier, 1986.

- IAD - Instituto Açucareiro Dominicano. **Informe sobre a XXIV Assembléia Geral da Organização Internacional de Açúcar – OIA**. Inglaterra, 2004.
- IATP - Institute for Agriculture and Trade Policy. **CAFTA’s Impact in U.S. Ethanol Market**. Ben Lillston; Junho de 2005.
- IEA – International Energy Agency. **Medium Term Oil Market Report**. Paris; 2006. Disponível em: www.iea.org.
- ICIDCA - Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. **Demanda de energía mecánica en caña de azúcar**. In: Curso Internacional Energia na Indústria de Açúcar e Álcool. NEST-UNIFEI. Itajubá; julho de 2005.
- JANK, M.S. **Perspectivas do Etanol no Brasil e no Mundo**. In: Painel “Bioenergia: Etanol e Biodiesel”. São Paulo; 9 de novembro de 2006. Disponível em: www.iconebrasil.org.br. Acessado em: 2006.
- JANK, M.S. **Global Dynamics of Biofuels in the coming decade: A Brazilian View**. In: Sciences Po Conference – “Le boom des biocarburants: qu’avons-nous à apprendre des experiences brésiliennes at américaines”. Paris; março de 2007. Disponível em: www.gem.sciences-po.fr.
- IEA - International Energy Agency. **Biofuel for Transport**. Disponível em: www.iea.org. Acessado em: 2005.
- ISO - International Sugar Organization. **Brazil’s Ethanol Future: Implications for Brazil’s Sugar Exports. Inglaterra**; Março de 2004. Disponível em: <http://www.sugaronline.com/iso>. Acessado em: 2005.
- ISO - International Sugar Organization. **Perspectiva de Mercado**, ISO – maio, 2007. Disponível em: www.asocafia.com. Acessado em: 18 de maio de 2007.
- JOLLY, LINDSAY. **Sugar Policy Reform: Boosting Incentives for Diversification into Bioenergy?**. CARENSA Newsletter N°6; Novembro de 2004. Disponível em: <http://www.carensa.net/PDF/Carensapubl.pdf>.
- KIEL Institute for the World Economy. **Tax Exemption for Biofuels in Germany: Is Bio-Ethanol Really an Option for Climate Policy?**. Alemanha, setembro de 2003.
- LAVARACK B.P., BROADFOOT R. **Estimates of Ethanol Production from Sugar Cane Feedstocks**. Sugar Research Institute Australia. Artigo publicado em Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol; 2003.
- LCM International. **LMC Commodity Bulletin – SUGAR**. Disponível em: www.asocana.com.co. Acessado em: outubro de 2006.

- LEME J. JORGE, BORGES M. JOSÉ. **Açúcar de Cana**. Universidade Rural do Estado de Minas Gerais. Viçosa; 1985.
- LEAL L.V.M. REGIS. **O Teor de Energia da Cana-de-Açúcar**. F.O.Lichts. In: 2nd Sugar and Ethanol Brazil. São Paulo; 21-23 março de 2006.
- LODOÑO, LUIS. **Informe Anual Sector Azucareiro Colombiano**. ASOCAÑA - Asociación de cultivadores de caña de azúcar. Disponível em: www.asocana.com.co. Acessado em: maio de 2007.
- MACEDO, I.C.; LEAL, L.V.M. REGIS. **Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use of fuel ethanol in Brazil**. GESP - Governo do Estado de São Paulo. São Paulo; março de 2004.
- MACEDO I.C., CORTEZ L.A.B. **Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira**. Cap. 6 - O Processamento Industrial da Cana-de-Açúcar no Brasil. Editora Unicamp; 2005.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil. **Balanco Nacional da Cana-de-Açúcar e Agroenergia 2007**. Brasília; 2007.
- McCARTHY, JAMES E. **Clean Air Act Issues in the 109th Congress**. CRS - Congressional Research Service. EUA; 28 de junho de 2005.
- MINMINAS – Ministério de Minas e Energia da Colômbia. **Programa de biocombustíveis**. Disponível em: www.minminas.gov.co.
- MISISSISSIPI State University, Sparks Companies INC. **Mississippi Ethanol Feasibility Study**. In: Mississippi Renewable Energy Conference, March 25 de 2003. Disponível em: <http://ms-biomass.org/conference/2003>. Acessado em: Agosto de 2005.
- MME - Ministério de Minas e Energia do Brasil. **Plano de Energia 2030: Petróleo e Derivados**. Brasília; 13 de julho de 2006. Disponível em: www.mme.gov.br
- MME - Ministério de Minas e Energia do Brasil. **Balance Energético Nacional**. Brasília; 2006.
- MRE – Ministério de Relações Exteriores do Brasil. Manual de exportação passo a passo. Brasília; 2005. Disponível em: www.braziltradenet.gov.br. Acessado em: junho, 2007.
- OLBRICH (1969). **Usos de las mieles de la caña**, p. 97. In: Las Mielles Finales de Caña – Composición, propiedades y usos. By: Miguel Otero - ICIDCA, 2001
- OHGA, K.; KOIZUMI, T. **Biofuels Policies in Asia: Trade effects on world agricultural and biofuels trade**. USDA Agricultural Outlook Forum, março de 2007. Disponível em: www.usda.gov.

- OTERO, M.A.; PRADA, R.A.; COOPAT, S.T.; CARIACEDO, B.G. **Manual dos Derivados da Cana-de-açúcar, Cap. 2.4 Méis**. ICIDCA - Instituto Cubano de Pesquisa dos Derivados da Cana-de-açúcar. Versão em português, 1999.
- OTERO, MIGUEL A. **Las Mieles Finales de Caña – Composición, propiedades y usos**. ICIDCA - Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, 2001.
- OXFAM International. **An End to EU Sugar Dumping? – Implications of the WTO panel ruling in the dispute against EU sugar policies brought by Brazil, Thailand, and Australia**. Disponível em: www.oxfam.org. Acessado em: Abril de 2005.
- PATURAU, J. MAURICE, **By-co-products of the cane sugar industry**. Elsevier, 1989.
- PERU. **Lei n. 28054, de 15 de julho de 2003**. Dispõe sobre a Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles. Comisión Permanente del Congreso de la República del Perú; 2003.
- PERU. **Decreto Supremo No 013-2005-EM, de 30 de março de 2005**. Dispõe a Aprobación del Reglamento de la Promoción del Mercado de Biocombustibles. Disponível em: <http://www.minem.gob.pe/archivos/dgh/legislacion/ds013-2005.pdf>. Acessado em: Junho de 2005.
- PIACENTE, E.A. **Perspectivas do Brasil no Mercado Internacional de Etanol**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2006.
- POSADA, D. E. **Manual dos Derivados da Cana-de-açúcar, Cap. 2.2 Açúcar**. ICIDCA - Instituto Cubano de Pesquisa dos Derivados da Cana-de-açúcar. Versão em português, 1999.
- POY, MANUEL ENRIQUE. **Representa el Etanol una Alternativa Viable para la Agroindustria de la Caña de Azúcar?**. C.N.I.A.A, México; Revista Ingenio; Outubro de 1998.
- RFA - Renewable Fuels Australia. **Ethanol – An Industry Policy Perspective**. In: International Ethanol Conference; Brisbane Queensland, 9-10 maio 2005. Disponível em: <http://www.sd.qld.gov.au>. Acessado em: Novembro de 2005.
- RFA - Renewable Fuels Association, United States International Trade Commission. **An Examination of U.S. and Foreign Markets**. April 19, 2005. Disponível em: www.ethanolrfa.org. Acessado em: Outubro de 2005.
- RFA - Renewable Fuels Association; United States International Trade Commission. **U.S. Fuel Ethanol Production Capacity**. EUA; July 2005. Disponível em: www.ethanolrfa.org. Acessado em: Março de 2006.

- RFA - Renewable Fuels Association, United States International Trade Commission. **Ethanol Industry Outlook 2007 – Building new horizons**. Disponível em: www.ethanolrfa.org/resource/outlook/. Acessado em: 2007.
- RICHTER, O; RODEL, T; JOSEPH, A. **Processing instruments for the cane sugar Mill**, Siemens; 1974.
- RODRIGUES, ANTONIO DE PÁDUA. **Produção Mundial de Etanol 2005**. In: Etanol combustível: balanço e perspectivas. DATAGRO, F.O.Lichts. Campinas; 16 de novembro 2005. Disponível em: www.nipeunicamp.org.br/proalcool/Palestras.
- ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, V.S.; ROTHMAN, H. **Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira**. Versão em português. Editora Unicamp; 2005.
- ROSILLO-CALLE, F.; WALTER, A. **Global market for biodiesel: historical trends and future prospects**. Energy for Sustainable Development 2006; volume X No.1.
- SHRIRAM, A.; MUTHU, JOTHI M. **Ethanol Production in India – Opportunities and Technologies**. In: ISSCT Co-products Workshop – Brazil; 2003.
- SINICIO, M. F. **Produção e Utilização do álcool como combustível: países que se destacam neste setor e recentes desenvolvimentos tecnológicos internacionais**. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1997.
- SILVA, M. C.; ALMEIDA, F. E. **Formação de um mercado internacional de etanol e suas inter-relações com os mercados de petróleo e açúcar**. Grupo de Economia da Energia – Instituto de Economia – UFRJ, publicações 2006. Disponível em: www.gee.ie.ufrj.br/publicacoes. Acessado em: Maio de 2007.
- SPENCER, E.F; MEADE, G.P. **Manual del azúcar de Caña**. Tradução de M.G. Menocal. Barcelona: Montaner y Simón; 1967.
- TAUPIER G. L. **A diversificação da cana no novo século**. Cap.I, In: Manual dos Derivados da Cana-de-açúcar; ICIDCA (Instituto Cubano de Pesquisa dos Derivados da Cana-de-açúcar). Versão em português, 1999.
- ÚNICA - União da Agroindústria Canavieira de São Paulo. **Os tipos de açúcar**. Disponível em: www.unica.com.br. Acessado em: Junho de 2007.
- ÚNICA – União da Agroindústria Canavieira de São Paulo. **Brasil: QuoVadis?**. Seminário ISO 2002. Disponível em: www.unica.com.br/files/palestras/QuoVadis_port.pdf. Acessado em Julho de 2007.
- USDA - United States Department of Agriculture. **World Centrifugal Sugar Production, Supply and Distribution**. EUA; 2007. Disponível em: www.fas.usda.gov. Acessado em: Fevereiro de 2007.

USDA - United States Department of Agriculture. **World Sugar situation.** EUA; Dezembro de 2005. Disponível em: www.usda.gov. Acessado em: Abril de 2006.

WALTER, ARNALDO; CALLE, ROSILLO; DOLZAN, PAULO; PIACENTE, ERICK. **Market Evaluation: Fuel Ethanol.** Task 40 Sustainable Bio-energy Trade; securing Supply and Demand. IEA – Bioenergy / UNICAMP, 2007.