

**ESTOQUES REGULADORES DE ETANOL COMBUSTÍVEL FRENTE À
INTRODUÇÃO DOS VEÍCULOS FLEX FUEL NA FROTA NACIONAL**

Bruna Rocha Rodrigues

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Planejamento Energético, COPPE, da
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
como parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Mestre em
Planejamento Energético.

Orientador: Roberto Schaeffer

Rio de Janeiro
Março de 2012

ESTOQUES REGULADORES DE ETANOL COMBUSTÍVEL FRENTE À
INTRODUÇÃO DOS VEÍCULOS FLEX FUEL NA FROTA NACIONAL

Bruna Rocha Rodrigues

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Examinada por:

Prof. Roberto Schaeffer, Ph.D.

Prof. Alexandre Salem Szklo, D.Sc.

Dr. Marcelo Castello Branco Cavalcanti, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

MARÇO DE 2012

Rodrigues, Bruna Rocha.

Estoques Reguladores de Etanol Combustível Frente à Introdução dos Veículos *Flex Fuel* na Frota Nacional / Bruna Rocha Rodrigues. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.

XII, 110 p.: il.; 29,7cm.

Orientador: Roberto Schaeffer

Dissertação (mestrado) – UFRJ/COPPE/Programa de Planejamento Energético, 2012.

Referências Bibliográficas: p. 97 a 110.

1. Estoques de etanol. 2. Veículos *Flex Fuel*. I. Schaeffer, Roberto. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III. Título.

*“Aprender é a única coisa de que a
mente nunca se cansa, nunca tem
medo e nunca se arrepende”.*

(Leonardo da Vinci)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as bênçãos que já recebi e pelas oportunidades que sempre surgem em minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Roberto Schaeffer, por toda ajuda, orientação e compreensão, tornando o extenuante processo mais agradável.

Às minhas queridas amigas de ANP e de PPE, Danielle Santangelo, Luciana Braga e Fernandinha Fleming, por todo o apoio, amizade, convivência nas aulas, no trabalho e na vida.

Às minhas amigas Laís Almada e Sabrina Ferreira, pelo interesse, paciência e incentivo durante a execução deste trabalho e pela amizade e carinho de sempre.

Às minhas amigas e colegas de turma ou de aulas, Luciene Pedrosa, Paula Arrais, Carol Fiorini, Patrícia de Carvalho, Fabrícia Leyen, Larissa Nogueira, Juliana Nunes, Liliane Garcia, Vivien Green, Gabi Caiuby e Bellinha Costa, por todos os momentos que passamos juntas, de aflição ou de diversão, sempre valendo a pena.

Aos professores do PPE pelas ótimas aulas ministradas e aos funcionários da secretaria, especialmente Paulo e Sandrinha. À Bianca de Oliveira, a melhor monitora de disciplina que já conheci, sem dúvida.

Aos meus colegas de trabalho na ANP, sobretudo da Superintendência de Refino e Processamento de Gás Natural e da biblioteca.

Aos meus amados pais, Djalma e Jarda, por todo apoio, paciência e suporte. Às minhas queridas dinda Lena e prima Paty, sempre dispostas a me ouvir nos momentos de tensão. À minha irmã Brená, pela ajuda na formatação e organização deste trabalho e pelo companheirismo e amizade. Ao meu cunhado Giovani, pelas consultorias e conselhos tecnológicos e à minha querida sobrinha e afilhada Luiza, que tem o poder de sempre transformar o astral da titia para melhor.

A todos que contribuíram com este trabalho, direta ou indiretamente, meus agradecimentos de coração.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

ESTOQUES REGULADORES DE ETANOL COMBUSTÍVEL FRENTE À
INTRODUÇÃO DOS VEÍCULOS FLEX FUEL NA FROTA NACIONAL

Bruna Rocha Rodrigues

Março/2012

Orientador: Roberto Schaeffer

Programa: Planejamento Energético

O uso de etanol na matriz energética brasileira é destaque mundial pelo pioneirismo e pelos volumes produzidos e consumidos no país, como combustível nas formas de etanol hidratado e etanol anidro adicionado à gasolina. Mas a história do etanol combustível foi marcada também por uma crise no seu abastecimento, que abalou fortemente os consumidores, no final da década de 1980 e no início da década de 1990. Desde então, as vendas dos carros a álcool declinaram ano após ano, sendo encerrada sua produção em 2007. Com o lançamento em 2003 dos veículos *flex fuel*, ocorreu nova expansão da produção de etanol destacando esse tipo de veículo na participação da frota brasileira. Esses veículos, uma inovação tecnológica, permitem escolher etanol hidratado ou gasolina no momento da compra. No entanto, o consumo de etanol e de gasolina nos veículos *flex fuel* é superior ao consumo de uma versão a etanol ou à gasolina somente. Este trabalho busca estimar o consumo de frota *flex fuel* brasileira referente à ineficiência de sua operação e comparar com o valor referente ao de se garantir o abastecimento de etanol combustível, através de estoques reguladores de etanol para a entressafra. Os resultados obtidos apontam que as duas opções consideradas são da mesma ordem de grandeza, apresentando custos similares.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

STOCKS OF FUEL ETHANOL BEFORE THE INTRODUCTION OF FLEX FUEL
VEHICLES IN NATIONAL FLEET

Bruna Rocha Rodrigues

March/2012

Advisor: Roberto Schaeffer

Department: Energy Planning

The use of ethanol in the Brazilian energy matrix is highlighted by the pioneering and the volumes produced and consumed in the country, as fuel in the form of hydrated and anhydrous ethanol that is added to gasoline. But the history of fuel ethanol was also marked by a severe crisis in their supply, which shook strongly the confidence of consumers in the late 1980s and early 1990s. Since then, sales of alcohol cars declined year after year, and its production stopped in 2007. The introduction of flex fuel vehicles in 2003 results in further expansion of ethanol production, increasing the importance of this type of vehicle in the Brazilian fleet. The technological innovation of Brazilian flex fuel vehicles allow to consumers choose hydrated ethanol or gasoline at the time to fill the tank with fuel. However, the ethanol and gasoline consumption in flex fuel vehicles is higher than the consumption in ethanol cars or gasoline cars. This work estimates the consumption of Brazilian flex fuel fleet inefficiency of its operation with hydrated ethanol and gasoline. Then, the values are compared to costs to ensure the supply of fuel ethanol through stocks during the harvest off-season period. The results indicate that both options have similar costs.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2: O ETANOL COMBUSTÍVEL BRASILEIRO	4
2.1. O destaque dos biocombustíveis na atualidade	4
2.2. Breve histórico do etanol combustível no Brasil	5
2.3. Problemas de abastecimento e confiança no setor	7
2.4. Mudanças no papel do Brasil exportador de etanol.....	16
2.5. Características do setor produtivo de etanol combustível.....	20
2.6. Relação entre a produção de etanol e de açúcar	22
CAPÍTULO 3: GARANTIA DE SUPRIMENTO DE ETANOL COMBUSTÍVEL	27
3.1. Breve histórico do intervencionismo estatal no setor.....	28
3.2. A garantia de abastecimento no período do Proálcool	30
3.3. O abastecimento diante da liberalização do setor	31
3.4. A cadeia de etanol combustível atual	32
3.5. Mudanças recentes no setor	35
3.6. Custos de formação de estoques pelos produtores.....	38
3.7. Crédito para a formação de estoques	41
CAPÍTULO 4: OS VEÍCULOS <i>FLEX FUEL</i> BRASILEIROS.....	44
4.1. Motores Ciclo Otto e a Influência do Combustível	46
4.2. Comparação do uso de gasolina e etanol nos motores Otto	49
4.3. Antes do <i>flex fuel</i> : o carro a álcool	53
4.4. Principais características dos veículos <i>flex fuel</i>	57
4.5. Eficiência do motor Otto e consumo do combustível	61
CAPÍTULO 5: VEÍCULOS <i>FLEX FUEL</i> OU ESTOQUES REGULADORES: O QUE É MELHOR PARA O BRASIL?	68
5.1. Metodologia	68
5.2. Consumo de combustível pelos veículos <i>flex fuel</i>	70
5.2.1. Estimativa de consumo excedente de etanol dos veículos <i>flex fuel</i> novos	70
5.2.2. Consumo de etanol combustível da frota brasileira.....	73
5.2.3. Estimativa de consumo excedente de gasolina dos veículos <i>flex fuel</i> novos.....	77
5.3. Custos dos estoques reguladores conforme realizado	78
5.3.1. Estoques reguladores realizados pelos produtores de etanol	78
5.3.2. Formação de preços de etanol hidratado.....	80

5.3.2.1. Composição de preço do etanol hidratado no produtor.....	80
5.3.2.2. Composição de preço do etanol hidratado na distribuidora e na revenda.....	81
5.3.3. Custos dos estoques reguladores para os consumidores	84
5.4. Custos da garantia de abastecimento de etanol combustível.....	85
5.4.1. Consumo de etanol da frota flex fuel operando com 100% de etanol.....	85
5.4.2. Estoques e custos para o produtor	88
CAPÍTULO 6: CONCLUSÃO	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Total e participação percentual de desembolsos do BNDES para o setor sucroenergético	11
Figura 2.2. Volume comercializado de etanol hidratado pelas distribuidoras	12
Figura 2.3. Volume comercializado de gasolina C pelas distribuidoras.	13
Figura 2.4. Relação de preço ao consumidor entre etanol hidratado e gasolina C.....	15
Figura 2.5. Evolução dos preços médios de etanol hidratado nas capitais.....	15
Figura 2.6. Exportações brasileiras de etanol entre 2007 e 2011.....	17
Figura 2.7. Evolução da produção de etanol nos Estados Unidos.	19
Figura 2.8. Esquema simplificado da cadeia de etanol combustível.....	21
Figura 2.9. Esquema simplificado dos produtos da cana-de-açúcar.	24
Figura 2.10. Evolução dos preços de petróleo e açúcar em relação ao etanol.....	25
Figura 3.1. Esquema de homologação de contratos de etanol anidro pela ANP, conforme Resolução ANP nº 67/2011.....	36
Figura 4.1. Evolução da participação de veículos <i>flex fuel</i> no licenciamento de veículos	45
Figura 4.2. Quatro tempos na câmara de combustão.	48
Figura 4.3. Participação percentual das montadoras nos veículos produzidos no Brasil Fonte: elaboração própria com base nos dados da ANFAVEA, 2010.	64
Figura 5.1. Consumo de etanol hidratado anual no ano de fabricação do veículo.....	73
Figura 5.2. Consumo de etanol hidratado para carros a álcool e <i>flex fuel</i>	75
Figura 5.3. Composição de preços de etanol hidratado e percentuais de formação de São Paulo.	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Maiores produtores mundiais de etanol em 2009	7
Tabela 2.2. Volume de biocombustíveis requeridos pelo EISA 2007 para o período 2010-2022	18
Tabela 2.3. Dados de produção e exportação de açúcar	23
Tabela 3.1. Parcela de produção mensal destinada à formação de estoques	39
Tabela 3.2. Estimativa de volumes destinados à formação de estoques conforme região produtora	39
Tabela 3.3. Decomposição dos custos de desembolso imediato para produção de etanol	40
Tabela 3.4. Desembolsos financeiros dos produtores para a formação de estoques de etanol	40
Tabela 3.5. Resultados do estudo da CONAB	41
Tabela 4.1. Características de etanol e gasolina típica	50
Tabela 4.2. Alguns parâmetros de especificação de gasolina no Brasil	52
Tabela 4.3. Produção do carro a álcool no Brasil	56
Tabela 4.4. Gerações de veículos <i>flex fuel</i>	58
Tabela 4.5. Alíquotas de IPI sobre os veículos	60
Tabela 4.6. Resultados de 2011 do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular	65
Tabela 4.7. Autonomias de veículos novos de acordo com a CETESB	67
Tabela 5.1. Relação percentual de consumo de combustível entre veículos <i>flex fuel</i> e monocombustíveis	71
Tabela 5.2. Histórico de preços médios de etanol hidratado e gasolina C no país	71
Tabela 5.3. Diferença de consumo e de custos entre veículos <i>flex fuel</i> e a etanol	72
Tabela 5.4. Frota estimada de carros a álcool	74
Tabela 5.5. Consumo estimado de etanol hidratado da frota de carros a álcool e <i>flex fuel</i>	76
Tabela 5.6. Volume anual de etanol hidratado referente à ineficiência da frota brasileira <i>flex fuel</i>	77
Tabela 5.7. Diferença de custos entre veículos <i>flex fuel</i> e à gasolina	78
Tabela 5.8. Estimativa de volumes destinados à formação de estoques	79
Tabela 5.9. Desembolsos financeiros atualizados para a formação de estoques de etanol	80
Tabela 5.10. Carga tributária e fretes referentes à composição do preço de etanol hidratado combustível	83

Tabela 5.11. Fretes e margem da distribuição em São Paulo.	84
Tabela 5.12. Acréscimos aos preços de etanol hidratado referente aos estoques para produtores e consumidores.....	84
Tabela 5.13. Estimativa de distância média anual percorrida pelos veículos leves.	86
Tabela 5.14. Consumo de etanol hidratado estimado excedente de consumo de etanol equivalente.	86
Tabela 5.15. Consumo de etanol anidro da frota à gasolina.	87
Tabela 5.16. Volumes dos estoques de etanol garantindo abastecimento do combustível.	88
Tabela 5.17. Estoques de etanol e ineficiência da frota <i>flex fuel</i>	89
Tabela 5.18. Ineficiência da frota <i>flex fuel</i> usando preços de São Paulo.....	89

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

Diante de crises de abastecimento, sejam relacionadas a suprimento ou a picos de preços, as medidas de estocagem de produtos ganham destaque nas políticas governamentais dos diferentes países. Desde a ocorrência do primeiro choque de petróleo, em 1973, que os estoques de petróleo, especialmente dos Estados Unidos, tornaram-se importantes e estratégicos para o país, tendo por objetivo diminuir a vulnerabilidade diante de interrupções do fornecimento do produto (EIA, 2012).

Já no caso dos biocombustíveis, sensíveis a variações sazonais de produção e a fatores climáticos que afetam sua produtividade, os estoques são comentados como alternativa especialmente para o caso do etanol brasileiro, que corresponde a elevado consumo no mercado interno.

A história do etanol combustível no Brasil, destacada pelo seu pioneirismo, pelo estímulo da produção e do uso na década de 1970, foi marcada por uma forte crise no final da década de 1980, que culminou com o desabastecimento do mercado e abalo da confiança dos consumidores no produto (BARROS, 2007).

A retomada de crescimento das vendas deveu-se à introdução na frota nacional dos veículos *flex fuel* ou bicompostíveis em 2003 (NAPPO, 2007). A inovação tecnológica permite ao consumidor escolher o combustível que será utilizado no momento da compra, na bomba de combustível (CAVALCANTI, 2011).

Considerando a expansão recente da frota desses veículos e as suas limitações de eficiência ocasionadas pelo ajuste dos motores em ponto diferente do ótimo para o uso de etanol ou de gasolina (SCHMITT, 2010), este trabalho objetiva estimar o volume de combustível desperdiçado por essa ineficiência de operação, obtendo-se o custo da ineficiência desse tipo de veículo e o que representa para o consumidor e para o país.

A vantagem da flexibilidade da escolha do consumidor nos postos está relacionada a forte variação dos preços de etanol hidratado combustível ao longo dos períodos de safra e entressafra, que ocorre devido à alternância entre as condições de excesso e de escassez do produto. Uma vez suavizada essa oscilação, os veículos

poderiam ser fabricados para o uso de um único tipo de combustível e atingir maior eficiência. Para tanto, a alternativa abordada foi a adoção de estoques reguladores no país, estimando-se os custos da garantia de abastecimento de etanol combustível.

Cabe destacar que será abordada a estrutura predominante no país quanto ao suprimento de combustíveis para veículos leves, isto é, etanol e gasolina, sem considerar as possibilidades de incremento de eficiência com a utilização de outros modelos como otimização dos veículos a gás natural veicular ou a introdução de veículos híbridos na frota.

Assim, este trabalho objetiva comparar os custos da estimativa de ineficiência da frota de veículos *flex fuel* no país com os custos de se garantir o abastecimento do etanol hidratado combustível. Essa comparação permite a discussão sobre a política de estímulo dos veículos *flex fuel*, que, do ponto de vista governamental, notadamente se deu através de redução de alíquotas de impostos para aquisição desse tipo de veículo pelo consumidor.

Nesse sentido, busca-se analisar se o estímulo à produção de veículos monocombustíveis – para uso exclusivo de etanol hidratado ou de gasolina – constituiria a solução energética mais adequada para o país, considerando a frota de veículos leves. Note que, diante da garantia de suprimento de etanol combustível ao longo do tempo, o que já ocorre com a gasolina, a escolha do consumidor pelo combustível poderia ocorrer no momento da compra do veículo.

Embora essa possibilidade regresse à década de 1980, que terminou com graves problemas de abastecimento de etanol combustível, o panorama atual é bastante diferente de trinta anos atrás, com menor intervenção governamental, com as questões ambientais apresentando grande destaque, com maiores possibilidades de exportação do biocombustível, além da maturidade adquirida com a própria crise de abastecimento mencionada.

Basicamente, esta dissertação busca responder a questão de qual seria a melhor alternativa para o país: arcar com estoques reguladores ou manter a estrutura atual que consome mais combustível do que seria necessário com veículos otimizados para o uso de etanol hidratado combustível ou de gasolina.

Para isso, serão inicialmente abordadas, no Capítulo 2, a contextualização desse tema, lembrando o histórico do etanol combustível no país e sua crise de

abastecimento, que resultou na contração da produção e venda dos carros a álcool, as peculiaridades envolvidas na cadeia produtiva e a situação atual do mercado interno.

No Capítulo 3, serão discutidas as políticas de garantia de abastecimento de etanol combustível, relembrando as estruturas utilizadas na época de forte intervenção governamental no setor e as tendências atuais, analisando-se a questão de manutenção de estoques de passagem na entressafra desde a introdução dos veículos *flex fuel* no Brasil.

Na sequência, no Capítulo 4, as diferenças entre a tecnologia dos veículos *flex fuel* e os veículos até então fabricados no Brasil, revisando o funcionamento do Ciclo Otto e a influência do tipo de combustível sobre esse tipo de motor, abordando também as características dos antigos carros a álcool e as questões de eficiência dos veículos bicompostíveis.

No Capítulo 5 serão apresentadas as estimativas de consumo superior de etanol combustível nos veículos bicompostíveis e comparadas às estimativas de custos de se garantir os estoques de passagem, discutindo-se o que foi realizado desde a introdução dos veículos *flex fuel*, bem como as possibilidades para os consumidores e para o país.

Em seguida, serão apresentadas no Capítulo 6 as conclusões deste estudo.

CAPÍTULO 2: O ETANOL COMBUSTÍVEL BRASILEIRO

2.1. O destaque dos biocombustíveis na atualidade

A crescente dificuldade de acesso ao petróleo, aliada às pressões referentes à temática ambiental, sobretudo em relação a problemas como poluição e mudanças climáticas, tem levado muitos países a buscarem alternativas aos combustíveis fósseis (SZKLO & SCHAEFFER, 2006). Nesse contexto, como opção para redução do consumo dos combustíveis fósseis no curto prazo, destacam-se os biocombustíveis líquidos, renováveis originários da biomassa, que vêm despertando grande interesse mundial nos últimos anos (IPCC, 2011).

Os biocombustíveis são divididos em dois grupos: os de produção convencional (ou de primeira geração), como o etanol produzido a partir do caldo da cana de açúcar e o biodiesel produzido a partir de oleaginosas, e os de produção avançada (ou de segunda geração), que são os combustíveis produzidos a partir de lignocelulose como, por exemplo, etanol produzido por hidrólise ou o diesel *Fischer-Tropsch* produzido a partir do gás de síntese gerado na gasificação da biomassa (SILVA, 2009).

Os biocombustíveis de maior destaque mundial são o etanol e o biodiesel, usados em motores de combustão interna, em substituição ou em misturas com gasolina e diesel. Sua combustão nos motores resulta na emissão de carbono capturado durante o crescimento vegetal da matéria-prima correspondente pelo processo de fotossíntese, enquanto as emissões relativas à queima dos combustíveis fósseis são compostas de carbono retirado da crosta terrestre (LA ROVERE & OBERMAIER, 2009).

Considerando esse cenário atual, as políticas públicas de diferentes países direcionam metas de aumento do consumo de biocombustíveis líquidos para os próximos anos, especialmente etanol e biodiesel. Na União Européia, o objetivo para 2020 é que 10% do consumo de combustíveis para o setor transporte seja proveniente de fontes renováveis (UE, 2008). Nos Estados Unidos, a meta para 2022 é consumir 36 bilhões de galões de biocombustíveis, o equivalente a 136 bilhões de litros (RODRIGUES, 2011).

A *International Energy Agency – IEA* (2010) destaca que os biocombustíveis recebem mais incentivos governamentais ao redor do mundo que qualquer outra fonte de energia renovável, de maneira que o total de incentivos no ano de 2009 atingiu o valor de 20 bilhões de dólares, dos quais 13 bilhões corresponderam a etanol.

2.2. Breve histórico do etanol combustível no Brasil

No Brasil, o uso de etanol na matriz energética é destaque mundial pelo pioneirismo e pelos volumes produzidos e consumidos no país. Já em 1975 foi criado o Programa Nacional do Álcool, conhecido como Proálcool, cujo objetivo inicial era expandir a produção de etanol anidro para uso como insumo industrial e em adição à gasolina, reduzindo a dependência por petróleo importado. Paralelamente, a indústria sucroalcooleira passava por dificuldades econômicas, decorrentes de intenso declínio dos preços do açúcar no mercado mundial e apresentava capacidade ociosa de produção de etanol (SILVA, 2010).

O primeiro choque do petróleo na década de 1970 havia revelado a fragilidade do modelo energético brasileiro, dependente de importações de petróleo para sua estrutura industrial e para o setor de transportes. O consumo de derivados no país aumentara em média 16,2% ao ano no período do “milagre econômico”, isto é, entre 1967 e 1975, bem acima do aumento do Produto Interno Bruto – PIB no período (BORGES *et al.*, 1988). Além disso, as importações eram da ordem de 80% do petróleo consumido no país e entre 1973 e 1974 seus custos subiram de US\$ 600 milhões para US\$ 2 bilhões (OMETTO, 1998).

O Proálcool instituiu condições de incentivos e subsídios fortemente favoráveis à instalação de plantas produtoras de etanol no Brasil nos primeiros anos de sua implantação, intensificados a partir de 1979, de forma que os subsídios podem ter atingido em torno de 96% do financiamento concedido para a construção de novos empreendimentos, de acordo com LEITE (2007). O autor destaca ainda que o investimento privado no setor era bastante baixo, tendo sido o Estado responsável pela injeção de US\$ 1,5 bilhão durante a chamada primeira fase do programa, entre 1975 e 1979.

Já a segunda fase do programa foi iniciada com o desenvolvimento de veículos movidos a etanol, nesse caso hidratado, sob impacto do segundo choque de petróleo, da procedente elevação acentuada dos preços da gasolina e também do

excesso de oferta de etanol anidro no mercado nacional (SOUZA, 2006). Diante da expansão das vendas de veículos a etanol e consequente aumento de seu consumo para fins automotivos, verificou-se mudança profunda na distribuição e o no papel do Estado em relação ao setor, alterado diante da necessidade de se garantir o abastecimento do novo combustível introduzido na matriz energética brasileira (BORGES *et al.*, 1988).

Ao longo dos anos, a produção de etanol evoluiu em eficiência e produtividade, com elevados índices atingidos (LEITE, 2007). Atualmente, a produtividade do etanol de cana-de-açúcar é de aproximadamente 7.000 litros de etanol hidratado/hectare, enquanto na década de 1980 situava-se em torno de 4.000, de acordo com dados do MAPA (2011). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de etanol, atrás somente dos Estados Unidos. Em 2009, a produção de etanol norte-americana foi 21,5 Mtoe, enquanto a do Brasil foi de 12,8 Mtoe (IEA, 2010).

Com o advento dos veículos *flex fuel* em 2003, a demanda interna por etanol elevou-se consideravelmente (NAPPO, 2007). Esse tipo de veículo, uma inovação tecnológica, permite o uso de etanol hidratado ou gasolina, garantindo maior elasticidade ao consumidor, que tem a liberdade de escolher o combustível que será utilizado no momento da compra, na bomba de combustível (CAVALCANTI, 2011). Dado que o consumo relativo dos dois combustíveis é diferente, devido ao menor poder calorífico do etanol frente à gasolina, há vantagem financeira para o consumidor ao abastecer com etanol quando seu preço for inferior a 70% do preço da gasolina (GAMARRA, 2009). No estado de São Paulo, maior produtor nacional, o etanol chega a custar metade do preço da gasolina no período de safra da cana-de-açúcar (NAPPO, 2007).

De forma resumida, os veículos *flex fuel* ou veículos bicombustíveis reconhecem o combustível contido no tanque do automóvel e ajustam a relação ar-combustível admitida na câmara de combustão, graças à ação do *Software Fuel Sensor*, principal responsável pelo funcionamento dessa tecnologia (SZKLO *et al.*, 2007). Entretanto, isso é possível em virtude das propriedades físico-químicas dos combustíveis comercializados no Brasil para motores ciclo Otto, ou seja, gasolina adicionada de etanol anidro e etanol hidratado, que não permitem que ocorra separação de fases quando misturados em variadas proporções (SZKLO *et al.*, 2007).

2.3. Problemas de abastecimento e confiança no setor

O esforço brasileiro na inserção do etanol na sua matriz energética foi fundamental para posicionar o país dentre os maiores produtores, consumidores e exportadores mundiais do biocombustível. Como mostrado na Tabela 2.1, elaborada com dados da IEA (2010), sua produção em 2009 correspondeu a aproximadamente um terço do total mundial. A infra-estrutura hoje existente de distribuição e revenda de etanol combustível assegura a logística de suprimento em todo o país.

Tabela 2.1. Maiores produtores mundiais de etanol em 2009.

País/bloco	Produção de Etanol (mil bpd)	Participação/total (%)
Estados Unidos	470	55,0%
Brasil	287	33,6%
União Europeia	38	4,4%
China	24	2,8%
Canadá	13	1,5%
Índia	3	0,4%
Outros	20	2,3%
Total	855	100,0%

Fonte: IEA, 2010.

Mas a história do etanol combustível brasileiro foi marcada também por uma forte crise no seu abastecimento, que abalou fortemente os consumidores. No final da década de 1980 e no início da década de 1990 os preços do petróleo caíram e estabilizaram-se, o governo brasileiro promoveu a desregulamentação do setor, encerrando subsídios e facilidades de crédito e as usinas de produção de açúcar e etanol focaram sua produção no primeiro, devido à atratividade de seu preço (NEVES *et al.*, 2011).

Em 1989 foi determinada pelo governo a redução do teor de etanol anidro adicionado à gasolina de 18 para 13%, em virtude de quebra na safra de 1989-90, reduzindo intensamente a oferta de etanol (BARROS, 2007). Os preços do etanol subiram, os estoques reguladores foram consumidos e os consumidores enfrentaram a falta do biocombustível, que ruiu a confiança no setor, e a consequente desvalorização de seus veículos (BARROS, 2007). Desde então, as vendas de veículos novos movidos a etanol combustível declinaram ano após ano, sendo encerrada a produção desse tipo de automóvel em 2007 (ANFAVEA, 2011).

Cabe pontuar que embora o consumo de etanol hidratado tenha caído drasticamente em função da queda das vendas dos veículos a etanol durante a década de 1990, as vendas de etanol anidro apresentaram crescimento, ainda que lento, em função do aumento da demanda por gasolina (BARROS, 2007).

Embora o auge da crise tenha ocorrido no final da década de 1980, já em 1986 o setor sofreu problemas de abastecimento, sendo necessária a importação de etanol para suprimento da demanda, o que levou os fabricantes de automóveis a focarem novamente a sua produção em veículos a gasolina (SILVA & FISCHETTI, 2008). A partir desse ano também mudou significativamente o cenário internacional do petróleo, com o chamado contrachoque, que representou a forte queda do preço do barril de óleo bruto (NAPPO, 2007).

Analizando-se a política governamental que culminou com essa crise de abastecimento, verifica-se falha na abordagem desse setor estratégico que é o setor energético.

De acordo com PINTO JÚNIOR *et al.* (2007), a formulação da política energética deve ser uma intervenção planejada do Estado e deve ser conduzida em conjunto com as políticas públicas e não de forma isolada. Além disso, o caráter estratégico do setor de combustíveis e a necessidade de garantir seu suprimento devem ser sempre considerados, não podendo ser negligenciados devido a confortáveis momentos de excedente de produção. Quando isso ocorre, podem ser sucedidos por momentos de escassez e crises de abastecimento.

A fim de superar a crise, o país viu-se forçado a importar etanol e metanol introduzindo no mercado na mistura conhecida como MEG, composta por 60% de etanol hidratado, 34% de metanol e 6% de gasolina, a mistura garantia a substituição com mesmo desempenho do etanol hidratado combustível, sem terem sido registradas ocorrências sérias quanta a saúde pública e contaminações ambientais, haja vista a elevada toxicidade do metanol (NAPPO, 2007).

O papel do Estado na promoção de políticas de estímulo à produção e uso de biocombustíveis é bastante discutido e tais políticas são essenciais para a evolução das pesquisas e consequente expansão do uso dos biocombustíveis (RAJAGOPAL & ZILBERMAN, 2007). Embora seja verificado aumento da produção de biocombustíveis ao redor do mundo, os custos raramente atingem os patamares dos derivados de petróleo, dependendo, consequentemente, do estímulo das políticas públicas, que só

costumam ser eficientes nos locais onde não há subsídios para derivados de petróleo e onde os tributos incidentes sobre os combustíveis fósseis incorporam as suas externalidades de produção (SOUSA & MACEDO, 2010).

Conforme SOUSA & MACEDO (2010), essas políticas utilizam geralmente três principais instrumentos: de comando e controle, econômicos e barreiras às importações. Os instrumentos de comando e controle são aplicados desde a década de 1980 e são caracterizados por padrões regulatórios, tais como: limites de emissões veiculares de poluentes atmosféricos, percentuais obrigatórios de misturas de biocombustíveis aos combustíveis fósseis, especificações de combustíveis e padrões de eficiência energética de veículos. Já os instrumentos econômicos começaram a ser usados a partir da década de 1990 e englobam incentivos financeiros e fiscais para produção ou aquisição de veículos movidos a biocombustíveis, na forma de crédito de impostos ou empréstimos sob condições especiais. Finalmente, as barreiras às importações visam à proteção do mercado produtor interno, através de tarifas sobre os biocombustíveis importados. Os autores frisam que esse tipo de instrumento tem baixa eficiência econômica, pois impede o acesso do consumidor a preços mais baixos.

No caso do Brasil, as ações de estímulo à produção e consumo de etanol foram realizadas no âmbito do Proálcool, do qual se destaca em 1981 a instituição da “Conta Álcool”, que operacionalizava o pagamento dos subsídios à produção (BARROS, 2007). Com esse mecanismo, a Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras arrecadava recursos dos combustíveis fósseis para subsidiar etanol, o que somente era possível devido ao fato de a empresa ser detentora do monopólio da produção de petróleo e derivados no país (BARROS, 2007).

O papel da Petrobras no mercado de etanol é apontado como um dos fatores que levaram ao declínio do Proálcool (SCANDIFFIO, 2005). O controle feito pela estatal da distribuição do biocombustível passou a apresentar custos excessivamente elevados a partir de 1986, resultando em acentuado déficit da Conta Álcool. Diante disso, a Petrobras passou a retardar a compra e o pagamento de etanol, reduzindo seus estoques por consequência e gerando insatisfação entre os produtores.

O impacto desse tipo de prática era significativo em um ambiente de elevada inflação, gerando uma defasagem dos preços do etanol, que eram calculados na época pela Fundação Getúlio Vargas – FGV, através de convênio com o IAA e fixados pelo Conselho Nacional de Petróleo – CNP, alinhado com as políticas antiinflacionárias então adotadas (SCANDIFFIO, 2005).

Com relação à desregulamentação do setor promovida pelo Estado ao longo da década de 1990, cabe mencionar que até então os preços eram controlados, tanto para o açúcar quanto para o etanol, caracterizando um mercado de forte intervenção (MARJOTTA-MAISTRO, 2002).

Das principais ações envolvidas, destaca-se que o Instituto do Açúcar e do Álcool – IAA, órgão criado em 1933 e que atribuía cotas de produção e preços para o etanol e para o açúcar, foi extinto em 1990 (MARJOTTA-MAISTRO, 2002). Os preços do etanol anidro foram liberados em 1997 e os do açúcar, do etanol hidratado e do etanol para fins não automotivos em 1999 (BARROS, 2007).

Nesse cenário de desregulamentação, outro fato importante foi a criação da Agência Nacional do Petróleo – ANP ano de 1997, através da Lei nº 9.478 (BRASIL, 1997). Dentre as atribuições da agência, foram incorporadas as atividades de regulação de distribuição e revenda de derivados do então extinto Departamento Nacional de Combustíveis – DNC (SCANDIFFIO, 2005).

A ANP teve sua nomenclatura alterada para Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis em 2005, no entanto somente a produção de biodiesel foi definida como atividade regulada (BRASIL, 2005), enquanto a produção de etanol permaneceu sem regulamentação prevista até 2011 (BRASIL, 2011).

Outro fato relevante ocorrido na década de 1990 foi a criação da Brasil Álcool S/A, em fevereiro de 1999, constituída por 84 empresas do setor, com o objeto social de comercializar, no mercado nacional e internacional, etanol anidro, hidratado e açúcar durante o período de três anos (MIURA, 2010). O conceito da empresa era basicamente adquirir o excedente de etanol da região, estocá-lo e exportá-lo, equilibrando a oferta e demanda do mercado interno (MELLO, 2004).

No entanto, em novembro de 2000, o Conselho Administrativo de Defesa Econômica – CADE não aprovou a operação, tendo como consequência a desconstituição da empresa (CADE, 2000). O ato de concentração relativo à constituição da Brasil Álcool S/A foi analisado como pedido de constituição de cartel de crise, não sendo encontradas pelo CADE justificativas para sua execução, isto é, o cartel não trazia eventuais eficiências ou benefícios ao país (MIURA, 2010).

Oportunamente, a inserção dos veículos *flex fuel* na frota brasileira garantiu nova expansão da produção de etanol e entre 2005 e 2009 mais de cem novas plantas

produtoras de etanol instalaram-se no país (SOUZA & MACEDO, 2010). Nesse momento ocorreu incentivo à produção através de expressivos financiamentos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, que atingiu o pico histórico de 7% do total de desembolsos do banco em 2008. A Figura 2.1 apresenta os financiamentos para o setor sucroenergético divulgado pelo BNDES e sua respectiva participação percentual no total de desembolsos do Banco.

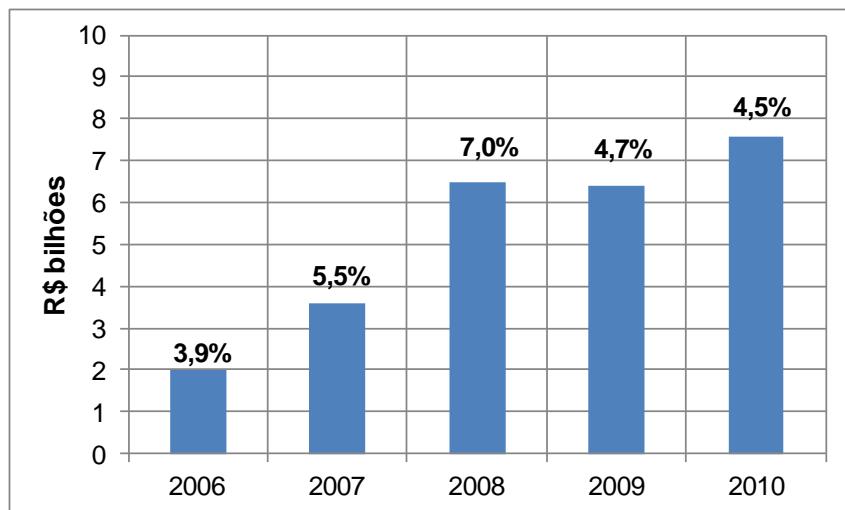


Figura 2.1. Total e participação percentual de desembolsos do BNDES para o setor sucroenergético.

Fonte: BNDES, 2011.

Contudo, após a crise econômica mundial de 2008, que afetou o setor sucroalcooleiro sobremaneira, essa expansão encerrou-se, enquanto o consumo do etanol se mantinha ascendente, bem como suas projeções¹. Entre 2008 e 2009, através da Figura 2.1 verifica-se contração dos investimentos, com grande peso na participação percentual do total de desembolsos do BNDES. Em 2010, houve uma quebra de safra de produção na Índia, que passou a importar açúcar brasileiro (AGÊNCIA BRASIL, 2010). Tal fato contribuiu para valorização e consequente retomada dos projetos relacionados a usinas de açúcar no país, correspondendo a 40% dos desembolsos do BNDES observados entre 2009 e 2010, o que justifica o montante dos investimentos entre esses anos (BNDES, 2011).

Além disso, fatores climáticos afetaram a produção agrícola da cana-de-açúcar e o país atravessou por uma alta descontrolada nos preços do etanol combustível nos períodos de entressafra da região centro-sul de 2010 e 2011,

¹ Para maiores informações vide EPE (2008) e EPE (2009).

chegando a atingir aproximadamente 2,50 R\$/l na média de preços ofertados aos consumidores das capitais nos meses que anteciparam a safra de 2011 (MME, 2011).

De acordo com dados da ANP (2011), as vendas de etanol hidratado combustível nas distribuidoras em 2010 foram quase 10% menores que as vendas de 2009. E dados acumulados de janeiro até outubro de 2011 mostram redução aproximada de 25% nas vendas em relação ao mesmo período de 2010 (ANP, 2011a). A Figura 2.2 mostra os volumes comercializados de etanol hidratado entre os anos 2000 e 2010.

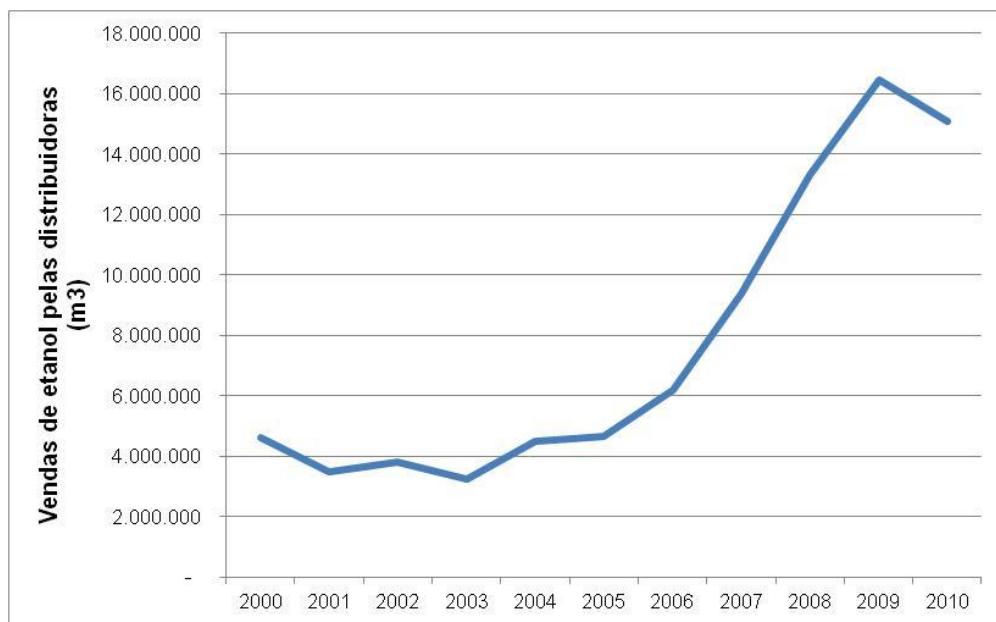


Figura 2.2. Volume comercializado de etanol hidratado pelas distribuidoras
Fonte: ANP, 2011a.

Essa redução dos volumes comercializados está diretamente relacionada aos preços praticados no país. Como o etanol hidratado é substituto da gasolina, no mesmo período houve aumento do consumo de gasolina C, que é a gasolina oriunda das refinarias (gasolina A) adicionada de etanol anidro, conforme Figura 2.3.

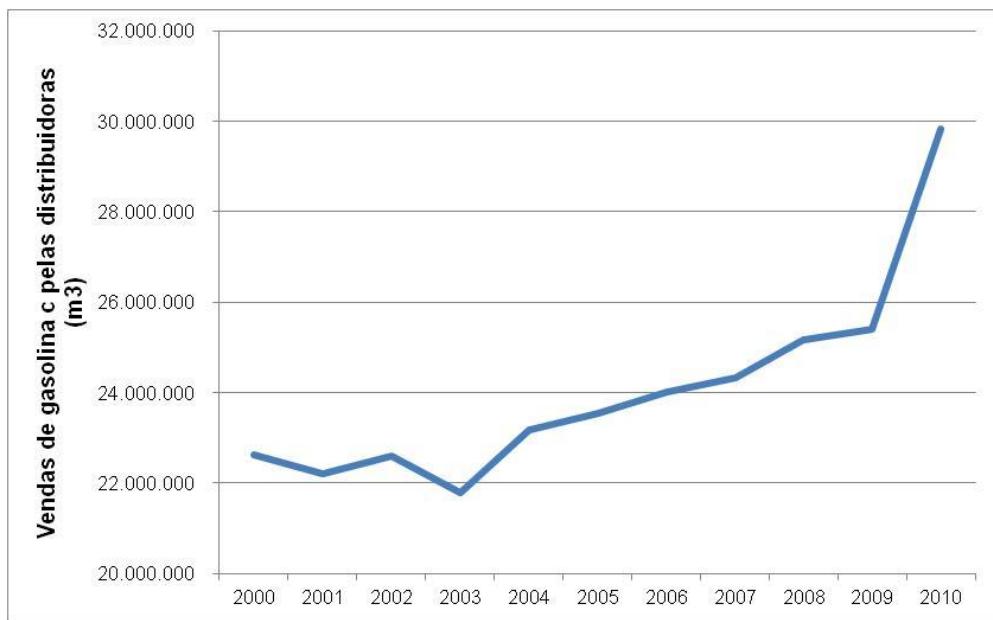


Figura 2.3. Volume comercializado de gasolina C pelas distribuidoras.

Fonte: ANP, 2011a.

Devido à adição de etanol anidro na gasolina, o aumento do consumo do combustível fóssil implicou elevação da demanda pelo etanol nessa forma, contribuindo ainda mais para o aumento dos preços.

Cabe mencionar também que estrutura do mercado de etanol, dividida basicamente entre etanol anidro, para ser adicionado compulsoriamente à gasolina A, e etanol hidratado, para uso principalmente pela frota bicombustível, apresenta elevada complexidade. Como fatores de dificuldade para os estudos econômicos, de acordo com SOUSA & MACEDO (2010) destacam-se: a rigidez do mercado internacional de açúcar, cujas peculiaridades distorcem a formação de preços; a característica de preços artificiais do mercado de derivados de petróleo no Brasil, no qual os preços não se relacionam aos custos diretos e a falta de mecanismos estabilizadores referentes às oscilações de oferta para o mercado interno, como estoques reguladores de etanol.

O etanol, em relação a custos e preços ao produtor se mostra competitivo à gasolina, contudo, essa competitividade vem gradativamente se reduzindo, devido às distorções do mercado de derivados de petróleo, no qual a Petrobras mantém o preço da gasolina de acordo com as diretrizes governamentais, de forma pouco transparente e sem representar adequadamente seus custos de produção, o que claramente vulnerabiliza o mercado do substituto da gasolina (SOUSA & MACEDO, 2010).

Desde o lançamento dos veículos bicompostíveis não se verificava alta tão significativa nos preços do etanol hidratado quanto observado nas duas últimas safras. Na realidade, o governo brasileiro se encontrava, até certo ponto, eufórico com o sucesso do etanol, que inclusive ganhara prestígio internacional devido às características positivas do ponto de vista ambiental, o que agravou sobremaneira o efeito da sucessão dos acontecimentos. Ou seja, a desaceleração dos investimentos, os problemas com a safra de cana-de-açúcar e a priorização da produção de açúcar, que impulsionaram os preços do etanol para cima (CONAB, 2010).

Como resultado, os preços de etanol hidratado tornaram-se menos competitivos e os consumidores passaram a utilizar gasolina C nos veículos *flex fuel*. A regra prática adotada pela maioria dos consumidores, baseada na relação do poder calorífico do etanol e da gasolina, consiste na análise da paridade de preços, ou seja, quando financeiramente se torna indiferente utilizar etanol ou gasolina. Diante da razão entre o preço do etanol hidratado e o preço da gasolina acima de 70%, é mais vantajoso consumir gasolina C (NAPPO, 2007).

Especialmente na região metropolitana de São Paulo, que concentra a maior parcela da frota nacional de veículos leves, a maior parcela da frota de veículos *flex fuel* e de consumo de etanol combustível, verifica-se que a relação de preços apresentava valores bastante inferiores ao da paridade, caracterizando acentuada vantagem do etanol hidratado sobre a gasolina C, até o período da entressafra de 2010 da região centro-sul. A Figura 2.4 ilustra essa relação de preços e paridade. Destaca-se, ainda, que o preço em São Paulo é inferior ao preço médio do etanol nas capitais brasileiras.

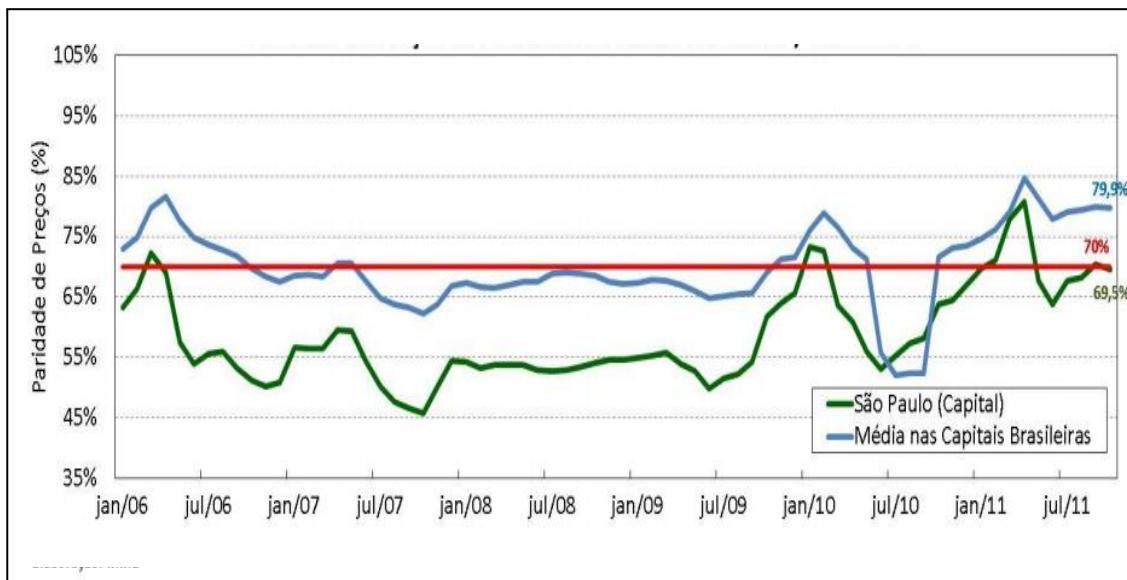


Figura 2.4. Relação de preço ao consumidor entre etanol hidratado e gasolina C.
Fonte: MME, 2011.

Conforme a Figura 2.4, é possível constatar que as entressafras da região centro-sul nos anos de 2010 e 2011 afetaram fortemente os preços do etanol e a relação mesmo em São Paulo, que não apresentava momentos de desvantagem ao consumidor desde 2006, aproximou-se bastante da condição das demais capitais brasileiras, especialmente em 2011. Na Figura 2.5 é mostrado o comportamento dos preços aos consumidores, considerando as médias entre as capitais brasileiras, para os anos mencionados.

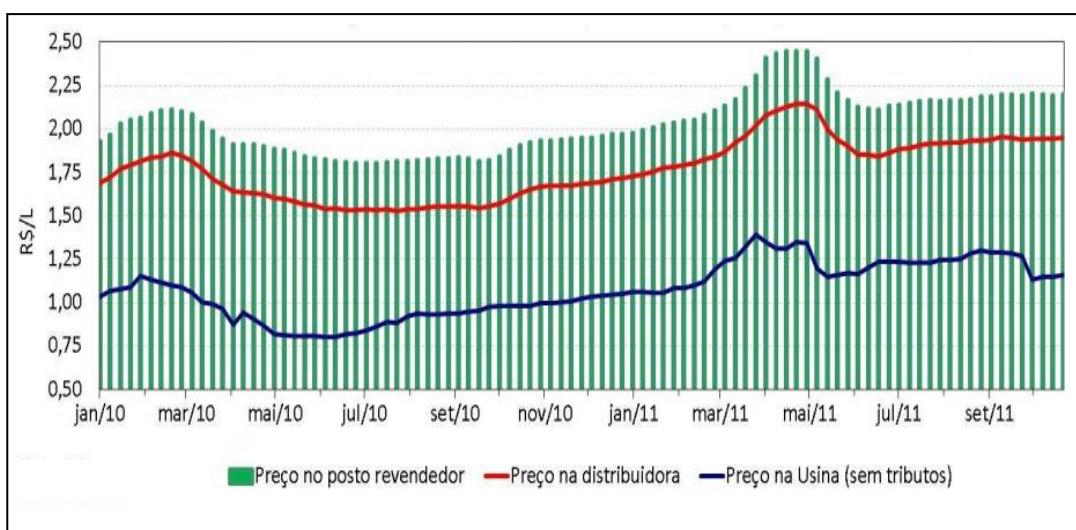


Figura 2.5. Evolução dos preços médios de etanol hidratado nas capitais
Fonte: MME, 2011.

Diante disso, novamente passando por crise de confiança junto aos consumidores, o etanol hidratado combustível voltou a ser tema de políticas públicas de abastecimento e em abril de 2011, através da publicação da Medida Provisória nº 532, a produção de etanol e toda sua cadeia até o posto revendedor de combustível passou a ser regulada pela ANP (BRASIL, 2011). Assim, cabe a Agência atualmente editar regulamentos focados em garantia de abastecimento. Já em dezembro de 2011 foi publicada Medida Provisória nº 554, que concede subvenção econômica às instituições financeiras em operações de financiamento para a estocagem de etanol combustível, através da equalização de taxas de juros² (BRASIL, 2011a).

2.4. Mudanças no papel do Brasil exportador de etanol

Além das alterações significativas recentes quanto aos preços do etanol oferecidos no mercado, o que consequentemente têm reduzido o seu consumo, cabe analisar os efeitos ocorridos no mercado mundial do biocombustível, no qual o Brasil tradicionalmente se destaca.

Com relação às exportações de etanol brasileiras, que se encontravam em ascensão até 2008, apresentaram acentuada queda em 2009, o que continuou a ocorrer em 2010 e 2011, de acordo com os dados do Ministério de Minas e Energia – MME (2011), mostrados na Figura 2.6.

² Cabe aludir que, além das medidas provisórias mencionadas, a publicação da Medida Provisória nº 556, de 23/12/2011, que aumentou o teto da CIDE de R\$ 37,20 para R\$ 602,00 para cada mil litros (BRASIL, 2011b), constitui outro instrumento que pode ser utilizado para regulação dos estoques, através de cobrança diferenciada do tributo ao longo dos meses da safra. Entretanto a CIDE permanece zerada para o etanol hidratado combustível (BRASIL, 2004).

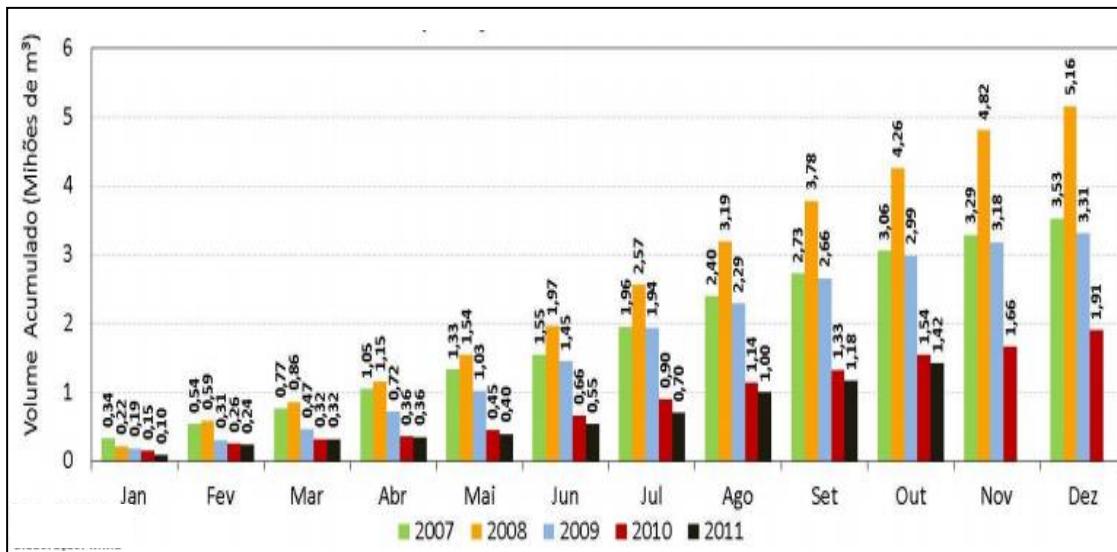


Figura 2.6. Exportações brasileiras de etanol entre 2007 e 2011.

Fonte: MME, 2011.

Dados recentes divulgados pelo MDIC (2012) apontam exportações no ano de 2011 de 1,964 bilhão de litros de etanol, o que representa 3,4% de aumento em relação ao ano de 2010, quando foram exportados 1,900 bilhão de litros, volume este 42,4% menor que o de 2009.

Tradicionalmente, o Brasil exporta etanol para países como Estados Unidos, Japão e Suécia, além de países da América Central e do Caribe, onde o etanol hidratado é reindustrializado, sendo desidratado e exportado na forma de anidro para os Estados Unidos (MDIC, 2012). Em 2011 o volume exportado pelo Brasil para reindustrialização em outros países totalizou cerca de 343 milhões de litros (MDIC, 2012). Já as importações brasileiras de etanol no ano de 2011 somaram 1,136 bilhão de litros, representando 1405% de aumento em relação a 2010, oriundo principalmente dos Estados Unidos (MDIC, 2012).

Cabe destacar também o papel dos Estados Unidos no mercado internacional de etanol combustível. Os Estados Unidos são os maiores produtores de etanol do mundo e Brasil e Estados Unidos juntos responderam por aproximadamente 88% da produção mundial de etanol em 2009 (EIA, 2011).

Como o Brasil, os Estados Unidos têm fomentado o mercado através de incentivos de políticas públicas (SOUSA & MACEDO, 2010). Dentre essas políticas, destaca-se a publicação pelo Congresso do *Energy Independence and Security Act of 2007* – EISA 2007, que em suas metas requer 15 bilhões de galões (56,85 bilhões de

litros) de etanol de milho para ser misturado à gasolina em 2015. A Tabela 2.2 apresenta os volumes requeridos de biocombustíveis previstos pelo EISA 2007.

Tabela 2.2. Volume de biocombustíveis requeridos pelo EISA 2007 para o período 2010-2022.

Ano	Volume de biocombustíveis requerido		Volume de biocombustíveis avançados requerido	
	bilhões de galões	bilhões de litros	bilhões de galões	bilhões de litros
2010	12,95	49,02	0,95	3,60
2011	13,95	52,80	1,35	5,11
2012	15,2	57,53	2	7,57
2013	16,55	62,64	2,75	10,41
2014	18,15	68,70	3,75	14,19
2015	20,5	77,59	5,5	20,82
2016	22,25	84,22	7,25	27,44
2017	24	90,84	9	34,07
2018	26	98,41	11	41,64
2019	28	105,98	13	49,21
2020	30	113,55	15	56,78
2021	33	124,91	18	68,13
2022	36	136,26	21	79,49

Fonte: GPO, 2007.

Coube a *Environmental Protection Agency* – EPA regulamentar o EISA 2007, o que ocorreu somente em 26/03/2010, com a publicação no *Federal Register*, o equivalente ao Diário Oficial da União no Brasil, do documento *Regulation of Fuels and Fuel Additives: Changes to Renewable Fuel Standard Program*. A demora para a regulamentação pela EPA é atribuída a controvérsias na metodologia de cálculo das emissões associadas aos biocombustíveis (SOUSA & MACEDO, 2010). A EPA classificou nesse documento o etanol oriundo de cana-de-açúcar como biocombustível avançado, com capacidade de redução de emissões de gases de efeito estufa em pelo menos 50% quando comparado à gasolina, enquanto o etanol de milho com as menores emissões possíveis, isto é, produzido com energia proveniente de gás natural atingiu 21% (SOUSA & MACEDO, 2010).

Em consequência do aumento de volume requerido pela regulamentação, as plantas produtoras de etanol norte-americanas têm se modernizado e investido no aumento da eficiência dos seus processos. Assim, conforme a *Renewable Fuels Association* – RFA³ (2011), verificou-se ampliação significativa do número de plantas

³ Fundada em 1981, a RFA é a associação comercial norte-americana de etanol combustível.

produtoras no país – de 50 em 17 estados, produzindo 5,31 bilhões de litros em 1998 para 204 plantas em 29 estados produzindo mais de 50 bilhões de litros em 2010. A evolução da produção norte americana é mostrada na Figura 2.7.

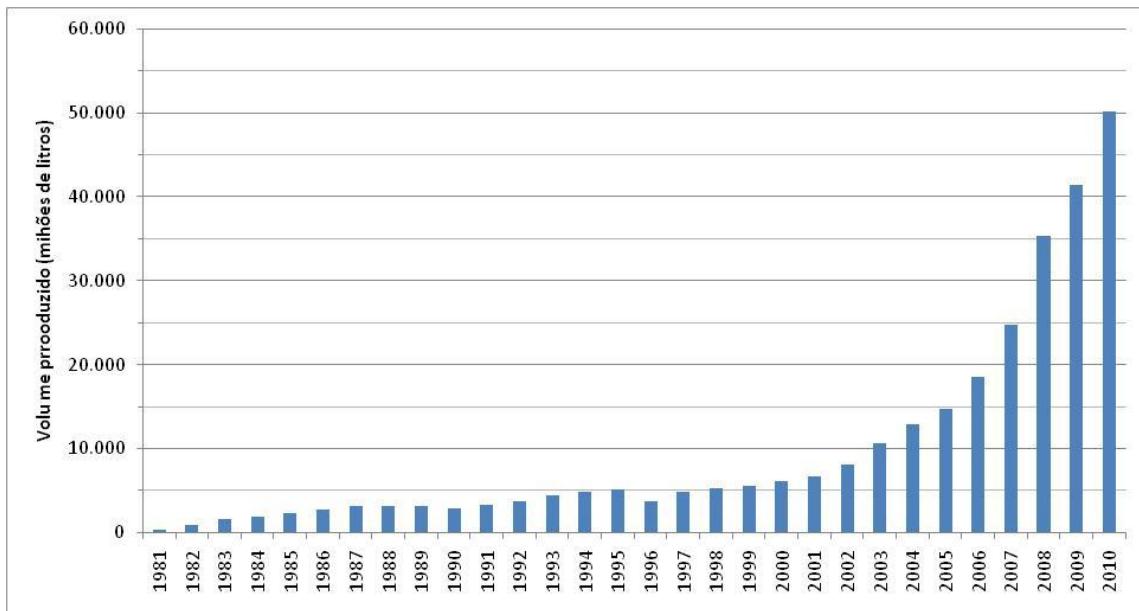


Figura 2.7. Evolução da produção de etanol nos Estados Unidos.

Fonte: EIA, 2011.

Os números expressivos que os Estados Unidos têm atingido nos últimos anos na produção de etanol têm alterado as perspectivas quanto ao mercado mundial. De acordo com o *United States Department of Agriculture* (USDA, 2011), em 2010 o país se tornou o produtor de etanol com menores custos do mundo, produzindo excedentes que totalizaram US\$ 825 milhões em exportações.

O Brasil destacava-se até então como maior exportador mundial de etanol devido aos baixos custos de produção atingidos, com a utilização de cana-de-açúcar como matéria-prima. Os custos dependem fortemente da matéria-prima usada e no caso do etanol de milho, verificou-se que a partir de 2009 sua competitividade aumentou significativamente devido ao aumento do preço do açúcar, que diminui a competitividade do etanol de cana-de-açúcar (USDA, 2011). A partir de 2010, a produção de etanol nos Estados Unidos passou a atingir custos menores que no Brasil aliado ao fato de que o Dólar desvalorizou-se 35% em relação ao Real no período entre novembro de 2008 e abril de 2009 (USDA, 2011).

2.5. Características do setor produtivo de etanol combustível

A Medida Provisória nº 532 foi convertida na Lei nº 12.490 em 16 de setembro de 2011 e foi estabelecido o prazo de 180 dias para a ANP elaborar todos os regulamentos necessários (BRASIL, 2011c). No entanto, a análise desse setor é complexa e não basta a mudança ou a introdução de um órgão do Estado para que os problemas de flutuações de preço e de abastecimento sejam resolvidos. Assim, cabe analisar as peculiaridades da cadeia de etanol para compreensão das fragilidades econômicas com as quais se depara o setor.

Primeiramente, trata-se de uma matéria-prima que produz dois produtos principais, além de gerar energia elétrica através da queima de seu bagaço, cujos mercados têm comportamentos distintos. O açúcar é predominantemente negociado como *commodity* agrícola no mercado internacional enquanto o etanol para uso combustível é comercializado sob as formas de anidro e hidratado principalmente para o mercado doméstico e seu preço está ligado ao da gasolina.

Por se tratar de uma atividade agroindustrial, é fortemente influenciada pela sazonalidade da produção de cana-de-açúcar, que deve ser moída em até dois dias depois da colheita (NEVES *et al.*, 2011), durante o período de safra. Do ponto de vista de demanda, porém, a necessidade pelos produtos se prolonga em todo o ano. Destarte, a natureza da produção exige a formação de estoques durante a safra, de modo a possibilitar a oferta de etanol na entressafra⁴.

A formação dos chamados estoques de passagem, que garantem o abastecimento do produto na entressafra, no modelo brasileiro de comercialização de etanol combustível atual, cuja estrutura é mostrada na Figura 2.8, não apresentava, até as regulamentações mais recentes, em 2011, a definição clara de qual agente econômico deveria arcar com o ônus de formação e manutenção desse tipo de estoque, o que vem ocorrendo através da ação dos produtores, desde a desregulamentação do setor (SOUZA, 2006).

⁴ Convém mencionar que os termos safra e entressafra de maneira geral adotados neste trabalho se referem ao período correspondente da região centro-sul.

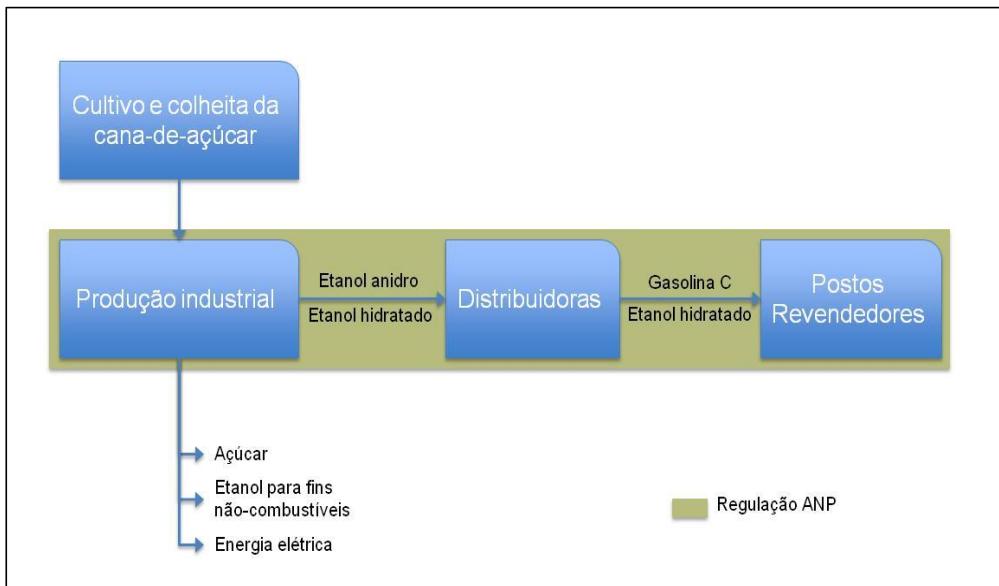


Figura 2.8. Esquema simplificado da cadeia de etanol combustível.

Fonte: elaboração própria.

Cabe destacar que o ciclo econômico da atividade de produção de etanol e açúcar vincula-se ao ciclo agronômico da lavoura, que pode ser afetado por fatores meteorológicos, por exemplo, resultando em prejuízos para o produtor, que somente poderá ter chances de recuperação no período de safra seguinte. Como outras atividades agrícolas, diante de anos seguidos de prejuízos o produtor pode sofrer danos financeiros irreparáveis, os quais podem inviabilizar sua permanência no setor e comprometer o abastecimento daquele produto. Por essa razão, países como Estados Unidos, Canadá, Japão e integrantes da União Européia adotam políticas públicas de proteção aos mercados agrícolas, especialmente àqueles considerados estratégicos, de maneira a evitar crises mais profundas diante de problemas de produção e abastecimento (CONAB, 2010).

No caso brasileiro, também são previstas práticas de intervenção nos setores visando sua proteção, através do fomento a pesquisas, do oferecimento de assistência técnica, do fornecimento de crédito para investimento e capital de giro aos produtores e da promoção da sustentação da renda dos produtores ou do preço dos produtos como feijão, milho, trigo, algodão, café, entre outros, considerando as exigências de cada mercado (CONAB, 2010).

Especificamente no caso da cana-de-açúcar brasileira, a produção agrícola se distribui em basicamente em duas regiões no país: a região centro-sul, com período de safra entre abril e outubro e a região norte-nordeste, com período de safra entre novembro e março (BARROS, 2007).

Embora complementares, os períodos de safra diferenciados ao longo do país não asseguram abastecimento pela diferença de escala entre as produções: a região centro-sul corresponde por cerca de 90% da produção agrícola de cana-de-açúcar no país, acordo com dados do MAPA (2011). Devido à mencionada perecibilidade da cana-de-açúcar colhida, as plantas produtoras de etanol localizam-se próximas das áreas de produção agrícola.

O estado brasileiro com maior consumo de etanol é também o maior produtor: São Paulo se destaca com cerca de 60% da produção, de acordo com dados da safra 2009/2010 (MAPA, 2011). No entanto, no que se refere à expansão agrícola da cana-de-açúcar, outras regiões costumam ser consideradas, especialmente devido ao elevado preço da terra em São Paulo, que aumentou em média 113,66% entre os anos de 2001 a 2006 (GOLDEMBERG *et al.*, 2008). Tal efeito dos biocombustíveis sobre o preço da terra no país é bastante discutido por RATHMANN *et al.* (2008).

Ainda, considerando o tempo envolvido para maturação da cana-de-açúcar, isto é, de 5 anos entre a plantação e a primeira colheita (NEVES *et al.*, 2011), e que os projetos industriais de produção de etanol são integrados aos projetos agrícolas, não é possível expandir a capacidade de produção de uma safra para outra.

De acordo com a CONAB (2011), os produtores de etanol têm enfrentado dificuldade para renovação das áreas plantadas com cana-de-açúcar, devido a problemas financeiros, principalmente. A renovação deveria ocorrer, em média, no quinto corte da cana-de-açúcar e há lavouras que se encontram no décimo segundo corte na safra 2011/2012, conforme o levantamento da CONAB.

2.6. Relação entre a produção de etanol e de açúcar

Em torno de 34% da produção mundial de açúcar é negociado como *commodity* internacional e são poucos os países que conseguem produzi-lo de forma abundante e competitiva como é o caso do Brasil, que responde por mais da metade do total desses negócios internacionais (CONAB, 2011a). A Tabela 2.3 apresenta os dados brasileiros e mundiais de produção e de exportação de açúcar.

Tabela 2.3. Dados de produção e exportação de açúcar.

Ano	Produção de açúcar (milhões de toneladas)				Exportações de açúcar (milhões de toneladas)			
	Brasil	Mundo	Participação Brasil (%)	Variação em relação ao ano anterior	Brasil	Mundo	Participação Brasil (%)	Variação em relação ao ano anterior
1999	20,6	136,4	15,1%		12,5	32,0	39,1%	
2001	20,3	130,6	15,5%	-1,5%	11,2	40,9	27,4%	-10,4%
2003	26,0	148,4	17,5%	28,1%	13,4	44,8	29,9%	19,6%
2005	26,2	141,3	18,5%	0,8%	18,1	47,9	37,8%	35,1%
2007	31,3	166,3	18,8%	19,5%	19,4	48,8	39,8%	7,2%
2008	31,5	161,5	19,5%	0,6%	19,5	49,6	39,3%	0,5%
2009	33,1	143,9	23,0%	5,1%	24,3	48,9	49,7%	24,6%
2010	38,7	153,5	25,2%	16,9%	28,0	51,8	54,1%	15,2%

Fonte: CONAB, 2011a.

É importante destacar que o processo produtivo de açúcar segue as mesmas etapas iniciais que o de etanol e ainda origina um subproduto – o melaço – que contém algum teor de sacarose e açúcares como glicose e frutose, que, no entanto, não pode ser reaproveitado na fabricação de açúcar, mas pode ser utilizado na produção de etanol (BNDES, 2008).

Assim, o tipo de instalação industrial mais comum de processamento de cana-de-açúcar que se observa no país associa o processo produtivo de etanol com o de açúcar (BNDES, 2008). A Figura 2.9 ilustra simplificadamente a relação entre os produtos gerados nesse tipo de indústria.

Resumidamente, a cana-de-açúcar é moída na indústria, o que resulta em caldo e bagaço, que é queimado em caldeiras com vistas à geração de energia elétrica. O caldo constitui a matéria-prima para a produção de açúcar, devido ao seu elevado teor de sacarose. Essa característica é bastante importante para se obter o açúcar nas etapas posteriores, o que ocorre por evaporação e cozimento, envolvendo significativo aporte energético. Já o etanol é obtido da fermentação de caldo com melaço, que resulta também em elevada quantidade de resíduo – vinhoto ou vinhaça, reaproveitado na irrigação agrícola.

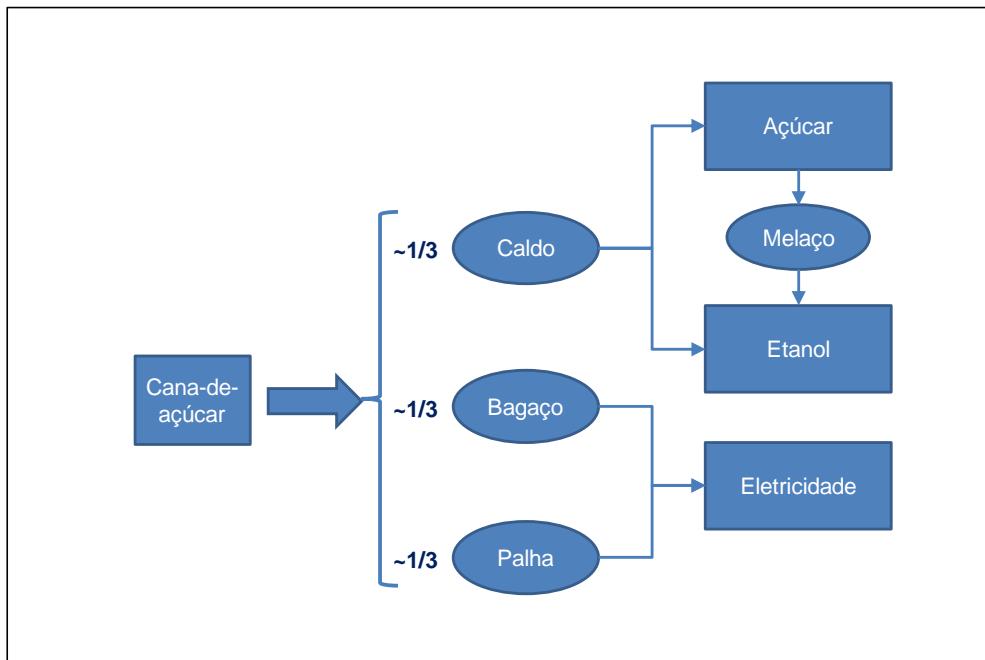


Figura 2.9. Esquema simplificado dos produtos da cana-de-açúcar.
Fonte: elaboração própria.

Assim, o produtor pode ter por objetivo específico produzir mais etanol ou mais açúcar em determinada safra, definindo o chamado *mix* de produção. Porém sua instalação industrial apresenta restrições físicas para variação do *mix* de produção, o que não permite, por exemplo, que ocorra a migração total da cana para produção exclusiva de açúcar durante uma determinada safra devido a preços mais atrativos deste em relação aos do etanol. O que é possível é a otimização da produção de etanol ou açúcar, em margens limitadas.

Conforme ZANÃO (2009), no caso do estado de São Paulo, a flexibilidade entre a produção de açúcar e etanol corresponde a uma margem de 10% de variação possível. Com isso, há sempre pressão no abastecimento de etanol relacionada aos preços do açúcar, que podem levar os produtores a otimizar sua produção nesse sentido.

Dessa forma, a expressiva elevação dos preços de etanol observada nas duas últimas safras brasileiras de cana-de-açúcar também sofreu influência do incremento de preços de açúcar que se descolaram do comportamento verificado até então, de maneira que a produção de açúcar tornou-se mais atrativa, conforme Figura 2.10.

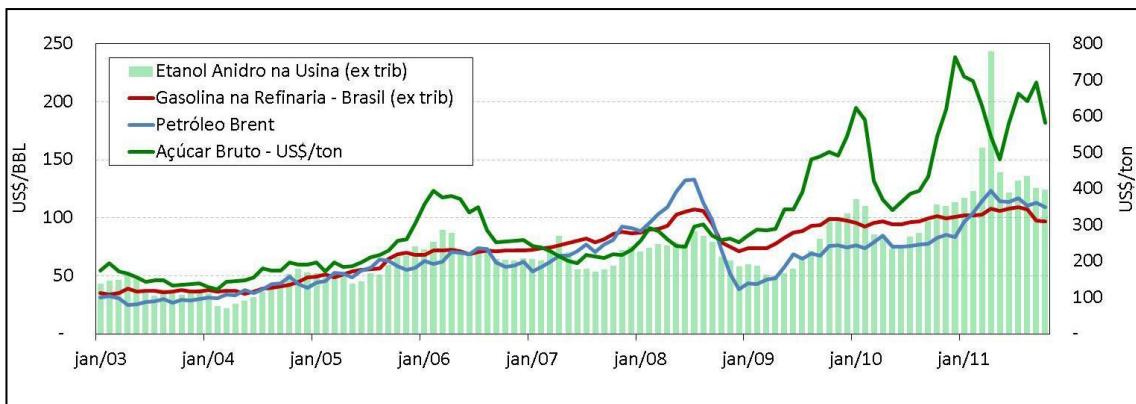


Figura 2.10. Evolução dos preços de petróleo e açúcar em relação ao etanol.

Fonte: MME, 2011.

Convém mencionar que os estudos econômicos da relação entre o etanol e o açúcar são complexos, devido aos diversos fatores que influenciam esses mercados. Considerando o papel do mercado externo nos preços do açúcar, a elasticidade do etanol hidratado combustível em relação à gasolina, o crescimento da frota de veículos *flex fuel* no Brasil, entre outros, pode-se constatar que, além dos custos tradicionais, relacionados aos custos de produção no processamento da cana-de-açúcar, os custos de oportunidade são muito significativos (SOUSA & MACEDO, 2010).

Outro fator importante é a ausência de mecanismos no mercado brasileiro de etanol para controlar as oscilações de preço e volumes durante os períodos de safra e entressafra, como por exemplo, estoques reguladores ou mercados futuros (SOUSA & MACEDO, 2010). Esse assunto será mais bem explorado no próximo capítulo.

Como visto, o etanol se insere entre duas realidades distintas e conflitantes: a primeira relacionada à cana-de-açúcar, sujeita às vulnerabilidades inerentes da produção agrícola e da oportunidade de se produzir açúcar quando diante de preços atrativos no mercado internacional, e a segunda relacionada ao mercado de combustíveis, que exige disponibilidade de volumes de etanol produzido para suprir a demanda crescente.

Como as políticas públicas brasileiras de incentivo à produção e estímulo ao consumo não foram sustentadas no longo prazo e, sem a utilização de instrumentos para garantia de abastecimento, o mercado de etanol hidratado fragilizou-se com a crise de abastecimento, voltando a ascender somente com a introdução dos veículos *flex fuel* no mercado automotivo.

Dessa forma, a questão do abastecimento de etanol combustível, através da formação de estoques reguladores para atender a demanda na entressafra, será abordada de forma mais detalhada no próximo capítulo.

CAPÍTULO 3: GARANTIA DE SUPRIMENTO DE ETANOL COMBUSTÍVEL

Na formulação das políticas energéticas, a garantia de suprimento pode ser abordada como política voltada à oferta: diante da evolução de demanda projetada seu foco pode ser atender essa necessidade prevista. Todavia, a visão mais completa do assunto deve abordar a análise da demanda, pois é preciso analisar se o uso da energia é feito nas melhores condições de eficiência. Assim, as políticas energéticas que visam racionalizar o uso da energia resultam em diminuição das pressões sobre o abastecimento e facilitam o alcance de seu objetivo (PINTO JÚNIOR *et al.*, 2007).

No Brasil, o mercado de etanol combustível foi fomentado ao longo das décadas por políticas voltadas à oferta, através do incentivo ao seu consumo, utilizando percentuais obrigatórios de adição à gasolina, no caso do anidro, e de facilidades tributárias para veículos a etanol, sobretudo durante a segunda fase do Proálcool e mais recentemente para veículos *flex fuel*, cuja alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI é reduzida, igualando-se a dos veículos a etanol (SMITH, 2010).

Durante o período de intervenção estatal forte no setor de açúcar e etanol, o extinto IAA estabelecia os preços desses produtos para remuneração dos produtores baseando-se no levantamento dos seus custos de produção. Para os consumidores, o preço final era adicionado dos custos de frete e de impostos (XAVIER, 2008).

Ao longo do tempo, com Programa Nacional do Álcool (PNA ou Proálcool), a Petrobras passou a exercer importante papel na manutenção dos estoques reguladores de etanol, uma vez que, além de ser responsável pela aquisição do etanol anidro, a empresa recolhia um diferencial entre o preço do etanol anidro e seu faturamento nos centros onde era realizada a mistura com a gasolina. Esse diferencial era usado para a manutenção dos estoques (XAVIER, 2008).

Na distribuição de combustíveis no Brasil, de acordo com MALIGO (2005), o processo de desregulamentação promovido ao longo da década de 1990 impactou o setor especialmente através do fim da chamada estrutura de preços, pela qual o governo podia fixar preço uniforme dos combustíveis em todos os postos revendedores do país, independentemente dos custos de frete até as distribuidoras,

que por sua vez eram ressarcidos pelo governo. A estrutura de preços era subsidiada através do recolhimento de alíquota pelo governo em relação inversa ao custo de frete: quanto mais próximo das regiões produtoras, maior a alíquota. Dessa forma, o consumo das regiões mais próximas aos centros produtores subsidiava o consumo das regiões mais distantes, o que foi alterado significativamente nos últimos anos (MALIGO, 2005).

Os estoques reguladores de etanol, após a liberalização do setor, passaram a ser realizados pelos produtores e recentemente, diante de alta exacerbada dos preços de etanol hidratado, o Estado promoveu alterações regulatórias visando propiciar garantia de abastecimento e menor oscilação dos preços entre os períodos de safra e de entressafra (BRASIL, 2011; 2011a).

3.1. Breve histórico do intervencionismo estatal no setor

O setor sucroalcooleiro no Brasil é marcado pela forte intervenção estatal na sua história, sobretudo nos períodos de crises internacionais (MACÊDO, 2011).

Na década de 1930, após grave crise econômica internacional, os preços do açúcar despencaram, afetando seriamente as exportações brasileiras do produto, o que resultou na publicação do Decreto nº 20.169, de 1º de julho de 1931 (BRASIL, 1931), que tornou compulsória a adição de 5% em volume de etanol na gasolina (MACÊDO, 2011). Cabe destacar que após a Primeira Guerra Mundial, que devastou a indústria européia de açúcar de beterraba, os preços do açúcar no mercado mundial subiram consideravelmente, incentivando o aumento da capacidade de produção no Brasil, o que coincidiu com o crescimento da economia paulista, resultando em grande expansão de usinas instaladas no estado de São Paulo (SILVA & FISCHETTI, 2008).

Outro marco importante da década de 1930 foi a criação do Instituto do Açúcar e Álcool - IAA, através do Decreto nº 22.789, de 1º de junho de 1933 (BRASIL, 1933). Dentre outras atribuições do IAA, cabe destacar: a definição de cotas e preços para produção de açúcar e de etanol; o estímulo à produção de etanol anidro, inclusive com isenção fiscal; o fomento à modernização das usinas existentes e à implantação de novas; e a implantação de bombas de abastecimento de etanol combustível (BRASIL, 1933). Destaca-se ainda que o IAA era o único responsável pelas aquisições de açúcar no mercado interno e pelo estabelecimento dos contratos de exportação do produto (MACÊDO, 2011).

Com relação ao teor de etanol anidro a ser adicionado à gasolina, cujo valor inicial de 5% obrigatório primeiramente na gasolina importada e na sequência na gasolina nacional, também foi atribuída ao IAA a definição e eventuais alterações desse percentual. Ao longo dos anos seguintes, até 1975, o teor médio situou-se em 7,5% (BNDES, 2008).

O maior destaque intervencionista do Estado no setor se deu na década de 1970, com o Programa Nacional do Álcool (PNA ou Proálcool), criado em um momento no qual o Brasil enfrentava dois problemas econômicos graves: as consequências do aumento dos preços do petróleo em 1973 e 1974 e a crise conjuntural do setor de açúcar a partir de 1974 (BORGES *et al.*, 1988). Foram realizadas diversas apresentações e reuniões com o então Presidente da República Ernesto Geisel sobre pesquisas com diferentes matérias-primas como sorgo, sacarina, mandioca, batata-doce, entre outros, resultando na cana-de-açúcar como fonte de biomassa com maior viabilidade técnica e econômica para a produção de etanol (OMETTO, 1998).

As motivações do programa eram bastante razoáveis. O primeiro choque do petróleo na década de 1970 revelou a fragilidade do modelo energético brasileiro, dependente de importações de petróleo em sua estrutura industrial e no setor de transportes. O consumo de derivados no país aumentara em média 16,2% ao ano no período do “milagre econômico”, isto é, entre 1967 e 1975, bem acima do aumento do Produto Interno Bruto – PIB no período (BORGES *et al.*, 1988). Além disso, as importações eram da ordem de 80% do petróleo consumido no país e entre 1973 e 1974 seus custos subiram de US\$ 600 milhões para US\$ 2 bilhões (OMETTO, 1998).

Essa forte dependência ao petróleo do setor de transportes e industrial pode ser apontada como produto do conceito de desenvolvimento incorporado pelo governo de Juscelino Kubitschek em 1956, a partir dos modelos norte-americano e europeu, que se baseavam na utilização da indústria automobilística como propulsora de industrialização acelerada e de construção de infra-estrutura rodoviária integrada (BORGES *et al.*, 1988).

3.2. A garantia de abastecimento no período do Proálcool

No início da década de 1980, a questão da distribuição e armazenamento de etanol ainda era um problema para o Proálcool, uma vez que a legislação em vigor atribuía às distribuidoras a responsabilidade pela aquisição e pelo transporte de etanol anidro até os centros de mistura com a gasolina (MORAES, 2000 *apud* XAVIER, 2008).

Ainda, com o estímulo aos veículos a etanol, era necessário adequar o sistema de distribuição de combustíveis, o que foi realizado através da organização da distribuição em quatro subsistemas, a saber: i) nas unidades produtoras, cuja capacidade de armazenamento de etanol deveria corresponder a três meses de produção; ii) em tanques coletores, a serem localizados entre as unidades produtoras e as distribuidoras; iii) em tanques de segurança, nos quais a capacidade somada a dos tanques coletores deveria suprir 60 dias de consumo das regiões circunvizinhas e iv) nos tanques operacionais das distribuidoras, com capacidade de armazenamento equivalente a 15 dias de consumo de sua área de atendimento (MORAES, 2000 *apud* XAVIER, 2008).

Diante da expansão das vendas de veículos a etanol e consequente aumento de seu consumo para fins automotivos, verificou-se mudança profunda na distribuição e no papel do Estado em relação ao setor, alterado diante da necessidade de se garantir o abastecimento do novo combustível introduzido na matriz energética brasileira (BORGES *et al.*, 1988).

Em 16 de agosto de 1983 foi publicado o Decreto nº 88.626, o qual imputou a Petrobras a responsabilidade pela aquisição de etanol para a formação dos estoques de segurança. Como consequência, a Petrobras se aproximou, já no final de 1983 do monopólio da distribuição e de armazenamento de etanol hidratado, detendo quantidade expressiva de tanques coletores e de segurança, além da maior rede de postos revendedores do país (MORAES, 2000 *apud* XAVIER, 2008).

Nessa fase do Proálcool, cabia também a Petrobras financiar os subsídios do setor utilizando recursos provenientes dos demais combustíveis, através da chamada inicialmente de Conta Álcool (BARROS, 2007). Esse modelo só era viável devido ao monopólio da Petrobras na produção e refino de petróleo no Brasil, sendo impossível sua manutenção em um regime de concorrência (BARROS, 2007). Conforme o IPEA

(1999), a Conta Álcool representava no balanço patrimonial da Petrobras, no final do exercício de 1996, saldo negativo de R\$ 4,2 bilhões.

Após a crise de abastecimento de etanol combustível, no final da década de 1980 e no início da década de 1990, o Estado promoveu a desregulamentação do setor, encerrando subsídios e facilidades de crédito e as usinas de produção de açúcar e etanol focaram sua produção no primeiro, devido ao preço elevado do açúcar (NEVES *et al.*, 2011).

Esse processo de desregulamentação do setor foi marcado por sucessivos adiamentos, com liberação total em 1º de fevereiro de 1999. Tais adiamentos são justificados pela adaptação necessária do mercado e pela forte tensão entre empresários e governo (MACÊDO, 2011).

Com relação aos recursos gerenciados pela Petrobras, referentes à Conta Álcool (depois chamada Fundo de Uniformização de preços – FUP e depois de Parcela de Preço Específica da gasolina – PPE), passaram de R\$ 0,127/litro até janeiro de 1999 para R\$ 0,045/litro até outubro de 1999 e o subsídio passou a ser pago diretamente para ao produtor, com os recursos advindos de impostos sobre os combustíveis (MARJOTTA-MAISTRO, 2002).

3.3. O abastecimento diante da liberalização do setor

Como consequência da liberalização do setor, houve alterações na competitividade da cadeia produtiva, destacando a região centro-sul em detrimento da região norte-nordeste, devido a sua superior produtividade agrícola, industrial e proximidade dos maiores centros consumidores (MACÊDO, 2011).

O Decreto nº 3.546, de 17 de julho de 2000, criou o Conselho Interministerial do Açaí e do Álcool – CIMA, com o objetivo de deliberar sobre as políticas sucroalcooleiras brasileiras. É presidido pelo titular do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e conta com a participação dos ministros do Ministério da Indústria, Comércio e Turismo (MDIC), Ministério de Minas e Energia (MME) e Ministério da Fazenda (MF) (BRASIL, 2000).

Dentre outras competências, o CIMA determina o percentual de adição de etanol anidro na gasolina, que, de acordo com a Lei nº 8.723, de 28 de outubro de

1993, alterada pela Lei nº 12.490, de 16 de setembro de 2011, deve ser fixado entre 18 e 25% (BRASIL, 1993; 2011c).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, através da Secretaria de Produção e Agroenergia, constituía o principal órgão do governo envolvido com a produção de etanol, detendo grande quantidade de informações das plantas produtoras e atuando na interlocução entre o setor privado e demais ministérios (CONAB, 2010). Com a publicação da Lei nº 12.490, a produção de etanol, passou a ser regulada pela agência, que já tratava anteriormente da distribuição e qualidade do produto. As etapas de produção agrícola de cana-de-açúcar e de produção de açúcar permanecem sob a responsabilidade do MAPA.

Quanto à geração de energia elétrica a partir da queima do bagaço de cana-de-açúcar, a questão encontra-se difusamente compartilhada entre o MAPA e o Ministério de Minas e Energia – MME (CONAB, 2010). Nesse sentido, são comuns as críticas quanto à dispersão dos agentes governamentais envolvidos com o setor produtivo de etanol, o que dificulta a articulação de programas e cumprimento de metas para o setor (CONAB, 2010).

Ainda em relação à regulamentação existente, a formação de estoques estratégicos de combustíveis no país está prevista na Lei nº 8.176, de 8 de fevereiro de 1991, a qual instituiu o Sistema Nacional de Estoques de Combustíveis e o Plano Anual de Estoques Estratégicos para o exercício seguinte, informando também a fonte de recursos necessárias para a manutenção desses estoques (BRASIL, 1991). Na prática, SOUZA (2006) destaca que a formação de estoques passou da PETROBRAS, durante o período de intervenção estatal, para os produtores de etanol, após a liberalização do setor. A autora destaca também que a formação desses estoques muitas vezes se torna uma oportunidade para os produtores aumentarem suas margens de lucro e compensarem os baixos preços do período de safra, resultando em preços elevados para os consumidores.

3.4. A cadeia de etanol combustível atual

Ao longo da cadeia de etanol combustível, resumidamente composta pela produção, distribuição e revenda, são verificadas possibilidades de estocagem do produto nas plantas produtoras e na distribuição.

De acordo com dados do MAPA (2012), referentes a novembro de 2011, há 420 plantas produtoras de açúcar e etanol no Brasil, das quais 108 produzem somente etanol (destilarias) e 296 são unidades mistas (usinas), produzindo etanol e açúcar⁵. Conforme dados da CONAB (2010), totalizando as plantas produtoras de etanol a capacidade de armazenamento disponível é de 13,9 bilhões de litros do produto, considerando levantamento realizado na safra 2008-2009.

Com relação à distribuição de etanol, atualmente as empresas que atuam no segmento podem, a seu critério, estabelecer a infraestrutura e a logística mais adequada, e os preços são livres (MALIGO, 2005). Segundo XAVIER (2008), pode-se classificar a estrutura brasileira de armazenagem de etanol combustível em dois grandes conjuntos: o primeiro formado pelos tanques dos produtores e o segundo pelas distribuidoras, terminais e centros coletores de etanol. O objetivo do primeiro conjunto é o armazenamento dos excedentes da produção sazonal enquanto o do segundo visa atender às necessidades a curto prazo dos postos revendedores de combustíveis.

MALIGO (2005) destaca que há diferenças logísticas em relação à distribuição dos combustíveis derivados de petróleo. Diferentemente da estrutura voltada para a produção em único ponto, como acontece no caso de refinaria, as plantas produtoras de etanol são pulverizadas e localizadas próximas dos locais de produção agrícola da cana-de-açúcar, ou seja, em áreas rurais, no interior do país. Assim, conforme o autor, o fluxo de etanol até as bases de distribuição frequentemente segue o sentido inverso da distribuição de derivados⁶.

Outra estrutura usada na distribuição de etanol combustível, os centros coletores de etanol, criados pela Petrobras no início do Proálcool, têm seu conceito ligado ao modal ferroviário, uma vez que recebem o produto via modal rodoviário e encaminham-no para outras bases de distribuição via ferrovia (GUIMARÃES, 2011).

⁵ Das unidades industriais restantes, 11 produzem exclusivamente açúcar e 5 não apresentam classificação cadastrada (MAPA, 2011).

⁶ As bases de distribuição são classificadas em relação ao recebimento de produtos em relação às refinarias, ou seja, as bases que recebem os produtos das refinarias são chamadas primárias e as que recebem de bases primárias são chamadas de bases secundárias. As refinarias se localizam próximas de grandes centros consumidores, portanto as bases secundárias são localizadas em áreas rurais. Logo, o fluxo de etanol combustível segue das bases secundárias para primárias (MALIGO, 2005).

Em relação aos terminais, estes são definidos como instalações para o recebimento, expedição e armazenamento dos produtos relacionados à indústria do petróleo e sua função é viabilizar a movimentação desses produtos, podendo ser classificados em terminais terrestres, marítimos, lacustres e fluviais (SOARES, 2003).

Conforme XAVIER (2008), a rede de armazenamento das distribuidoras de combustíveis apresenta elevada capacidade e boa distribuição, com alta flexibilidade quanto ao uso dos tanques. De acordo com informações obtidas pelo autor, a capacidade total de armazenamento das distribuidoras correspondia a aproximadamente 3,75 bilhões de litros em 2007, com cerca de 20% desse total destinado para etanol.

Ademais, a programação atual dos estoques é baseada nas diretrizes de produção e de comercialização de cada unidade produtora (XAVIER, 2008), uma vez que os mecanismos recentemente regulamentados pela ANP ainda não foram implementados, devendo ser iniciados na safra 2012/2013.

Há de se destacar também na cadeia de etanol combustível o desenvolvimento de grupos de comercialização compostos por produtores, especialmente a Copersucar, que agrupa 48 plantas produtoras, a Sociedade Corretora do Álcool – SCA, com 60 produtores, a Bioagência, com 18, a CPA Trading, com 14 e a Allicom, com 7 produtores de etanol (GUIMARÃES, 2011).

Além da associação de diferentes empresas, verificam-se também movimentos de integração vertical entre produtores e distribuidoras de etanol, sendo a primeira e mais relevante verticalização ocorrida em 2008, quando os ativos da distribuidora Esso foram adquiridos pela Cosan, que na continuidade compôs uma *joint venture* com a Shell, dando origem a Raízen em 2011, quinta maior empresa do Brasil em faturamento (GUIMARÃES, 2011).

Outro aspecto relevante, além da composição dos grupos é a forma de comercialização adotada, sendo o mercado *spot* usualmente mais utilizado nas transações de etanol hidratado (DOLNIKOFF, 2008). O mercado *spot* corresponde à faixa de 20 a 30% do volume total comercializado de etanol anidro e a de 60 a 70% do volume de etanol hidratado, enquanto o restante é comercializado na forma de contratos de fornecimento com as distribuidoras (DOLNIKOFF, 2008).

3.5. Mudanças recentes no setor

Desde a introdução da competência da ANP para a regulação da cadeia de etanol combustível no país (BRASIL, 2011), foi publicada pela Agência em 13 de dezembro de 2011 e retificada em 16 de dezembro de 2011, a Resolução ANP nº 67, que objetiva garantir o abastecimento de etanol anidro no país (ANP, 2011b).

A Resolução ANP nº 67 considera que as distribuidoras de combustíveis devem estar sujeitas a mecanismos de controle semelhantes para as aquisições de gasolina A e de etanol anidro (ANP, 2011b). Dessa forma, propõe o mecanismo de homologação de contratos entre as distribuidoras e os fornecedores de etanol⁷, como ocorre com a aquisição da gasolina A.

De acordo com o mecanismo proposto pela Resolução ANP nº 67/2011, as distribuidoras podem optar por duas modalidades de aquisição de etanol anidro: contratos de fornecimento e compra direta, ambos os tipos sujeitos à homologação prévia por parte da ANP. No caso dos contratos de fornecimento, o período contratado compreende 1º de maio a 30 de abril do ano subseqüente, e o volume deve ser compatível com pelo menos 90% da comercialização de gasolina C no ano civil anterior, considerando o percentual vigente de mistura, uma vez que este valor é variável ao longo do ano de acordo com as deliberações do CIMA. Já no caso da compra direta, o volume é adquirido para a formação de estoque final próprio de cada mês, na quantidade equivalente à comercialização de gasolina C no mês subseqüente do ano anterior, também considerando o percentual vigente de etanol anidro na gasolina C. O anexo I da Resolução, que apresenta fluxo do processo desses mecanismos de aquisição de etanol anidro pelas distribuídas é mostrado na Figura 3.1.

⁷ Os fornecedores de etanol, conforme definição da Resolução ANP nº 43/2009, compreendem os produtores de etanol, as cooperativas de produtores de etanol, as empresas comercializadoras de etanol, os agentes operadores de etanol (figura prevista para atuação na bolsa de mercadorias e futuros) e os importadores de etanol.

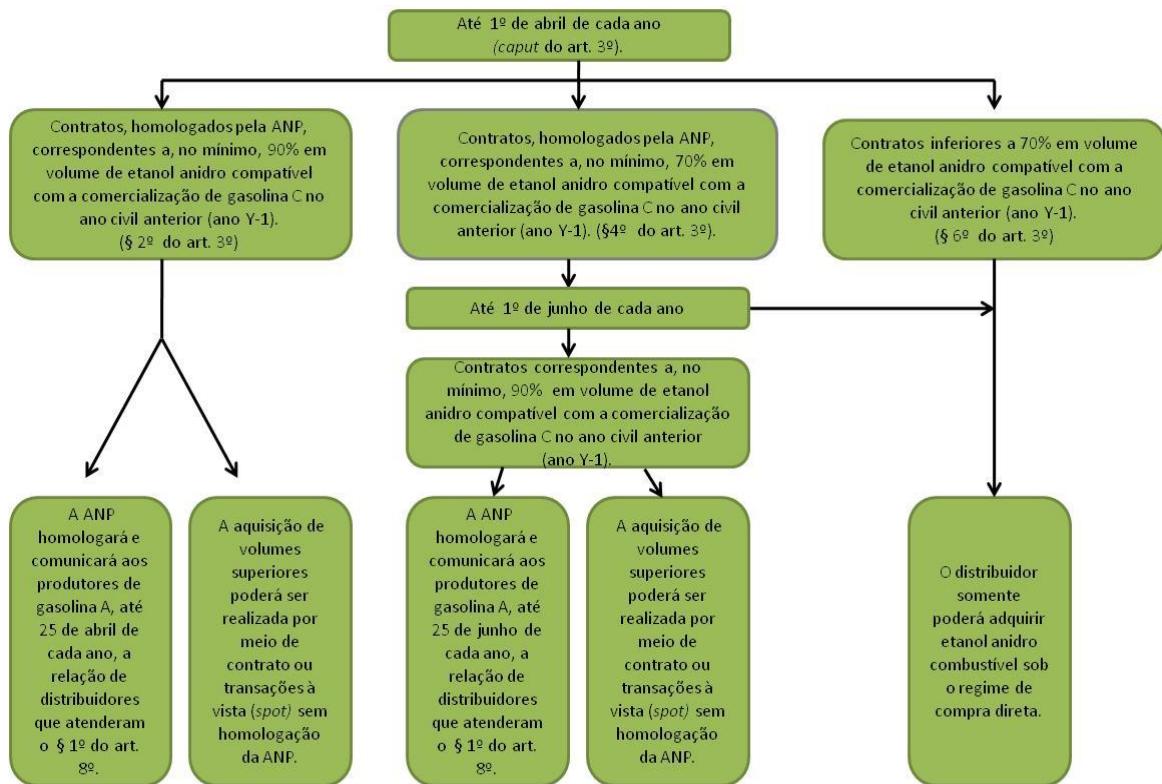


Figura 3.1. Esquema de homologação de contratos de etanol anidro pela ANP, conforme Resolução ANP nº 67/2011.

Fonte: ANP, 2011b.

Também são previstas aquisições no mercado *spot*, correspondendo aos volumes adicionais firmados nos contratos de fornecimento e de compra direta. Tradicionalmente a maior parte de etanol anidro é negociada através de contratos de fornecimento e não no mercado *spot*, como ocorre com o etanol hidratado (DOLNIKOFF, 2008).

Cabe destacar que também está previsto pela Resolução ANP nº 67/2011, o compartilhamento da responsabilidade pela manutenção de estoque na entressafra entre os fornecedores de etanol e as distribuidoras de combustíveis. Para estas, o estoque no dia 31 de março de cada ano deverá ser compatível com no mínimo 15 dias de sua comercialização de gasolina C no mês de março do ano anterior, considerando o percentual de mistura vigente.

Com relação aos fornecedores de etanol, os produtores, as cooperativas de produtores e as empresas comercializadoras deverão dispor de estoque próprio de etanol anidro, em 31 de janeiro de cada ano, compatível com no mínimo 25% de sua comercialização no ano civil anterior, exceto quando tiverem firmado contratos de

fornecimento equivalentes a 90% do volume comercializado no ano anterior, o que torna necessário o estoque de 8% em 31 de março (ANP, 2011b).

Destaca-se que a Resolução foca em etanol anidro, ou seja, a preocupação da agência está voltada em garantir, basicamente, etanol para adição na gasolina. O volume de etanol anidro produzido no país nas safras mais recentes, conforme dados do MAPA (2012), considerando a produção da safra de 2011/2012 até dezembro de 2011, é mostrado na Figura 3.2, juntamente com a produção de etanol hidratado para o mesmo período.

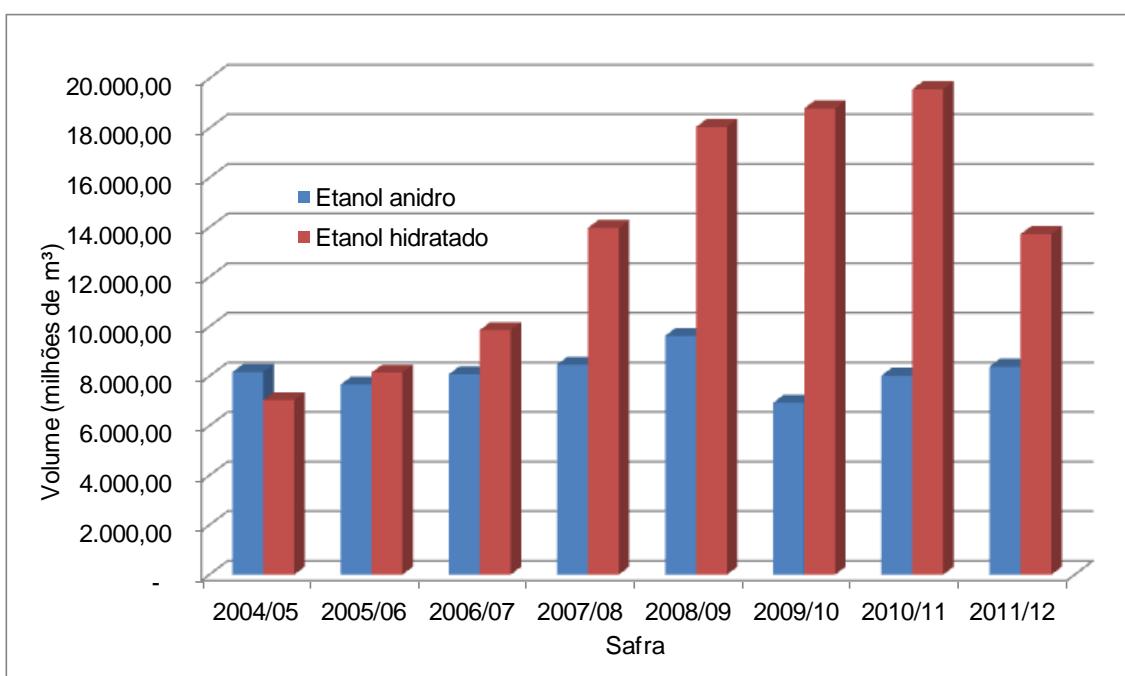


Figura 3.2. Produção de etanol anidro e hidratado no Brasil, de 2004/2005 a dezembro de 2011.

Fonte: MAPA, 2012.

Também foi divulgada pela ANP, em 22 de agosto de 2011, a minuta de nova resolução para a regulação da produção de etanol, atribuindo aos produtores a necessidade de comprovar tancagem própria equivalente a 120 dias da chamada capacidade de abastecimento de etanol, que corresponde à razão entre o volume produzido durante a safra e o número de dias do ano comercial. Tal minuta foi submetida a três períodos de consulta pública e duas audiências públicas, realizadas em 07 de novembro de 2011 e 28 de março de 2012 (ANP, 2011c).

Embora a exigência de comprovação de capacidade de armazenamento previsto na minuta de resolução para a regulação da produção de etanol não se refira

a estoque físico, somente à infraestrutura de tanques, é possível constatar que ampliações das instalações de armazenamento necessárias diante de expansões da capacidade produtiva serão arcadas pelos produtores.

Vale mencionar que a capacidade de armazenamento das plantas produtoras de etanol, considerando a safra de 2008/2009, corresponde a aproximadamente 50% do total da produção de etanol da safra, de acordo com levantamento da CONAB (2010). Quanto a esta questão, XAVIER (2008) destaca que as plantas construídas durante a ação do Proálcool possuem maior capacidade de armazenamento quando comparadas às plantas mais novas, cuja capacidade de armazenamento equivale a 40% da capacidade de produção na safra, aproximadamente.

3.6. Custos de formação de estoques pelos produtores

Considerando que a formação e a manutenção dos estoques reguladores para o período de entressafra têm sido atribuídas aos produtores de etanol (SOUZA 2006), cabe discutir os custos envolvidos. Em estudo da CONAB (2010), foram realizados os cálculos referentes ao volume de capital de giro para a formação dos estoques de etanol anidro e hidratado pelos produtores. Trata-se de um levantamento do valor investido pelo produtor em safras recentes para a formação dos estoques, o que não necessariamente garantiu a manutenção dos patamares de preços relativos ao período de safra, uma vez que a restrição da oferta vem pressionando os preços dos combustíveis progressivamente ao longo dos últimos anos.

Nesse estudo da CONAB (2010), baseado nas estatísticas mensais publicadas pelo MAPA, foi estimada a proporção mensal da produção que não foi comercializada, considerada como quantidade destinada à formação de estoque⁸. Além disso, foram estimados os custos mensais de produção de etanol, de maneira a permitir o cálculo do montante de recursos para aplicação em composição de estoque.

Conforme a metodologia da CONAB (2010), a parcela mensal de produção destinada à formação de estoques, tomando por base os valores médios das safras

⁸ Foi estimada, com foco nos principais estados produtores, a proporção referente à produção que foi mantida em reserva, o que permite avaliar a acumulação máxima de estoques, que corresponde ao encerramento dos períodos de safra, isto é, em novembro na região centro-sul e fevereiro na região norte-nordeste, e o mínimo de estoques disponíveis no início da safra seguinte, em abril e agosto, respectivamente.

2004/2005 a 2008/2009 são mostrados na Tabela 3.1, de acordo com a região de produção.

Tabela 3.1. Parcela de produção mensal destinada à formação de estoques

Mês	Centro-Sul	Norte-Nordeste
abril	---	---
maio	25%	---
junho	30%	---
julho	36%	---
agosto	42%	---
setembro	42%	40%
outubro	38%	49%
novembro	19%	39%
dezembro	---	33%
janeiro	---	20%
fevereiro	---	5%
março	---	---

Fonte: CONAB, 2010.

Já na Tabela 3.2 são mostrados os dados calculados pela CONAB para os volumes destinados à formação de estoques nas safras de 2004/2005 até 2008/2009. Cabe destacar que, conforme o estudo da CONAB (2010), os dados percentuais obtidos não tiveram variação significativa ao longo das cinco safras estudadas, não havendo indícios de mudança sistemática no comportamento da formação dos estoques, o que permite esse tipo de aproximação. Ainda, considerando-se o volume total produzido nas safras em questão, os estoques corresponderam a percentual médio de 32% da produção de etanol da safra.

Tabela 3.2. Estimativa de volumes destinados à formação de estoques conforme região produtora.

Ano-safra	Região (milhões de litros)		Brasil (milhões de litros)
	Centro-Sul	Norte Nordeste	
2004/05	3.807,21	679,81	4.487,01
2005/06	4.193,62	526,60	4.720,22
2006/07	5.224,20	632,10	5.856,30
2007/08	6.897,79	496,17	7.393,95
2008/09	7.942,25	633,18	8.575,43

Fonte: CONAB (2010).

O estudo CONAB (2010) assume a importante premissa de que o custo de armazenamento do etanol é determinado pela parcela de custo total de produção

excluída dos custos realizados no final do período contábil, como depreciações e remuneração do capital aplicado, o que corresponde ao volume de capital de giro necessário para manter em estoque o etanol produzido. Para tanto, foram usados nos cálculos as despesas na produção da matéria-prima e na industrialização e também utilizando-se cana-de-açúcar adquirida de terceiros.

Da decomposição das despesas para a produção de etanol, o estudo da CONAB (2010a) obteve o valor R\$ 0,617 por litro de etanol estocado no período de safra como o indicador geral para todos os locais e anos considerados, obtido através dos custos apresentados na Tabela 3.3, relativo ao mês de março de 2009. Assim, ao se multiplicar esse valor pelos volumes estocados mensalmente foi possível estimar o capital utilizado na manutenção de estoques de passagem nas safras de 2004/2005 até 2008/2009, conforme Tabela 3.4.

Tabela 3.3. Decomposição dos custos de desembolso imediato para produção de etanol

Itens da despesa	R\$/l de etanol
Desembolsos na fabricação de etanol de cana própria	0,447
Desembolsos na fabricação de etanol de cana de terceiros (30%)	0,169
Total médio	0,617

Fonte: CONAB (2010).

Tabela 3.4. Desembolsos financeiros dos produtores para a formação de estoques de etanol.

Ano-safra (R\$/mil)	Região		Brasil
	Centro-Sul	Norte Nordeste	
2004/05	2.349.047	419.440	2.768.487
2005/06	2.587.461	324.915	2.912.376
2006/07	3.223.334	390.005	3.613.339
2007/08	4.255.935	306.134	4.562.069
2008/09	4.900.366	390.672	5.291.038

Fonte: CONAB (2010).

A CONAB (2010) apresenta como conclusão, diante dos resultados obtidos, que os volumes de capital necessários para a formação dos estoques aumentaram consideravelmente ao longo das safras estudadas, o que foi atribuído ao aumento da produção e do consumo de etanol no período, exigindo significativo aporte de capital

de giro em relação ao ano inicial estudado, da ordem de 90% de aumento. A Tabela 3.5 resume os resultados.

Tabela 3.5. Resultados do estudo da CONAB.

Safra	Produção da safra (mil litros)	Capital de giro total desembolsado pelos produtores (R\$/1000)	Capital de giro médio desembolsado pelos produtores (R\$/1000 litros)
2004/05	15.206.248	2.768.487	182,06
2005/06	15.807.994	2.912.376	184,23
2006/07	17.909.822	3.613.339	201,75
2007/08	22.302.363	4.562.069	204,56
2008/09	27.681.239	5.291.038	191,14

Fonte: CONAB (2010).

Constata-se que o valor correspondente ao capital de giro médio desembolsado pelos produtores para a estocagem de 1000 litros de etanol, não variou tão significativamente como a produção da safra, apresentando valor médio de R\$ 193.

Além desses custos de formação dos estoques, o estudo da CONAB (2010) prossegue analisando os custos de manutenção dos estoques ao longo do tempo, uma vez que incidem tarifas periódicas e perdas eventuais⁹, atingindo o valor de R\$ 44,4 milhões para a região norte-nordeste e de R\$ 672,8 milhões para a região centro-sul. Todos os dados desse estudo se referem a março de 2009.

3.7. Crédito para a formação de estoques

Considerando o montante necessário para a formação e manutenção dos estoques de passagem de etanol combustível, bem como a importância da realização dos mesmos, foi publicada em 23 de dezembro de 2011 a Medida Provisória nº 554, concedendo subvenção econômica, na forma de equalização das taxas de juros, nas operações de financiamento para a estocagem de etanol, utilizando recursos provenientes da Contribuição de Intervenção de Domínio Econômico – CIDE, da

⁹ O estudo da CONAB (2010) considera a tarifa mensal de armazenamento equivalente a R\$ 4,00/m³, valor este aproximado ao das tarifas referentes a outros tipos de granéis líquidos. Também adota coeficiente de perdas por evaporação equivalente a 0,5% ao ano para o produto armazenado e juros sobre o capital aplicado de 1,5% ao mês.

Poupança Rural e de outras fontes a serem definidas pelo Conselho Monetário Nacional – CMN (BRASIL, 2011a).

A medida estabelece ainda que a equalização das taxas de juros correspondentes aos financiamentos serão realizados com recursos oriundos da CIDE e de dotações do Orçamento das Operações Oficiais de Crédito e que as definições do volume anual de recursos a ser disponibilizado, bem como dos beneficiários e das garantias mínimas a serem exigidas, entre outras, ficarão sob responsabilidade do CMN, enquanto o Ministério da Fazenda irá definir a metodologia da concessão de equalização das taxas de juros (BRASIL, 2011a).

Cabe mencionar que em 2010 foi lançado pelo BNDES o Programa de Apoio ao Setor Sucroalcooleiro – PASS, com o objetivo de financiar a estocagem de etanol combustível pelas empresas do setor (BNDES, 2012). Os recursos disponibilizados, conforme deliberação do Conselho Monetário Nacional – CMN, totalizaram 2,4 bilhões de reais, dos quais 2,25 bilhões destinados para a região centro-sul e os 150 milhões de reais restantes para a região norte-nordeste (BCB, 2010).

O financiamento referente ao PASS foi destinado a produtores, cooperativas e empresas comercializadoras de etanol, a uma taxa efetiva de juros de 9% ao ano, no valor correspondente ao etanol estocado multiplicado pelo preço de referência de R\$ 0,83 por litro de etanol anidro e de R\$ 0,75 por litro de etanol hidratado (BCB, 2010). Todavia, os prazos de contratação expiraram em dezembro de 2010 e a continuidade desse programa está sendo estudada (BNDES, 2012).

Cabe comparar o valor disponibilizado pelo PASS com o estudo da CONAB (2010) abordado na seção 3.6. O custo por litro armazenado considerado para o financiamento é bastante próximo do valor calculado pela CONAB¹⁰, no entanto, com o aumento do volume produzido ao longo das safras, o montante disponibilizado pelo PASS não atende completamente a necessidade de estoque para a safra de 2010. Todavia, tanto os valores calculados pela CONAB (2010) quanto os valores considerados para o financiamento dos estoques pelo PASS são importantes para se calcular os custos dos estoques de etanol para os produtores, o que será feito no Capítulo 5.

¹⁰ Atualizando-se monetariamente o valor calculado pela CONAB (2010) pelo IGP-DI chega-se a 0,68 R\$/l de etanol estocado pelo produtor em dezembro de 2010, data correspondente ao valor do PASS.

Como apresentado ao longo deste capítulo, é possível verificar recente preocupação governamental com o suprimento de etanol, aumentando as facilidades para o financiamento dos estoques e criando novos instrumentos para garantia de abastecimento do etanol anidro a ser adicionado à gasolina.

As dificuldades enfrentadas pelo governo para coordenar o mercado de etanol são evidentes, chegando a modificar a faixa de teor de anidro a ser adicionada à gasolina em 2011, de 20 a 25% para 18% a 25% (BRASIL, 2011c), para permitir a redução do volume de anidro demandado no país, se necessário, ou seja, para tentar conter os preços do mercado nos períodos de entressafra.

No entanto, as alterações são bastante recentes e ainda não é possível analisar sua efetividade. Há de se considerar também que a demanda crescente exige expansão da produção agrícola, o que também deve exigir estímulo governamental. De todo modo, as medidas para garantia de suprimento verificadas estão focadas em etanol anidro.

Com relação ao etanol hidratado, para se determinar a demanda da nova frota brasileira é necessário analisar mais a fundo suas especificidades, relacionada ao funcionamento dos veículos bicompostíveis. Ademais, o consumo ora realizado no país não racionaliza o uso dos combustíveis, sendo importante discutir os volumes envolvidos.

Para isso, no próximo capítulo serão tratadas as questões de consumo de etanol combustível pela frota *flex fuel*, discutindo as diferenças desse tipo de veículos em relação aos modelos até então encontrados no mercado, chegando-se à discussão de eficiência desses veículos, o que permitirá a realização de estimativas de volumes relacionados à ineficiência da frota, contrapondo-se aos volumes relativos aos estoques de passagem nos capítulos posteriores.

CAPÍTULO 4: OS VEÍCULOS *FLEX FUEL* BRASILEIROS

O principal mecanismo de propulsão de automóveis é o motor a combustão interna alternativo, utilizando a energia da queima de derivados de petróleo (ALMEIDA, 2005), que tradicionalmente se caracterizavam pela sua abundância e preços baixos, durante boa parte do século XX. Com os choques do petróleo na década de 1970, as pesquisas foram intensificadas para o desenvolvimento de motores mais eficientes e para a introdução de combustíveis substitutos (ALMEIDA, 2005).

No Brasil, durante a chamada segunda fase do Proálcool, entre 1979 e 1985, foi estimulado o uso de etanol hidratado como combustível no recém desenvolvido veículo movido a etanol (NAPPO, 2007), que atingiu expressiva participação na produção dos automóveis no país, chegando a aproximadamente 80% do total produzido nos anos de 1985 e 1986, de acordo com dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA (2011).

Já na década de 1990, com a introdução de limites e restrições ambientais mais severos, especialmente ocasionados pelo aumento da preocupação com o meio ambiente, o desenvolvimento dos motores foi direcionado para o aumento de sua eficiência (ALMEIDA, 2005). Além disso, verifica-se no país o desenvolvimento dos veículos de baixa cilindrada (SMITH, 2010).

Em 2003, a frota de veículos leves no Brasil passou por profunda transformação em sua estrutura, através do lançamento e expansão no mercado de automóveis dos veículos bicompostíveis – *flex fuel*, que operam com gasolina C, etanol hidratado ou suas misturas em quaisquer proporções (NAPPO, 2007). Conforme especificações vigentes no país, a gasolina C é a mistura da gasolina A, resultante dos processos de refino de petróleo, adicionada de etanol anidro em proporção estabelecida pelo Conselho Interministerial do Álcool (CIMA), entre os limites estabelecidos pela Lei nº 12.490, de 16 de setembro de 2011, ou seja, no mínimo 18% e no máximo 25% (BRASIL, 2011c).

Essa alternância entre combustíveis é possível nos veículos *flex fuel*, basicamente, devido à utilização da tecnologia eletrônica de controle da injeção de combustível, que não estava disponibilizada comercialmente nas décadas de 1980 e

1990, quando se difundiu o veículo a etanol (VOLCI, 2007). A introdução desse tipo de veículo na frota brasileira foi bastante exitosa do ponto de vista comercial, ocasionando incremento significativo de sua produção ao longo dos anos, o que pode ser observado na Figura 4.1.

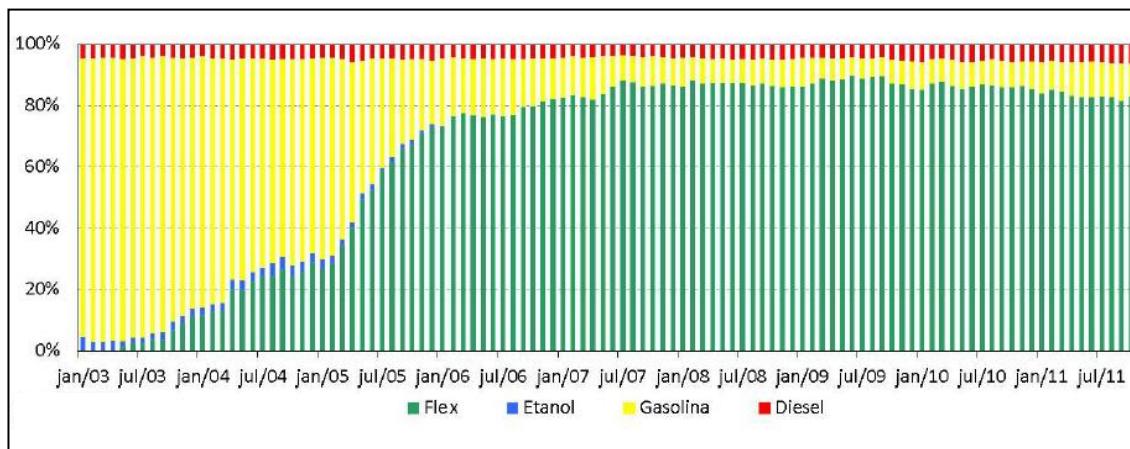


Figura 4.1. Evolução da participação de veículos *flex fuel* no licenciamento de veículos.

Fonte: MME, 2011.

De acordo com o MME (2011), os dados de outubro de 2011 apontam que a frota *flex fuel* atingiu a marca de 14,8 milhões de veículos licenciados desde seu lançamento, em 2003, e que sua participação na frota total de veículos leves é estimada em 46%. Ainda, conforme o MME (2011), ocorreu aumento significativo nos últimos meses de 2011 de licenciamento de veículos a gasolina importados, expandindo a participação desse combustível na frota.

Tal argumento pode ser corroborado pelos dados divulgados recentemente pela ANFAVEA (2012), que apontam para o ano de 2011 a participação dos veículos *flex fuel* correspondente a 83,1% do total licenciado de veículos leves, enquanto que a gasolina aparece com 11,0 % e as importações se destacam com aumento de 4,8% na participação. Em 2010, a frota *flex fuel* correspondeu a 86,4% dos licenciamentos, enquanto a de gasolina correspondeu a 8,4%, no entanto, em números absolutos os licenciamentos dos veículos *flex fuel* praticamente não variaram entre os anos de 2010 e 2011 (ANFAVEA 2012).

Cabe lembrar que além do Brasil, países como Estados Unidos, Suécia e Canadá também utilizam veículos *flex fuel*, porém de maneira distinta da brasileira: os

veículos operam com gasolina sem adição de etanol até a mistura volumétrica de 85% etanol anidro e 15% de gasolina, conhecida como E85, cuja disponibilidade nos postos de abastecimento encontra-se em expansão (BNDES, 2008).

Nesse ponto, destaca-se que os veículos *flex fuel* desenvolvidos nos Estados Unidos são produtos de adaptações sobre os veículos a gasolina, enquanto os brasileiros utilizam a experiência obtida com o carro a álcool, operando com taxa de compressão mais elevada, resultando em superioridade quanto a desempenho e consumo de combustível dos *flex fuel* brasileiros quando comparados aos norte-americanos, além de permitirem a utilização de 100% de etanol hidratado (SILVA & FISCHETTI, 2008).

De acordo com BNDES (2008), a forma mais simples e rápida de utilização de etanol combustível se dá através de mistura com gasolina sob a forma de anidro, que não necessita de alterações físicas nos motores, desde que adotados limites quanto ao teor de etanol na mistura, constituindo uma alternativa interessante para países em desenvolvimento, que podem produzir o biocombustível e para países desenvolvidos, que podem diversificar sua matriz energética com uma fonte alternativa.

Diante da expressiva participação dos veículos bicombustíveis na frota brasileira, faz-se necessário compreender as diferenças entre esses veículos introduzidos recentemente na frota brasileira e os tradicionais a gasolina. Para tanto, a seguir será feita breve revisão da teoria de funcionamento dos motores Ciclo Otto e das principais características dos combustíveis destinados a queima nesse tipo de motor. Na sequência serão apontadas as principais características dos motores bicombustíveis quando comparados aos tradicionais movidos a gasolina e finalmente apresentadas as considerações sobre a eficiência desses motores.

4.1. Motores Ciclo Otto e a Influência do Combustível

Os motores a combustão interna objetivam gerar energia através da queima do combustível utilizado, convertendo a sua energia química em calor e este em trabalho mecânico (MALFATTI, 2009). Os motores de grande penetração mundial são baseados no Ciclo Otto, no qual foi introduzida a tecnologia *flex fuel*, e no Ciclo Diesel.

A maior parte dos motores a combustão interna utiliza o mecanismo de êmbolo alternativo, que atua através movimentos ascendentes e descendentes no interior de um cilindro, realizando trabalho através de uma biela e de um eixo de manivelas, também conhecido como virabrequim (MALFATTI, 2009).

O funcionamento do motor Otto está ligado às características físico-químicas e propriedades do combustível, que deve, idealmente, ser admitido vaporizado na câmara de combustão, onde a sua mistura em proporção estequiométrica com ar é comprimida (SOUZA & MACEDO, 2010).

Diferentemente do Ciclo Diesel, no Ciclo Otto utiliza-se uma centelha para dar início à combustão da mistura de ar com combustível, que é originada por dois eletrodos da vela, localizada no final da fase de compressão e que deve gerar uma frente de chama que se propagará até a queima de toda a mistura (ALMEIDA, 2005). O calor resultante da queima do combustível aumenta a pressão no cilindro, fazendo com que o pistão mova-se para baixo e transmita o trabalho mecânico para o virabrequim (SILVA, 2006). A biela é o conector entre o pistão do cilindro e o virabrequim, que por sua vez transforma o movimento de translação do pistão em movimento rotativo, através do giro de seu eixo, como uma manivela (MALFATTI, 2009).

Os motores do Ciclo Otto podem utilizar combustíveis fluidos e se baseiam na seqüência de operações proposta por Alphonse Beau de Rochas, em 1862, a saber: (i) aspiração, (ii) compressão, (iii) expansão e (iv) descarga (MALFATTI, 2009). Em 1876, Nicolaus Otto desenvolveu experimentalmente essa proposta, e em 1908, com o lançamento da linha de produção nos Estados Unidos do *Ford Model T*, marco para o crescimento da indústria de automóveis, assistiu-se o desenvolvimento da produção de gasolina (SZKLO & ULLER, 2008). A Figura 4.2 ilustra a seqüência de operações na câmara de combustão do motor de quatro tempos.

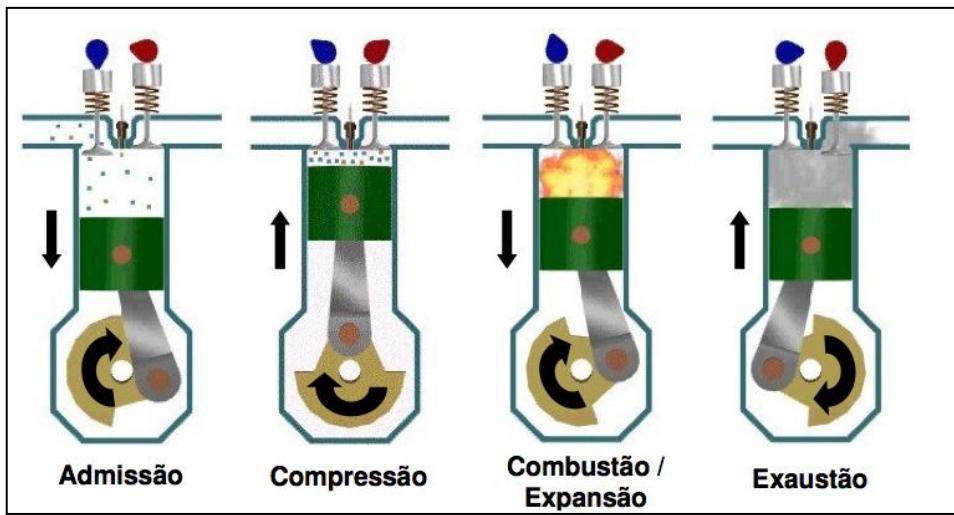


Figura 4.2. Quatro tempos na câmara de combustão.

Fonte: BAÊTA, 2006.

Como explicado por BAÊTA (2006), o motor Otto é um motor real e comparando-se ao motor ideal da termodinâmica, apresenta um deslocamento do pistão durante a combustão, não caracterizando a queima teórica a volume constante. Isso ocorre porque é necessário um determinado tempo para que a combustão aconteça, que depende da velocidade da frente de chama, que por sua vez depende do tipo de motor, das condições operacionais e do tipo de combustível. Assim, os diferentes motores do Ciclo Otto apresentam diferentes tempos de atraso de ignição e de duração da combustão (BAÊTA, 2006).

O projeto do motor busca garantir condições de combustão controlada, isto é, aquela iniciada pela centelha, em momento definido, que resulta no seu melhor desempenho, durabilidade e atinge as metas quanto a emissões de poluentes (ALMEIDA, 2005). A condição indesejada, de combustão não controlada, ocorre quando a combustão se inicia em algum ponto quente da câmara, impossibilitando o controle do momento da ignição, o que pode resultar em detonação e pré-ignição, quando ocorre a ignição espontânea da mistura não queimada, sem ação da centelha (ALMEIDA, 2005).

Como conseqüência da combustão não controlada há aumento súbito da pressão do cilindro do motor e o chamado “bater pino” do motor, que pode resultar, além de ruído, em perda de potência, sobreaquecimento e dano ao equipamento (SZKLO & ULLER, 2008).

De acordo com SZKLO & ULLER (2008), os motores Ciclo Otto evoluíram em conjunto com a gasolina, em uma parceria compassada entre a indústria do combustível e a dos automóveis. Enquanto o motor Otto foi se adaptando à gasolina disponível, esta foi evoluindo no sentido de aumentar o desempenho dos motores.

Destaca-se que no final do século XX, devido às preocupações ambientais, resultando em especificações mais restritivas da gasolina, os motores foram desenvolvidos também em relação à qualidade ambiental e não apenas em desempenho (SZKLO & ULLER, 2008).

Cabe mencionar que a utilização de etanol como combustível veicular em motores do Ciclo Otto é conhecida desde o início do século XX, porém somente a partir da década de 1970 é que o Brasil foi o pioneiro mundial na sua utilização em larga escala (FIGUEIREDO, 2006).

4.2. Comparação do uso de gasolina e etanol nos motores Otto

Como tradicionalmente foram projetados para utilizar gasolina, os motores Otto sofreram alterações para utilizar etanol, o que torna bastante relevante a análise das suas semelhanças e diferenças com o combustível fóssil.

Em síntese, quanto ao desempenho dos motores Ciclo Otto, as características mais importantes da gasolina são: volatilidade, características de detonação e pré-ignição, calor de combustão por unidade de massa e volume, calor latente de vaporização, estabilidade química e segurança (SZKLO & ULLER, 2008).

Cabe iniciar a análise pela estrutura molecular dos combustíveis. O etanol é uma molécula orgânica oxigenada (teor de 35% de oxigênio em massa), de cadeia curta, o que resulta em volatilidade elevada, além de apresentar elevada resistência à autoinflamação, significativamente superior à da gasolina (SOUZA & MACEDO, 2010). Quanto maior essa resistência, maiores são as taxas de compressão a que o combustível pode ser submetido, aumentando o rendimento energético do motor.

A gasolina, por sua vez, é uma mistura de hidrocarbonetos com faixa de destilação entre 30 e 220º C (SOUZA & MACEDO, 2010). A Tabela 4.1 resume características uma gasolina típica e de etanol. Ressalta-se que não se referem à especificação oficial desses combustíveis no Brasil.

Tabela 4.1. Características de etanol e gasolina típica.

Parâmetro	Unidade	Gasolina	Etanol
Poder Calorífico Inferior - PCI	kJ/l	32.180	28.225
Densidade	kg/l	0,72-0,78	0,792
Relação ar/combustível estequiométrica		14,5	9
Pressão de vapor	kPa	40-65	15-17
Temperatura de ignição	°C	220	420

Fonte: BNDES, 2008.

Nesse sentido, convém destacar que a ANP é o órgão responsável pela especificação dos combustíveis no Brasil e pela fiscalização quanto ao atendimento dos regulamentos referentes a essas especificações. No caso da gasolina, a Resolução ANP nº 57, de 20 de outubro de 2011, estabelece as especificações e critérios quanto ao controle de qualidade para serem seguidos ao longo da cadeia. (ANP, 2011d). Já para o etanol combustível, nas formas anidro e hidratado, as especificações são determinadas pela Resolução ANP nº 7, de 9 de fevereiro de 2011 (ANP, 2011e).

Com relação ao poder calorífico do etanol ser inferior ao da gasolina, cabe destacar que sua razão ar-combustível também é inferior, devido à presença de oxigênio na molécula (BAÊTA, 2006). Sobre a relação ar/combustível, cabe pontuar que o valor inferior apresentando pelo etanol na Tabela 4.1 significa que a quantidade de etanol necessária para uma quantidade de ar é bastante superior à de gasolina necessária, resultando na diferença da dosagem de combustível para o caso do motor a etanol da ordem de 60% superior à do motor a gasolina de potência equivalente (SOUZA & MACEDO, 2010).

Outra diferença que pode ser apontada entre os dois combustíveis é o calor latente de vaporização do etanol, que corresponde a 3,2% de seu poder calorífico e que no caso dos derivados de petróleo corresponde a 0,7% (SOUZA & MACEDO, 2010).

A volatilidade da gasolina é ajustada de acordo com as condições operacionais dos motores, a localidade e suas condições climáticas. Por exemplo, em climas mais frios, a gasolina pode ser ajustada para atingir volatilidade elevada, de maneira a facilitar a partida a frio. Já em climas mais quentes, a volatilidade da gasolina deve ser reduzida para prevenir as emissões evaporativas (SZKLO & ULLER, 2008).

A adição de álcool (etanol ou metanol) na gasolina resulta em aumento da volatilidade em misturas de baixo teor de álcool e redução para maiores teores. Contudo, para teores acima de 30% a partida a frio torna-se mais difícil (BRUSSSTAR & BAKENHUS, 2005).

Na curva de destilação da gasolina, na qual o produto começa a se vaporizar a temperaturas mais baixas e se vaporiza totalmente em valores bem acima da temperatura ambiente, a adição de etanol tende a baixar os valores especialmente até a T50, que corresponde à evaporação de metade da massa total do combustível, afetando pouco a temperatura inicial e final de destilação (BNDES, 2008). Com relação à especificação da gasolina vigente no país (ANP, 2011d), a T50 definida para a gasolina A é de 120 °C, enquanto a para a gasolina C é de 80 °C, enquanto as demais temperaturas são mantidas as mesmas para a gasolina com e sem etanol anidro.

Pode-se destacar ainda que, além de afetar as condições de partida a frio, a volatilidade também afeta outros parâmetros, como aceleração, economia do combustível e diluição do óleo lubrificante (BNDES, 2008).

Em relação à resistência à detonação e octanagem, o combustível do motor Otto não deve realizar a detonação espontânea, uma vez que a ignição ocorre por centelha. O índice de octano ou octanagem é o parâmetro que determina o limite máximo da mistura combustível-ar que pode ser admitido na câmara de combustão sem que haja ignição espontânea, ou seja, representa a resistência do combustível a inflamar-se espontaneamente (SZKLO & ULLER, 2008).

A adição de etanol anidro à gasolina resulta no aumento da octanagem da mistura e o etanol constitui reconhecido aditivo antidentalante (BNDES, 2008). Por essa razão, o Brasil foi um dos primeiros países a eliminar a adição à gasolina do chumbo tetraetila, tradicional aditivo antidentalante, de elevada toxicidade (RODRIGUES, 2011). Além disso, durante o refino do petróleo, as correntes de hidrocarbonetos aromáticos, que usualmente eram utilizadas para aumentar a octanagem da gasolina, puderam ter seu uso dispensado, reduzindo a toxicidade do combustível (SOUZA E MACEDO, 2010).

A determinação da octanagem é feita através de ensaios específicos em motores padrão, internacionalmente conhecidos como *Research Octane Number - RON* e *Motor Octane Number – MON*, que operam com baixas e altas rotações,

respectivamente. As especificações da gasolina em diferentes países utilizam um dos dois métodos ou a média entre eles, como é o caso do Brasil, em que esse valor é chamado de índice antidetonante (IAD) (MALFATTI, 2009).

A especificação em vigor no Brasil para a gasolina estabelece IAD mínimo de 87 para a gasolina C comum e de 91 para a gasolina C *Premium*. Ainda, determina para gasolina C comum, número de octano MON mínimo de 82 (ANP, 2011d). A Tabela 4.2 apresenta a comparação de alguns itens das especificações brasileiras vigentes para as gasolinas A e C.

Tabela 4.2. Alguns parâmetros de especificação de gasolina no Brasil

Característica	Especificação		
	Unidade	Gasolina A	Gasolina C
Destilação			
T10 - 10% evaporado, máx	°C	65	65
T50 - 50% evaporado, máx	°C	120	80
T90 - 90% evaporado, máx	°C	190	190
PFE, máx	°C	220	220
Nº de Octano Motor - MON, mín		---	82
IAD, mín		---	87*
Pressão de vapor a 37,8 °C	kPa	45	69
Enxofre, máx	mg/kg	800	800
Benzeno, máx	% volume	---	1**
Chumbo, máx	g/l	0,005	0,005
Notas: * 92 para o caso de gasolina premium			
**1,5 para o caso de gasolina premium			

Fonte: ANP, 2011d.

Considerando que quanto maior a octanagem de um combustível, maior é a sua resistência a detonação e maior a taxa de compressão a que pode ser submetido, e que a potência e o consumo específico dependem da taxa de compressão, pode-se constatar uma relação entre esses parâmetros e a octanagem (GIACOSA, 1988 apud MALFATTI, 2009). Assim, os motores com taxa de compressão elevadas exigem gasolinas com maiores octanagens.

Ao comparar a combinação dessas diferenças entre os dois combustíveis, BNDES (2008) ressalta que as misturas entre gasolina e etanol podem ser ajustadas para atender as especificações vigentes de qualidade, o que de fato não ocasiona problemas de desempenho e dirigibilidade. Em relação a desempenho, o BNDES (2008) destaca que a gasolina adicionada de 10% em volume de etanol precisa de 16,5% mais calor para se vaporizar, no entanto a eficiência do motor com gasolina é

de 1 a 2% superior à de gasolina sem etanol, o que resulta em efeito final relativo a consumo de combustível bastante semelhante entre os dois casos.

Ainda, a adição de etanol anidro em volume de até 10% na gasolina não varia o consumo de combustível em relação à gasolina sem etanol (BNDES, 2008). Para teores maiores, como 25%, verifica-se aumento de consumo entre 3 a 5%, apontando que, embora energeticamente o etanol apresente menor poder calorífico, seu uso na gasolina aumenta a eficiência do motor Otto (BNDES, 2008).

4.3. Antes do *flex fuel*: o carro a álcool

Conforme FIGUEIREDO (2006), desde a década de 1920 que são registradas ações para o desenvolvimento do uso de etanol como combustível no Brasil. Essas ações iniciais tinham por objetivo avaliar o funcionamento dos veículos a gasolina utilizando etanol. O autor relata que em 1923 houve a participação de um veículo movido a etanol na corrida de automóveis do Circuito da Gávea, no Rio de Janeiro, mas as pesquisas da época buscavam somente um limite prático da adição do etanol à gasolina e o país ainda não produzia etanol anidro.

As pesquisas se intensificaram somente após a II Guerra Mundial e no início do Proálcool (FIGUEIREDO, 2006) e em 1979 foi lançado o primeiro carro a álcool no país pela montadora Fiat, que havia se instalado no Brasil três anos antes (SMITH, 2010).

De acordo com FIGUEIREDO (2006), a comercialização dos veículos utilizando etanol como combustível, tanto através de conversão de motores a gasolina quanto de produção de veículos voltados especificamente para etanol se deu em 3 fases:

- A primeira fase ocorreu entre 1979 e 1981, em meio a incertezas e sem o comprometimento das principais montadoras, sem motivação sob a perspectiva de cessão de patentes. Nesse período, foram identificados vários problemas relacionados à conversão dos veículos a gasolina;
- A segunda fase compreendeu os anos de 1982 e 1983 e foi caracterizada pela identificação da oportunidade de mercado que a

inovação poderia trazer, diante da retração das vendas identificada nos primeiros anos da década;

- A terceira fase, referente aos anos de 1983 a 1990, representou a consolidação e o ápice da difusão do carro a álcool, seguido de seu declínio nas vendas a partir de 1986.

Os veículos a etanol inicialmente sofreram resistência das montadoras nacionais para sua produção, o que resultou na estratégia do Proálcool de promover a conversão dos motores a gasolina em retíficas, com o apoio da rede de Centros Tecnológicos de Apoio (CATs), que credenciavam tais empresas e contribuíam com o desenvolvimento e homologação de procedimentos de conversão (SOUZA E MACEDO, 2010).

Nos veículos convertidos para o uso de etanol, o consumo do combustível medido através de testes em campo e com dinamômetros de chassis atingia valores de cerca de 20% superior ao consumo de gasolina. Já os veículos produzidos para utilizar etanol passaram a considerar suas características favoráveis ao aumento de potência e torque, com os carburadores calibrados para uso de mistura rica à plena carga e pobre a cargas parciais (SOUZA E MACEDO, 2010).

Todavia, esses primeiros veículos produzidos para o uso de etanol apresentavam problemas relacionados à irregularidade de funcionamento dos motores e corrosão no tanque e bomba de combustível, filtros, carburadores e dutos (SMITH, 2010). Diante disso, foram concedidos incentivos governamentais para a aquisição dos primeiros carros a álcool, através da fixação do preço do etanol em 59% do preço da gasolina e isenção do Imposto de Produtos Industrializados – IPI sobre esses veículos pelo prazo de um ano (SMITH, 2010).

No período compreendido entre os anos de 1983 e 1986 foram publicados pela Secretaria de Tecnologia Industrial, vinculada ao Ministério da Indústria e Comércio – STI/MCI, os livretos denominados “Escolha Certa – guia de consumo de seu carro” (SMITH, 2010), com resultados da medição de consumo de etanol em veículos novos, realizada de acordo com a NBR 7024 da época. Exemplificando, um automóvel de 830 kg de massa, motor de 43,9 kW, do ano de 1985, apresentava valores de 8,9 km/l no ciclo urbano e de 13,0 km/l no ciclo estrada. O aumento do consumo em relação à gasolina era de 25% em volume, mas vale destacar que os motores a etanol incorporavam tecnologias mais recentes de ganho de eficiência que

não haviam sido incorporadas nos motores a gasolina da época (SOUSA & MACEDO, 2010).

Destaca-se que desde então os automóveis aumentaram consideravelmente suas massas, de modo que atualmente a massa média dos veículos na Europa situa-se entre 1373 kg (SMITH, 2010). Ainda, SMITH (2010) ressalta que o peso é o atributo que possui maior relação com o consumo específico de combustível do veículo.

Além desses ganhos, os problemas iniciais relacionados à corrosão dos componentes internos dos veículos foram satisfatoriamente sanados (FIGUEIREDO, 2006), mas com o declínio das vendas e crise de abastecimento de 1989 a difusão do carro a álcool foi se contraindo até a nulidade. A Tabela 4.3 ilustra a produção do carro a álcool no Brasil e a participação percentual na produção de autoveículos leves total¹¹.

¹¹ Os autoveículos leves representam a soma dos veículos leves (carros de passeio) com os veículos comerciais leves (ANFAVEA, 2011).

Tabela 4.3. Produção do carro a álcool no Brasil.

Ano	Unidades de carro a álcool produzidas	Participação na produção total de autoveículos leves
1979	4.614	0,5%
1980	254.001	25,9%
1981	127.695	20,9%
1982	236.678	31,9%
1983	590.915	74,7%
1984	557.887	76,9%
1985	640.239	78,9%
1986	697.731	79,6%
1987	460.006	61,8%
1988	569.189	64,5%
1989	398.235	45,0%
1990	83.259	10,6%
1991	150.877	19,0%
1992	193.441	22,7%
1993	264.651	23,8%
1994	142.760	11,5%
1995	40.484	3,0%
1996	7.732	0,5%
1997	1.273	0,1%
1998	1.451	0,1%
1999	11.314	0,9%
2000	10.106	0,7%
2001	19.032	1,2%
2002	56.594	3,7%
2003	34.919	2,1%
2004	51.012	2,6%
2005	51.476	2,3%
2006	775	0,0%
2007	3	0,0%

Fonte: ANFAVEA, 2011.

Finalmente, o conhecimento e a experiência obtidos durante o Proálcool pela engenharia brasileira possibilitaram o desenvolvimento do sistema de injeção e consequente desenvolvimento dos veículos *flex fuel* em 2003 (SMITH, 2010).

Quando comparados aos modelos à gasolina da época, os primeiros carros a álcool apresentavam aumento de consumo de combustível situado entre 16 e 25%, no ano de 1981, conforme FIGUEIREDO (2006). Com relação a aumento de eficiência dos veículos então produzidos no país, há registros de que a STI/MCI visualizava a

questão e apontava metas de redução de consumo para os veículos a etanol e a gasolina, no entanto sempre considerando o percentual constante de quilometragem por litro de etanol de 80% do valor da quilometragem por litro da gasolina, com metas para 1985 de 12,6 km/l para gasolina e 10,1 km/l para etanol. (FIGUEIREDO, 2006).

4.4. Principais características dos veículos *flex fuel*

O funcionamento dos veículos *flex fuel* com etanol hidratado, com gasolina C ou com suas misturas em quaisquer proporções é possível graças à unidade de controle eletrônico do motor, que identifica o combustível pela composição do gás de escapamento e gerencia a operação do motor (VOLCI, 2007).

Os veículos bicompostíveis começaram a ser pesquisados pelas montadoras na década de 1980, sobretudo nos Estados Unidos (SILVA & FISCHETTI, 2008). Em 1990 foram realizados os primeiros estudos no Brasil pela Bosch e em 2000 foi apresentada pela Magneti Marelli a tecnologia do *Software Flexfuel Sensor - SFS*, a qual dispensava o uso de sensor capacitivo adicional de teor de etanol requerido pela Bosch, usando somente o sensor já existente nos veículos para detectar o teor de oxigênio, usado no controle de emissão de poluentes (SILVA & FISCHETTI, 2008).

Esse sensor, chamado de sonda lambda, havia sido introduzido nos veículos como requisito da fase L-3 do Programa de Controle da Poluição do ar por Veículos Automotores - PROCONVE. Essa tecnologia foi preferida pelas montadoras brasileiras devido ao custo e confiabilidade (NIGRO & SZWARC, 2009). O papel da sonda lambda é transmitir à unidade de controle eletrônico do motor as informações referentes à combustão, indicando se a mistura da câmara é rica ou pobre, isto é, se há excesso de combustível ou se há excesso de ar. Com isso, a injeção de combustível é ajustada de maneira a atender a proporção estequiométrica (SOUSA & MACEDO, 2010).

Adicionalmente, também são detectados pela unidade de controle eletrônico do motor os sinais referentes à medição de rotação do motor e do fluxo de ar admitido na câmara de combustão. Comparando-se esses dados aos da memória da unidade, que contempla os valores para as cargas de etanol e de gasolina, é possível calcular o teor de etanol quando se tratar de mistura dos dois combustíveis ajustando-se os parâmetros de operação de motor (SOUSA & MACEDO, 2010).

De acordo com SILVA & FISCHETTI (2008), internacionalmente os sensores empregados para a identificação do combustível usado nos veículos bicompostíveis apresentam custo elevado.

Dentre os motores *flex fuel* podem ser identificadas várias alterações ao longo dos últimos anos que podem ser agrupadas em diferentes fases ou gerações, descritas por SOUSA & MACEDO (2010) e SMITH (2010). A primeira geração (2003 a 2005) foi norteada a cumprir os requisitos ambientais de emissões, sem focar no consumo dos combustíveis. Assim, a taxa de compressão do motor foi mantida no valor usado para a gasolina C. Já na segunda geração, a partir de 2006, aumentou-se em torno de 1% as taxas de compressão e foram introduzidos novos catalisadores. O objetivo então era aumentar os ganhos de torque e potência a partir desse aumento de taxas de compressão. A terceira geração (2008 a 2009), por sua vez, representou significativa mudança das taxas de compressão, passando a utilizar valores mais próximos dos motores a etanol. A partir de 2009 foi introduzido o sistema de partida a frio com pré-aquecimento de etanol, o que elimina a necessidade de tanque de gasolina auxiliar. Para tanto, a Volkswagen apresentou, no lançamento do veículo Polo E-Flex, como solução para a volatilidade limitada do etanol para baixas temperaturas, o aquecimento elétrico e nebulização usando injetores com menor área (SOUSA & MACEDO, 2010). Na Tabela 4.4 são comparadas as diferentes gerações dos veículos *flex fuel*.

Tabela 4.4. Gerações de veículos *flex fuel*.

Geração	Lançamento no mercado	Taxa de compressão do motor	Ganho de potência com etanol	Ganho de torque com etanol	Perda de autonomia com etanol	Partida a frio com gasolina
1 ^a	2003	10,1 a 10,8	2,1%	2,1%	25 a 35%	sim
2 ^a	2006	10,8 a 13,0	4,4%	3,2%	25 a 35%	sim
3 ^a	2008	11,0 a 13,0	5,6%	9,3%	25 a 35%	sim
4 ^a	2009	11,0 a 13,0	5,6%	9,3%	25 a 35%	não

Fonte: SMITH, 2010.

Embora apresentado em 2009, pela Bosch, o sistema que elimina a necessidade de tanque auxiliar de gasolina, batizado de *Flex Start*, teve seus estudos iniciados há cerca de trinta anos, porém o desestímulo ao carro a álcool interrompeu as pesquisas (GATTI JUNIOR, 2010). Atualmente, existem apenas dois modelos de veículos que não utilizam mais o tanque auxiliar de gasolina para a partida a frio, o Volkswagen Polo Bluemotion e o Peugeot 308, mas mudanças previstas para a

execução dos chamados *crash tests* ou testes de impacto dos veículos brasileiros a partir de 2014¹² devem obrigar a eliminação do tanque auxiliar para toda a frota, dado o risco de incêndio diante de acidentes de alto impacto (FOLHA, 2012).

De maneira geral, quando são comparados os motores *flex fuel* aos motores tradicionais a gasolina, são observadas diferenças significativas, elencadas por VOLCI (2007):

- Modificações nos pistões, devido às variações na taxa de compressão, às cargas térmicas e às pressões maiores;
- Anéis de pistão em aço, em virtude do maior desgaste, condições de funcionamento menos lubrificadas e temperaturas mais elevadas;
- Válvulas e seus assentos adequados ao ambiente menos lubrificado;
- Bicos injetores que permitam maior vazão para atender o funcionamento com etanol;
- Adequação das sondas lambda de oxigênio; e
- Unidade eletrônica de controle do motor com mapeamento adaptado para as diversas proporções de mistura entre os combustíveis.

Segundo SCHMITT (2010), nos motores Ciclo Otto a potência específica é limitada pela taxa de compressão do motor, a qual se limita particularmente às condições de alta carga. Nesse aspecto se destacam os motores com taxa de compressão variável, que utilizam baixas taxas de compressão sob cargas mais altas e elevadas taxas de compressão sob cargas mais altas, através da movimentação da cabeça do cilindro, que resulta na variação do volume da câmara de combustão. Essa tecnologia é apontada como possível alternativa para ganhos de autonomia dos veículos *flex fuel*, uma vez que o etanol e a gasolina são combustíveis que operam com taxas de compressão ótimas distintas. Os motores a etanol costumavam apresentar taxas de compressão mais altas que os motores a gasolina, da ordem de 12:1 contra 8:1. No caso dos veículos *flex fuel*, as taxas de compressão apresentam valores intermediários, fora do ponto ótimo de cada combustível (SCHMITT, 2010).

Vencidas as dificuldades técnicas para a entrada os veículos *flex fuel* no mercado, foram concedidos pelo Governo Federal incentivos fiscais para a aquisição

¹² A Resolução do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN nº 221, de 11/01/2007, com o objetivo de aperfeiçoar e atualizar os requisitos de segurança para integridade do sistema de combustível dos veículos, concedeu o prazo de sete anos para adequação dos veículos a normas de segurança mais rigorosas, que consideram os impactos dos acidentes na integridade dos ocupantes dos veículos e não apenas em sua estrutura.

desses veículos pelos consumidores, tratando-os como os antigos veículos a etanol, devido à ação da indústria automobilística e sucroenergética (SMITH, 2010). As alíquotas atuais empregadas em relação ao IPI são mostradas na Tabela 4.5. Além disso, foram facilitadores nesse processo a infraestrutura de abastecimento existente no Brasil e a elevada capacidade de produção de etanol instalada (NASCIMENTO *et al.*, 2009).

Tabela 4.5. Alíquotas de IPI sobre os veículos.

VEÍCULO	ALÍQUOTA IPI
Automóvel 1.0 Qualquer Combustível	7%
Aut. Acima 1.0 Até 2.0 Álcool ou <i>Flex Fuel</i>	11%
Aut. Acima 1.0 Até 2.0 Gasolina	13%
Automóvel Acima 2.0 Álcool ou <i>Flex Fuel</i>	18%
Automóvel Acima 2.0 Gasolina	25%

Fonte: MDIC, 2011.

Para as montadoras, a tecnologia *flex fuel* representou economia na produção e estoque pela unificação de diversas peças e componentes dos veículos, que não ocorria quando da fabricação de veículos a etanol e a gasolina, que diferenciava velas de ignição, válvulas injetoras, bomba de combustível, dentre outras (ABREU & RIBEIRO, 2006 apud SMITH, 2010). Segundo BANDIVADEKAR (2008), os custos unitários dos veículos *flex fuel* brasileiros são apenas US\$ 200,00 superiores aos custos de modelos a gasolina.

As propriedades de cada combustível devem ser consideradas uma vez que suas características determinam especificações mecânicas próprias nos automóveis, como por exemplo formato geométrico da câmara de combustão e regulagem de abertura das válvulas de admissão e escapamento. Conseqüentemente, os veículos *flex fuel* são inherentemente menos eficientes que os monocombustíveis (FIGUEIREDO, 2006). De acordo com SMITH (2010), os veículos bicompostíveis também não aproveitam integralmente a vantagem do etanol em relação à eficiência superior na combustão, uma vez que a taxa de compressão utilizada é menor do que a taxa de um veículo a etanol somente.

Pode-se constatar ainda que um motor Ciclo Otto otimizado consumindo gasolina com teores elevados de etanol anidro (30% em volume) apresentam maior eficiência que os motores *flex fuel* operando em proporções variáveis de etanol e de gasolina (SZKLO *et al.*, 2007).

Nesse sentido, NIGRO & SZWARC (2009) apontam que as vantagens ambientais dos veículos devem ser tratadas com maior rigor, uma vez que seus motores ainda não estão aproveitando adequadamente o calor latente de vaporização e a maior octanagem de etanol em relação à gasolina, tornando necessário o aumento de eficiência desses veículos para utilização de etanol.

4.5. Eficiência do motor Otto e consumo do combustível

Segundo SZKLO & ULLER (2008), os motores Ciclo Otto, em termos de desempenho devem ter partida a frio, operar bem diante de quaisquer condições, fornecer potência adequada sem batimento, ter boa eficiência e gerar emissões reduzidas e não devem produzir depósitos ou corrosão no sistema de combustível. A eficiência energética dos motores depende de uma série de variáveis dos veículos, ou seja, suas dimensões, aerodinâmica, características do motor, da transmissão, conservação e calibragem dos pneus, entre outros, além das condições climáticas externas, das estradas, dos congestionamentos e do estilo de direção do condutor (SMITH, 2010).

SMITH (2010) esclarece que há várias formas de se expressar a eficiência energética veicular, que pode ser definida como a energia útil produzida para cada unidade de energia fornecida pelo combustível alimentado no veículo. Dentre essas formas, destaca:

- i. Economia de combustível (*fuel economy*): é a distância percorrida pelo veículo por unidade de combustível utilizado. É o conceito popularizado no Brasil – autonomia de combustível.
- ii. Consumo de combustível (*fuel consumption*): é o volume de combustível consumido para percorrer determinada distância, isto é, o consumo específico de combustível, geralmente em l/100km.
- iii. Eficiência de consumo (*fuel efficiency*): é a quantidade de energia útil obtida na combustão. Dessa forma, dois veículos de modelos distintos, com a mesma tecnologia na combustão, podem apresentar mesma eficiência de consumo, contudo sem

apresentar a mesma economia de combustível por apresentarem diferentes massas e potências.

No intuito de subsidiar as análises de eficiência, o desempenho dos motores a combustão interna é mensurado através de metodologias de testes específicos, normalizados por associações de engenharia como a *Society of Automotive Engineers* – SAE, a *American Societies of Mechanical Engineers* – ASME, a *American Society of Testing Materials* – ASTM e a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Contemplam informações sobre as performances indicadas e efetivas, consumo de combustível e emissões de gases do escapamento (SILVA, 2006).

A norma NBR-7024 da ABNT padroniza os ensaios de consumo de combustível simulando um ciclo de condução real. O método descrito nessa norma estabelece os ensaios a serem desenvolvidos em dinamômetros de chassi, simulando o ciclo de veículo em trânsito urbano, de acordo com a NBR-6601 da ABNT, e em estrada. O consumo de combustível urbano é determinado pela média ponderada entre os valores de consumo de combustível com partida a frio e a quente, na mesma proporção utilizada, enquanto o consumo de combustível de estrada é determinado com partida a quente (ABNT, 2010).

Tal norma também define a chamada autonomia de combustível combinada, calculada através da média harmônica ponderada das autonomias de combustível urbano e em estrada, combinados na proporção de 55 e 45%, respectivamente (ABNT, 2010).

Recentemente foi implantado o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular – PBEV, regulamentado através da Portaria nº 391, de 04 de novembro de 2008, do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO. O programa, de adesão voluntária, compara o consumo de combustível dos diferentes veículos produzidos no país, segregados em oito categorias, das quais quatro se baseiam na área projetada do automóvel no solo (subcompacto, compacto, médio e grande) e as outras quatro no seu uso (esportivo, fora-de-estrada, comercial leve e veículo de carga derivado de veículo de passageiro) (INMETRO, 2008). Os resultados obtidos através de testes em conformidade com as condições previstas pela NBR-7024 devem ser encaminhados ao INMETRO pelos fabricantes até o dia 31 de agosto de cada ano de aplicação (SMITH, 2010).

As etiquetas do programa apresentam informações de fácil entendimento para a população em geral, contendo dados de identificação, ano da comparação, categoria do veículo e seu consumo em km/l na cidade e na estrada, classificando-o entre os conceitos A até E, que representam maior eficiência e menor eficiência, respectivamente.

No trabalho de SMITH (2010), foram abordadas inúmeras falhas na execução do PBEV, das quais se destacam a pouca divulgação junto aos consumidores e os problemas relacionados a amostragem dos veículos etiquetados: cada fabricante pode escolher aderir ou não ao programa; uma vez participando, o regulamento prevê o envio de dados de somente 50% dos modelos fabricados, permitindo a seleção dos seus veículos mais eficientes; o fabricante pode deixar de enviar os dados no ano seguinte e finalmente não há necessidade de publicar a etiqueta nos veículos nos pontos de vendas. A autora considera ainda que “é inadmissível que um dado básico, como o consumo de combustível, divulgado nos países de origem das montadoras, não seja conhecido pelos consumidores brasileiros, que dependem de revistas especializadas para se informar de tais dados”.

Os primeiros resultados do programa foram apresentados em 2009, com a participação de cinco fabricantes de automóveis, responsáveis por aproximadamente 50% das vendas no mercado nacional (Fiat, a General Motors com a marca Chevrolet, Honda, Kia e Volkswagen), totalizando 31 modelos avaliados nas categorias sub-compacto, compacto, médio, grande e carga. No ano de 2010, a Chevrolet não participou do programa, ao passo que a Toyota iniciou sua participação (PBEV, 2011).

Já em 2011, além dos fabricantes mencionados, aderiram também ao programa a Ford, a Peugeot e a Renault. A General Motors enviou dados de um modelo de veículo. A Figura 4.3 apresenta a participação das montadoras na produção total de veículos no Brasil. Embora não contemple todos os fabricantes e modelos comercializados no país, trata-se da única fonte oficial de dados de consumo de combustível disponível, além de efetuar a comparação estatística entre os valores declarados pelas montadoras de veículos instaladas no país. A Tabela 4.6 ilustra os resultados para o ano de 2011 para os veículos *flex fuel*.

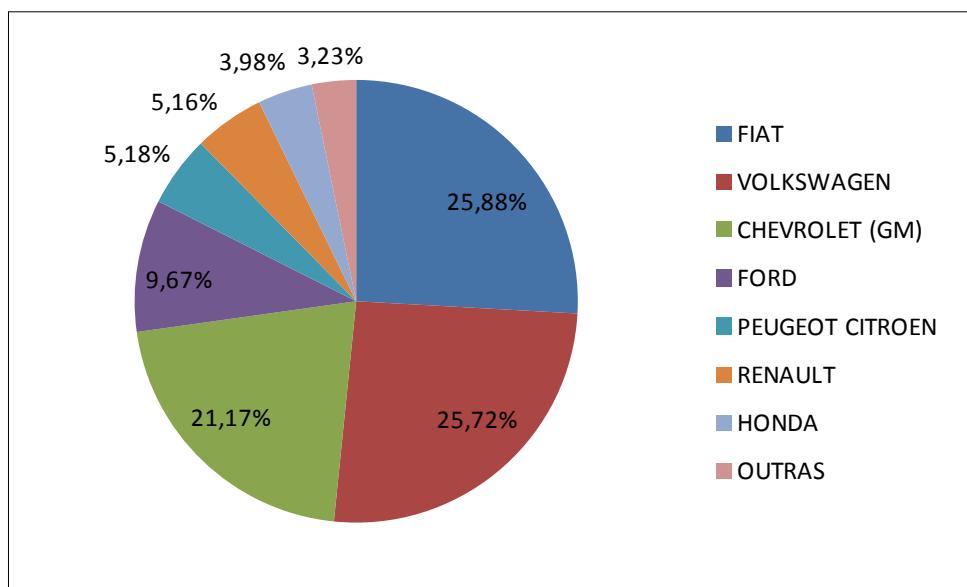


Figura 4.3. Participação percentual das montadoras nos veículos produzidos no Brasil
Fonte: elaboração própria com base nos dados da ANFAVEA, 2010.

Tabela 4.6. Resultados de 2011 do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular

Veículo	Motor	cidade (ciclo urbano)		estrada (ciclo rodoviário)	
		etanol (km/l)	gasolina (km/l)	etanol (km/l)	gasolina (km/l)
FIAT Fiorino Furgão	8V	7,0	10,3	7,8	11,3
FIAT Novo Uno Attractive Evo 1.4	8V	7,1	10,7	8,2	13,2
FIAT Novo Uno Vivace Evo 1.0	8V	8,3	12,3	9,4	14,5
FIAT Novo Uno Way Evo 1.0	8V	6,6	10,1	7,8	12,0
FIAT Novo Uno Way Evo 1.4	8V	7,1	10,3	8,7	12,6
FIAT Palio Attractive 1.4	8V	7,2	10,6	8,5	12,5
FIAT Palio ELX Flex 2P/4P 1.0	8V	7,1	10,4	8,2	12,1
FIAT Palio Fire Economy 2P 1.0	8V	7,9	12,2	9,7	14,8
FIAT Palio Fire Economy 4P 1.0	8V	7,9	12,2	9,7	14,8
FIAT Siena Attractive	8V	7,3	10,7	8,0	12,0
FIAT Siena EL	8V	7,4	10,4	8,8	12,8
FIAT Siena Fire	8V	8,2	12,0	9,8	14,1
FIAT 500 Sport 1.4	16V	---	10,2	---	12,2
FIAT Strada Adventure	16V	6,5	9,3	7,3	10,6
KIA Picanto	12V	---	12,4	---	14,8
KIA Picanto	12V	---	12,1	---	14,7
FIAT Strada Adventure CD	16V	6,5	9,3	7,3	10,6
FIAT Strada Fire	8V	7,3	10,6	8,2	12,0
FIAT Strada Fire CE	8V	7,1	10,6	7,7	11,5
FIAT Strada Trekking e CE	8V	7,0	10,3	7,6	11,2
FIAT Strada Trekking CE	16V	6,7	9,4	8,0	11,8
FIAT Strada Working CD	8V	6,6	9,3	7,0	10,6
FIAT Uno Mile Fire Economy 2P/4P 1.0	8V	8,9	12,7	10,7	15,6
FIAT Uno Mile Way Economy 2P/4P 1.0	8V	8,4	12,1	9,5	13,6
FORD Courier L	8V	7,0	9,7	8,4	12,1
FORD Ecosport 4WD	16V	5,3	7,9	6,3	9,2
FORD Fiesta R	8V	7,1	9,7	8,4	12,4
FORD Focus Hatch/Sedan 1.6L	16V	6,4	9,4	8,5	11,8
FORD Focus Hatch/Sedan 2.0L	16V	6,1	9,0	7,8	11,6
FORD Ka	8V	8,1	11,6	9,2	13,5
FORD New Fiesta	16V	7,5	11,0	9,3	13,9
KIA Soul automático	16V	---	10,8	---	13,1
KIA Soul	16V	---	10,3	---	11,9
GM Vectra Elegance 2.0	8V	5,9	8,2	7,8	11,3
HONDA City 1.5	16V	7,4	11,1	8,7	12,6
HONDA City 1.5 automático	16V	7,5	11,0	9,1	13,9
HONDA Civic 1.8	16V	7,2	10,2	9,7	14,1
HONDA Civic 1.8 automático	16V	6,5	10,6	8,6	13,9
HONDA Fit 1.4	16V	7,6	11,4	8,7	13,2
HONDA Fit 1.4 automático	16V	7,1	10,8	8,4	12,9
HONDA Fit 1.5	16V	7,2	10,6	8,3	12,3
FORD Fusion Hybrid	16V	---	12,6	---	13,1
HONDA Fit 1.5 automático	16V	7,0	10,5	8,6	12,5
PEUGEOT 207 Hatch	16V	6,1	9,3	7,5	12,0
PEUGEOT 207 Passion	8V	6,5	10,2	8,4	12,7
RENAULT Clio	16V	8,6	11,4	9,2	14,5
KIA Cerato	16V	---	10,6	---	13,8
KIA Cerato automático	16V	---	10,3	---	13,3
KIA Carens 2.0	16V	---	8,5	---	11,2
RENAULT Fluence Dynamique 2.0	16V	6,9	10,2	9,2	14,1
RENAULT Logan Authentique	16V	8,0	12,1	8,8	13,0
RENAULT Megane	16V	6,3	9,7	8,2	12,8
RENAULT Sandero Authentique	16V	8,0	12,1	8,8	13,0
RENAULT Symbol Expression	16V	7,5	10,8	8,4	12,8
TOYOTA Corolla 1.8	16V	7,0	10,2	9,6	13,5
TOYOTA Corolla 1.8 automático	16V	7,1	10,5	9,1	13,3
VOLKSWAGEN Jetta - 2.5	20V	---	8,4	---	9,8
VOLKSWAGEN Passat 2.0	16V	---	8,0	---	11,0
VOLKSWAGEN Gol 1.0	8V	7,4	10,8	9,5	14,1
VOLKSWAGEN Gol 1.6 I-Motion/ Power I-Motion/Rallye I-Motion	8V	7,1	10,5	9,4	13,8
VOLKSWAGEN Gol 1.6 L/Power/Rallye	8V	7,1	10,4	9,4	13,7
VOLKSWAGEN Gol Ecomotion	8V	8,4	12,0	9,8	14,1
VOLKSWAGEN Gol G4 1.0	8V	7,4	10,5	8,6	12,3
VOLKSWAGEN Kombi Standard/Furgão	8V	5,7	8,2	5,7	8,6
VOLKSWAGEN Polo 1.6	8V	6,2	9,4	8,1	12,1
VOLKSWAGEN Polo BlueMotion	8V	7,4	10,7	10,5	15,0
VOLKSWAGEN Polo Sedan 1.6 L	8V	6,2	9,4	8,1	12,1
VOLKSWAGEN Saveiro e Saveiro CS	8V	6,7	9,9	8,3	12,3
VOLKSWAGEN Voyage 1.0	8V	7,4	10,8	9,5	14,1
FORD Ranger Cabine Simples/ Dupla	16V	---	7,3	---	9,0
VOLKSWAGEN Voyage 1.6 I-Motion/ Trend I-Motion/Comfortline I-Motion	8V	7,1	10,5	9,4	13,8
VOLKSWAGEN Voyage 1.6 L/ Trend/Comfortline	8V	7,1	10,4	9,4	13,7
KIA Sorento	16V	---	8,1	---	11,0
TOYOTA Rav4 - 2.4	16V	---	7,7	---	9,7

Fonte: PBEV, 2011.

Comparando-se os resultados com os dados da ANFAVEA (2011), que divulga a produção de veículos no Brasil, verifica-se que os modelos mais produzidos (Volkswagen Gol e Fiat Uno) apresentam versões que se destacam pela elevada distância percorrida por litro de combustível, o que representa maior eficiência desses veículos.

Pode-se notar também que as versões *flex fuel* predominam entre os veículos listados no PBEV, e que as versões a gasolina aparecem principalmente entre os veículos classificados como grandes; isto é, comparativamente aos demais apresentam consumo de combustível mais elevado.

Contudo, a variedade de versões desses automóveis apresenta diferentes valores de consumo de combustível, o que dificulta a generalização dos resultados para cada modelo ou para cada fabricante, caracterizando assim, dados bastante específicos para os modelos e versões, o que comprova a necessidade de análise de todas as configurações possíveis de modelos, pois especulações podem resultar em erros significativos.

Considerando-se as falhas do PBEV e que sua aplicação é bastante recente, uma vez que se encontra apenas no terceiro ciclo de avaliações, a análise de sua influência sobre a eficiência energética dos veículos leves ainda é prematura.

Nesse sentido, cabe destacar os efeitos do PROCONVE no incremento da eficiência energética dos veículos leves brasileiros. Criado em 1986, o programa introduziu tecnologias de melhoria nos veículos, como sistemas de injeção e ignição de combustível (MENDES, 2004).

Outra fonte de dados quanto ao consumo de combustível dos veículos brasileiros é a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, que divulga relatórios anuais sobre a qualidade do ar do estado. A Tabela 4.7 contempla os resultados quanto às autonomias de combustível dos veículos novos conforme a metodologia adotada pela CETESB.

Tabela 4.7. Autonomias de veículos novos de acordo com a CETESB.

Autonomia (km/l)				
Ano	Gasolina C	Etanol	Flex - Gasolina C	Flex - Etanol
2002	10,90	7,20	---	---
2003	11,20	7,50	10,30	6,90
2004	11,40	8,60	10,80	7,30
2005	11,30	8,60	11,50	7,70
2006	11,30	6,90	11,70	7,80
2007	11,30	---	11,70	7,80
2008	9,74	---	11,70	7,38
2009	9,50	---	12,00	8,00
2010	10,20	---	12,20	8,30

Fonte: CETESB, 2011.

Os resultados apresentados na Tabela 4.7 se referem ao ciclo urbano, calculado através do balanço de carbono, de acordo com a norma ABNT NBR 7024 (CETESB, 2011).

Comparando-se os dados da CETESB entre a autonomia de veículos *flex fuel* novos utilizando gasolina e veículos a gasolina, verifica-se que a partir de 2005 os primeiros tornam-se mais vantajosos que os segundos. Isso pode ser explicado pelo que foi evidenciado na listagem do PBEV (2011), apresentada na Tabela 4.6, isto é, as versões a *flex fuel* foram adotadas pelos veículos de categorias mais econômicas, como sub-compactos, compactos e médios, enquanto versões a gasolina prevalecem entre os veículos de maior porte, de categorias com maior consumo esperado de combustível (ABREU, 2007).

A partir dos dados divulgados pela CETESB entre os anos de 2003 e 2007, NIGRO & SZWARC (2009), constataram que a variação quanto a consumo energético dos veículos *flex fuel* foi inferior a 1% quando observada alguma diferença, o que demonstra enorme potencial de incremento de eficiência desses veículos.

Dessa forma, no próximo capítulo será estimado o volume de etanol hidratado que corresponde à ineficiência dos veículos *flex fuel*.

CAPÍTULO 5: VEÍCULOS *FLEX FUEL* OU ESTOQUES REGULADORES: O QUE É MELHOR PARA O BRASIL?

Diante das características e diferenças dos veículos *flex fuel* em relação aos veículos a gasolina, apontadas no capítulo anterior, que determinam inerente grau de ineficiência quando comparados aos monocombustíveis, foi estimado o consumo extra de etanol resultante da operação fora do ponto ótimo desse combustível.

A estimativa referida foi traduzida como perda e transformada em custo de ineficiência dos veículos *flex fuel*. Esse valor foi comparado aos custos de se garantir a oferta de etanol hidratado combustível no país, ou seja, aos custos da garantia de abastecimento através da manutenção de estoque de passagem na entressafra. O período considerado de dados foi de 2003, ano da introdução dos veículos *flex fuel* no mercado, até 2010.

Na seção 5.1 é apresentada a metodologia geral utilizada e o detalhamento e os resultados obtidos são apresentados nas seções seguintes: em 5.2 são apresentados os custos referentes à ineficiência de operação dos veículos bicombustíveis, contrapondo-os às seções 5.3 e 5.4, que estimam os custos dos estoques reguladores, conforme realizado ao longo dos anos e diante da situação hipotética de 100% de utilização de etanol hidratado pela frota *flex fuel*, caracterizando o custo da garantia de abastecimento de etanol.

5.1. Metodologia

Os cálculos e estimativas realizadas foram estruturados em dois blocos: o primeiro relacionado à ineficiência dos veículos *flex fuel* e o segundo relacionado aos custos dos estoques reguladores, sempre buscando obter resultados por quilômetro rodado, representando um indicador de fácil entendimento, já considerando, assim, as diferenças de poder calorífico entre os dois combustíveis abordados, etanol hidratado e gasolina C.

No primeiro bloco, inicialmente calculou-se o consumo excedente de etanol combustível dos veículos *flex fuel* novos, comparado aos veículos somente a etanol, mais detalhado adiante, na seção 5.2.1. Como se trata de uma comparação com um

veículo hipotético, esses valores representam o diferencial teórico de consumo para cada ano de fabricação desde a introdução dos veículos bicompostíveis na frota nacional. Para tanto, foi utilizada base de dados quanto a autonomia de combustível divulgada pela CETESB (2011). Esse primeiro cálculo aponta o efeito da ineficiência dos bicompostíveis para os consumidores.

Para analisar o impacto do consumo excedente de combustível em virtude da ineficiência dos veículos *flex fuel* para a frota como um todo, o que representa o efeito para o país, foram analisados os dados históricos de vendas de etanol hidratado pelas distribuidoras do período total considerado. Esses dados representam o quanto foi consumido pela frota *flex fuel* e pela frota de carros a álcool remanescentes no país, tornando necessária a desagregação da frota consumidora de etanol.

Com esse objetivo, foram somados os dados de licenciamentos de veículos a *flex fuel* e de carros a álcool, adotando-se uma função de sucateamento da frota somente para o último caso, vez que os veículos bicompostíveis são relativamente novos e seu sucateamento é pouco relevante no total.

E para a determinação do consumo de etanol referente à ineficiência da frota *flex fuel* foi adotado um valor anual de consumo por veículo para os carros a álcool, gerando um indicador que pode ser multiplicado pela frota ao longo os anos, resultando no consumo da frota de carros a álcool para o período após a introdução dos veículos bicompostíveis. Esse valor foi descontado do valor das vendas de etanol hidratado, revelando o total consumido pela frota *flex fuel* e consequentemente, usando-se os parâmetros de ineficiência ao longo dos anos, foi obtido o quanto foi consumido de etanol hidratado pela frota brasileira devido à ineficiência dos veículos bicompostíveis. A discussão detalhada e os resultados serão mostrados na seção 5.2.2.

Na sequência, a ineficiência da frota *flex fuel* para a gasolina foi estimada, substituindo-se como base de dados para a autonomia dos veículos à gasolina os dados da CETESB (2011) pela base adaptada do PBEV (2011), conforme detalhamento na seção 5.2.3, obtendo-se o volume excedente de gasolina C consumido pelos veículos *flex fuel* operando somente com esse combustível.

No segundo bloco de cálculos, foi inicialmente estimado o custo dos estoques reguladores como realizado nos anos referentes à participação desses veículos na frota. Esses valores estimados, usando-se como base os valores calculados pela

CONAB (2010), correspondem aos custos dos produtores, por isso foi realizada a transmissão do incremento de custos até os consumidores, conforme seção 5.3.

Contudo, como o comportamento dos preços de etanol apresentou acentuado aumento nos períodos da entressafra correspondentes aos últimos anos, foi usada a premissa de que os estoques não têm sido suficientes, portanto foi estimado o máximo valor necessário para se garantir que não falte etanol no mercado, o que equivale à hipótese de uso integral de etanol hidratado pela frota *flex fuel* ao longo dos anos. Essa quantidade adicionada do volume necessário de suprimento de etanol hidratado para a frota dedicada e do volume necessário de etanol anidro para ser adicionado à frota de veículos à gasolina, determina a produção anual necessária e o estoque correspondente. Os pormenores metodológicos e resultados serão apresentados na seção 5.4, que finaliza com a comparação entre os dois blocos calculados.

5.2. Consumo de combustível pelos veículos *flex fuel*

5.2.1. Estimativa de consumo excedente de etanol dos veículos *flex fuel* novos

O consumo de etanol hidratado pelos veículos *flex fuel* foi comparado ao consumo hipotético de veículos movidos exclusivamente a etanol hidratado combustível. Para tanto, foram utilizados dados de eficiência divulgados pela CETESB (2011) no Relatório Qualidade do Ar do Estado de São Paulo, já apresentados na Tabela 4.7. Com o declínio da participação no mercado, após a crise de abastecimento em 1989 e sua posterior finalização da produção (ANFAVEA, 2011), inferiu-se a autonomia de um veículo monocombustível a etanol baseando-se na diferença histórica entre o carro a álcool e os veículos a gasolina.

Dessa forma, foi utilizada como autonomia dos veículos a etanol a relação de 80% do valor equivalente à autonomia de veículos a gasolina. Essa diferença é apontada por FIGUEIREDO (2006) como valor de acomodação tecnológica para o que se verificou nos anos do Proálcool e constituía a relação entre as autonomias dos dois combustíveis – etanol hidratado e gasolina – ao longo de metas de eficiência energética previstas para 1983 a 1985 pelo governo.

Assim, foi aplicado esse percentual de diferença histórica sobre os dados de autonomia dos veículos a gasolina C divulgados pela CETESB (2011), através do Relatório Qualidade do Ar do Estado de São Paulo, obtendo-se a eficiência estimada dos veículos a etanol. Com estes valores de autonomia, foram calculadas as relações percentuais de consumo desse combustível, em veículos dedicados e *flex fuel*, mostradas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1. Relação percentual de consumo de combustível entre veículos *flex fuel* e monocombustíveis.

Ano de fabricação	Autonomia estimada veículo a etanol (km/l)	Consumo de etanol dos veículos a etanol em relação aos veículos <i>flex fuel</i> (%)
2003	8,24	84%
2004	8,64	84%
2005	9,20	84%
2006	9,36	83%
2007	9,36	83%
2008	9,36	79%
2009	9,60	83%
2010	9,76	85%

Fonte: elaboração própria.

Como os dados hipotéticos de eficiência dos veículos a etanol consideraram um percentual fixo de eficiência em relação às versões a gasolina, cabe mencionar que a base de dados utilizada apresenta valores de eficiência para gasolina abaixo do esperado, de modo que a autonomia estimada dos veículos a etanol pode ser considerada bastante conservadora.

Para se analisar em termos financeiros a diferença entre os custos de utilização do veículo bicombustível e do veículo dedicado a etanol, foram utilizados dados históricos de preços da ANP, mostrados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2. Histórico de preços médios de etanol hidratado e gasolina C no país.

Ano	Preço médio ao consumidor (R\$/l)	
	etanol hidratado	gasolina C
2003	1,347	2,072
2004	1,212	2,082
2005	1,377	2,312
2006	1,676	2,541
2007	1,492	2,504
2008	1,484	2,501
2009	1,520	2,502
2010	1,660	2,567

Fonte: ANP (2011).

De acordo com as estimativas realizadas na Tabela 5.1, ao se comparar o consumo de um carro a álcool hipotético com o consumo do veículo *flex fuel* em seu ano de fabricação, o valor médio atingido foi de 83%. Para o caso da comparação por quilômetro rodado, obtém-se os resultados financeiros mostrados Tabela 5.3.

Tabela 5.3. Diferença de consumo e de custos entre veículos *flex fuel* e a etanol.

Ano de fabricação	Consumo <i>flex fuel</i> /100% etanol (l/km)	Consumo carro a álcool (l/km)	Diferença de consumo (l/km)	Custo (R\$/km)
2003	0,145	0,121	0,0236	0,0318
2004	0,137	0,116	0,0212	0,0257
2005	0,130	0,109	0,0212	0,0292
2006	0,128	0,107	0,0214	0,0358
2007	0,128	0,107	0,0214	0,0319
2008	0,136	0,107	0,0287	0,0425
2009	0,125	0,104	0,0208	0,0317
2010	0,120	0,102	0,0180	0,0299

Fonte: elaboração própria.

Dessa forma, cada quilômetro rodado com um veículo *flex fuel* fabricado no ano de 2010, operando somente com etanol hidratado, resultou em custo excedente em relação ao veículo exclusivamente a etanol de R\$ 0,03. Em termos gráficos, a diferença de consumo é mostrada na Figura 5.1.

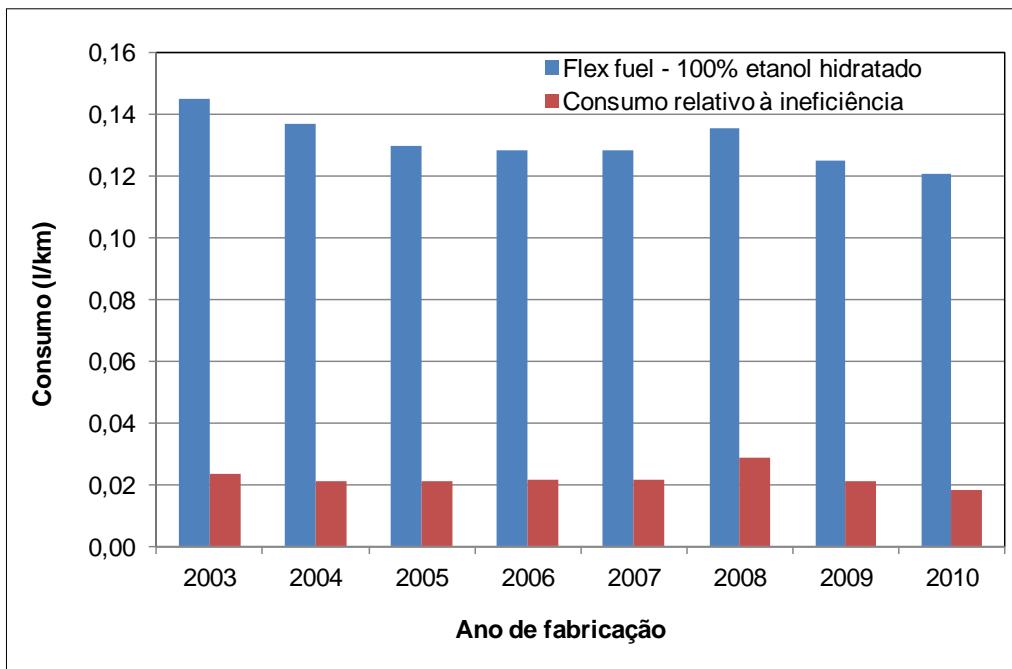


Figura 5.1. Consumo de etanol hidratado anual no ano de fabricação do veículo
Fonte: elaboração própria.

5.2.2. Consumo de etanol combustível da frota brasileira

Também foi calculado, em relação ao consumo total de etanol hidratado combustível no país no período analisado, o total consumido pela ineficiência dos veículos *flex fuel* ao longo dos anos desde seu lançamento no mercado.

Para estimar o total de etanol hidratado que corresponde à ineficiência da frota de veículos *flex fuel* como um todo operando com esse combustível, é necessário desagregar o consumo entre a frota de bicombustíveis e a de carros a álcool. Com o consumo referente à frota *flex fuel* e com a relação percentual de consumo de etanol entre veículos *flex fuel* e a etanol, apresentados na seção 5.1.1, pode-se estimar a quantidade total ao longo dos anos consumida em função dessa ineficiência.

Com relação à frota de veículos *flex fuel* foi adotado como frota total o acumulado dos dados referentes às vendas desse tipo de veículo desde 2003 até 2010, de acordo com a ANFAVEA (2011). Cabe mencionar que os dados de frota circulante, que se difere da frota relativa às vendas acumuladas de veículos novos, costumam utilizar uma curva de sucateamento da frota (SCHMITT, 2010), que é função de diversos fatores, dentre os quais: o valor do veículo no mercado secundário, o preço da sucata, os custos de manutenção e a probabilidade de serem efetuados reparos (BORBA 2008). Comumente relacionada à idade da frota, não foi utilizada

curva de sucateamento para a frota de veículos *flex fuel* devido a sua introdução recente no país, ou seja, com sucateamento desprezível para o período considerado.

Já para os carros a álcool remanescentes no país, foi utilizada a metodologia de MATTOS & CORREIA (1996), que utiliza a função Gompertz para estimar o percentual de veículos sucateados de acordo com sua idade:

$$S(t) = \exp[-\exp(a+b(t))] \quad (\text{Eq. 4.1})$$

Onde: $S(t)$ =fração de veículos sucateada na idade t ,

(t) =idade do veículo.

Os coeficientes para a e b obtidos por MATTOS & CORREIA (1996) relacionam-se à frota de comerciais leves e de automóveis, separadamente. Em BORBA (2008), a reprodução da metodologia aplicada em MATTOS & CORREIA (1996) foi calculada para a frota total de veículos leves no país. Assim, considerando os objetivos desta dissertação, foram adotados os parâmetros de BORBA (2008), ou seja, $a=1,9683$ e $b=-0,148$. A estimativa de frota obtida é mostrada na Tabela 5.4 para cada ano do período considerado de carros a álcool em circulação no país, usando dados referentes às vendas desse tipo de veículo desde 1980 até a fim de sua produção em 2007, de acordo com a ANFAVEA (2011).

Tabela 5.4 Frota estimada de carros a álcool

Ano	Frota estimada de carros a álcool
2003	2.547.740
2004	2.364.436
2005	2.174.827
2006	1.968.583
2007	1.774.172
2008	1.594.459
2009	1.428.973
2010	1.277.278

Fonte: elaboração própria.

Em LOSEKANN *et al.*(2009), foram realizadas estimativas de frota para o ano de 2009. Nesse trabalho, os autores estimaram a frota brasileira por combustível, desagregada entre comerciais leves e automóveis, utilizando na curva de sucateamento os parâmetros da função Gompertz calculados por MATTOS &

CORREIA (1996), obtendo-se no total 1.360.424 carros a álcool no país no ano de 2009, resultado bastante próximo ao calculado e apresentado na Tabela 5.4.

Em seguida foi realizada a estimativa de consumo anual de carros a álcool, para os anos de 2001 a 2003, desconsiderando-se neste o consumo dos veículos *flex fuel*, obtendo-se como valor médio ponderado em relação à frota de 1.276,5 litros por ano. Com esse valor, foi extrapolado o consumo anual conforme a estimativa de frota, desagregando o consumo dos carros a álcool dos veículos *flex fuel*, mostrados na Figura 5.2, com o consumo de etanol na série em linha e a quantidade de veículos na série em barras.

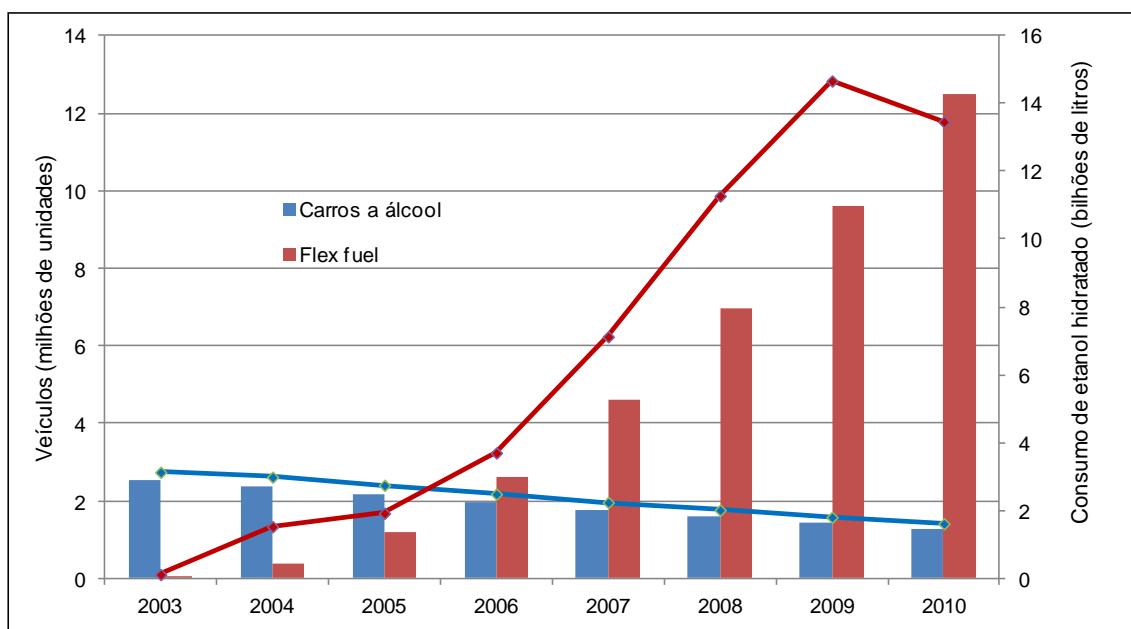


Figura 5.2. Consumo de etanol hidratado para carros a álcool e *flex fuel*
Fonte: elaboração própria.

Enquanto o consumo de etanol da frota dos carros a álcool segue tendência de diminuição, uma vez que tais veículos não são mais fabricados no país, o que resulta em sucateamento progressivo dessa frota, os veículos bicompostíveis tiveram grande aceitação no mercado, aumentando fortemente sua participação no mercado. Consequentemente, o consumo de etanol hidratado referente aos carros a álcool reduziu-se ao longo dos anos enquanto o consumo referente aos veículos *flex fuel* aumentou consideravelmente, porém de maneira não proporcional, uma vez que podem utilizar gasolina C de acordo com a escolha do consumidor.

Há de ressaltar também que a consideração adotada de consumo constante de 1.276,5 litros por ano também é uma simplificação da realidade. De fato, além da redução progressiva da frota ao longo dos anos ocorre também a redução do consumo de combustível devido ao aumento da idade da frota, vez que a distância anual percorrida vai diminuindo ao longo dos anos¹³. Contudo, dado que a idade média da frota já era elevada, esse efeito da idade sobre a distância anual percorrida foi desprezado.

Assim, entre os anos de 2009 e de 2010, diferentemente do que vinha se observando até então, o consumo diminuiu, fato atribuído ao preço elevado atingido pelo etanol no ano de 2010. A Tabela 5.5 apresenta os valores de consumo anual de etanol hidratado da frota de veículos bicompostíveis e de carros a álcool.

Tabela 5.5. Consumo estimado de etanol hidratado da frota de carros a álcool e *flex fuel*.

Ano	Consumo de etanol frota carros a álcool (milhões de litros)	Consumo de etanol frota <i>flex fuel</i> (milhões de litros)
2003	3.245,3	----
2004	3.018,2	1.494,7
2005	2.776,2	1.891,1
2006	2.512,9	3.673,7
2007	2.264,7	7.102,1
2008	2.035,3	11.254,8
2009	1.824,1	14.646,9
2010	1.630,4	13.443,9

Fonte: elaboração própria.

Resta apresentar o volume anual de etanol hidratado que representa a ineficiência dos veículos bicompostíveis, considerando o consumo de toda a frota brasileira desse tipo de veículo, mostrada na Tabela 5.5, utilizando para isso a média calculada do aumento percentual de consumo apresentado na Tabela 5.1.

¹³ Para maiores informações vide adiante a Tabela 5.13.

Tabela 5.6. Volume anual de etanol hidratado referente à ineficiência da frota brasileira *flex fuel*.

Ano	Consumo referente à ineficiência <i>flex fuel</i> (milhões de litros)
2003	---
2004	254,10
2005	321,48
2006	624,52
2007	1.207,36
2008	1.913,31
2009	2.489,97
2010	2.285,46

Fonte: elaboração própria.

Os volumes apresentados, especialmente a partir de 2007, quando a frota de veículos bicombustíveis se aproximou de 5 milhões de unidades no país, são bastante significativos e equivalem a aproximadamente um mês de produção¹⁴ do início da safra 2010/2011.

5.2.3. *Estimativa de consumo excedente de gasolina dos veículos flex fuel novos*

Partindo-se da premissa de que os veículos *flex fuel* apresentam consumo de etanol hidratado e gasolina C superior às correspondentes versões monocombustível, devido a suas peculiaridades apresentadas no Capítulo 4, verificou-se que os dados da CETESB (2011) não correspondiam a essa consideração.

Assim, foi calculada a autonomia referente aos dados divulgados pelo PBEV (2011) de consumo de combustível no ciclo urbano e ciclo estrada, conforme a NBR-7024/2010 (ABNT, 2010), no intuito de comparar as eficiências para a gasolina. De acordo com a referida norma, a autonomia de combustível combinada corresponde à proporção de 55% do consumo do ciclo urbano e de 45% de consumo de combustível referente ao ciclo estrada.

Em seguida, foi calculada a média de valores para os modelos à gasolina, no entanto, foi constatado que os veículos de maior porte, que apresentam eficiência reduzida frente aos veículos menores, desviam as médias de autonomia para valores

¹⁴ A produção ao longo da safra varia bastante, nesse caso a comparação foi feita com a produção no mês de abril de 2010, que foi de 2.285.377 litros (MAPA, 2011).

menores. Assim foram excluídos os modelos grandes, calculando-se a média de autonomia para os modelos sub-compactos, compactos e médios, tornando a amostragem mais semelhante, em termos de classificação, a dos veículos *flex fuel*. O resultado obtido foi de 12,04 km/l. Este foi o valor usado como referência de autonomia de veículos a gasolina e comparado ao valor da autonomia para os veículos bicompostíveis utilizando gasolina conforme dados da CETESB (2011), resultando em 81%, ou seja, o consumo de combustível de um veículo a gasolina equivale a 81% do consumo de um veículo *flex fuel* usando gasolina C.

Baseando-se nesses valores, obteve-se a diferença de 0,02 l/km, que aplicado ao preço da gasolina C ao longo dos anos resulta nos valores mostrados na Tabela 5.7.

Tabela 5.7. Diferença de custos entre veículos *flex fuel* e à gasolina.

Ano de fabricação	Custo da ineficiência dos veículos <i>flex fuel</i> utilizando gasolina C (R\$/km)
2003	0,040
2004	0,041
2005	0,045
2006	0,050
2007	0,049
2008	0,049
2009	0,049
2010	0,050

Fonte: elaboração própria.

Comparando-se aos custos referentes à diferença entre *flex fuel* e veículos a etanol, os valores encontrados são superiores devido ao maior preço médio da gasolina C ao longo dos anos em relação ao etanol.

5.3. Custos dos estoques reguladores conforme realizado

5.3.1. Estoques reguladores realizados pelos produtores de etanol

Inicialmente foram utilizados os dados referentes aos custos de formação dos estoques de passagem calculados através da metodologia da CONAB (2010), apresentada na seção 4.6. Com os dados de produção de etanol mensais, é possível

calcular o volume de estoques nas safras mais atuais (2009/2010 e 2010/2011) e na safra que corresponde ao ano de introdução dos veículos *flex fuel* (2003/2004), estendendo a metodologia adotada.

Similarmente, foi estendida a metodologia para contemplar as safras mais recentes quanto aos valores dos desembolsos financeiros necessários para a formação dos estoques de passagem, realizando-se também a correção monetária dos valores do estudo original, de abril de 2009, para dezembro de 2011, utilizando o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) da Fundação Getúlio Vargas. Esses valores são importantes para se verificar o que de fato tem sido realizado ao longo do período considerado com relação aos estoques reguladores de etanol combustível e a partir da análise desses dados serão realizadas as estimativas de qual seria o estoque necessário para se garantir o abastecimento de uma hipotética frota a etanol.

Com relação a essa extensão do estudo da CONAB (2010) para todas as safras de cana-de-açúcar, de maneira a compreender todo o período analisado, foram obtidos os volumes para a formação de estoque apresentados na Tabela 5.8.

Tabela 5.8. Estimativa de volumes destinados à formação de estoques.

Ano-safra	Região (milhões de litros)		Brasil (milhões de litros)
	Centro-Sul	Norte Nordeste	
2003/04*	4.241,46	446,32	4.687,79
2004/05	3.807,21	679,81	4.487,01
2005/06	4.193,62	526,60	4.720,22
2006/07	5.224,20	632,10	5.856,30
2007/08	6.897,79	496,17	7.393,95
2008/09	7.942,25	633,18	8.575,43
2009/10*	6.692,57	395,15	7.087,73
2010/11*	7.734,69	526,02	8.260,71

(*) calculado a partir de dados do MAPA

Fonte: CONAB, 2010, elaboração própria.

Através da atualização monetária e extensão do período de abrangência referente aos desembolsos financeiros dos produtores de etanol para a formação dos estoques de passagem chegou-se aos dados mostrados na Tabela 5.9. Assim, o custo de formação dos estoques de passagem corresponde a 0,71 R\$/l de etanol estocado pelo produtor em dezembro de 2011.

Tabela 5.9. Desembolsos financeiros atualizados para a formação de estoques de etanol.

Ano-safra	Região (R\$/mil)		Brasil (R\$/mil)
	Centro-Sul	Norte-Nordeste	
2003/04	3.014.765,04	317.240,36	3.332.005,40
2004/05	2.706.102,14	483.194,88	3.189.297,02
2005/06	2.980.755,07	374.302,08	3.355.057,15
2006/07	3.713.280,77	449.285,76	4.162.566,53
2007/08	4.902.837,12	352.666,37	5.255.503,49
2008/09	5.645.221,63	450.054,14	6.095.275,78
2009/10	4.756.973,36	280.868,24	5.037.841,60
2010/11	5.497.692,10	373.888,61	5.871.580,71

Fonte: adaptado de CONAB (2010).

Todavia, esses custos apresentados se referem aos desembolsos arcados pelos produtores de etanol ao longo das safras e não correspondem ao valor efetivamente pago pelos consumidores. Segundo BACCHI (2006), os preços são mais estáveis aos consumidores que aos produtores de etanol, e variações de preço observadas na produção, sejam positivas ou negativas, não correspondem ao mesmo valor observado pelo consumidor.

5.3.2. Formação de preços de etanol hidratado

Com o objetivo de analisar o quanto referente à formação dos estoques equivale ao repasse desse custo ao consumidor, é necessário analisar a formação de preços de etanol hidratado combustível até as bombas. Basicamente, de acordo com ANP (2012), os preços ofertados aos consumidores são formados pelos preços pagos aos produtores acrescidos de fretes, tributos e margens, que, conforme CAVALCANTI (2011), variam em função do custo de oportunidade do combustível e de seus insumos.

5.3.2.1. Composição de preço do etanol hidratado no produtor

Sobre o chamado preço de realização do produtor, que inclui seus custos de produção e margem, incidem a CIDE¹⁵, PIS/PASEP¹⁶ e COFINS¹⁷, determinando o

¹⁵ CIDE - Contribuição de Intervenção do Domínio Econômico: tributo de natureza extrafiscal criado em 2001, incidente também sobre a comercialização e importação de outros energéticos (gasolina, diesel, querosene, óleo combustível, gás natural) (GUIMARÃES, 2011).

preço de faturamento sobre o qual incide o ICMS¹⁸. Destaca-se, de acordo com LIMA (2011), que o ICMS é um tributo estadual que varia de acordo com o tipo de etanol, com o uso e com a forma de comercialização – interna ou entre estados distintos. O autor aponta ainda que as alíquotas de ICMS para o etanol hidratado variam de 12% no estado de São Paulo até 28% no estado do Pará.

Embora tenha tido seu teto alterado recentemente, através de Medida Provisória nº 556, de 23/12/2011 (BRASIL, 2011b), que o aumentou de R\$ 37,20 para R\$ 602 para cada mil litros, a CIDE encontra-se atualmente zerada para o etanol (LIMA, 2011).

Com relação a PIS/PASEP e COFINS, houve mudança significativa na sua cobrança, a partir de 1º/10/2008, por meio do Decreto nº 6.573 de 19/09/2008 (BRASIL, 2008), que alterou as alíquotas que se constituíam de percentual sobre o preço para valor fixo, em R\$/l (LIMA, 2011).

5.3.2.2. Composição de preço do etanol hidratado na distribuidora e na revenda

No caso das distribuidoras, adiciona-se ao preço pago ao produtor de etanol os custos de fretes, margem e há incidência de PIS/PASEP, COFINS, ICMS e ICMS da substituição tributária da revenda.

Já no caso dos postos revendedores, ocorre isenção tributária devido à substituição pelas distribuidoras, restando somente a inclusão da margem de revenda para a composição do preço do etanol hidratado na bomba, conforme Quadro 5.1.

¹⁶ PIS/PASEP - Contribuição para o Programa de Integração Social do Trabalhador e de Formação do Patrimônio do Servidor Público: tributo federal para financiar o pagamento do seguro desemprego e abono (GUIMARÃES, 2011).

¹⁷ COFINS - Contribuição Social para Financiamento da Seguridade Social (COFINS): tributo federal usado para financiar previdência social, saúde e assistência social (GUIMARÃES, 2011).

¹⁸ ICMS - Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS): incide sobre as atividades de refino, distribuição e revenda (GUIMARÃES, 2011).

Quadro 5.1. Estrutura de formação de preços de etanol hidratado.

Composição do preço do etanol hidratado no produtor
A. Preço de realização (1)
B. Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico = Cide (3)
C. PIS/Pasep e Cofins (4)
D. Preço de faturamento sem ICMS $D = A + B + C$
E. ICMS produtor $E = (D / (1 - ICMS\%)) - D$ (5)
F. Preço de faturamento do produtor com ICMS $F = D + E$
Composição do preço a partir da distribuidora
G. Frete até a base de distribuição (2)
H. Custo de aquisição da distribuidora $H = F + G$
I. Frete da base de distribuição até o posto revendedor
J. Margem da distribuidora
K. PIS/Pasep e Cofins (4)
L. Preço da distribuidora sem ICMS $L = H + I + J + K - E$
M. ICMS da distribuidora $M = [(L / (1 - ICMS\%)) - L - E]$ (5)
N. Preço da distribuidora com ICMS e sem Substituição Tributária da revenda $N = M + L + E$
O. (i) ICMS da Substituição Tributária da revenda (com PMPF) $O = (PMPF \times ICMS\%) - E$ (6) ou (ii) ICMS da Substituição Tributária da revenda (sem PMPF) $O = \% MVA \times (E + M)$ (7)
P. Preço de faturamento da distribuidora $P = N + O$ (i) ou $P = N + O$ (ii)
Composição do preço final de venda do etanol hidratado no posto revendedor
Q. Preço de aquisição da distribuidora $Q = P$
R. Margem da revenda
S. Preço bomba do etanol hidratado combustível $S = Q + R$
Observações:
(1) Preço FOB (sem fretes e tributos)
(2) Frete até a base de distribuição (quando cobrados separadamente)
(3) Lei nº 10.336, de 12/12/01 e suas alterações, combinada com o Decreto nº 5.060, de 30/04/04 e suas alterações
(4) Lei nº 11.727, de 23/06/08 e suas alterações combinada com o Decreto nº 6.573, de 19/09/08 e suas alterações (para os contribuintes que optaram pela alíquota específica)
(5) Alíquotas estabelecidas pelos governos estaduais (com reduções das bases de cálculo, se houver) e acrescidas do "Fundo de Pobreza" (se houver).
Algunas legislações estaduais diferem o ICMS para a distribuidora ou antecipam para o produtor
(6) Preço Médio ao Consumidor Final (PMPF) estabelecido por Ato Cotepe / PMPF
(7) Margem de Valor Agregado (MVA) estabelecido por Ato Cotepe / MVA (apenas na ausência do PMPF)

Fonte: ANP (2012).

Nos últimos anos, a participação relativa dos custos, margens, fretes e tributos sobre o preço final observado nas bombas no estado de São Paulo são ilustrados na Figura 5.3, a qual se baseia nos indicadores de preço de etanol hidratado no produtor da ESALQ/CEPEA de setembro de 2010.

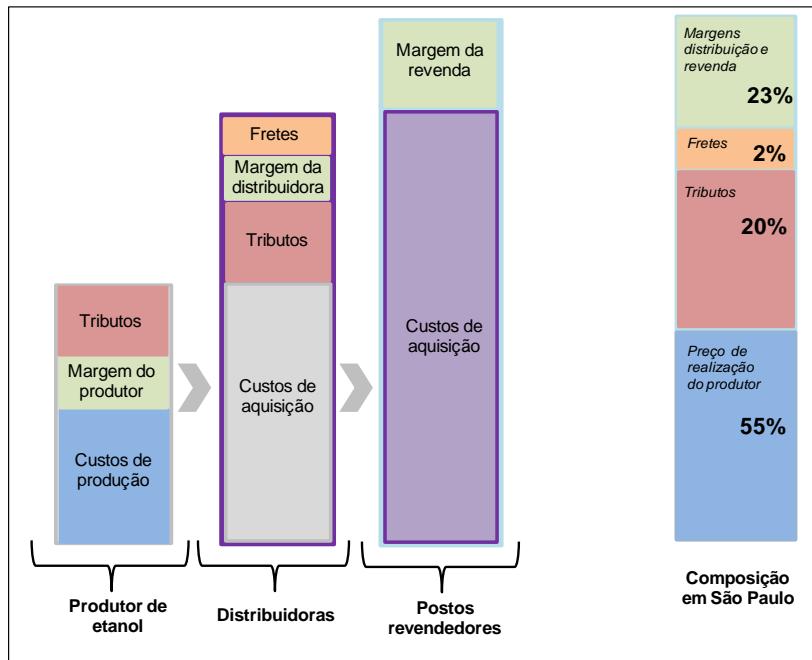


Figura 5.3. Composição de preços de etanol hidratado e percentuais de formação de São Paulo.

Fonte: elaboração própria, com dados do SINDICOM (2010) e ESALQ/CEPEA de setembro de 2010.

Cabe destacar que há bastante variação dos percentuais de formação de preços apresentados na Figura 5.3 para os demais estados brasileiros. O estado de São Paulo, maior produtor de etanol do país, destaca-se pela cobrança reduzida de ICMS, além de baixos valores referentes aos fretes devido à proximidade entre o centro produtor e consumidor. Na Tabela 5.10 são apresentados os percentuais dos preços das bombas de etanol hidratado relativos aos impostos e aos fretes conforme o estado, para setembro de 2010.

Tabela 5.10. Carga tributária e fretes referentes à composição do preço de etanol hidratado combustível.

Estado	Percentual sobre o preço das bombas	
	Impostos	Fretes
São Paulo	20,03	2,71
Paraná	24,68	2,96
Minas Gerais	31,67	3,70
Rio Grande do Sul	31,43	4,85
Rio de Janeiro	30,66	3,20
Santa Catarina	31,86	4,39
Goiás	28,04	2,52
Distrito Federal	31,37	2,94
Bahia	25,00	3,35
Pernambuco	31,15	1,65

Fonte: SINDICOM (2010).

Para calcular a estrutura de formação de preços de etanol hidratado são necessários também dados de frete e margem da distribuidora. De acordo com LIMA (2011), adaptando dados do SINDICOM (2010), tomando como base o mês de setembro de 2010 para o estado de São Paulo, têm-se os custos de fretes e margem de distribuidora apresentados na Tabela 5.11.

Tabela 5.11. Fretes e margem da distribuição em São Paulo.

Item	Parcela (R\$/l)
Frete produtor até distribuidora	0,0302
Frete até revenda	0,0103
Margem distribuidoras	0,0400

Fonte: LIMA (2011), adaptado de SINDICOM (2010).

5.3.3. Custos dos estoques reguladores para os consumidores

Transmitindo-se os custos de estocagem realizados ao longo da safra pelos produtores aos consumidores, custos calculados conforme a metodologia da CONAB (2010) e calculando-se os preços como mostrado no Quadro 5.1, considerando-se que as margens de comercialização não seriam alteradas por nenhum dos componentes da cadeia de abastecimento, adotando-se os valores mostrados na Tabela 5.11, tem-se então, para o estado de São Paulo,¹⁹ as condições apresentadas na Tabela 5.12.

Tabela 5.12. Acréscimos aos preços de etanol hidratado referente aos estoques para produtores e consumidores.

Safra	Acréscimo dos estoques aos produtores (R\$/l)	Acréscimo dos estoques aos consumidores (R\$/l)
2008/09	0,1911	0,2237
2009/10	0,1700	0,1990
2010/11	0,1849	0,2165

Fonte: elaboração própria.

No entanto, ao se observar o comportamento dos preços de etanol ao longo das safras correspondentes aos últimos anos, pode-se constatar forte aumento no período da entressafra, o que sugere duas possibilidades principais: que o repasse desses custos não é diluído ao longo da safra, considerando que há produto

¹⁹ Foram utilizados os dados referentes ao estado de São Paulo para o período a partir de 2008, uma vez que as alíquotas de PIS/PASEP e COFINS foram alteradas a partir desse ano, de modo que os cálculos correspondem a o que atualmente é empregado no país.

armazenado, resultando em picos de preços durante a entressafra ou que os estoques não têm sido suficientes, ou seja, não há produto disponível no mercado no período.

Partindo-se da segunda hipótese, a próxima seção busca estimar qual seria o volume adequado de estoques, baseando-se nos dados apresentados, que garantiria o abastecimento da frota *flex fuel* operando somente com etanol.

5.4. Custos da garantia de abastecimento de etanol combustível

Para se estimar o volume dos estoques reguladores que garantiriam o abastecimento da frota *flex fuel* operando com 100% de etanol hidratado combustível ao longo dos anos analisados, foi utilizada uma estimativa de consumo anual dos veículos *flex fuel*, somando-se ao consumo estimado da frota de carros a álcool remanescentes no país mostrado na Tabela 5.5.

5.4.1. Consumo de etanol da frota flex fuel operando com 100% de etanol

Destaca-se, inicialmente, que as estimativas aqui realizadas referem-se somente ao consumo de combustível, não coincidindo, portanto, com a produção de etanol efetivamente atingida no país no período considerado.

Para um determinado veículo *flex fuel*, o consumo anual de etanol hidratado é calculado pela razão entre a distância anual percorrida utilizando etanol hidratado, em km/ano, e a autonomia do veículo *flex fuel* utilizando etanol hidratado, em km/l. A frota bicombustível corresponde aos licenciamentos dos veículos divulgados pela ANFAVEA (2011).

Em relação à distância percorrida anualmente pelos veículos leves, BORBA (2008) destaca que a sua determinação depende da renda familiar, do preço do combustível e da idade do veículo. Nesse sentido, SANTOS (2008) destaca as diferenças entre as distâncias percorridas nas regiões metropolitanas e cidades de pequeno e médio porte, sendo superiores nas primeiras.

Os dados disponíveis quanto à distância anual percorrida pelos veículos leves são relacionados à idade dos veículos (BORBA, 2008). A partir de valores disponibilizados pela CETESB nos inventários de qualidade do ar, MENDES (2004) calculou a quilometragem média anual da frota conforme sua idade. Esses dados são mostrados na Tabela 5.13.

Tabela 5.13. Estimativa de distância média anual percorrida pelos veículos leves.

Idade (anos)	Km média anual
até 1	22000
2	19000
3	17000
4	15000
5	14000
6	14000
7	14000
8	13000
9	13000
10	13000
11	9500

Fonte: MENDES, 2004.

Com esses dados, estimou-se o consumo de etanol hidratado da frota *flex fuel* utilizando somente etanol combustível ao longo do ano, ou seja, simulando uma frota de carros a álcool, como mostrado na Tabela 5.14, que também apresenta o consumo estimado da frota remanescente de carros a álcool. A partir desse consumo é possível estimar-se os estoques reguladores necessários. Ainda, foi obtido o parâmetro de ineficiência da frota *flex fuel* operando com etanol, em reais por quilômetro, que se difere do valor apresentado na Tabela 5.3 por se referir à frota total de veículos bicombustíveis, calculado com as médias ponderadas da quantidade de veículos de acordo com o ano de fabricação.

Tabela 5.14. Consumo de etanol hidratado estimado excedente de consumo de etanol equivalente.

Ano	Consumo estimado de etanol hidratado da frota <i>flex fuel</i> (milhões de litros)	Consumo estimado de etanol hidratado da frota de carros a álcool (milhões de litros)	Ineficiência da frota por veículo (R\$/km)
2003	---	3.245,3223	---
2004	1.122,2994	3.018,1923	0,0284
2005	3.293,6816	2.776,1575	0,0309
2006	6.907,6214	2.512,8881	0,0370
2007	11.699,3487	2.264,7237	0,0327
2008	17.249,8123	2.035,3209	0,0332
2009	22.610,9503	1.824,0786	0,0334
2010	27.904,7261	1.630,4397	0,0358

Fonte: elaboração própria.

Todavia, a Tabela 5.14 corresponde somente ao consumo de etanol hidratado, restando calcular a estimativa de consumo de etanol anidro. Como os

dados históricos de vendas de etanol anidro que foi adicionado à gasolina produzida nas refinarias de petróleo no período contemplam também o consumo da frota *flex fuel*, faz-se necessário calcular o consumo da frota movida exclusivamente à gasolina, estimando inicialmente essa frota.

As considerações adotadas para as estimativas de frota e de consumo foram semelhantes àquelas referentes às estimativas da frota de carros a álcool, isto é, para o sucateamento dos veículos a gasolina foi utilizada a função Gompertz para estimar o percentual de veículos sucateados de acordo com sua idade, adotando-se os parâmetros de BORBA (2008), usando dados referentes às vendas de veículos à gasolina desde 1980 até 2010, de acordo com a ANFAVEA (2011).

Para o consumo de gasolina, calculou-se a razão entre a distância anual percorrida utilizando gasolina conforme a idade do veículo em km/ano (MENDES, 2004), e a autonomia do veículo a gasolina, em km/l, conforme dados da CETESB (2011). A Tabela 5.15 apresenta a frota estimada de veículos à gasolina ao longo dos anos analisados, com seu respectivo consumo e equivalente de etanol anidro, considerando-se o valor médio de teor de etanol adicionado à gasolina de 22,5%²⁰

Tabela 5.15. Consumo de etanol anidro da frota à gasolina.

Ano	Frota gasolina (unidades)	Consumo gasolina C da frota gasolina (milhões de litros)	Etanol anidro correspondente (milhões de litros)
2003	15.224.115	22.963,23	5.166,73
2004	15.799.060	23.073,15	5.191,46
2005	15.926.237	22.333,27	5.024,99
2006	15.607.589	20.809,17	4.682,06
2007	15.156.345	19.272,33	4.336,27
2008	14.620.837	17.842,03	4.014,46
2009	14.042.559	16.664,47	3.749,51
2010	13.485.594	15.755,48	3.544,98

Fonte: elaboração própria.

²⁰ No período considerado o teor de etanol anidro correspondeu a 20, 23 e 25% em volume da gasolina, variando na faixa de 20 e 25%, que foi alterada somente em 2011 pela Lei nº 12.490, para no mínimo 18% e no máximo 25% (BRASIL, 2011c). Assim, foi utilizado no cálculo o valor médio da faixa vigente para o período analisado.

5.4.2. Estoques e custos para o produtor

Observando-se os estoques estimados na seção 5.1.3, constata-se que sua prática está associada à produção de etanol e não ao seu consumo, no entanto, os valores calculados através da metodologia da CONAB (2010) correspondem a valor em torno de 32% da produção total da safra, de maneira que através do consumo estimado total de etanol pode-se chegar aos valores apresentados na Tabela 5.16.

Tabela 5.16. Volumes dos estoques de etanol garantindo abastecimento do combustível.

Ano	Total etanol (milhões de litros)	Estoques de etanol (milhões de litros)
2003	8.565,66	2.741,01
2004	9.331,95	2.986,22
2005	11.094,83	3.550,34
2006	14.102,57	4.512,82
2007	18.300,35	5.856,11
2008	23.299,59	7.455,87
2009	28.184,53	9.019,05
2010	33.080,15	10.585,65

Fonte: elaboração própria.

Cabe mencionar que o valor adotado de estoque equivalente a 32% da produção da safra representa o percentual relativo ao estudo da CONAB (2010), que mensurou os estoques ao longo dos meses do ano para as regiões centro-sul e norte-nordeste e concluiu que tais percentuais não variaram significativamente ao longo das safras de 2004/2005 a 2008/2009. Assim, confrontando-se o valor total estocado à produção de cada safra, foi obtido o percentual médio de 32%, que foi utilizado nesta dissertação.

Com esses valores, foi obtido o custo total referente aos estoques para o produtor, adotando-se o valor equivalente aos custos dos estoques, em reais por litro de etanol estocado, calculado conforme a metodologia da CONAB (2010), atualizando-se monetariamente para o ano em questão. Dividindo-se pelo consumo total anual estimado de etanol da frota bicompostível utilizando somente etanol, obteve-se o custo dos estoques para o produtor em reais por litro, o qual foi transmitido ao longo da cadeia de abastecimento para os consumidores em São Paulo, utilizando-se a

formação de preços mostrada no Quadro 5.1, considerando-se que as margens de comercialização não seriam alteradas por nenhum dos componentes da cadeia.

Já com os dados de consumo estimado de etanol hidratado e ponderando-se o consumo estimado de combustível de acordo com o ano de fabricação dos veículos, obteve-se a distância média percorrida pela frota do ano em questão, através dos valores calculados por MENDES (2004), mostrados na Tabela 5.13. Na sequência, o custo dos estoques pôde ser estabelecido por quilômetro, de modo a permitir a comparação com o custo da ineficiência dos veículos *flex fuel* em relação à frota hipotética a etanol. Dessa forma, foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 5.17.

Tabela 5.17. Estoques de etanol e ineficiência da frota *flex fuel*.

Ano	Custos dos estoques para o produtor (R\$/l produzido)	Custos dos estoques para o consumidor (R\$/km)	Custos da ineficiência da frota <i>flex fuel</i> (R\$/km)
2008	0,1954	0,0301	0,0332
2009	0,1965	0,0298	0,0334
2010	0,2177	0,0323	0,0358

Fonte: elaboração própria.

Comparando-se os valores entre a ineficiência da frota *flex fuel* com os valores a serem pagos pelos consumidores pelo repasse dos custos de estoques reguladores de etanol combustível, verifica-se maior valor correspondente à ineficiência da frota, apesar de eles serem bastante próximos. Contudo, ressalta-se que a Tabela 5.17 apresenta os custos da ineficiência da frota baseada nos preços do etanol hidratado na média para o Brasil. No caso de São Paulo, estado adotado como base para os cálculos tributários relativos aos custos dos estoques, os custos da ineficiência correspondem aos da Tabela 5.18, utilizando então os preços médios do estado referentes ao etanol hidratado para os consumidores.

Tabela 5.18. Ineficiência da frota *flex fuel* usando preços de São Paulo.

Ano	Ineficiência da frota por veículo (R\$/km)
2008	0,0286
2009	0,0294
2010	0,0329

Fonte: elaboração própria.

Observando-se os valores obtidos quando se compara a situação para o estado de São Paulo, verifica-se muita similaridade aos valores obtidos para os estoques. Assim, pode-se constatar que os valores calculados são, no mínimo, equivalentes, ou apresentam ligeira vantagem para a formação de estoques.

Note que os valores estimados referem-se somente à utilização de etanol hidratado. Como apresentado na seção 5.1.3, a utilização de 100% gasolina C pelos veículos bicompostíveis também resulta em maiores desembolsos pelos consumidores.

Assim, ao se tentar responder a questão que intitula este capítulo, a opção pelos carros a álcool mostra-se ligeiramente mais vantajosa para o país e para os consumidores, pois, como apresentado, até mesmo para novos veículos há desperdício de etanol devido à operação fora de seu ponto ótimo nos veículos bicompostíveis.

Ressalta-se também que a adoção de um modelo de frota de veículos leves baseado em carros a álcool deve considerar, além dos custos dos estoques reguladores, focados neste estudo, a renovação dos canaviais e expansão da oferta de etanol combustível conforme o aumento da demanda. Ou seja, a garantia de abastecimento desse biocombustível tão destacado na matriz brasileira extrapola as questões de estoque para entressafra, de modo que o planejamento de sua oferta, na safra e na entressafra, poderia ser priorizado nas políticas governamentais.

CAPÍTULO 6: CONCLUSÃO

O esforço brasileiro na inserção do etanol na sua matriz energética, sobretudo através do Proálcool, foi essencial para destacar o país entre os maiores produtores, consumidores e exportadores mundiais do biocombustível. As medidas adotadas com essa finalidade foram políticas de incentivo ao consumo, utilizando percentuais obrigatórios de adição à gasolina, no caso do etanol anidro, e de facilidades tributárias para veículos a etanol e veículos *flex fuel* (SMITH, 2010).

No entanto, a competitividade do etanol em relação à gasolina vem diminuindo ao longo dos anos, especialmente em virtude das distorções do mercado de gasolina, cujo preço é mantido artificialmente pelo governo, não correspondendo aos seus custos de produção (SOUZA & MACEDO, 2010).

Essa redução de competitividade do etanol resulta em preferência dos consumidores pela gasolina, especialmente nas safras mais recentes, trazendo o tema da formação de estoques para o período da entressafrá, na tentativa de suavizar as oscilações de preço do combustível, para as discussões das políticas públicas de abastecimento. Dessa forma, foram publicadas várias medidas provisórias em 2011 e uma delas já foi convertida em Lei. Destacam-se a Medida Provisória nº 532/2011, convertida na Lei nº 12.490/2011, que tornou a produção de etanol e toda sua cadeia até o posto revendedor de combustível regulada pela ANP (BRASIL, 2011), bem como Medida Provisória nº 554/2011, que concede subvenção econômica às instituições financeiras em operações de financiamento para a estocagem de etanol combustível, através da equalização de taxas de juros (BRASIL, 2011a) e a Medida Provisória nº 556/2011 (BRASIL, 2011b), que aumentou o teto da CIDE do etanol de R\$ 37,20 para R\$ 602 para cada mil litros, embora tal tributo esteja atualmente zerado para o etanol (LIMA, 2011).

Desde a publicação da Lei nº 12.490/2011, a ANP publicou uma resolução voltada na garantia de abastecimento de etanol anidro para adição na gasolina, homologando contratos de fornecimento de etanol entre as distribuidoras e os fornecedores de etanol. Tradicionalmente a maior parte de etanol anidro é negociada através de contratos de fornecimento e não no mercado *spot*, como ocorre com o etanol hidratado (DOLNIKOFF, 2008), ou seja, já vem sendo praticado no mercado o

instrumento proposto pela Agência. Com relação ao etanol hidratado, seu controle é mais complexo devido às características do mercado consumidor.

A demanda de etanol hidratado combustível cresceu em ritmo acelerado a partir de 2003, devido ao lançamento dos veículos *flex fuel* no país, que reconhecem o combustível e ajustam a relação ar-combustível admitida na câmara de combustão, através da ação do *Software Fuel Sensor*, principal destaque no funcionamento desses veículos (SZKLO *et al.*, 2007), de maneira que o consumidor pode escolher seu combustível no momento do abastecimento. A tecnologia eletrônica de controle da injeção de combustível não estava disponibilizada comercialmente nas décadas de 1980 e 1990, quando se difundiu o carro a álcool no país (VOLCI, 2007). A introdução desse tipo de veículo na frota brasileira foi bem sucedida comercialmente.

Além de se comportar com substituto da gasolina no mercado de combustíveis, o etanol apresenta outras características importantes na sua produção, especialmente em relação à possibilidade do produtor buscar otimizar a produção de açúcar, outro produto importante da cana, que também produz energia elétrica através da queima de seu bagaço. O mercado externo de açúcar, a elasticidade do etanol hidratado combustível em relação à gasolina, o crescimento da frota de veículos *flex fuel* no Brasil, entre outros, tornam os custos de oportunidade no processamento da cana-de-açúcar bastante significativos (SOUZA & MACEDO, 2010).

Destarte, o mercado de etanol se relaciona à cana-de-açúcar, sujeita às vulnerabilidades inerentes da produção agrícola e da oportunidade de se produzir açúcar quando diante de preços atrativos no mercado internacional, e ao mercado de combustíveis, que exige disponibilidade de volumes de etanol produzido para suprir a demanda crescente.

Assim, verifica-se que através do histórico do etanol brasileiro que as políticas públicas brasileiras de incentivo à produção e estímulo ao consumo não garantiram o abastecimento fragilizando o mercado de etanol hidratado.

Dessa forma, a questão do abastecimento de etanol combustível, através da formação de estoques reguladores para atender a demanda na entressafra, foi abordada nesta dissertação. Cabe mencionar que este estudo buscava obter uma estimativa simplificada da questão, ou seja, os dados utilizados apresentam fragilidades e as generalizações usadas interferem nos resultados. Destaca-se nesse sentido que a eficiência dos veículos usada nos cálculos, ou seja, valor único para os

modelos produzidos em um ano, é uma simplificação da realidade, mostrada especialmente através do PBEV, que contempla significativas variações de autonomia de combustível entre as montadoras e até mesmo entre modelos similares.

No entanto, a base de dados do PBEV é bastante limitada e o mecanismo adotado na coleta dos dados é contestável (SMITH, 2010), de maneira que não constitui uma base confiável e abrangente para os dados necessários. Os problemas se relacionam especialmente com a amostragem dos veículos etiquetados, uma vez que os fabricantes, além de não serem obrigados a participar do programa, devem encaminhar apenas dados de somente 50% dos modelos fabricados, permitindo a seleção dos seus veículos mais eficientes, distorcendo os resultados para a frota.

Observa-se também que, embora tenha sido assumida uma autonomia para os veículos a etanol baseada na diferença histórica comparativa com os veículos a gasolina, o valor estimado para 2010 (9,76 km/l) encontra-se bastante próximo do valor correspondente à autonomia²¹ dos modelos *Fiat Uno Mille Fire Economy 1.0*, de 2 e 4 portas, divulgados pelo PBEV 2011 (9,6 km/l), mostrados anteriormente na Tabela 4.6. Ou seja, embora tenha sido assumida uma eficiência única para os veículos bicompostíveis, para o caso do consumidor a escolha do modelo do veículo deve considerar a eficiência específica de cada modelo.

Já para o caso da frota como um todo, os resultados apontaram para uma interessante situação: os estoques reguladores para garantir o abastecimento de etanol são ou equivalentes ou poderiam ser mais econômicos que o custo do excedente de etanol usado nos veículos em virtude da ineficiência da operação com etanol.

Cada estado apresenta estrutura tributária diferenciada e os preços ofertados aos consumidores são determinantes para se concluir qual a opção mais vantajosa. De todo modo, os valores são próximos e extremamente sensíveis aos dados utilizados, de forma que conclui-se neste estudo que esses valores são da mesma ordem de grandeza, bastante similares.

²¹ Considerando-se a definição de autonomia de combustível combinada da NBR-7024 da ABNT, a qual estabelece a proporção de 55% do consumo do ciclo urbano e de 45% de consumo de combustível referente ao ciclo estrada.

Além disso, a operação com gasolina C pelos veículos bicompostíveis também resulta em maiores desembolsos financeiros pelos consumidores do que a utilização de veículos à gasolina.

Há de se destacar que as hipóteses consideraram o uso de 100% de etanol hidratado ou de 100% de gasolina C pelos veículos bicompostíveis. Na prática, a escolha do consumidor considera sua percepção pessoal, ideais e preços praticados no mercado.

Em relação ao diferencial de preços entre etanol hidratado e gasolina, de forma a conter a inflação, muitas medidas governamentais buscam controlar os preços da gasolina, como por exemplo a redução da CIDE sobre a gasolina e diesel no final de 2011. Com isso, justamente no período de entressafra, no qual os preços de etanol tornam-se ascendentes, acaba-se por estimular o consumo de gasolina.

Por outro lado, os inventários e metas de emissões de gases de efeito estufa brasileiras consideram expressiva participação de etanol hidratado para consumo do mercado interno, o que pode ser comprometido com o avanço das vendas de gasolina em relação ao etanol hidratado.

No caso de São Paulo, maior produtor e consumidor, verificam-se as melhores condições de preços praticados para o etanol hidratado no país e o estado também apresenta cobrança de ICMS diferenciada, o que poderia ser considerado por outros estados, caso suas políticas estimulassem o uso do biocombustível.

Nesse sentido, cabe destacar que as políticas brasileiras estimularam a aquisição dos veículos *flex fuel*, uma vez que a alíquota de IPI equivale a de carros a álcool, no entanto não se verificou planejamento em relação a estoques reguladores e medidas de incentivo à expansão dos canaviais. Assim, o etanol brasileiro não está sendo oferecido suficientemente para o mercado interno, haja vista os picos de preços atingidos nos períodos mais recentes de entressafra, de modo que as oportunidades de exportação iminentes, devido ao destaque do etanol brasileiro do ponto de vista ambiental, dificilmente serão aproveitadas.

Também não são verificadas medidas governamentais que efetivamente promovam o aumento da eficiência dos veículos leves, especialmente para o caso do etanol hidratado, o que é extremamente importante considerando os resultados deste estudo.

Cabe mencionar que as considerações adotadas baseiam-se na comparação da frota *flex fuel* existente com uma frota hipotética de etanol hidratado. No entanto, a quantidade total de veículos bicompostíveis é resultado de um lançamento que agradou ao consumidor e, consequentemente, obteve expressivas vendas ao longo de sua inserção no mercado, de modo que dificilmente os veículos a etanol poderiam atingir essas vendas, considerando o problema de confiabilidade no abastecimento resultante da crise de fornecimento de etanol de 1989.

Assim, o conceito de veículo a etanol não tem o apelo comercial que o veículo *flex fuel*, de modo que partir para um modelo de frota semelhante ao dos tempos do Proálcool demandaria expressivo esforço de marketing e medidas que efetivamente garantissem situação confortável para os consumidores quanto a disponibilidade e preços do produto.

Para isso, além de garantir os estoques reguladores e criar instrumentos de incentivo à renovação e expansão da produção agrícola, como financiamentos através do BNDES, também é necessário que os preços da gasolina sigam sua tendência natural, isto é, compatíveis com os custos de produção. Ademais, a própria carga tributária dos combustíveis deve refletir o interesse governamental de qual combustível é incentivado. Ou seja, as vantagens ambientais do biocombustível poderiam ser ponderadas para definir qual o modelo energético deveria ser estimulado no país.

Dada a sinalização atual das políticas governamentais de estímulo aos estoques para suprimento da demanda de etanol anidro para adição à gasolina A, não há evidências de que o retorno da frota de veículos a etanol ocorra no curto e médio prazos. Portanto, embora existam outras vantagens associadas a uma maior utilização de etanol como combustível no país, especialmente as ambientais, afinal uma frota dedicada não possibilita o uso do combustível fóssil, o que representa benefício em relação ao modelo atual, não se verificam discussões nesse sentido.

Assim, a discussão a ser provocada é justamente a necessidade de se incrementar o mais breve possível a eficiência dos veículos *flex fuel*, de maneira a tornar o modelo atualmente empregado a melhor opção para o país, eliminando-se ou reduzindo-se fortemente o desperdício de combustíveis no Brasil.

Como sugestão para futuros trabalhos, bases de dados mais abrangentes poderiam ser utilizadas de maneira a fornecer resultados mais confiáveis, dada as limitações dos dados referentes à eficiência de veículos encontradas neste trabalho.

Além disso, os cálculos referentes a preços e estrutura tributária foram realizados ou de forma generalizada para o país ou para um estado específico, de maneira que a regionalização do estudo poderia fornecer resultados mais precisos.

Ademais, o período considerado para a transmissão dos custos aos consumidores baseou-se na estrutura tributária atual, não contemplando o período total de participação dos veículos *flex fuel* na frota. Dessa forma, sugere-se a ampliação do estudo considerando também as alíquotas dos primeiros anos de inserção dos veículos bicompostíveis na frota, obtendo-se os dados históricos completos.

Adicionalmente, poder-se-ia calcular quanto, em tributos, os governos federal e estaduais vêm arrecadando em função da ineficiência dos veículos *flex fuel*. Em paralelo, pode-se comparar a arrecadação adicional com os custos dos incentivos governamentais para a aquisição desse tipo de veículo pelos consumidores, como ocorre com a alíquota de IPI reduzida, ou seja, comparando-se os veículos *flex fuel* e monocombustível a etanol sob a ótica tributária governamental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. A. **Medidas de Eficiência Energética como Instrumento de Mitigação do Aquecimento Global no Setor de Transportes Rodoviário Brasileiro**. Tese de D.Sc., Engenharia de Transportes, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.

ABREU, A. A., RIBEIRO, S. K. "Evaluation of potential reductions in carbon dioxide emissions through the introduction of flex-fuel technology in Brazil's light vehicle fleet". In: **XVI International Symposium on Alcohol Fuels**. Rio de Janeiro, 2006.

AGÊNCIA BRASIL. "Alta do açúcar no exterior vai favorecer balança comercial, diz Ministério da Agricultura". **Portal Brasil**. 2010. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2010/11/05>> Acesso em: 10 abr. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=57890>> Acesso em: 10 out. 2011.

_____. Estatísticas Mensais. Vendas pelas distribuidoras, dos derivados combustíveis de petróleo (metros cúbicos). 2011a. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/?pg=59236&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1331412728223>>. Acesso em: 12 nov. 2011.

_____. Resolução n. 67, de 9 de dezembro de 2011. Diário Oficial da União, Brasília, 13 dez. 2011b. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/folder_resolucoes_anp/resolucoes_anp/2011/dezembro/ranp%2067%20-%202011.xml> Acesso em: 14 jan. 2012.

_____. Aviso de Consulta e Audiência Públicas n. 25/2011. Minuta de Resolução que estabelece a regulamentação e obrigatoriedade de autorização da ANP para o exercício da atividade produção de etanol. 2011c. Disponível em:<<http://www.anp.gov.br/?pg=59348&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1331413326351>> Acesso em: 23 dez. 2011.

_____. Resolução n. 57, de 20 de outubro de 2011. Diário Oficial da União, Brasília, 21 out. 2011d. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucao_anp/2011/outubro/ranp%2057%20-%202011.xml> Acesso em: 27 dez. 2011.

_____. Resolução n. 7, de 9 de fevereiro de 2011. Diário Oficial da União, Brasília, 10 fev. 2011e. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucao_anp/2011/fevereiro/ranp%207%20-%202011.xml> Acesso em: 14 jan. 2012.

_____. Estruturas de formação de preços. 2012. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/?pg=16583>>. Acesso em: 29 fev. 2012.

ALMEIDA, A. A. de. **Ensaio de um Motor ICE a Álcool com Dupla Ignição**. Dissertação de M.Sc., Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR-7024/2010**: Veículos rodoviários automotores leves – Medição do consumo de combustível - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES - ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2011**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/anuario.html>> Acesso em: 12 nov. 2011.

_____. **Carta da Anfavea n. 308**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/cartas/Carta308.pdf>> Acesso em: 21 jan. 2012.

BACCHI, M. R. P. “O PREÇO DO ÁLCOOL HIDRATADO NA BOMBA”. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 24 jan. 2006. Caderno A, p. 3. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_alcool_GM.pdf> Acesso em: 14 dez. 2011.

BAÊTA, J. G. C. **Metodologia Experimental para Maximização do Desempenho de um Motor Multicombustível Turboalimentado sem Prejuízo à Eficiência Global**. Tese de D.Sc., Engenharia Mecânica, UFMG, Belo Horizonte, 2006.

BANCO CENTRAL DO BRASIL – BCB. Resolução n. 3.863, de 07 de junho de 2010. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jun. 2010. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/pre/normativos/res/2010/pdf/res_3863_v1_P.pdf> Acesso em: 12 fev. 2012.

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

_____. Informe Setorial. Área industrial n. 21 Maio/2011. Disponível em <http://www.bnDES.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bnDES_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/setorial/Informe_21.pdf> Acesso em 21 dez. 2011.

_____. **Programa de Apoio ao Setor Sucroalcooleiro – PASS**, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.bnDES.gov.br/SiteBNDES/bnDES/bnDES_pt/Areas_de_Atuacao/Agropecuaria/pass.html> Acesso em: 18 jan. 2012.

BANDIVADEKAR, A. P. **Evaluating the Impact of Advanced Vehicle and Fuel Technologies in U.S. Ligh-Duty Vehicle Fleet**. Ph.D. dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2008.

BARROS, M. M de. **O Uso de Etanol como Fonte de Energia no Século XXI: a Importância do Brasil no Comércio Internacional**. Dissertação de M.Sc., EQ/UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.

BORBA, B., **Metodologia de regionalização do mercado de combustíveis alternativos no Brasil**. Dissertação de M.Sc., Programa de Planejamento Energético. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2008.

BORGES, U., FREITAG, H., HURTIENNE, T., NITSCH, M. **PROALCOOL: Economia Política e Avaliação Sócio-Econômica do Programa Brasileiro de Biocombustível**. Aracajú, UFS, 1988.

BRASIL. Decreto nº 20.169, de 1º de julho de 1931. Estabelece providências para execução do decreto nº 19.717/1931. **Diário Oficial da União**, Rio de Janeiro, RJ, 3 jul. 1931. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/legin/fed/decret/1930->>

1939/decreto-20169-1-julho-1931-514675-publicacaooriginal-1-pe.html> Acesso em: 09 out. 2011.

_____. Decreto nº 88.626, de 16 de agosto de 1983. Estabelece normas para o escoamento, comercialização e estocagem de álcool para fins energéticos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 ago. 1983. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D88626.htm> Acesso em: 14 nov. 2011.

_____. Lei nº 8.176, de 8 de fevereiro de 1991. Define crimes contra a ordem econômica e cria o Sistema de Estoques de Combustíveis. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 fev. 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8176.htm> Acesso em: 10 out. 2011.

_____. Decreto nº 5.060, de 30 de abril de 2004. Reduz as alíquotas da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico incidente sobre a importação e a comercialização de petróleo e seus derivados, gás natural e seus derivados, e álcool etílico combustível (CIDE), instituída pela Lei nº 10.336, de 19 de dezembro de 2001, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 abr. 2004. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/decretos/2004/dec5060.htm>> Acesso em 07 abr. 2012.

_____. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 jan. 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm#art1xii> Acesso em: 20 nov. 2011.

_____. Decreto nº 6.573, de 19 de setembro de 2008. Fixa coeficiente para redução das alíquotas específicas da Contribuição para o PIS/PASEP e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS incidentes sobre a receita bruta auferida na venda de álcool. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 set. 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6573.htm> Acesso em: 07 nov. 2011.

_____. Medida Provisória nº 532, de 28 de abril de 2011. Dispõe sobre a política e a fiscalização das atividades relativas ao abastecimento nacional de combustíveis. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 abril 2011. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Mpv/532.htm> Acesso em: 30 out. 2011.

_____. Medida Provisória nº 554, de 23 de dezembro de 2011. Autoriza a União a conceder subvenção econômica nas operações de financiamento para estocagem de álcool combustível. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 dez. 2011a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Mpv/554.htm> Acesso em: 03 jan. 2012.

_____. Medida Provisória nº 556, de 23 de dezembro de 2011. Relativa à contribuição do Plano de Seguridade do Servidor Público, prorroga a vigência do Regime Tributário para Incentivo à Modernização e à Ampliação da Estrutura Portuária. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 dez. 2011b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Mpv/556.htm> Acesso em: 03 jan. 2012.

_____. Lei nº 12.490, de 16 de setembro de 2011. Dispõe sobre a política e a fiscalização das atividades relativas ao abastecimento nacional de combustíveis. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 set. 2011c. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12490.htm> Acesso em: 10 out. 2011.

BRUSSTAR, M.; BAKENHAUS, M., 2005 **Economical, High Efficiency Engine Technologies for Alcohol Fuels**. U.S. Environmental Protection Agency. Disponível em: <<http://www.epa.gov/otaq/presentations/epa-fev-isaf-no55.pdf>> Acesso em: 27 dez. 2011.

CARVALHO, P. N. de. **Valorização das Externalidades Negativas do Ciclo de Vida do Etanol – O Caso da Queima da Palha da Cana-de-açúcar**. Dissertação de M.Sc., Programa de Planejamento Energético, UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.

CAVALCANTI, M. C. B. **Tributação relativa etanol-gasolina no Brasil: competitividade dos combustíveis, arrecadação do estado e internalização dos**

custos de carbono. Tese de D.Sc., Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Relatório de qualidade do ar em São Paulo 2010. São Paulo, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Os Fundamentos da Crise do Setor Sucroalcooleiro no Brasil. Superintendência de Informação do Agronegócio, Brasília, 2^a ed, abril 2010. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/Fundamentos%20da%20crise%20-abr%2009%20-2%20edição%20-%20PDF.pdf> Acesso em: 10 out. 2011.

_____. **Perfil do Setor do Açúcar e do Álcool no Brasil – Edição para a safra 2008-2009.** Diretoria de Política Agrícola e Informações, Superintendência de Informação do Agronegócio, Brasília, maio 2010a. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_02_11_16_43_41_cana_de_acucar_2008-09..pdf> Acesso em: 11 nov. 2011.

_____. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Cana-de-Açúcar, Primeiro Levantamento, Safra 2011-2012.** Diretoria de Política Agrícola e Informações, Superintendência de Informação do Agronegócio, Brasília, maio 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_05_27_11_53_13_boletim_cana_portugues_-_maio_2011_1o_lev..pdf> Acesso em: 10 out. 2011.

_____. **A Geração Termoelétrica com a Queima do Bagaço de Cana-de-Açúcar no Brasil – Análise do Desempenho da Safra 2009-2010.** Diretoria de Política Agrícola e Informações, Superintendência de Informação do Agronegócio, Brasília, março 2011a. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_05_05_15_45_40_geracao_termo_baixa_res..pdf> Acesso em: 14 out. 2011.

CONSELHO ADMINISTRATIVO DE DEFESA ECONÔMICA – CADE. Ata da 188^a Sessão Ordinária. Brasília, 22 nov. 2000. Disponível em: <<http://www.cade.gov.br/atas/arquivosPDF/ATA%20188%20SO.htm>> Acesso em: 15 jan. 2012.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. Resolução n. 221, de 11 de janeiro de 2007. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 jan. 2007. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/RESOLUCAO_221.pdf>. Acesso em 15 mar.2012.

DOLNIKOFF, F. **Contratos de etanol carburante e a racionalidade econômica da relação entre usinas e distribuidoras de combustíveis no Brasil**. Dissertação de M.Sc., Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Universidade de São Paulo/USP, São Paulo, 2008.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION - EIA. **Internacional Energy Statistics**. 2011. Disponível em <<http://www.eia.doe.gov>> Acesso em 20 dez. 2011.

_____. **Oil Market Basics**. 2012. Disponível em: <http://www.eia.gov/pub/oil_gas/petroleum/analysis_publications/oil_market_basics/>. Acesso em 02 mar. 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Perspectivas para o Etanol no Brasil**. Cadernos de energia. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **Plano Decenal de Energia 2019**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pdee/forms/epeestudo.aspx>> Rio de Janeiro, 2009. Acesso em 10 abr. 2012.

FIGUEIREDO, S. **O Carro a Álcool: Uma Experiência de Política Pública para a Inovação no Brasil**. Dissertação de M.Sc., Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Tanquinho de carro 'flex' só deve ser 'aposentado' após 2015**. Disponível em: <http://classificados.folha.com.br/veiculos/1050594-tanquinho-de-carro-flex-so-deve-ser-aposentado-apos-2015.shtml>. Acesso em 06 mar. 2012.

GAMARRA, J. E. T. **Transmissão de preços entre os mercados do etanol e da gasolina desde o lançamento dos carros flex fuel, no mercado brasileiro**. Dissertação de M.Sc., Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, UFRGS, Porto Alegre, 2009.

GATTI JUNIOR, W. "35 Anos da Criação do Proálcool: do Álcool-Motor ao Veículo Flex Fuel". In: **XIII SEMEAD - Seminários em Administração**. USP, São Paulo, setembro de 2010.

GOLDEMBERG, J, COELHO, S. T., GUARDABASSI, P. "The sustainability of ethanol production from sugarcane". **Energy Policy**, v. 36, pp. 2086–2097, 2008.

GPO - U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE. **Energy Independence and Security Act of 2007**. EISA, 2007. Disponível em: <http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/getdoc.cgi?dbname=110_cong_public_laws&docid=f:publ140.110> Acesso em: 20 out. 2011.

GUIMARÃES, F. L. **Preços de Etanol no Brasil: Uma análise espacial**. Dissertação de M.Sc., Escola de Economia de São Paulo, São Paulo, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL – INMETRO. Portaria n. 391, de 04 de novembro de 2008. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001380.pdf>>. Acesso em 14 dez. 2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC, **Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. France, 2011.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **World Energy Outlook 2010**. OECD/IEA, Paris, France, 2010.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica aplicada (1999) TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 668 "Privatização, Ajuste Patrimonial e Contas Públicas no Brasil". Brasília, setembro de 1999.

LA ROVERE, E. L., OBERMAIER, M., "Alternativa Sustentável?" **Scientific American Brasil**, Edição especial, v. 32, pp. 68-75, 2009.

LEITE, A. D. **A Energia do Brasil**. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 2^a ed., 2007.

MACÊDO, F. dos S., **A Reestruturação do Setor Sucroenergético no Brasil. Uma Análise do Período entre 2005 e 2011.** Dissertação de M.Sc., Escola de Economia de São Paulo, São Paulo, 2011.

MALFATTI, L. **Análise Qualitativa do Ciclo Real e Tempo de Combustão em um Motor Padrão ASTM-CFR Operando com Mistura de Gasolina e Etanol Hidratado.** Dissertação de M.Sc., Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MALIGO, C. **Modelo para simulação da operação de carregamento de caminhões tanque em uma base de distribuição de combustíveis automotivos.** Dissertação de M.Sc., Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MARJOTTA-MAISTRO, M.C. **Ajustes nos mercados de álcool e gasolina no processo de desregulamentação.** Tese de D.Sc., Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2002.

MATTOS, J. A. B. e CORREIA, E. L. "Uma Nova Estimativa da Frota de Veículos Automotivos no Brasil". In: **VII Congresso Brasileiro de Energia – CBE**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 22-25 Out 1996.

MELLO, F. O. T. de. **As Metamorfoses da Rede de Poder Agroindustrial Sucroalcooleira no Estado de São Paulo: da Regulação Estatal para a Desregulação.** Dissertação de M.Sc., UFSCar, São Carlos, 2004.

MENDES, F. **Avaliação de programas de controle de poluição atmosférica por veículos leves no Brasil.** Tese de D.Sc., UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Anuário Estatístico da Agroenergia.** Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/anuario_agroenergia/index.html> Acesso em: 24 out. 2011.

_____. **Desenvolvimento Sustentável: Estatística – Produção Brasileira de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Etanol.** Brasília, 2011a. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/anuario_agroenergia/index.html> Acesso em: 24 out. 2011.

[a/estatisticas/producao/DEZEMBRO_2011/07%20prod_cana_acucar_etanol.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/DEZEMBRO_2011/07%20prod_cana_acucar_etanol.pdf)

Acesso em: 16 jan. 2012.

_____. **Desenvolvimento Sustentável: Orientações Técnicas – Usinas e Destilarias Cadastradas.** SPAE/CGAE, Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/Orientacoes_Tecnicas/Usinas%20e%20Destilarias%20Cadastradas/DADOS_PRODUTORES_01_11_2011.pdf> Acesso em: 15 jan. 2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. Boletim Mensal de Energia: Oferta Interna de Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético, Núcleo de Estudos Estratégico de Energia, Brasília, DF, out. 2011. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/spe/galerias/arquivos/Publicacoes/boletins_mensais_de_energia/2011/10_-_Boletim_Mensal_de_Energia_-_Outubro.pdf> Acesso em: 12 dez. 2011.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR - MDIC. Desenvolvimento da Produção: Álcool Combustível. Brasília, DF. 2012. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=999>> Acesso em: 15 jan. 2012.

MIURA, M. Y. R., Os cartéis de exportação na ordem jurídica brasileira. Uma visão de Direito Comercial. Dissertação de M.Sc., Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MORAES, M. A. F. D., A desregulamentação do setor sucroalcooleiro no Brasil. Americana, Caminho Editorial, 2000.

NAPPO, M., A demanda por gasolina no Brasil: Uma avaliação de suas elasticidades após a introdução dos carros bicompostível. Dissertação de M.Sc., Escola de Economia de São Paulo – EESP, FGV, São Paulo, 2007.

NASCIMENTO, P.; YU, A.; QUINELLO, R. “Exogenous factors in the development of flexible fuel cars as a local dominant technology”. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 4, pp. 110-119, 2009.

NEVES, M. F., PINTO, M. J. A., CONEJERO, M. A., TROMBIN, V. G. **Food and Fuel – the example of Brazil.** Wageningen Academic Publishers. First Published. The Netherlands, 2011.

NIGRO, F., SZWARC, A. **Etanol como combustível veicular: perspectivas tecnológicas e propostas de políticas públicas.** ÚNICA - União da Indústria de Cana-de-Açúcar, São Paulo, 2009.

OMETTO, J. G. S. **O Álcool Combustível e o Desenvolvimento Sustentado.** São Paulo, PIC editorial, 1998.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM VEICULAR – PBEV. 2011. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas_pbe_veicular.asp> Acesso em 12 out. 2011.

PINTO JÚNIOR, H. Q., ALMEIDA, E. F., BOMTEMPO, J. V., IOOTTY, M., BICALHO, R. G. **Economia da energia – fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial.** Elsevier editora. São Paulo, 2007.

RAJAGOPAL,D., ZILBERMAN, D. **Review of environmental , economic and policy aspects of biofuels.** Policy Research workink Paper 4341,The World Bank , september, 2007.

RATHMANN, R., SZKLO, A., SCHAEFFER, R. “Land use competition for production of food and liquid biofuels: An analysis of the arguments in the current debate”. **Renewable Energy** v. 35, pp. 14–22, 2010.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION - RFA. 2010. **Ethanol Industry Outlook - Climate of opportunity.** Washington D.C., 2011. Disponível em: <http://ethanolrfa.org/page/-/objects/pdf/outlook/RFAoutlook2010_fin.pdf?nocdn=1> Acesso em 20 dez. 2011.

RODRIGUES, A. P., **Perspectivas do Mercado Sucroalcooleiro.** Seminário BM&F: Perspectivas para o Agrobusiness em 2007 e 2008, União da Indústria de Cana-de Açúcar. São Paulo, 2007.

RODRIGUES, A. **Etanol – Aspectos Jurídicos, Econômicos e Internacionais.** Synergia. Rio de Janeiro, 2011.

SANTOS, A. C. **A Influência do Uso do Etanol Combustível nas Emissões dos Gases do Efeito Estufa nos Motores do Ciclo Otto.** Dissertação de M.Sc., Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2008.

SCANDIFFIO, M. I. G. **Análise prospectiva do álcool combustível no Brasil – cenários 2004-2024.** Planejamento de Sistemas Energéticos, UNICAMP, Campinas, 2005.

SCHMITT, F. W. **Metodologia de Avaliação de Eficiência Energética em Veículos Leves e Seus Impactos em Termos de Uso de Combustíveis.** Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

SILVA, C. R. U. da. **Balanço de energia e das emissões de gases de efeito estufa da cadeia produtiva do etanol brasileiro.** Dissertação de M.Sc., Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

SILVA, L.D. O., **Sustentabilidade do Etanol Brasileiro: Uma Proposta de Princípio e de Critérios,** Dissertação de M.Sc., Programa de Planejamento Energético, UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

SILVA, N. R. da. **Metodologia Para Determinação da Potência Indicada em Motores de Combustão Interna.** Dissertação de M.Sc., Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

SILVA, O. & FISCHETTI, D. **Etanol: a revolução verde e amarela.** São Paulo: 1^a ed., Bizz Comunicação e Produções, 2008.

SMITH, C. B. **Análise da Difusão de Novas Tecnologias Automotivas em Prol da Eficiência Energética na Frota de Novos Veículos Leves no Brasil.** Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

SOARES, A.C. **Diagnóstico e modelagem da rede de distribuição de derivados de petróleo no Brasil.** Dissertação de M.Sc., Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SOUSA, E. L.L. de, MACEDO, I. de C., **Etanol e Bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética.** São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010.

SOUZA, R. R. de. **Panorama, Oportunidades e Desafios para o Mercado Mundial de Álcool Automotivo.** Dissertação de M.Sc., Programa de Planejamento Energético, UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

SZKLO, A. e ULLER, V. C. **Fundamentos de Refino de Petróleo: Tecnologia e Economia.** 2^a ed. Rio de Janeiro, Interciênciac, 2008.

SZKLO, A. e SCHAEFFER, R., “Alternative energy sources or integrated alternative energy systems? Oil as a modern lance of Peleus for the energy transition”. **Energy**, v. 31, pp. 2177–2186, 2006.

SZKLO, A.; SCHAEFFER, R.; DELGADO, F. “Can one say ethanol is a real threat to gasoline?” **Energy Policy**, v. 35, pp. 5411-5421, 2007.

UNIÃO EUROPÉIA - UE. **EP Seals Climate Change Package.** Parlamento Europeu, 17 Dez. 2008. Disponível em: <<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+IM-PRESS+20081208BKG44004+0+DOC+XML+V0//EN>> Acesso em: 17 nov. 2011.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **International Agricultural Trade Report.** FAS, Washington, D.C., 20 jul 2011. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/info/IATR/072011_Ethanol_IATR.pdf> Acesso em: 20 dez. 2011.

VOLCI, G. A. **Comportamento Tribológico do Anel de Primeiro Canalete em Motores Operando em Sistemas Flex Fuel.** Dissertação de M.Sc., Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

XAVIER, C.E.O. Localização de Taques de Armazenagem de Álcool Combustível no Brasil: Aplicação de um Modelo Matemático de Otimização. Dissertação de M.Sc., Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2008.

ZANÃO, A. G. Caracterização da infra-estrutura de armazenagem de álcool no Brasil e análise da sua concentração na região Centro-Sul. Dissertação de M.Sc.; Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2009.