

Área Temática: Gestão tecnológica

35 ANOS DA CRIAÇÃO DO PROÁLCOOL:
DO ÁLCOOL-MOTOR AO VEÍCULO *FLEX FUEL*

AUTOR

WILIAN GATTI JUNIOR

Universidade de São Paulo

wgatti@usp.br

Resumo

Por desenvolver a mais de trinta anos uma fonte alternativa de energia que substituiu com eficiência o petróleo, o Brasil está no centro da discussão mundial sobre o desenvolvimento de fontes de energia limpas e renováveis. O lançamento dos veículos *flex fuel* reavivou o interesse pelo álcool combustível e tem mudado a indústria automobilística brasileira e o agronegócio da cana de açúcar. Este artigo se propõe a recuperar trajetória do álcool combustível no Brasil, sob a ótica das mudanças vivenciadas no setor automotivo – do início das experiências nas primeiras décadas do século XX, sua ascensão e queda no regime militar, entre os anos 1970 e 1980 e seu renascimento a partir de 2003 – com base em uma trajetória de inovações motivadas por fatores políticos e econômicos envolvendo múltiplos agentes. Para isso, reuniu os depoimentos de profissionais ligados diretamente com o desenvolvimento da tecnologia *flex fuel* em três sistemistas, duas montadoras e entidades de classe, além do levantamento bibliográfico sobre o Proálcool e a tecnologia bicompostível. O desenvolvimento dessa tecnologia permitiu a engenharia brasileira ser reconhecida como referência em desenvolvimentos de soluções envolvendo combustíveis alternativos e revelou o papel do Estado e a passividade das montadoras frente a cenários de incerteza.

Palavras-chave: etanol, *flex fuel*, indústria automobilística

Abstract

By developing more than thirty years an alternative energy source to replace oil with efficiency, Brazil is the center of the worldwide discussion on developing clean and renewable energy sources. The launch of flex-fuel vehicles revived interest in ethanol and has changed the automobile industry and agribusiness from sugar cane. This article aims to recover the trajectory of ethanol in Brazil, from the perspective of the changes experienced in the automotive industry - the beginning of the experiments in the early decades of the twentieth century, its rise and fall within the authoritarian regime between the years 1970 and 1980 and its revival from 2003 - based on a history of innovations driven by political and economic factors involving multiple agents. For this, gathered evidences from practitioners involved with development of flex fuel technology in three first tiers, two automakers and organizations that embraces vehicles manufactures, engineers and agribusiness companies, in addition to the literature on the alcohol program and flex fuel technology. The development of this technology allowed the Brazilian engineering to be recognized as a benchmark in development of solutions involving alternative fuels and revealed the Federal Government role and the passivity of the automakers facing uncertainty scenarios.

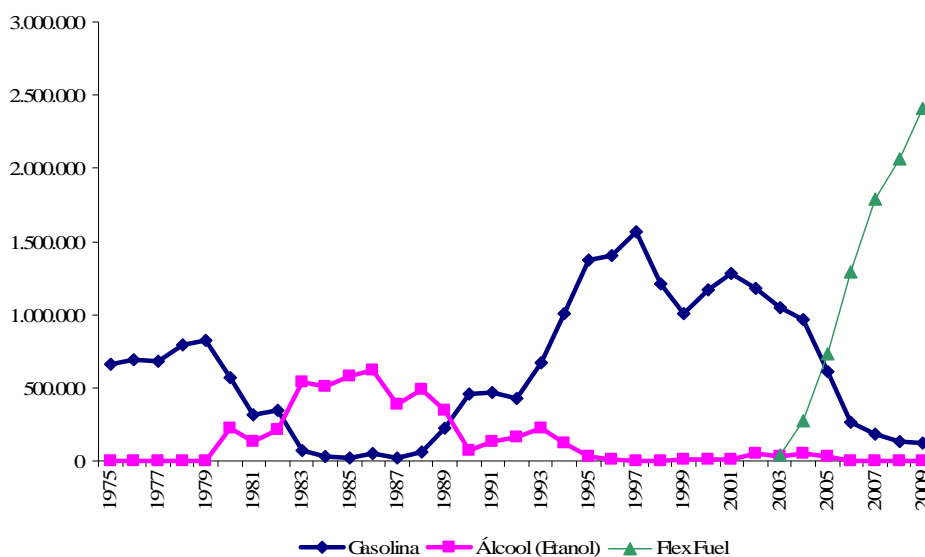
Keywords: ethanol, flex fuel vehicles, automobile industry

1 Introdução

Iniciada no Brasil no século XVI, a cultura da cana de açúcar sempre esteve ligada ao processo de formação da economia do país (CORREIA, 2007) e alçou, por muitos anos, o açúcar ao posto de principal produto brasileiro de exportação. A planta da espécie *Saccharum officinarum*, originária da Ásia, chegou à península Ibérica trazida pelos árabes, teria migrado para a Ilha da Madeira e de lá para Ilha de Itamaracá, Capitania de Pernambuco em 1520. Produzido principalmente na Zona da Mata, região litorânea, úmida do Nordeste Brasileiro (hoje se destaca a produção no interior de São Paulo), o açúcar logo se transformou em uma monocultura com saltos produtivos baseados na extensão da área cultivada e no crescimento da população de escravos, em prejuízo do aumento da produtividade via mudança de processos.

A análise desse período sugere a herança de um legado negativo em relação à organização da agricultura, que permaneceu primitiva, com técnicas arcaicas e com um sistema escravagista que manteve os recursos humanos subdesenvolvidos, com enorme concentração de bens e renda (BAER, 2002). Atualmente, porém, deve-se a essa atividade a possibilidade da exploração comercial de uma fonte energética renovável, iniciada por um programa governamental singular em todo o mundo: o Programa Nacional do Alcool (PNA) ou Proálcool. Este programa não só viabilizou um novo combustível extraído da cana de açúcar, como lançou as bases para uma série de inovações na indústria automobilística que culminaram no lançamento de um veículo bicombustível em 2003.

Bicombustível ou *flex fuel* é o nome dado à tecnologia que permite que veículos utilizem como combustível a gasolina, o álcool ou qualquer proporção de mistura entre os dois e que hoje domina o mercado brasileiro. Do seu lançamento comercial em 2003 até 2009 foram comercializadas mais de 6 milhões de unidades. Um ano após seu lançamento, 22% dos automóveis comercializados já estavam equipados com a nova tecnologia. Em 2009 esse percentual subiu para 95% (ANFAVEA, 2010). O gráfico 1 demonstra a rápida expansão do produto no país.



Fonte: ANFAVEA (2010)

Gráfico 1: Vendas internas no atacado (automóveis) de 1975 a 2009

O lançamento dos veículos bicombustíveis reavivou o interesse pelo álcool combustível ou etanol, e tem mudado a indústria automobilística brasileira e o agronegócio da cana de açúcar. Desde então, o etanol tem despertado o interesse de investidores e grandes grupos nacionais e internacionais, além de fomentar uma sucessão de investimentos voltados para a pesquisa de inovações ligadas ao desenvolvimento de variedades e usos da planta. O álcool deixou sua condição de produto brasileiro para assumir a posição de combustível potencialmente global (SALOMÃO; ONAGA, 2006) e elevou o Brasil para o centro da discussão mundial sobre o desenvolvimento de fontes de energia limpas e renováveis.

Este artigo se propõe a recuperar trajetória do álcool combustível no Brasil sob a ótica das mudanças ocorridas na indústria automobilística – das primeiras experiências, passando pelo Proálcool até o desenvolvimento e o lançamento dos veículos bicombustíveis. O artigo está organizado em quatro partes, sendo a primeira esta introdução. A segunda parte trata da metodologia empregada na pesquisa e a terceira relatará a trajetória do álcool combustível inspirada em cinco grandes períodos propostos por Correia (2007): (1) a experimentação (1920 - 1974); (2) a primeira fase do Proálcool (1975 - 1978); (3) a segunda fase do Proálcool (1979 - 1988); (4) o fim do Proálcool (1989 - 2002) e (5) o veículo bicombustível (a partir de 2003). Na quarta e última parte são apresentadas as conclusões do trabalho.

2 Metodologia de pesquisa

Uma simples questão, como se desenvolveu a tecnologia bicombustível no Brasil, foi o ponto de partida de uma ampla pesquisa conduzida em uma disciplina do curso de pós-graduação do departamento de Administração de Empresas da Universidade de São Paulo. A pesquisa contou com a participação de quinze alunos e três professores. O trabalho reuniu os depoimentos de profissionais ligados diretamente com o desenvolvimento da tecnologia *flex fuel* em três sistemistas (Bosch, Delphi e Magneti Marelli), duas montadoras (General Motors e Volkswagen) e entidades de classe (União da Indústria de Cana de Açúcar e Associação Brasileira de Engenharia Automotiva). Após as entrevistas, um relatório detalhado sobre os dados coletados era preparado e os resultados discutidos com todo o grupo.

Com o desenvolvimento dos estudos de casos surgiram diversos temas de pesquisa, um deles resultando neste artigo. As entrevistas tiveram início em agosto de 2008 e prosseguiram até março de 2009. Quatorze executivos foram entrevistados, totalizando mais de vinte horas de depoimentos. Completa este material, o levantamento bibliográfico sobre o Proálcool e a tecnologia bicombustível.

3 O álcool combustível

Na visão de Leite e Leal (2007) o interesse pelo desenvolvimento de soluções envolvendo bicombustíveis são muitas e eminentemente contextuais, porém se destacam a tentativa de redução da dependência do petróleo, por razões econômicas ou de segurança de suprimento e a minimização dos efeitos das emissões de poluentes, entre elas, a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera. No Brasil, o álcool combustível extraído da cana de açúcar surgiu como alternativa ao petróleo, graças à longa experiência brasileira com o cultivo da cana.

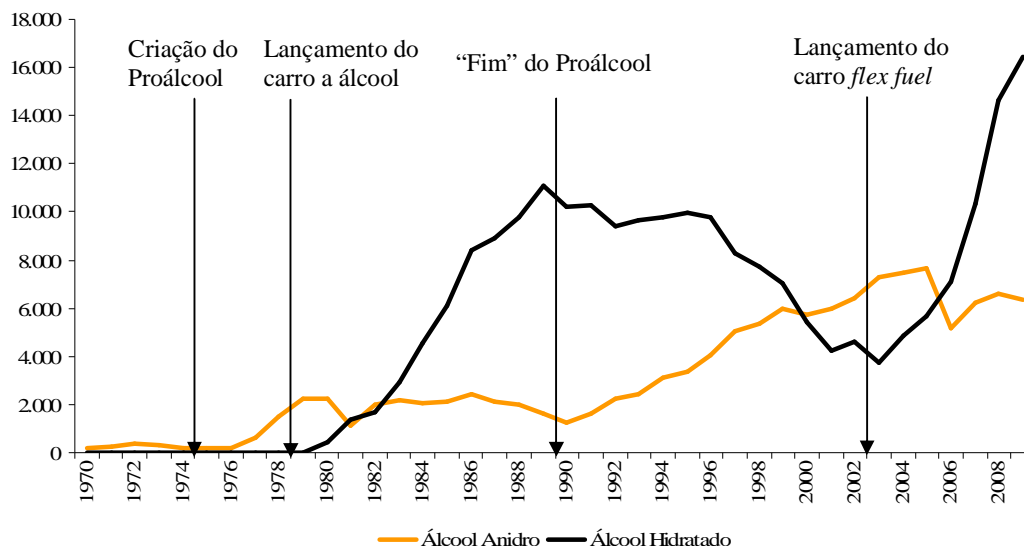
O álcool etílico pode ser obtido de biomassas classificadas em três grupos: 1) plantas e matérias ricas em açúcar (cana, beterraba, etc); 2) plantas ricas em amido (mandioca, batata, milho, etc); 3) plantas ricas em celulose (madeira, bambu, águapé, etc). O álcool, em excesso de oxigênio, queima produzindo CO₂ e H₂O e sua utilização como combustível diminui sensivelmente a poluição ao ar, reduzindo em até 90% os gases causadores do efeito estufa

emitidos pela gasolina.

Para uso automotivo, o álcool combustível ou carburante, pode ser anidro (AEAC) ou hidratado (AEHC). O álcool anidro (sem adição água) é adicionado à gasolina desde a década de 1930 (hoje numa proporção entre 20% a 25%) e o álcool hidratado, cuja composição de álcool e água é padronizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Conselho Nacional do Petróleo (CNP) e Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM), pois alterações em sua densidade acarreta mau funcionamento e possíveis danos ao motor, começou a ser demandado no final da década de 1970.

O álcool hidratado como combustível possui alta resistência à detonação e baixo poder calorífico (gera menos energia na queima que a gasolina). Com isto, o motor pode utilizar taxa de compressão mais elevada, mas exige uma mistura ar-combustível mais rica (mais combustível). O resultado é um motor com mais potência e torque, porém, com maior consumo.

O álcool combustível passou por várias fases no Brasil. A primeira, ocorreu antes mesmo do Proálcool com a indústria sucroalcooleira se dedicando exclusivamente ao plantio da cana para a geração de açúcar. Com o advento do Proálcool em 1975, a indústria viveu grande euforia, com grandes investimentos e subsídios governamentais. Com os problemas econômicos enfrentados pelo Brasil, a partir da década de 1980, e a queda dos preços internacionais do petróleo, o Proálcool esfriou e o interesse no álcool foi reduzido. O gráfico abaixo sumariza os principais marcos do setor que serão discutidos nas seções seguintes.



Fonte: MME (2010)

Gráfico 2: Consumo (m3) de álcool anidro e hidratado destinados ao transporte rodoviário entre 1970 e 2009

3.1 A experimentação (1920 - 1974)

Nos anos 1920, o presidente Epitácio Pessoa (1919-1922) reclamava da “colossal importação de gasolina no Brasil” e defendia o “uso do álcool em seu lugar” e previa o “amparo que a solução prestaria à indústria canavieira” (MARCOLIN, 2008). Em 1923, tem início à pesquisa brasileira com veículos movidos a combustíveis alternativos, mais precisamente o álcool-motor, como era conhecida a mistura de álcool hidratado com derivados do petróleo, sendo

que para uma maior estabilidade da mistura, o álcool hidratado era utilizado em maior proporção (DUNHAM, 2007). Nesse período, registram-se experiências conduzidas pela Estação Experimental de Combustível e Minérios (EECM) com um Ford-T movido a álcool com 38% de cachaça em sua composição. Dois problemas, um técnico e outro econômico impediam, entretanto, a utilização do álcool como combustível nessa época. Do ponto de vista técnico, o álcool de baixa concentração produzido em pequenas destilarias não se prestava a utilização como combustível. Do ponto de vista econômico, a produção e distribuição de álcool de alta concentração exigiram uma série de investimentos (DAHAB; MÜLLER, 1986).

As sucessivas crises do mercado internacional de açúcar resultaram em uma pressão direcionada para o governo, com cobranças exigindo o desenvolvimento de novos usos para o álcool. A passividade do setor produtivo seria quebrada em 23 de junho de 1927, com o anúncio de lançamento do primeiro combustível nacional de álcool-motor no Recife, uma mistura de 55% de álcool hidratado e 45% de éter, batizado de USGA (Usina Serra Grande de Alagoas) (DUNHAM, 2007). Além da USGA, outras misturas foram testadas, com destaque a composição de um combustível com 50% de álcool e 50% de gasolina e outra com 65% de álcool e 25% de éter. Essa fase se caracterizou por experimentações de combustíveis com diferentes misturas, sem que se promovessem alterações nos motores (DAHAB; MÜLLER, 1986).

Com a crise de 1929, cresceu a pressão para a criação de um mercado para o álcool combustível, uma vez que, o mercado de açúcar, interno e externo, se retraiu fortemente com prejuízo para toda a indústria (DUNHAM, 2007). O então presidente, Getúlio Vargas, em defesa da produção açucareira, decreta em 20 de fevereiro de 1931, a primeira política governamental efetiva para a utilização do álcool combustível: a adição de 5% de álcool anidro na gasolina para controlar a política de preços e exportação do açúcar. Em 4 de agosto do mesmo ano, o governo cria a Comissão de Estudos sobre o Álcool-Motor (CEAM). Vargas também criaria em 1º de junho de 1933, o Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA), com o objetivo de regular esse mercado.

Durante a II Guerra Mundial, diversos países pesquisaram a utilização de álcool (derivado de milho, beterraba e outros vegetais) adicionado a gasolina. Hoje, sabe-se que o etanol de cana de açúcar é o mais eficiente com ampla vantagem frente a outras matérias-primas como o milho e a beterraba. No Brasil, problemas com o abastecimento de gasolina motivaram estudos voltados para a sua substituição pelo álcool. Nesse período, Dahab e Müller (1986) destacam duas iniciativas. A primeira, do engenheiro Eduardo Sabino de Oliveira, que deu prosseguimento às pesquisas anteriores, demonstrando as alterações necessárias no álcool para sua maior eficiência como combustível em motores a gasolina e a segunda, relacionada às pesquisas conduzidas na Escola Politécnica de São Paulo, envolvendo a regulação de motores a gasolina e as adaptações necessárias para o uso combinado com o álcool. Com o fim da guerra e a regularização do abastecimento de gasolina, os estudos envolvendo o álcool foram abandonados.

Em 1952, o Centro Técnico Aeroespacial (CTA), sob o comando do Professor Urbano Ernesto Stumpf, retomou as pesquisas com o álcool, incorporando em protótipos nacionais as inovações tecnológicas desenvolvidas no exterior. Durante os anos de 1965 e 1970, o CTA testou sistematicamente motores com álcool combustível gerando contribuições inéditas nessa área do conhecimento. Primeiro, demonstrando que a principal vantagem técnica dos motores alimentados com álcool estava no seu alto rendimento global, pois transformavam 38% da energia do álcool em energia útil (contra 28% da gasolina) e segundo, estabelecendo que para um percentual acima de 20% de álcool, na mistura álcool-gasolina, seriam necessárias modificações no motor para se evitar o consumo elevado de combustível (DAHAB;

MÜLLER, 1986). Nesse período, Figueiredo (2006) pontua a inexistência de registros sobre a utilização do álcool como combustível de maneira consistente, dado o interesse do governo e dos usineiros em consolidar a participação do país no mercado internacional do açúcar, relegando, assim, o álcool a um segundo plano.

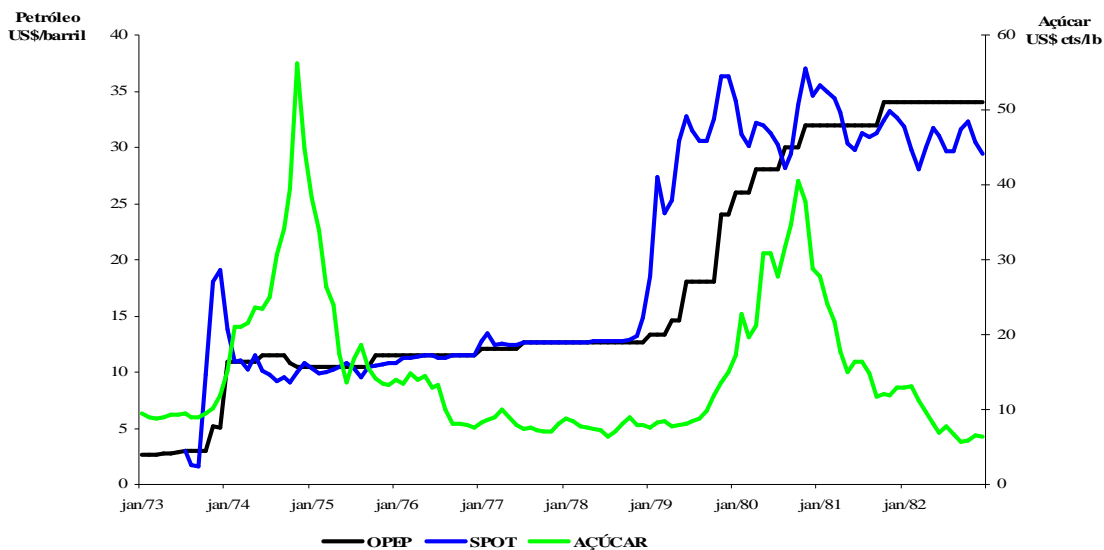
Sem o apoio da indústria automobilística, com o baixo preço do petróleo e a inexistência de um programa consistente para a produção e distribuição do álcool combustível, todos os avanços na pesquisa do CTA poderiam ser esquecidos. A crise do petróleo em 1973, entretanto, mudou esse cenário.

3.2 A primeira fase do Proálcool (1975 - 1978)

Para Santos (1993) com o primeiro choque do petróleo, motivado pela redução da produção imposta pela OPEP (Organização dos países exportadores de petróleo) em 1973, imaginava-se que o álcool misturado à gasolina reduziria a dependência brasileira de petróleo, ao mesmo tempo em que, abriria novas possibilidades para a lavoura de cana de açúcar. O governo militar brasileiro entendia a dependência energética como um problema de segurança nacional e procurava meios de superar a crise (HIRA; OLIVEIRA, 2009).

Os temores com relação à vulnerabilidade energética do país, entretanto, não se confirmaram. A crise se fez sentir mais por seu impacto na balança comercial e conseqüentemente na economia, do que propriamente com a disponibilidade de petróleo. O preço pago pelo barril, saltando de US\$ 3,86 (preço médio) para US\$ 12,55 em 1974, fez o déficit nesse ano registrar a marca de US\$ 4,69 bilhões, ante um superávit em 1973 de US\$ 7 bilhões. A inflação que em 1973 foi de 15,5% passou a 34,5% no ano seguinte. Embora em março de 1974, o governo tenha admitido a importância de se reduzir a dependência de fontes externas de energia, a política energética formulada tratava o álcool apenas como uma das várias formas de reduzir o consumo de petróleo (SANTOS, 1993). Em contrapartida, a indústria brasileira do açúcar vivia um período muito positivo, em virtude da escassez do produto no mercado mundial.

Com os preços em alta, a política açucareira foi de franca expansão com a modernização da agroindústria canavieira. Em 1972 as exportações brasileiras crescem 112% e em 1973 mais 13%. O açúcar passa a ser o produto mais importante na pauta de exportações, “a grande esperança de melhoria na balança de pagamentos” (SANTOS, 1993).



Fonte: SANTOS (1993)

Gráfico 3: Evolução dos preços do petróleo (OPEP e Mercado Spot) e açúcar no mercado internacional

Em 1975, porém, a situação começou a se inverter. O álcool que desempenhava papel secundário para a agroindústria canavieira, se tornou atraente aos empresários do setor devido ao acentuado declínio do preço do açúcar a partir do final de 1974. O interesse encontrou respaldo nas previsões pessimistas em relação ao futuro do petróleo (se esgotaria em meados do século XXI) e na crise de energia (BACCARIN, 2005). Em 14 de novembro de 1975, o Decreto n° 76.593 promulgou o Proálcool. Essa nova fase é marcada pela implementação da mistura do álcool anidro à gasolina a 20%. Para a mistura a essa proporção, seria necessário elevar a produção de álcool e embora a meta tenha sido alcançada três anos antes do previsto, a mistura só foi alcançada em todo o território brasileiro em 1983 (SANTOS, 1993).

Para a elevação da produção, o programa contemplava, além da paridade do preço do álcool com o do açúcar, uma série de investimentos abrangendo máquinas e equipamentos para usinas e destilarias, sistemas de tratamento dos resíduos da produção, material de escritório, tancagem, veículos de carga e até projetos e estudos de viabilidade, tudo com taxas de juros bem abaixo da inflação (BACCARIN, 2005). Para Oliveira (1991) essa primeira fase do Proálcool estava mais voltada a oferecer uma alternativa aos produtores de cana-de-açúcar do que instituir uma política de utilização de fontes alternativas de combustíveis.

As pesquisas conduzidas no CTA concluíram que o motor ciclo Otto com álcool obteve resultado experimental com rendimento global superior à gasolina. Conclui-se também que um motor desenhado especificamente para o álcool poderia render mais (DAHAB; MÜLLER, 1986). Mesmo com o teste promovido em 1976 pelo CTA, com três carros convertidos a álcool (um Dodge, um Fusca e um Gurgel Xavantes), que rodaram ao todo 8500 km por nove estados (o Circuito de Integração Nacional), nenhum dos fabricantes instalados no país se interessou realmente pelo projeto. Os primeiros veículos adaptados passaram a integrar frotas experimentais de órgãos do governo como a antiga Telesp (Telecomunicações de São Paulo). Coube a Volkswagen, por meio de um grupo de quinze pesquisadores alemães que iniciaram o departamento de pesquisa e desenvolvimento (P&D), as primeiras pesquisas de conversão de motores no âmbito das montadoras. Na Ford e General Motors isso só viria a acontecer em 1978 e na Fiat entre 1977 e 1980 (DAHAB; MÜLLER, 1986).

Com o corte da produção do petróleo no Irã, devido à revolução islâmica que eclodiu em

novembro de 1978, o barril apresentou sucessivos aumentos, elevando o preço médio que só voltaria a cair a partir de 1986. O aumento não foi maior que no primeiro choque, mas, por ter partido de uma base bem mais elevada de preço (outubro de 1973, US\$ 3,00/barril e em dezembro de 1978, US\$ 12,70/barril), os impactos na balança comercial e na inflação foram mais vigorosos: o déficit quase triplica e a inflação de 1978 que era de 40% passou em 1979 para 77%. O segundo choque do petróleo promoveu o álcool ao status de “combustível nacional”, sendo sua importância associada ao alívio nas contas de importação de petróleo (SANTOS, 1993).

3.3 A segunda fase do Proálcool (1979 - 1988)

Em seu início, o álcool de cana-de-açúcar se impôs como alternativa viável à gasolina, mas não existiam veículos a álcool originais de fábrica. Para ter o veículo movido com o novo combustível, os consumidores procuravam as oficinas de retífica para efetuar a conversão. Havia duas formas de conversão: a simplificada e a convencional. Diferenciava a segunda da primeira, a autorização concedida pelo governo para a operação da oficina. Os Centros de Apoio Tecnológicos (CATs) foram criados com base em institutos de pesquisa e universidades públicas para credenciar tecnicamente as oficinas interessadas e ajudavam a homologar procedimentos para a conversão (NIGRO; SZWARC, 2009). A conversão simplificada era sem dúvida mais barata, porém, consumia 50% mais álcool com potência 15% inferior.

Segundo Dahab e Müller (1986) como resultado da pressão governamental, ameaçando a liberação de importações e a concessão de incentivos a entrada de novas empresas (japonesas), a indústria automobilística passou a investir seriamente e a produzir em escala industrial carros movidos a álcool. A expansão da produção também forçou a indústria de autopeças a direcionar esforços ao desenvolvimento de peças especializadas para o novo motor. Em 1979, com o segundo choque do petróleo, teve início o investimento no desenvolvimento e comercialização de automóveis movidos somente a álcool hidratado.

Em 2 de junho de 1979, a Fiat, que recentemente havia se instalado no país, anuncia o lançamento de um veículo (o modelo 147) movido a álcool. Este novo veículo exigiu o desenvolvimento de um novo motor com taxa de compressão maior do que o motor a gasolina e o desenvolvimento de novos materiais resistentes à corrosão aplicados em diversos componentes do carro. Nesta época também se verificam a criação de divisões de pesquisa (P&D) dentro das montadoras com áreas destinadas a veículos alternativos. Em decorrência destas pesquisas muito se desenvolveu sobre motores alimentados por álcool, compatibilidade de materiais, utilização de plásticos, borrachas, equipamento para medir o pH do álcool, partida a frio, etc. Na década de 1980, muitas patentes foram depositadas em nome do Professor Urbano Ernesto Stumpf pelo CTA, como um carburador específico para uso do álcool (PI 8106855). Com relação à partida a frio, o problema não foi equacionado para temperaturas inferiores a 15°C. Um pequeno tanque de gasolina empregado na ignição do motor foi adaptado ao veículo para operação nessa condição. Para os demais problemas foram desenvolvidas soluções técnicas satisfatórias sendo a corrosão das partes internas do motor a mais difícil de superar (SANTOS, 1993).

Em 19 de setembro de 1979, foi assinado um protocolo entre a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) e o Governo criando os mecanismos para estimular a venda de carros a álcool. O Governo criou um Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) específico para carro a álcool e as montadoras, além de receberem a tecnologia desenvolvida por órgãos estatais, se comprometeram a aperfeiçoá-las para a produção em série de veículos movidos a álcool. Entre as ações conjuntas também se destacam financiamentos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

(BNDES), juros subsidiados e a manutenção, via subsídio, do preço do litro do álcool em patamares inferiores ao da gasolina.

A fase de euforia do carro a álcool foi motivada pelo início da guerra Irã-Iraque, onde consumidores de São Paulo esperavam dois meses para um automóvel ainda pagando um ágio para as revendas. Entre setembro e outubro de 1980 as vendas subiram 38,4% e as conversões 127% (SANTOS, 1993). Em 1981 foram efetuadas vendas efetivas de carros a álcool. Em 1985 e 1986, chegou-se ao auge da produção de veículos movidos a álcool que passaram a ser responsáveis por 90% dos veículos novos comercializados no país (TEIXEIRA, 2005).

Depois de 1986, a participação dos veículos a álcool caiu gradativamente em relação ao total produzido anualmente. O baixo preço do álcool e os preços atrativos no mercado internacional de açúcar incentivaram a produção e exportação de açúcar, desabastecendo o mercado interno de cana voltada para a produção de álcool. O desincentivo ao álcool também se acentuava devido à oferta de petróleo no país. Graças a programas governamentais de prospecção de novas bacias, em 1987 o Brasil já produzia 55% de sua necessidade total de petróleo (OLIVEIRA, 1991).

A falta do produto nas bombas dos postos reverteu à imagem positiva gerada pelo novo combustível, o que provocou uma queda acentuada na procura e conseqüentemente na produção de veículos a álcool, que chegaram a apenas 13% da produção total de veículos no país (ANFAVEA, 2010). Os subsídios foram reduzidos e o álcool hidratado perdeu competitividade perante a gasolina.

3.4 O fim do Proálcool (1989 - 2002)

Com a crise do petróleo dissipada, o mercado internacional vinha experimentando, desde 1986, uma redução no preço do barril. Não bastasse, no final dos anos 1980, o preço do açúcar havia subido no mercado internacional, o que motivou os produtores a voltarem seus esforços a esse mercado. Reduziu-se desse modo, de maneira substancial, a produção de álcool na safra de 1989 provocando o desabastecimento de álcool e a necessidade de importação do produto, levando os consumidores a um forte sentido de desconfiança em relação à continuidade do álcool como combustível.

Com a redução dos custos de produção do álcool sendo superada pela queda do preço do petróleo, tornou-se inviável a manutenção dos subsídios para o álcool. Com o fim do IAA em 1990 e, por conseguinte, o fim do Proálcool (mesmo que não haja um fim institucional para o programa) no governo do presidente Fernando Collor de Mello, o álcool combustível atingiu seu custo real inviabilizando o carro a álcool (FIGUEIREDO, 2006). Além de marcar a desregulamentação do setor do álcool, os anos 1990 foram determinantes para a indústria automobilística brasileira devido à abertura do mercado por meio da liberação da importação de veículos. A exposição à concorrência mundial forçou a adaptação da indústria aos padrões observados no contexto internacional.

Em 1991, já se notava o desgaste da indústria. Com vendas próximas as registradas em 1970, exportações em queda, baixo nível de investimento e competitividade e com altos custos ao longo de toda a cadeia produtiva era necessário a introdução de uma nova política para o setor (SANTOS; BURITY, 2002). A recuperação viria em 1992 e 1993. Acordos que se basearam no entendimento entre trabalhadores, governo e montadoras resultaram na redução de carga tributária e redução dos lucros das montadoras com o objetivo de baratear os custos e preços para promover a venda de veículos (SANTOS; BURITY, 2002). A partir de 1993, a indústria obteve recordes de produção e vendas e um regime especial, para veículos com motores até 1000 cilindradas, fez surgir uma categoria de sucesso de vendas no mercado. Paralelamente as

mudanças do setor automotivo, o fim da reserva para o setor de informática, em outubro de 1992 pôde promover avanços significativos na eletrônica embarcada nos veículos.

Diversos programas de redução de custos e apoio a fornecedores foram conduzidos pelas montadoras com o objetivo de elevar os níveis de produtividade e qualidade. O país experimentou a instalação de novas plantas produtivas, tanto de montadoras já instaladas, quanto de novas. Observou-se também, a expansão e/ou modernização de plantas já existentes. O setor de autopeças também se modernizou e muitos grupos nacionais foram adquiridos por empresas de capital estrangeiro.

3.5 O desenvolvimento da tecnologia bicombustível

A experiência brasileira com dois combustíveis, álcool e gasolina, motivou a Bosch, no início dos anos 1990, a apresentar ao mercado brasileiro sua tecnologia bicombustível desenvolvida nos EUA. Enquanto o Brasil lançava o seu programa do álcool em 1975, os EUA introduziram sua regulamentação referente ao consumo de combustível de automóveis e comerciais leves, o *Corporate Average Fuel Economy* (CAFE). Seu objetivo era reduzir a excessiva dependência americana do petróleo árabe. Em 1988, o Governo Federal Norte-Americano aprovou o *Alternative Motor Fuel Act* (AMFA) introduzindo incentivos para a produção de veículos movidos a combustíveis alternativos como o metanol (COLANTES, 2008). Embora em 1980 já se discutisse um sistema de injeção capaz de operar com uma mistura de álcool e etanol (PEFLEY *et al.*, 1980), apenas em 1991 e que comercialmente os veículos denominados *flex fuel* surgiram nos EUA, adaptados para rodar com o chamado E85, composto de 85% de etanol e 15% de gasolina.

A solução de injeção bicombustível tem como princípio de funcionamento, o monitoramento eletrônico constante de diversas variáveis do motor (ar, combustível, temperatura, centelha e diversos outros), que são processadas por um computador central (ECU - *Electronic Control Unit*) e software específico, que comanda o funcionamento do motor para cada condição de uso. Esse software tem suas origens no desenvolvimento da injeção eletrônica, que substituiu totalmente os antigos carburadores de tecnologia mecânica e elétrica.

A injeção eletrônica, que conjuntamente com o *know how* do carro a álcool, possibilitou o lançamento do veículo *flex fuel*, começou a ser desenvolvida no país na década de 1970 e foi apresentada no Salão do Automóvel de 1988 equipando um Volkswagen Gol, modelo GTi, em uma versão analógica. Apenas no início dos anos 1990, com o fim da reserva de mercado (prevista na lei de informática e que garantia o mercado para as empresas de capital nacional) é que a injeção eletrônica digital pode ser aplicada nos veículos do país. Com a reserva estabelecida em lei, o desenvolvimento de componentes apoiava-se em uma política de proteção ao similar nacional, em geral, tecnologicamente muito atrasado em relação aos países desenvolvidos.

Em essência, a injeção eletrônica faz um controle da combustão em ciclo fechado permitindo ajustes de diversos parâmetros de funcionamento do motor em frações de segundo, a distribuição correta do combustível nos cilindros e o momento exato para a vela produzir a centelha. Esse desenvolvimento permitiu, também, um melhor desempenho dos motores e redução das emissões de poluentes.

Desde 6 de maio de 1986, por meio da Resolução nº 18 do Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que criou o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve), o Brasil fixou diretrizes básicas para os limites de emissões. Em 28 de outubro de 1993, a Lei nº. 8.723 endossou a obrigatoriedade de se tomarem as providências necessárias para reduzir os níveis de emissão dos poluentes de origem veicular.

O principal objetivo do programa é reduzir a contaminação atmosférica por meio da fixação de limites máximos de emissão, induzindo o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes e determinando que os veículos e motores atendam àqueles limites máximos. Além da injeção eletrônica, a introdução dos catalisadores contribuiu para o cumprimento das metas estabelecidas pelo governo. Para se ter uma idéia, o limite de emissão de monóxido de carbono, definido para veículos leves na primeira fase do programa (1988), era de 24 g/km. Em 1992, esse limite foi reduzido pela metade e a partir de 1997, se manteve em 2 g/km com perspectivas de redução para a sexta fase prevista para 2014 e 2015.

O grande desafio da injeção bicombustível, em comparação à injeção de gasolina (E25) ou álcool puro (E100), é a rápida detecção e ajuste do motor a cada mudança de mistura gasolina-álcool. As primeiras soluções para a injeção bicombustível, desenvolvidas nos EUA, faziam uso de um sensor capacitivo instalado no sistema de alimentação de combustível do motor que detectava a proporção gasolina-álcool antes da queima. O sensor físico reconhece a mistura utilizada no combustível e com base nessa informação, é realizado o ajuste do motor a melhor condição de utilização.

A solução brasileira para o sistema dispensou o sensor capacitivo e a detecção da proporção álcool-gasolina passou a ocorrer após a queima do combustível, por meio do sensor de oxigênio (também chamado de sonda lambda) posicionado no tubo de escape. Esse sensor mede a quantidade de oxigênio identificando assim a composição do combustível. Para cada composição, o controle do motor (software) processa a informação e regula os parâmetros de seu funcionamento, de modo a maximizar o seu desempenho. Para isso, foi necessário desenvolver significativamente a inteligência do software inserido na memória da ECU. Mesmo com a solução delineada em 1994, o desinteresse das montadoras pelo álcool não viabilizou o lançamento do carro *flex fuel*.

Uma convergência de fatores, entretanto, fez com que se retomasse a discussão sobre o veículo bicombustível. No final dos anos 1990, início de 2000, com a estabilização do preço do álcool (50% do valor do preço da gasolina) e a discussão internacional acerca das mudanças climáticas (assinatura do tratado de Quioto), o álcool passou a ser destacado na mídia como um combustível ecológica e comercialmente mais interessante. Uma série de conversões de motores a gasolina para o álcool, observadas em 2001, convenceram as montadoras que a solução *flex fuel* poderia ser, no mínimo, testada.

Em 2002, a Ford apresenta o seu modelo Fiesta equipado com a tecnologia. O veículo, porém não entrou em produção, mas acelerou a corrida para o lançamento de motores bicombustíveis. A partir de 2002, a cadeia produtiva de automóveis iniciou a pressão sobre os órgãos competentes para a elaboração de um regulamento de emissões para esses motores. A Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (Cetesb) liderou a elaboração desse regulamento com a participação de montadoras e de fornecedores do sistema. Em novembro, o governo federal promulgou um regulamento de emissão para motores equipados com a tecnologia bicombustível. Paralelamente, as negociações entre as montadoras e o governo federal evoluíam no sentido de ampliar a extensão dos benefícios fiscais do carro a álcool para os carros bicombustível, até que um acordo foi finalmente concluído.

Em abril de 2003, a VW anuncia o lançamento do seu Gol 1.6 litros bicombustível com a solução da Magneti Marelli, seguida da GM em junho com o seu Corsa 1.8 litros com sistema Delphi e em setembro do mesmo ano, a VW com seu Pólo equipado com o sistema Bosch. Segue-se a partir daí uma sucessão de lançamentos: Fiat em outubro de 2003, Ford em julho de 2004, Renault em outubro de 2004, Peugeot em março de 2005, Honda em novembro de 2006, Toyota em maio de 2007 e Nissan em março de 2009. A primeira geração de veículos *flex fuel* teve um desenvolvimento voltado ao atendimento dos limites de emissão e uma

pequena preocupação com o consumo de etanol, uma realidade que vem sendo alterada e incorporada nos novos lançamentos (NIGRO; SZWARC, 2009).

O último desenvolvimento relevante para o sistema bicombustível é a partida a frio (até -5°C) que dispensa o reservatório de gasolina para a partida a álcool (o “tanquinho” localizado na parte dianteira do veículo), graças o aquecimento prévio do álcool dentro da galeria de combustível. O software da unidade de comandado aciona a unidade de controle de aquecimento, que por sua vez, aciona os elementos de aquecimento. Batizado de sistema *Flex Start*, a inovação lançada pela Bosch em 2009, teve seus estudos iniciados há 30 anos. A tecnologia disponível no passado e o desestímulo ao carro a álcool fizeram com que as pesquisas se arrastassem por anos. Nos EUA a quantidade de gasolina adicionado ao álcool (25%) eliminou a necessidade do tanque auxiliar para partidas a frio.

4 Conclusões

Este artigo apresentou uma visão retrospectiva do surgimento do álcool como combustível nas primeiras décadas do século XX, sua ascensão e queda entre os anos 1970 e 1980 e seu renascimento na década de 2000, com base em uma trajetória de inovações, fatores políticos e econômicos envolvendo múltiplos agentes.

Desenvolvido durante a ditadura militar, o programa de combustível alternativo brasileiro baseado no álcool, o chamado Proálcool, introduziu mudanças significativas no mercado automobilístico e no agronegócio no país. Coube ao governo, o papel de gestor do processo. Suas iniciativas se estenderam do incentivo a pesquisa, até a negociação junto às montadoras para viabilizar o álcool no país. Por decreto, obrigou a distribuição do combustível, subsidiou produtores rurais, reduziu impostos e bancou uma frota de veículos para alavancar o uso do novo combustível.

No âmbito da iniciativa privada, uma série de importantes desenvolvimentos levou o país a consolidar competências na indústria automobilística, que transformaram os centros de pesquisa de muitas montadoras e sistemistas em referências mundiais para projetos envolvendo combustíveis alternativos. Os impactos deste programa também puderam ser percebidos na relação entre as montadoras instaladas no país e suas matrizes no exterior, deixando o Brasil em lugar de destaque na estratégia mundial dessas organizações. Outro resultado observado na trajetória do álcool e também consequência da expansão experimentada pela indústria foi a capacitação dos fornecedores, sobretudo por exercer um papel mais relevante no desenvolvimento de novos produtos para as montadoras. O início das pesquisas para o sistema *flex fuel*, aplicação que hoje domina o mercado nacional de veículos, partiu dos fornecedores e não das montadoras.

A trajetória também ilustra a estratégia das montadoras em cenários de incerteza. Segundo Santos (1993) na ocasião do Proálcool as montadoras instaladas no país, tirando proveito do seu porte econômico, tiveram a oportunidade de esperar a resolução da situação do álcool para poder decidir que caminho tomar. Acabaram cedendo às pressões governamentais e a demanda puxada pelos consumidores. Processo similar pode ser observado no desenvolvimento do veículo *flex fuel*. No início, mesmo considerando que os problemas técnicos que impossibilitavam seu lançamento estivessem quase que totalmente resolvidos, as montadoras duvidavam do sucesso comercial do produto. Havia uma grande insegurança com relação à viabilidade comercial do novo carro, principalmente, em função da percepção do consumidor sobre o valor de revenda do veículo. Mais uma vez as montadoras decidiram esperar. Somente quando o governo reduziu o IPI dos veículos *flex fuel* é que a indústria se motivou a lançar o produto.

No campo foram introduzidas importantes inovações que resultaram em variedades da planta e diferentes utilizações para a cana em setores como o energético, o petroquímico e o farmacêutico, além de promover expressivo aumento na produtividade na lavoura. O processo produtivo também evoluiu, no sentido de aproveitamento da planta. Hoje, o processo gera o mínimo desperdício, pois o resíduo resultante da produção é queimado gerando energia elétrica para a usina. O que sobra é empregado na produção de fertilizantes.

Um amplo debate acerca dos impactos positivos e negativos, principalmente econômicos, do Proálcool ainda persiste. De certo, o programa impulsionou uma série de inovações no mercado automobilístico, gerando oportunidades na área de pesquisa, tanto no âmbito da indústria, quanto do agronegócio. O consumidor, no fim, agradece.

Referências

ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. 2010. Disponível em: < www.anfavea.com.br >. Acesso: 12/02/2010.

BACCARIN, José Giacomo. **A constituição da nova regulamentação sucroalcooleira**. Centro de Estudos Avançados Multidisciplinares, Núcleo de Estudos Agrários, v. 5, n. 22. São Paulo: Editora UNESP, 2005.

BAER, Werner. **A economia brasileira**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 2002.

COLLANTES, Gustavo. **Biofuels and the Corporate Average Fuel Economy Program: The Statute, Policy Issues, and Alternatives**. Discussion Paper 2008-05, Cambridge, Mass.: Belfer Center for Science and International Affairs, 2008.

CORREIA, Eduardo Luiz. The Re-emergence of Ethanol Fuel in Brazil. **Oxford Energy Forum**, n. 68, fev. 2007.

DAHAB, Sônia S.; MÜLLER, Helmuth. Difusão de novos produtos: o caso do carro a álcool no Brasil. *In: XIV Encontro Nacional de Economia*. Brasília: ANPEC, p. 533-559, 1986.

DUNHAM, Fabrício Brollo. A estruturação do sistema de inovação em álcool combustível como base para o Proálcool. *In: V workshop internacional Brasil-Japão em bicombustível, meio ambiente e novos produtos da biomassa*. UNICAMP. Campinas: 2007.

FIGUEIREDO, Sergio Ferreira de. **O carro a álcool: uma experiência de política pública para a inovação no Brasil**, 2006. Dissertação (Mestrado em Políticas de Ciência e Tecnologia). Universidade de Brasília: Distrito Federal.

HIRA, Anil; OLIVEIRA, Luiz Guilherme de. No substitute for oil? How Brazil developed its ethanol industry. **Energy Policy**, v. 37, p. 2450-2456, 2009.

LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira; LEAL, Manoel Régis L. V. O bicombustível no Brasil. **Novos Estudos**, n. 78, 2007.

MACEDO, Isaias C. Situação atual e perspectivas do etanol. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, 2007.

MARCOLIN, Neldson. **Era quase aguardente**. 2008. Disponível em:

<<http://www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=3468&bd=1&pg=1&lg>>. Acesso: 11/05/2009

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA DO BRASIL (MME). 2010. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso: 26/04/2010.

NIGRO, Francisco; SZWARC, Alfred. **Etanol como combustível veicular: perspectivas tecnológicas e propostas de políticas públicas**. 2009. Disponível em: <http://www.unica.com.br/downloads/estudosmatrizenergetica/pdf/Matriz_Flex_Nigro6.pdf>. Acesso: 03/05/2010.

OLIVEIRA, Adilson de. Reassessing the Brazilian alcohol programme. **Energy Policy**, 1991.

PEFLEY, R. K.; PULLMAN, J. B.; SUGA, T. P; ESPÍNOLA, S. A feedback controlled fuel injection system can accommodate any alcohol-gasoline blend. *In: IV International Symposium on Alcohol Fuels Technology*. Guarujá, SP, 1980.

SALOMÃO, Alexa; ONAGA, Marcelo. Etanol. O mundo quer. O Brasil tem. **Exame**. São Paulo: Abril, ano 40, n. 12, ed. 870, p. 18-24, 21/06/2006.

SANTOS, Angela M.M.M.; BURITY, Priscilla. **BNDES: 50 anos – Histórias Setoriais: O Complexo Automotivo**. 2002. Disponível em: < <http://www.bndes.gov.br> >. Acesso: 20/01/2009.

SANTOS, M.H.C. **Políticas e políticas de uma energia alternativa: o caso do Proálcool**. Rio de Janeiro: Notrya, 1993.

TEIXEIRA, Evelyn C. **O desenvolvimento da tecnologia Flex-fuel no Brasil**. Instituto DNA Brasil. 2005