

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Insituto de Economia



1290000563



TCC/UNICAMP F413a



O ÁLCOOL COMO COMBUSTÍVEL

relações econômicas e energéticas

Fabício Antônio Pessato Ferreira
orientador: Walter Belik

CE-851: Monografia II
Relatório de Monografia II

CAMPINAS
dezembro de 1998.

TCC/UNICAMP
F413a
IE/563

CEDOC/IE

ÍNDICE

<u>INTRODUÇÃO</u>	4
--------------------------------	---

<u>CAPÍTULO I: O PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E O SETOR ENERGÉTICO</u> NO BRASIL.....	11
1.) Introdução.....	11
2.) Evolução Industrial: a criação da infra-estrutura.....	13
3.) O setor energético e sua importância para o processo de industrialização.....	18
4.) Os custos dos transportes.....	22

<u>CAPÍTULO II: A ESTRUTURA ENERGÉTICA BRASILEIRA</u>	27
1.) Preliminar Histórica.....	28
2.) A atual estrutura energética.....	35
3.) A inserção do álcool na matriz energética.....	65

<u>CAPÍTULO III: O PROGRAMA NACIONAL DO ÁLCOOL</u>	70
1.) Introdução.....	70
2.) Antecedentes históricos do Programa Nacional do Álcool.....	71
3.) A Evolução do Proálcool.....	74
4.) Avaliação do Proálcool: tecnologia e custos.....	79
<u>CAPÍTULO IV: DESAFIOS PARA O PROÁLCOOL</u>	89
1.) A cana-de-açúcar: plantio e colheita.....	90
2.) Os óleos vegetais como alternativa ao diesel – o Proóleo.....	96
3.) Outras possibilidades de combustíveis.....	99
4.) Aspectos industriais ligados à produção de álcool.....	102
<u>CAPÍTULO V: ANÁLISE FINAL - CONCLUSÕES</u>	106
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	119

APÊNDICE	125
Tabela 1: Principais fontes primárias (1995).....	126
Tabela 2: Total de fontes primárias.....	126
Tabela 3: Derivados de petróleo: evolução da produção doméstica.....	127
Tabela 4: Importações dos principais derivados de petróleo.....	128
Tabela 5: Participação percentual da produção interna dos principais derivados de petróleo na oferta total do país.....	128
Tabela 6: Consumo das principais fontes de energia.....	129
Tabela 7: Consumo total dos principais derivados de petróleo.....	130
Tabela 8: Produção de cana, açúcar e álcool – Brasil.....	131
Tabela 9: Controle de frota e consumo específico.....	132

INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido com o propósito de estudar o álcool como recurso energético de importância nacional, procurando-se identificar a lógica na qual foi concebido o projeto que o lançou como um combustível de larga utilização no âmbito do setor de transportes no Brasil. O objetivo principal a que se destinou a pesquisa implementada, é analisar o desempenho econômico do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), baseando-se na inserção desse combustível na matriz energética. Serão demonstradas as relações que tem o setor sucroalcooleiro com os demais, buscando-se dessa forma avaliar qual o grau de interligação deste programa na oferta de energia.

Partindo-se do pressuposto de que esse trabalho não seria completo sem uma visão mais global da questão, foi necessário inicialmente abrir mão de uma discussão específica sobre o papel do álcool exclusivamente como mais um energético. Dadas as circunstâncias que motivaram o lançamento do Proálcool, optamos por realizar uma reflexão mais profunda acerca dos princípios concebidos para a criação de tal programa. Tais princípios encontram-se no peculiar processo de industrialização brasileira, que se desenvolveu seguindo o padrão americano de produção em larga escala de bens de consumo duráveis, cujo representante mais expressivo era o automóvel de passeio.

Ora, no caso específico da industrialização brasileira, este padrão teve um significado distinto dos demais países de economia desenvolvida. A extrema dependência com relação ao petróleo, não somente como combustível, mas também como imprescindível insumo industrial – fato comum a todas as economias que se encontravam em acordo com o modelo da chamada 2ª Revolução Industrial –, tornou-se seriamente mais grave no caso brasileiro, após os “choques” dos preços internacionais daquele produto, devido às características que se observou no processo de formação de nossa economia industrial.

Ademais, diferentemente das nações de economia desenvolvida, o Brasil, ao industrializar-se, optou por um modelo de transportes que impulsionaria o próprio padrão de industrialização proposto. Ainda que o setor rodoviário e os que foram preteridos no decorrer do processo não serem excludentes em seu caráter geral, ocorreu que o desenvolvimento industrial brasileiro levou à extinção da possibilidade de se criar um sistema diversificado de transportes, de maneira a atenuar os impactos das oscilações de oferta e demanda que decorrem dos ciclos econômicos. Assim, ao se adotar o transporte rodoviário como exclusivo, afastou-se a viabilidade da criação de um sistema mais eficiente, por um lado, ao passo que indiretamente se acirrou a dependência com relação ao petróleo, visto que o sistema em vigor é mais dispendioso, do ponto de vista energético, do que outros meios de transporte que desloquem maior quantidade de unidades de carga com menos unidades motoras (como se verifica, por exemplo, no caso do sistema ferroviário).

O determinante da adoção exclusiva do sistema de transportes rodoviário foi, portanto, a massificação dos automóveis de passeio como propulsora do padrão de industrialização brasileiro. Este modelo é responsável pelos graves problemas enfrentados hoje com relação aos transportes públicos, que se verifica nos principais centros metropolitanos do país. Isto porque propagou-se a forma de deslocamento individual, em detrimento de sistemas coletivos (como o de ônibus), os quais estavam à margem da idéia de desenvolvimento. Não obstante, este peculiar processo de industrialização trouxe consigo um outro problema não menos grave: a utilização do sistema rodoviário para frete de mercadorias entre as regiões. Dessa forma, o transporte de cargas interregional, ao ser adotado de forma dominante, promoveu um aumento do chamado "Custo Brasil", que se reflete no alto custo de vida das cidades brasileiras, quando comparadas às de outros países.

Quando os choques do petróleo alertaram para a extrema dependência que o padrão da 2ª Revolução Industrial impôs com relação a um recurso energético não renovável, não se atentou entretanto para os desperdícios na utilização deste insumo no caso específico brasileiro. Assim, as soluções buscadas para fazer frente a essa dependência, lançadas no decorrer do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND)

de meados da década de setenta, na verdade reforçaram o modelo de industrialização adotado pelo Brasil, mantendo, ou mesmo agravando, a ineficiência do uso dos recursos energéticos no Brasil. Enfim, não se buscou por alternativas que viessem efetivamente a dar uma resposta ao problema que foi a razão lançamento do Proálcool, qual seja, o setor de transportes como um todo, lançando-se em pesquisas para expandir a oferta energética, quando se poderia optar pela maximização do uso no lado da demanda.

Para melhor nortear a inserção do álcool no quadro energético brasileiro, deve-se compará-lo à demais fontes energéticas de que dispõe o país. A principal referência para que seja realizado esse estudo é o Balanço Energético Nacional, uma publicação anual feita pelo Ministério das Minas e Energia. Com base nesse material, poder-se-á ter uma visão global do setor de energia, avaliando-se também a colocação dos subprodutos decorrentes da produção de etanol.

O ponto mais importante a ser tocado, está na funcionalidade para a qual foi projetado o Proálcool. O álcool desempenha uma função importante na matriz energética, que é atender a um setor específico da economia. Dessa forma, deve-se analisar a situação dos transportes brasileiros, e se verificar os resultados apresentados pelo programa, observando-se atentamente quais as possibilidades de torná-lo mais abrangente, dentro das condições nas quais foi implantado.

A forma de transporte baseada na difusão do automóvel de passeio, tem por característica intrínseca o alto custo social. Para se ter noção do que representa a proliferação do automóvel nos grandes centros urbanos, tomemos os seguintes dados: peso e área ocupada ¹. Esse desperdício torna-se mais evidente quando se toma a

¹ Usando-se como referência, três dos automóveis considerados populares: o Ford Fiesta (*Internet*, <http://www.ford.com.br>), o Corsa Wind da Chevrolet (*Internet*, <http://www.chevrolet.com.br>), e o Gol Mil da Volkswagen (*Internet*, <http://www.volkswagen.com.br>), as especificações técnicas desses carros nos fornecem como média os seguintes números: 920 kg de massa, e uma área de 6 m². Se supusermos que uma pessoa média brasileira tenha 70 kg, um veículo com cinco pessoas estaria carregando um peso morto de cerca de 62 % da carga útil. Se levarmos em conta que grande parte dos automóveis não levam a máxima capacidade de seus passageiros, e que os outros carros (não populares) apresentam massa muito maior, concluiremos que o cálculo do peso morto carregado pelos veículos crescerá ainda mais.

área ocupada por um carro de passeio, e se calcula quanto ocupam os 18 milhões de automóveis de frota nacional (até 1996) ², chegando à fabulosa superfície de 108 milhões de metros quadrados de vias urbanas e rodovias.

Afora esses desperdícios, há ainda aqueles relacionados aos gastos com combustíveis, sendo estes mais relevantes para a problemática que está sendo levantada neste trabalho. É notório que o Proálcool foi instituído para atender a uma parcela significativa dos transportes, mas a questão a ser tratada é que isso representa um sobregasto que se reflete diretamente na economia de uma maneira geral. Ora, para movimentar tal quantidade de veículos, que por sua vez transportam uma carga pouco significativa, é necessária, além de uma quantidade dispendiosa de combustível, a manutenção da infra-estrutura, a qual, dado o aumento do número de veículos em circulação, implica em construção de todo um aparato rodoviário que muitas vezes não resolveu os freqüentes problemas de congestionamento.

Do outro lado da questão, encontra-se o abandono sumário da resolução dos problemas relacionados à deficiência dos transportes públicos. A história mostra-nos que tal descaso já teria origens na década de sessenta, quando se desmontou a infra-estrutura construída para os bondes, que poderia ser utilizada ainda hoje com veículos mais modernos, a exemplo do que ocorre na Europa. Enfim, o que se verifica é uma ineficiência geral dos transportes, causada em parte pelo aumento expressivo do número de automóveis de passeio em circulação, por outro lado pela displicência quanto aos transportes coletivos.

Criou-se portanto um círculo vicioso, no que diz respeito aos transportes. A população evita usar o sistema de transportes públicos, porque ele é ineficiente e desconfortável, buscando o automóvel de passeio como solução. E a ordem de gastos públicos que se faz necessária ao atendimento dos veículos particulares aumenta, dado o crescimento da demanda por tal solução, em detrimento de investimentos nos transportes coletivos, os quais tendem a se tornar cada vez piores.

² VARELLA, F. (7 de agosto de 1996, pp 48-49).

O Proálcool deve ser discutido à luz dessa problemática, porque ele se apresenta também como parte dos gastos governamentais para atender a um ramo que tende a agravar a situação dos transportes urbanos, e nada representa em termos de redução de custos de frete. Sob esse prisma, será discutida a viabilidade econômica do programa, como eventual solução para o setor como um todo, além de se observar a aplicabilidade apenas como combustível alternativo para o principal derivado de petróleo: a gasolina. Este trabalho tratará portanto de ambas as considerações, colocando-se em principal plano a questão relativa aos transportes no seu contexto global.

O presente relatório de pesquisa está dividido em cinco capítulos. No primeiro, será analisado o peculiar processo de industrialização brasileiro, cujas características permitiram o surgimento do Proálcool na década de setenta, buscando-se resgatar as razões descritas acima para o lançamento do projeto de substituição de energéticos dependentes de petróleo. Essa discussão é o ponto de partida para uma compreensão melhor fundamentada acerca de uma análise energética, de sorte que a explanação não se torne superficial, oferecendo uma base mais sólida para a análise do álcool enquanto energético que ocupa uma posição de destaque na matriz energética nacional. O elo entre este capítulo e os subseqüentes está na avaliação do quadro dos transportes brasileiros, a razão pela qual o país lançou-se num programa audacioso quanto foi o Proálcool, que chegou em algum momento a representar a crença do surgimento de um novo paradigma. A avaliação da evolução dos transportes no Brasil, os quais têm um papel – conforme já foi mencionado – de motor de um padrão de desenvolvimento em algum momento do processo de industrialização, é a melhor maneira de se iniciar o estudo da estrutura energética que se criou, destinada especificamente para aquele setor.

O capítulo dois apresentará uma descrição do quadro energético do país, incluindo-se os antecedentes históricos que datam do final do século XIX, até os dias atuais, em que constam a publicação do Balanço Energético Nacional, pelo Ministério das Minas e Energia. Serão avaliados neste ponto as condições energéticas do país, para fazer frente a uma possível oscilação brusca de oferta de petróleo, bem como o

papel de destaque que viria a ter o álcool sob essa hipótese. Cabe ainda fazer uma análise das outras alternativas que se vem estudando ao longo do tempo, buscando-se enfatizar o grau de diversificação de que dispõe o país na área de energia, condição necessária para se ter os custos globais de obtenção minimizados.

O terceiro capítulo irá fazer uma retrospectiva histórica do Programa Nacional do Álcool, além de tratar da questão do álcool como combustível, buscando-se compará-lo principalmente à gasolina, buscando-se uma detalhada avaliação energética e econômica. Também constarão neste capítulo os objetivos, recursos e incentivos agentes envolvidos nas decisões relevantes para a implantação e a continuidade do Proálcool, bem como a evolução do programa, discutindo-se os principais resultados e críticas. Serão ainda estudados os aspectos técnicos e tecnológicos, além dos custos que envolvem o programa, desde sua implementação até os dias atuais, no que diz respeito à sua manutenção.

Uma abordagem atualizada do Proálcool é o tema do penúltimo capítulo. Incluem-se para tanto os aspectos que escapam à ordem econômica e energética diretamente, dentre os quais se destacam a questão da agricultura e os aspectos ambientais. Este espaço oferece também uma boa margem para discutir outros aspectos que correm paralelamente ao Proálcool, como uma reflexão acerca dos outros programas de substituição de derivados de petróleo que se originaram no mesmo período, mas que foram paulatinamente abandonados ao longo dos anos, conforme se verificou com o Plano de Produção de Óleos Vegetais para fins Energéticos (Proóleo). Serão mencionadas ainda as outras possibilidades de combustíveis, reconhecidas no jargão da imprensa como “fontes alternativas”, dentre as quais se destacam a energia elétrica, solar e a proveniente do hidrogênio.

No capítulo final, estará a análise conclusiva do que representou o programa em termos de viabilidade econômica, e qual a direção a ser tomada, no que diz respeito à aplicabilidade do álcool combustível para o setor de transportes brasileiro. Este capítulo deverá resgatar os principais tópicos levantados no decorrer desta pesquisa, cujo propósito, em última instância, é responder à questão: o Proálcool apresenta-se como uma proposta energética economicamente relevante no longo prazo? Nestes

termos, seguindo a trajetória que se procurou empreender neste trabalho, deve-se julgar o programa principalmente dos pontos de vista econômico e energético, que são o eixo da pesquisa, ponderando-se, entretanto, com os demais aspectos estudados que permitem uma avaliação menos específica, porém mais abrangente da questão. Desta forma, certificamo-nos de que a presente explanação contém uma visão ampla dos pontos concernentes à discussão, o que oferece um referencial bem fundamentado para uma análise específica que se constitui o núcleo do estudo.

CAPÍTULO I: O PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E O SETOR ENERGÉTICO NO BRASIL.

1.) Introdução

Neste capítulo será analisada a inserção do Brasil na ordem sócio-econômica baseada na indústria. A mudança de paradigma que começou a se desenvolver no início do século, mas que somente se concluiu na segunda metade da década de cinquenta, é caracterizada pela passagem do modelo agrário-exportador da economia, para o padrão industrial, fundamentado em uma ordem econômica muito distinta. Entretanto, os resquícios da economia com fortes vínculos fundiários, formaram uma estrutura social muito peculiar, caracterizada por grande influência das aristocracias rurais nas decisões do contexto global da economia.

É um fato notório que na década de trinta, ocorreu uma ruptura estrutural no âmbito das relações sociais. Obviamente, essa quebra de preceitos não se deu instantaneamente, mas fez parte de uma conjuntura que já começava a se desenvolver no final do século passado. Naquele período, por volta de 1898, começavam a surgir as primeiras indústrias no país, o que era possibilitado por um quadro positivo da economia, devido aos excedentes gerados com as exportações de café.³

Inicialmente, a implantação dessas indústrias estava ligada à necessidade de diversificação imposta sobre uma estrutura estritamente dependente das oscilações dos preços internacionais do café. Tais indústrias eram caracterizadas pela pouca necessidade de capital, pois era próprio do início da industrialização a ênfase na produção de bens de consumo não duráveis, devido ao fator tecnológico relativamente acessível ao pequeno e médio capitais. Assim, nessa fase constituíram-se as principais indústrias comuns à 1ª Revolução Industrial.

³ CANO, W (1985: capítulo V).

Com a Grande Depressão dos anos trinta, que teve impactos sem precedentes nas economias de todo o mundo, iniciou-se a mudança no padrão de acumulação. A partir de 1933, iniciou-se uma fase denominada Industrialização Restringida, em que a indústria de base recebe atenção especial por parte do dito “Estado Industrializante”. Até meados dos anos cinqüenta, a indústria de base estava sob a gestão do Estado. Antes que se complementasse o processo de industrialização do Brasil (e até mesmo nos dias de hoje), havia uma influência muito forte das estruturas agrícolas, no contexto da economia.

Essa influência é notória, tanto que mesmo com a formação da indústria pesada no país, o que foi possível em parte devido ao enfraquecimento relativo do poder político das oligarquias agrárias, no plano econômico criou-se um duplo vetor, conflitando-se as estruturas de mercado com interesses fundiários, que se propagou através dos anos. Esse caráter ambíguo da economia brasileira determinou, dentre muitas decisões incomuns, a utilização do álcool para fins carburantes, o objeto de estudo neste trabalho. De fato, num momento em que a maioria das economias do mundo buscava soluções energéticas, o Brasil apresentava o Proálcool como uma alternativa importante, que traria conseqüências irreversíveis, tanto para estrutura agropecuária, quanto para a indústria automobilística doméstica.

Não obstante, partindo-se do pressuposto de que a implantação de um programa de substituição de energéticos baseado em investimentos governamentais deveria contemplar o contexto dos transportes brasileiros de forma geral, as soluções apontadas não se aplicavam aos dois pontos mais importantes desse setor. De fato, a estrutura dos transportes, em seu aspecto peculiar, não prescindia naquele momento de alternativas energéticas para as áreas de transportes coletivo e de mercadorias entre regiões, devido à importância econômica que representava a indústria automobilística baseada em veículos de passeio como propulsora de um padrão de desenvolvimento, conforme já foi mencionado. A descrição dessa estrutura, em que se incluem os aspectos mais relevantes do quadro dos transportes no Brasil, será contemplada com maiores detalhes no item 4 deste capítulo.

Faz-se, portanto, necessário introduzir a questão do processo de industrialização do Brasil, como precedente à conjuntura na qual surgiu o Programa Nacional do Álcool. A partir dessa análise, poder-se-á ter uma visão mais abrangente a respeito da controversa discussão sobre os prós e contras do lançamento de um programa de tal porte, como foi o Proálcool.

2.) Evolução Industrial: a criação da infra-estrutura

Neste item, será analisada a criação do setor industrial incipiente, surgido graças aos extraordinários lucros obtidos com a exportação de café. Junto com as primeiras indústrias, foi construída também parte da infra-estrutura que mais tarde seria aproveitada de forma a constituir o carro-chefe da economia, quando se deu a mudança do padrão agrário-exportador para o industrial.

A industrialização brasileira foi um processo extremamente lento. As primeiras manufaturas têxteis modernas foram instaladas na região Nordeste, após 1844 ⁴, e a primeira construção ferroviária foi realizada em 1854 pelo Visconde de Mauá, uma estrada de ferro que ligava a Baía de Guanabara à Serra de Petrópolis ⁵. Embora houvesse uma grande dispersão das indústrias na origem do processo, era inevitável a concentração do parque industrial na região de maior disponibilidade de recursos naturais. Isto fica mais claro quando analisamos a questão da fertilidade da terra, porque “o salário de subsistência da população tende a ser relativamente mais elevado, onde é mais baixa a produtividade do homem ocupado na produção de alimentos” ⁶. Logo, era mais natural que ocorresse a concentração das indústrias na região Centro-Sul do país, principalmente no estado de São Paulo, que, além de ser beneficiado com a abundância de recursos naturais, tinha a vantagem de já possuir a

⁴ ver FURTADO, C. (1977: pág. 238).

⁵ MOTOYAMA, S. (1994: pág. 39).

⁶ FURTADO, C. (1977: pág. 239).

infra-estrutura instalada no decorrer do século XIX, necessária à cultura do café, especialmente em relação ao desenvolvimento do transporte ferroviário.

A industrialização brasileira tardou a se completar. No início, fora instalada a indústria leve devido às dificuldades para a formação de uma indústria de bens de produção. A seguir, surgiram barreiras que impediram o acesso ao capital externo. Entre 1930 e 1946, a conjuntura que se formou em decorrência da Grande Depressão era adversa à exportação de capitais, tornando difícil o financiamento externo ⁷. Por outro lado, o Brasil não tinha condições de desenvolver uma indústria pesada capaz de competir com os países centrais, além dos evidentes problemas de escala.

Somente com o acirramento da competição oligopólica nesses países depois da reconstrução da Europa e Japão pós 2ª Guerra Mundial, o que forçou a diversificação de investimentos em outras economias que pudessem render boas oportunidades de inversão, o Estado pode lançar mão do acesso à empresa oligopolista internacional, e concluir o processo de industrialização pesada ⁸. As indústrias de bens de produção levaram ao desenvolvimento do mercado interno. Conseqüentemente, o setor externo passou a ter importância relativamente menor para o contexto da economia, tornando-se possível “evitar que os efeitos das flutuações da capacidade para importar concentrassem-se no processo de capitalização” ⁹.

A infra-estrutura que viria a ser parcialmente utilizada no processo de industrialização do Brasil, começou a ser implantada no século passado. Era um primeiro passo para se alcançar a modernização, definida por Motoyama como “a adoção de procedimentos e instrumentos que perseguem objetivos em parte já atingidos pelas unidades produtivas sediadas nos países europeus ao norte dos Alpes e dos Pireneus, pelo menos até a Segunda Guerra Mundial” ¹⁰. Segundo esta definição, pode-se dizer que havia uma incipiente indústria da construção civil, que se constituía de firmas economicamente organizadas para a aplicação da técnica e da engenharia construtiva visando a implementação de obras, principalmente públicas. A

⁷ CARDOSO DE MELLO, J. M. (1982, pág. 115).

⁸ ver CARDOSO DE MELLO, J. M. (1982, pág. 119).

⁹ FURTADO, C. (1977: pág. 236).

¹⁰ MOTOYAMA, S. (1994: pág. 29).

primeira organização com estas características que o país teve foi a indústria das estradas de ferro.

Quando nos referimos à infra-estrutura de transportes – principal objetivo desta pesquisa –, podemos afirmar que a primeira lei que favoreceu a implantação da indústria ferroviária no Brasil, foi um decreto assinado em 1835, pelo Regente Diogo Antônio Feijó e pelo Ministro do Império Antônio Paulino Limpo de Abreu. Por este documento legal, a nação concedia exclusividade para a exploração econômica, por quarenta anos, às companhias que construíssem uma estrada de ferro ligando a então Capital do Império às Minas Gerais, ao Rio Grande do Sul e à Bahia ¹¹. Entretanto, as primeiras ferrovias somente foram construídas quase vinte anos mais tarde, em 1854, não por uma empresa privada, mas por uma estatal constituída para a construção de ferrovias que atendessem a setores estratégicos específicos, especialmente o Vale do Paraíba e a Província de Minas.

A maior parte do complexo ferroviário brasileiro foi construída no período de 1890 a 1930, cerca de 22 mil quilômetros dos quase 40 mil existentes hoje. Todas as estradas foram realizadas pelos recursos estatais, com garantia de juros e isenção fiscal ao material ferroviário. Após a Grande Depressão, sucederam-se diversas fusões de companhias, e a Central do Brasil absorveu as firmas iminentemente falidas, melhorando a situação financeira geral do complexo ferroviário ¹². Mas a grande revolução ferroviária ocorreu com a criação da CSN (Companhia Siderúrgica Nacional), em 1943, e com a implementação das técnicas mais avançadas de estruturação do leito da estrada, cujo desenvolvimento deveu-se às pesquisas voltadas para a construção das primeiras rodovias.

Apesar do considerável desenvolvimento que obteve o setor ferroviário brasileiro, e dos progressos obtidos pelo país a partir de sua evolução, é reconhecida a subutilização do sistema desde o início de sua implantação até os tempos atuais. De fato, o fracasso das ferrovias como empresa deve-se a diversos fatores, dentre os quais se destacam, em um primeiro momento, a inadequação dos métodos utilizados

¹¹ ver MOTOYAMA, S. (1994: pág. 37).

¹² MOTOYAMA, S. (1994: pág. 48).

para a construção das estradas de ferro, que seguiram o padrão europeu, cuja composição geográfica não é comparável à dos trópicos. Como conseqüência, a história registra grandes desmoronamentos dos leitos das estradas, que as inutilizou parcial ou totalmente. Outro fator, diz respeito aos recursos materiais utilizados nas ferrovias, todos importados. Não houve desenvolvimentos tecnológicos suficientes para dar assistência às estradas construídas no século passado, apesar das “oficinas de manutenção” da Central do Brasil, por falta justamente de uma indústria de base (siderúrgica e metalúrgica), que somente viria a surgir com êxito na década de quarenta ¹³.

No momento seguinte, o complexo ferroviário encontrou uma barreira que não pôde transpor: a era do “rodoviarismo”. Quando as primeiras rodovias começam a ser precariamente construídas no Brasil, na década de vinte, não se imaginava que o transporte rodoviário viesse a se sobrepôr às ferrovias. De fato, o automóvel era considerado um artigo de luxo, e o transporte ferroviário, o único viável, tanto do ponto de vista econômico, quanto tecnológico. Entretanto, na década de cinquenta, quando o padrão de produção em larga escala expandiu-se para todo o mundo e se tornou a nova ordem, o Brasil seguiu o modelo dos Estados Unidos e da Europa de desenvolvimento. Em 1956, a primeira grande política industrial no país, o Plano de Metas, lançou as diretrizes para a aceleração da industrialização. Essa política tinha, na implantação da indústria automobilística integrada, um dos carros-chefes do chamado “desenvolvimentismo” ¹⁴. A consolidação da indústria automobilística decretou o início de um processo paulatino de abandono do sistema ferroviário brasileiro, e isso pode ser verificado com os seguintes números: em 1940, 62 % do volume total de bens do país eram transportados pelas ferrovias; em 1959, essa taxa caiu para 37 %. No mesmo período, o volume transportado pelo sistema rodoviário subiu de 34 % para 58 % ¹⁵.

As auto-estradas evoluíram de maneira relativamente rápida. Em 1921, o governo do Estado de São Paulo de Washington Luís fundava a Inspetoria de Estradas

¹³ MOTOYAMA, S. (1994: pág. 46).

¹⁴ ver LESSA, C. (1981: pág. 27).

de Rodagem (IER), que em 1926 transformar-se-ia na Diretoria de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo. Esse órgão foi criado para a construção de algumas estradas do interior, sem qualquer importância econômica, já que o café era transportado pelo sistema ferroviário. Novas entidades somente foram criadas a partir de 1934. A primeira foi o Departamento de Estradas de Rodagem (DER) do Estado de São Paulo, que no ano seguinte uniu-se em convênio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para o desenvolvimento de pesquisas sobre materiais e técnicas de construção de rodovias. Essa associação possibilitou que fossem construídas as rodovias Anchieta (1939) e Anhangüera (1940).

Assim, abandonou-se o antigo padrão de construção de estradas, com a mão-de-obra intensiva (quase escrava), que se utilizava de carroças de burro e realizava o trabalho com ferramentas básicas¹⁶. Passava-se agora a incorporar a mecanização, iniciando-se a era dos transportes rodoviários. Essa nova era teria como mais evidente representante, o automóvel de passeio, o grande propulsor do novo modelo de desenvolvimento baseado na massificação dos bens de consumo duráveis para o âmbito da sociedade. Entretanto, somente com investimentos diretos externos, pode-se ter acesso à indústria de bens de consumo duráveis, cabendo à burguesia industrial nacional, além da fatia do mercado correspondente aos bens de consumo não duráveis como um todo, os bens de produção leves, que permitam assistência técnica ao setor de bens de consumo duráveis, como por exemplo a indústria de autopeças. Constituíam-se assim a indústria nacional, cujo insumo básico era uma matéria orgânica então de baixo custo: o petróleo.

Para a viabilidade de todo esse aparato industrial, foi importante desenvolver uma tecnologia capaz de atender a uma demanda cada vez maior por energia. Além de tudo, a industrialização desencadeou um processo de urbanização acelerada, devido principalmente ao êxodo rural. Logo, fez-se necessária uma produção energética extra para atender à cada vez mais elevada e concentrada população das cidades. Surgiam questões relevantes, como a distribuição dos investimentos

¹⁵ MOTOYAMA, S. (1994: pág. 51).

¹⁶ ver MOTOYAMA, S. (1994: pág. 150).

governamentais nos diversos setores. Segundo Lima, "as áreas de infra-estrutura, energia e transporte respondiam por 73 % dos investimentos programados, 20,7 % destinava-se às indústrias de base e 6,6 % à alimentação e à educação" ¹⁷. As políticas adotadas neste período e a continuidade do modelo de desenvolvimento nos governos que se seguiram foram os responsáveis pela grande dependência em relação ao petróleo, fato principalmente observado no setor de transportes e na indústria como um todo.

A seguir, será avaliada o surgimento de um setor específico da economia industrial, sem o qual não se completaria o processo de industrialização. Esse setor constitui parte da infra-estrutura básica, e requer investimentos de uma grandeza muito expressiva, sendo responsável, ainda hoje (e principalmente hoje), por uma exaustiva discussão sobre as necessidades de se renovarem investimentos na expectativa de ampliação da capacidade, de forma a atender uma crescente demanda.

3.) O setor energético e sua importância para o processo de industrialização

O desenvolvimento energético do país possibilitou a aplicação da energia em diversos setores específicos. A principal fonte brasileira de energia foi, desde o surgimento do setor, baseada em recursos hídricos. As primeiras hidrelétricas surgiram ainda no século XIX, sendo a mais antiga a hidrelétrica do Ribeirão do Inferno, em Diamantina, Minas Gerais, 1883 ¹⁸. A criação dessas hidrelétricas atraiu o capital estrangeiro para o setor, surgindo, ainda no século passado, as companhias de energia pioneiras. As empresas estrangeiras dominaram o setor de energia elétrica até 1962, quando foi implantada a Eletrobrás, passando o Estado a exercer o controle sobre a principal forma de energia. À medida em que evoluía, o setor energético propiciava o desenvolvimento nas áreas de serviços, agrícola, residencial e, em certo

¹⁷ LIMA, J. L. (1995, pág. 69).

¹⁸ MOTOYAMA, S. (1994: pág. 255).

momento, tornou possível a implantação de uma estruturada indústria de bens de consumo duráveis.

Na área de serviços, o desenvolvimento do setor bancário, que permitia a ampliação do crédito, aumentava o mercado consumidor interno. Um grande impulso foi dado durante a Primeira Guerra Mundial, em que a necessidade de substituir os produtos importados da Europa exigia a expansão do crédito para favorecer a indústria de bens de consumo. Houve mudanças qualitativas advindas da aplicação da energia elétrica na área de serviços no Brasil, principalmente nos setores de comércio e bancário. A viabilização da energia elétrica para os diversos setores da economia foi o passo inicial para a implantação da indústria de bens de produção e de capital. As indústrias de bens de consumo não duráveis pela burguesia nacional, de uma maneira geral, evoluíram concomitantemente ao desenvolvimento do setor energético.

As dívidas contraídas no exterior auxiliaram na formação da indústria pesada brasileira, gerida sob administração estatal. No governo de Getúlio Vargas, lançaram-se as bases para se alcançar essa meta. A indústria de insumos básicos foi construída durante seus dois mandatos. Somente na gestão de Juscelino Kubtischek, com a entrada dos investimentos diretos, o país conseguiu concluir o padrão de industrialização similar ao das economias desenvolvidas. O modelo industrial que se seguiu à conclusão do processo de industrialização brasileiro foi semelhante ao da 2ª Revolução Industrial, maciçamente fundamentado em um recurso energético não renovável: o petróleo.

Este modelo de desenvolvimento tende a causar graves problemas no que se refere ao meio ambiente e às questões de ordem econômica. A primeira grande prova disso foi o 1º choque do Petróleo, ocorrido em outubro de 1973, que elevou o preço no mercado internacional de US\$ 3 para US\$ 12 por barril ¹⁹. A consequência desta elevação foi um aumento generalizado dos preços, uma vez que o petróleo era insumo da maior parte dos setores industriais. Configurou-se assim um problema de descontinuidade de energéticos no plano mundial, a qual desencadeou a necessidade de uma grande mudança no padrão de consumo e de produção de energia em quase

todos os países. Tal mudança causou impacto imediato na transações comerciais e financeiras da economia internacional²⁰

O novo cenário econômico internacional levou o governo Ernesto Geisel, em 1974, a elaborar um vultoso projeto, denominado II Plano Nacional de Desenvolvimento – II PND –, a última grande política industrial da história brasileira. O II PND tinha como objetivo a adequação da economia brasileira às dificuldades de importação de petróleo, mediante "a manutenção do ritmo de crescimento econômico, a política gradualista do processo inflacionário, a melhoria da distribuição da renda pessoal e regional, e a preservação da estabilidade política e social"²¹. Todos os estudos, planos e políticas desenvolvidos na década de setenta, relacionados à energia, tinham pois uma razão conjuntural, que era a necessidade de substituir o petróleo, como forma de energia primária não renovável, por outras que levassem à diminuição da quantidade do produto da pauta das importações.

Ao mesmo tempo, investimentos paralelos buscavam mudar o quadro de dependência do parque industrial em relação ao petróleo, contexto no qual surgiram, a partir de 1975, o Programa Nacional do Alcool, o Proálcool, e o Plano Nacional de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos, o Proóleo. Entretanto, no período de 1975 a 1979, pouco foi feito pelo governo brasileiro no que dizia respeito à continuidade da implementação dos programa, devido à queda do preço real do petróleo neste período e ao estabelecimento de uma relação favorável de exportação/importação. Com o 2º Choque do Petróleo, o preço do produto variou de US\$ 12 para US\$ 34 por barril no período de junho de 1979 a dezembro de 1980, causando uma pressão muito forte sobre o balanço de pagamentos pelo lado das importações. A situação que se instalou obrigou o governo João Baptista de Oliveira Figueiredo a tomar novas medidas na área de energia.

Assim, o governo formulou uma política energética, à qual denominou Modelo Energético Brasileiro. Em suas estratégias de ação, pretendia-se diminuir os gastos

¹⁹ MELO, F. H., PELIN, E. R. (1984, pg. 1).

²⁰ LIMA, José L. (1994: pág. 113).

²¹ LIMA, José L. (1994: pág. 114).

externos com combustíveis fósseis, cuja parcela representava, na época, 37,1 % do total de energia consumida. Estabelecidas as metas, passou-se a divulgar a grande matriz esquematizando obtenção e consumo de energia, denominado Balanço Energético Nacional. A primeira publicação ocorreu em 1980, com dados dos anos-base de 1979 até junho de 1980, tendo sido elaborado pelo Comitê do Balanço Energético Nacional (Coben), de acordo com a Portaria nº 776, de junho de 1980. Desde então, o quadro energético nacional seguiu a políticas de planejamento mais rigorosas, de forma a ampliar as diversas fontes de energia, visando o atendimento de uma demanda crescente.

A estrutura energética brasileira será analisada mais detalhadamente no capítulo seguinte. O principal aspecto que se deve observar, são as interrelações do setor energético, buscando avaliar o grau de integração em que se constitui o quadro de oferta e demanda. Esse ponto mostra-se importante porque há uma grande interdependência da viabilização do setor energético com o restante da economia, principalmente no que diz respeito à sua influência direta no complexo industrial. Há de se observar o papel que desempenha o álcool combustível nesse contexto, procurando situar sua posição no quadro energético do país.

A busca por alternativas ao petróleo tornou-se a nova ordem no mundo industrializado, a partir da expectativa difundida de que em poucos anos as jazidas daquele produto fóssil estariam esgotadas. Não obstante, a substituição do petróleo no Brasil limitava-se a atender especificamente a um ramo dentro do amplo setor de transportes, para talvez manter o padrão de industrialização que imperava ainda naquele momento. Dentro das condições nas quais se propôs o lançamento do Programa Nacional do Álcool, houve uma mobilização nacional com o objetivo de se tornar viável o uso de combustíveis de biomassa, cujos impactos sem precedentes ocorreram nos setores industrial, energético e agrícola, e entretanto sem maiores benefícios ao setor de transportes no seu aspecto global, o que será analisado a seguir.

4.) Os custos dos transportes

O processo de industrialização peculiar ao caso brasileiro somente foi concluído com a instalação de uma indústria pesada, conforme se demonstrou, quase um século depois de estar plenamente constituído nas economias centrais. No século XX, poucos foram os países que saíram de uma economia baseada em produtos primários visando a exportação, e promoveram a industrialização. As dificuldades residem basicamente na grande massa de capital necessária à implementação e desfecho do processo, massa essa crescente, conforme desenvolveram-se as economias oligopolizadas nos países industrializados. Por essa razão, as nações que se industrializaram após a 2ª Guerra Mundial são consideradas parte integrante do bloco chamado "Capitalismo Tardio".

Conforme já foi mencionado, a chamada 2ª Revolução Industrial estava baseada no petróleo, tanto como principal insumo para a indústria pesada, quanto como mais importante fonte energética. Os riscos de se ter um recurso esgotável como pilar de todo um processo, dizem respeito à crescente dificuldade de obtenção, cujos impactos foram refletidos na economia mundial, com os choques do petróleo, e são ainda hoje sentidos pelo meio ambiente. Mesmo com o *capitalismo tardio*, não se buscou mudar o grau de dependência com relação ao produto não renovável, proposto pelo padrão da 2ª Revolução Industrial. Muito pelo contrário, tal dependência intensificou-se nas economias industriais atrasadas, especialmente na brasileira: adotou-se o modelo rodoviário de transportes, altamente dependente de petróleo, e se permitiu a desativação do sistema ferroviário, a melhor alternativa econômica para um país com as dimensões do Brasil.

A implantação da indústria automobilística no Brasil ocorreu a partir da segunda metade dos anos cinquenta, proporcionando a geração de milhares de empregos diretos, bem como o desenvolvimento de todo um setor paralelo de capital privado nacional²². Este setor foi responsável pelo fornecimento e pela assistência técnica da

²² LESSA, C. (1981: pág. 99 a 112).

produção das empresas estrangeiras, possibilitando grande dinamismo na economia brasileira.

Os impactos de longo prazo desse dinamismo foram somente sentidos na recente história do país: com o crescimento da frota de veículos, concentrados nos grandes centros metropolitanos, e a diminuição das subvenções ao setor dos transportes ²³, que agravaria a crise do sistema ferroviário, ocorreu um encarecimento dos custos com os transportes, cujos efeitos são refletidos diretamente na economia. Hoje, os custos relativos a esse setor estão entre os mais caros do mundo, tornando-se um forte fator de perda de competitividade do Brasil, frente ao comércio internacional. Os dois aspectos mais importantes com relação aos custos dos transportes são: o transporte urbano de passageiros, como determinante crucial no aumento da produtividade do trabalho, e o transporte interregional de cargas, que influi principalmente no custo dos insumos, o qual se refletirá no preço final dos bens.

Os transportes urbanos das principais cidades brasileiras sofreram uma inflexão com a instalação da indústria automobilística. A ênfase dada aos transportes particulares, em detrimento dos coletivos, levou a uma situação próxima ao caos: uma queda qualitativa do padrão de eficiência, observado o desconforto causado pela superlotação dos transportes coletivos, e pelos inesgotáveis *engarrafamentos*, provocados principalmente pelos automóveis de passeio. O problema não somente tornou-se crônico, como tendeu a se agravar, dado que o aumento da demanda por automóveis de passeio levou a perspectivas positivas pela indústria automobilística, as quais levam ao aumento da produção de veículos. Por outro lado, foi dada cada vez menos atenção à melhoria da qualidade dos transportes públicos, criando em seus usuários o desejo de se livrar daquele meio de condução, o que acaba por se materializar devido à acessibilidade cada vez mais facilitada ao mercado dos automóveis usados.

Do ponto de vista do transporte interregional de carga, o modelo rodoviário, adotado como única possibilidade, sem alternativas efetivamente viáveis que possam minimizar os gastos com frete, tendeu a tornar mais oneroso o custo de vida no país.

As razões disso estão ligadas ao preço da construção e manutenção das rodovias, relativamente mais alto em relação, por exemplo, às ferrovias, e à pouca racionalidade dos gastos com combustíveis.

No que diz respeito à construção de estradas rodoviárias, a indústria da construção civil brasileira produz um tipo de asfalto cuja qualidade deixa muito a desejar em relação ao de outros países, levando a uma degeneração muito rápida. O desgaste das estradas é acelerado pelo clima característico do país, muito quente e úmido, e pela prática abusiva, das empresas transportadoras, de sobrecarregar a tonelage por eixo dos caminhões, para “economizar” viagem, imaginando poupar tempo e combustível. Entretanto, não há na verdade economia de combustível, se tomarmos por base o conjunto das mercadorias transportadas: a necessidade de um grande número de unidades motoras (uma para cada veículo) despense muita quantidade de combustível.

Em contraste, o transporte ferroviário requer apenas uma unidade motora para um número muito grande de veículos transportadores (uma locomotiva para muitos vagões), o que representa uma real economia de combustível. Dessa forma, um sistema de transportes de mercadorias entre regiões, baseado em ferrovias e transporte marítimo, complementado pelo setor rodoviário, parece a alternativa mais apropriada para o caso brasileiro. De acordo com Barat, “as ferrovias e o transporte marítimo devem, pelas suas próprias características tecnológicas e operacionais, especializar-se no transporte de fluxos de carga densa”²⁴, cabendo aos transportes rodoviários atender aos carregamentos feitos em pequenos lotes. Entretanto, não houve, até o presente momento, maior preocupação com a necessidade de diversificação do sistema de transportes no país.

A fragilidade do sistema de transportes que se constituiu ao longo da história, somente seria percebida com o 1º choque do petróleo, no início da década de setenta. Apesar dos impactos no balanço de pagamentos, causado pelo aumento dos preços internacionais do petróleo, que trouxe sérias conseqüências para o país, como a

²³ BARAT, J. (1978: pág. 25, tab. 8).

²⁴ BARAT, J. (1978: pág. 289).

aceleração do processo inflacionário, não se pensou em mudanças estruturais no **padrão de transportes**. Entretanto, começaram a ser buscados substitutos para o petróleo e seus derivados, razão pela qual foi implantado o Programa Nacional do Alcool.

Embora os maiores impactos do salto no preço internacional do petróleo fossem refletidos diretamente na questão dos transportes, as soluções apontadas, como no caso do Proálcool, não dedicavam especial atenção a esse problema. Não havia na época a visão de que um programa de substituição de petróleo da grandeza do Proálcool, devesse revolucionar os transportes no país, mesmo porque, não havia uma preocupação maior com os efeitos de uma produção em escala crescente de automóveis particulares, tal que pudesse causar problemas tão graves no setor, como os que se verificam atualmente.

O potencial de um programa de substituição de petróleo, que mobilizaria recursos de todas as ordens, seja material, capital ou humana, deveria ser portanto muito maior do que foi a efetivação do Proálcool. Dado o modelo rodoviário, tanto para o transporte de cargas (leves ou pesadas) entre regiões, quanto para transportes pessoais urbanos, um programa da magnitude do Proálcool teria obrigatoriamente de atender a uma gama muito maior de aplicação, do que ficar restrito simplesmente aos automóveis particulares. Não somente o Proálcool, mas também outros projetos importantes para a substituição do petróleo, surgidos na mesma época, como o Proóleo, todos deveriam tornar-se importantes vetores na direção de redução de custos dos transportes, a partir da disponibilidade de outras formas energéticas competitivas com relação às derivadas de petróleo.

Portanto, a existência do Proálcool não esteve condicionada a necessidade de redução dos custos dos transportes em seu contexto global, pois o que se observa é que somente os automóveis particulares foram de certa maneira beneficiados com a implantação do programa. Dessa forma, o álcool deixou de atender uma significativa parcela dos transportes, que hoje influem diretamente no aumento do chamado “Custo Brasil”. Os transportes rodoviários coletivos e os de carga não foram atendidos por qualquer programa de substituição do petróleo. Além disso, seria descartada a

utilização dos elementos envolvidos na obtenção do álcool em quaisquer outras soluções para o problema em questão, como a viabilidade de uso em diversos tipos de motores, dada a inviabilidade econômica de tal aplicação (o que será melhor discutido no capítulo IV).

Neste capítulo, procurou-se mostrar que o processo de industrialização do Brasil, apresenta uma característica de extrema relevância para a pesquisa, qual seja: a utilização da indústria automobilística como setor dinamizador do restante da economia. Ao se optar por este modelo de industrialização, incorporou-se uma forma de organização dos transportes, que tem, por um lado, o automóvel de passeio como o padrão de locomoção nas cidades, em detrimento de um sistema coletivo integrado, e por outro, uma precária rede rodoviária, por onde circulam as cargas entre as diversas e extensas regiões do país, sem oferecer alternativas economicamente competitivas de modo a reduzir o alto custo final das mercadorias. Será analisado, no capítulo seguinte, como a estrutura energética do país evoluiu buscando atender a uma demanda crescente, enfatizando-se a influência do particular modelo de transportes, que se desenvolveu em decorrência do padrão de industrialização descrito anteriormente, como um dos setores que mais exigiu a expansão da oferta de energia, e que viria a precipitar o lançamento do Programa Nacional do Álcool como uma busca por alternativas à utilização do mais importante derivado do petróleo: a gasolina.

CAPÍTULO II: A ESTRUTURA ENERGÉTICA BRASILEIRA

No capítulo anterior, procurou-se analisar o processo de industrialização peculiar do caso brasileiro, enfatizando-se principalmente a formação da infra-estrutura necessária à constituição de um parque industrial de relevância internacional. Foi particularmente discutida a questão da formação do sistema de transportes brasileiro, o qual teve um papel preponderante na instalação do parque industrial do país, com base num modelo que adotava os transportes individuais, representados pelos automóveis de passeio, paralelamente como setor a dinamizar o contexto da economia. Apontou-se esse modelo de industrialização, que se caracteriza por ser altamente dependente de uma matéria-prima não renovável, o petróleo, e por ter um funcionamento incomum àquele previsto pelas "leis de mercado", como condição para o surgimento do Proálcool. A partir de uma descrição histórica, pôde-se ilustrar ainda o surgimento dos setores ligados à infra-estrutura, dentre os quais deve-se destacar o energético, que é o foco da questão a ser tratada.

Em seqüência, o presente capítulo tem a finalidade de estabelecer o vínculo entre a industrialização e a estrutura energética do país, que é uma resultante do processo de fundamental importância para a discussão. A utilização do álcool como combustível nasce de uma determinada conjuntura econômica e energética, tanto do ponto de vista interno, quanto internacional, dada a exigência de uma busca por soluções energéticas que viessem a atenuar a importância do petróleo nos cenários energético e industrial. Agora, cabe analisar a questão de que, afora as questões que propiciaram o surgimento do Proálcool, o etanol cumpre hoje um papel dentro da matriz energética, principal objeto de discussão deste capítulo.

Para melhor situar esse papel desempenhado pelo álcool na matriz energética, este capítulo será iniciado por uma breve discussão da evolução histórica do setor de energia no país, desde sua implantação. Em seguida, baseando-se no Balanço Energético Nacional, descrever-se-á a situação atual do quadro de energia no Brasil,

com ênfase nos principais recursos de que o país dispõe, de acordo com os dados relativos a oferta e demanda, apresentados na matriz. Buscar-se-á ainda elucidar o papel das fontes alternativas que foram desenvolvidas, identificando-se as aplicações a que se tem destinado. Enfim, trataremos da importância do álcool em meio a esse quadro, como a fonte alternativa de maior relevância no Brasil, dimensionando sua participação no balanço energético.

1.) Preliminar histórica

O setor energético brasileiro manteve-se atrasado em relação às demais economias industrializadas durante muito tempo. A principal fonte de energia utilizada no país do século passado era proveniente da combustão da lenha. Esse recurso supriu as necessidades de maneira adequada até meados da década de trinta deste século, por se constituir em uma fonte abundante e barata, dada a disponibilidade das gigantescas florestas tropicais. Apesar da necessidade de pouca energia nesse período, a eletricidade já havia sido introduzida no Brasil em 1879. Naquele ano, inaugurou-se a iluminação elétrica na estação central da Estrada de Ferro D. Pedro II.

No ano de 1883, o Brasil ganhava a primeira usina hidrelétrica, com a instalação no Ribeirão do Inferno, Minas Gerais. Naquela década, foram dados alguns passos na direção de produzir energia elétrica com o objetivo de abastecimento, como a criação de serviços de iluminação pública, de 1883 a 1885, a instalação da usina no Ribeirão dos Macacos, em Minas Gerais, no ano de 1887, e a implantação da usina termelétrica Água Branca em São Paulo em 1889. Também em 1889, é formada a primeira empresa encarregada da geração e distribuição de energia elétrica do país, em São Paulo: a *Light and Power Co.*, que seria a principal concessionária nesse setor até meados da década de quarenta.

A década de vinte é marcada pela instalação de usinas maiores, para atender a uma demanda que aumentava progressivamente. Crescia também o número de

empresas concessionárias em vários pontos do país. Entretanto, já se assinalava uma crescente concentração desse tipo de empreendimento na região Centro-Sul do país, principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e Rio de Janeiro²⁵, respectivamente os que possuíam maior número dessas empresas e de usinas elétricas.

Com a crise do café de 1928, agravada pela Grande Depressão que se seguiria na década de trinta, houve uma forte estagnação no setor energético, acompanhando o que acontecia no restante da economia. Até a primeira metade do decênio, não houve grande alteração no quadro. Somente em 1934, começou a se pensar no instrumental jurídico que regulamentaria o setor energético, que então passaria a ter fundamental importância econômica, dada a mudança do padrão de acumulação que se verificava, do modelo agrário-exportador para a acumulação industrial. Naquele ano, o governo Vargas promulga dois importantes projetos regulamentadores dos recursos energéticos do país: o Código das Águas e o Código das Minas:

O Código das Águas

A partir do Código das Águas, consagrar-se-ia o modelo de geração de eletricidade a partir da energia hidráulica, reservando-se o domínio de sua produção ao Poder Executivo. Aos estados e municípios, era cedida a permissão para a autorização de concessões. O Código das Águas previa a criação de instituições governamentais, às quais se encarregariam os estudos relativos ao aproveitamento dos recursos hídricos. A essas instituições, representadas por uma Comissão Federal de Forças Hidráulicas, caberia o papel de impulsionar a produção de energia baseada na indústria hidrelétrica. Não obstante, tal comissão não foi criada, passando ao Serviço de Águas do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) a responsabilidade pelas decisões ligadas à geração de energia hidrelétrica.

²⁵ MOTOYAMA, S. (1994: pág. 258 e 259).

Somente em 1939, seria criado o órgão que responderia pelas atividades prevista no Código de Águas, diretamente ligado à Presidência da República, denominado Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE). Sua atuação consistia em empreender, na sua área, a intervenção estatal característica do governo Vargas, do chamado “Estado Industrializante”. Apesar dessa tendência, o CNAEE foi obrigado a ceder aos interesses das concessionárias estrangeiras, devido às crises de abastecimento que causaram o racionamento no fornecimento de energia.

Apesar das diversas limitações, o Código de Águas teve um papel decisivo na implementação de um setor de energia elétrica articulado, ainda que as concessões feitas às empresas privadas de maior importância tivessem provocado disparidades tão acentuadas. Até o final de 1945, havia no setor estatal do Brasil uma capacidade instalada de 1342 megawatts de energia elétrica, um aumento de 14 % em relação a 1939. No mesmo período, a *São Paulo Tramway Light & Power Company* duplicou a sua oferta de energia, chegando a vender, em 1945, 1,4 milhão de megawatts-hora de energia.²⁶

O Código das Minas:

O Código das Minas garantia ao Estado, o monopólio da exploração dos recursos minerais, a partir da distinção entre direito de propriedade do solo e das riquezas do subsolo. Esse dispositivo jurídico possibilitou a criação das grandes empresas estatais, encarregadas de obtenção e venda dos recursos energéticos minerais. Dentre as mais importante, destacam-se a Companhia Vale do Rio Doce, criada em 1942, destinada principalmente à exploração do minério de ferro e do ouro no norte do país, e a Petrobrás, que inicialmente era voltada para o refino do petróleo, e mais tarde passaria a exploração.

Outra implicação importante foi a possibilidade de exploração de carvão mineral, notadamente nos estados do sul do país. Mais tarde, em 1951, o Plano do Carvão

²⁶ LIMA, José L. (1994: pág. 34).

Nacional garantiria altos investimentos para a mecanização das minas e pesquisas para apurar a qualidade do minério. O carvão mineral tornou-se uma importante fonte energética, principalmente após os dois choques do petróleo na década de setenta.

Para o setor energético, a importância da criação do Código das Minas esteve sem dúvida na instalação do complexo petrolífero do país. Com o monopólio estatal das jazidas de petróleo, o setor esteve longe da ação das forças de mercado, criando-se a possibilidade de se tornar auto-suficiente. De fato, o setor de petróleo foi responsável por salvaguardar o abastecimento nos momentos das “crises” do petróleo, e hoje garante o fornecimento de cerca de 57 % da demanda, observando-se ainda que a capacidade instalada não é plenamente utilizada.

A base para a formação de uma estrutura energética adequada estava portanto lançada já em meados da década de trinta. A partir dos mecanismos jurídicos instituídos, firmavam-se as principais fornecedoras de energia elétrica. Nos anos quarenta, as duas maiores empresas encarregadas do abastecimento de eletricidade eram a São Paulo Light e a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL). A CPFL, criada em 1912, incorporou empresas paulistas da *Amforp* e alguns grupos estrangeiros no final da década de quarenta, aumentando sua capacidade de produção e distribuição. Em 1953, o governo do estado de São Paulo cria a Uselpa, Usinas Elétricas do Paranapanema, passando a concorrer com as duas grandes já existentes.

A partir da década de cinquenta, várias indústrias de equipamentos elétricos pesados passaram a entrar no país, apoiados principalmente pelos financiamentos do BNDE (Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico). A vinda dessas empresas concorreu para o desenvolvimento do setor produtor de energia elétrica do país. Dessas indústrias, são exemplos o grupo francês *Schneider*, que se encarregou da fabricação de turbinas, comportas e outros equipamentos destinados às hidrelétricas, instalada em 1955 em Taubaté; a *Siemens*, de origem alemã, vinda para São Paulo

em 1963, destinada à produção de transformadores de grande potência e de hidrogeradores; e a Transformadores União, uma associação de capital japonês e alemão, instalada em fins da década de sessenta para a produção de fios, cabos elétricos e equipamentos eletromecânicos.

Uma medida de extrema importância, que viria a alterar significativamente a estrutura energética brasileira, seria a aprovação pelo Congresso do *Programa do Petróleo Nacional*. Esse programa previa a duplicação do consumo dos derivados de petróleo no país, no prazo de quatro anos. Por isso, pretendia ampliar a capacidade de refino, além de desenvolver pesquisas e produção, mediante o investimento de 62 % da verba destinada ao programa. Incluídos no projeto, estavam a pesquisa e a produção do xisto betuminoso, além da proposta da criação da Petrobrás, que se consolidaria em 1954.²⁷

O ponto de inflexão no setor energético ocorreu indubitavelmente com o Plano de Metas (1956-1961), dada a necessidade de adaptação da infra-estrutura ao programa de aceleração do processo de industrialização. Dentre as principais diretrizes, os investimentos maciços nos setores ligados à infra-estrutura, principalmente energia e transportes, e o desenvolvimento das indústrias de bens de consumo duráveis, tinham posição de destaque. O capital estrangeiro consagraria a indústria automobilística, responsável pela difusão dos meios de transportes individuais. Aos gastos do governo, obtidos em grande parte mediante a emissão inflacionária, dada as dificuldades de arrecadação tributária, correspondiam a responsabilidade de adequar a infra-estrutura aos padrões dos países mais avançados, principalmente com a construção de estradas de rodagem e com a ampliação da capacidade de produção de energia elétrica.²⁸

Do alto de investimentos da ordem de 8,8 % a 63,0 % do orçamento global, acrescidos com expressivos empréstimos externos, que chegaram a mobilizar 95,9 % dos recursos totais para o setor de energia elétrica em 1954, a capacidade instalada de eletricidade no Brasil passou de 3,4 mil megawatts em 1956, para 8,3 mil

²⁷ DRAIBE, S. (1985: capítulo 3).

²⁸ LESSA, C. (1981: pág. 27-91).

megawatts em 1965 ²⁹. Os investimentos em energia elétrica, de 1957 a 1962, totalizaram cerca de US\$ 135 milhões, somente de empréstimos externos ³⁰.

A evolução da estrutura energética brasileira, até o final do ano de 1969, apresentava um quadro de demanda da seguinte ordem: das 56 mil tEP ³¹ consumidas, 42,9 % eram provenientes de recursos energéticos não renováveis, principalmente petróleo (38,5 %), carvão mineral (4,2 %) e gás natural (0,2 %). Os outros 57,1 % constituíam o consumo dos recursos renováveis, composto por 16,8 % de energia hidráulica e o restante por energia de biomassa, com predominância absoluta da lenha (33,7 %). O álcool então respondia por apenas 27 tEP, não chegando a ser significativo para o consumo total. ³²

Os anos setenta, marcados por uma crise profunda gerada pelos choques do petróleo, agravada pelo problema de endividamento externo no balanço de pagamentos, e pela aceleração do processo inflacionário, assinalou uma era de impactos muito significativos na estrutura energética, constituindo-se num segundo ponto de inflexão no setor. O país, seguindo a tendência dominante no mundo, passava a reformular seu padrão de produção de energia. A visão que se tinha, como se verifica no trecho a seguir, era que se tornara indispensável pensar em fontes alternativas para a substituição do petróleo, bem como a intensificação das pesquisas visando a obtenção do produto no subsolo brasileiro:

“os embargos opostos ao livre fornecimento de petróleo, conjurados pela escalada de preços, determinaram o estado de alerta da comunidade internacional para os problemas de energia. Tornou-se imperativa a reformulação do panorama energético mundial, em que passaram a pesar os fatores efluentes do processo político internacional e justificados os temores quanto à segurança nacional, em particular” ³³.

²⁹ LIMA, J. L. (1994: pág. 70).

³⁰ LESSA, C. (1981: pág. 74).

³¹ tEP (toneladas equivalente de petróleo) é uma unidade de medida da capacidade energética, que é dada pelo poder calorífico do elemento analisado em comparação com o do petróleo.

³² MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (1981, pág. 15).

³³ MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (1981, pág. 7).

De fato, o 2º choque do petróleo, em 1979, acelerou a implantação de algumas medidas elaboradas no decorrer do II PND (1975-1979), como por exemplo a produção em larga escala de veículos movidos exclusivamente a álcool, e a intensificação das pesquisas na obtenção de petróleo a partir da prospecção em alto mar. Também se intensificou o desenvolvimento de pesquisas visando a substituição dos derivados do petróleo, em que se inseriam o Proálcool e os programas de substituição do diesel, principalmente a partir de óleos vegetais (o Proóleo).

Desde então, a produção interna de petróleo cresceu a passos largos, ao mesmo tempo em que se observou uma diminuição da dependência externa do produto. A tabela 1 mostra o grau da diminuição dessa dependência, e o gráfico da figura 1 apresenta a tendência de crescimento da produção de petróleo, baseada na evolução que se observa a partir de 1985.

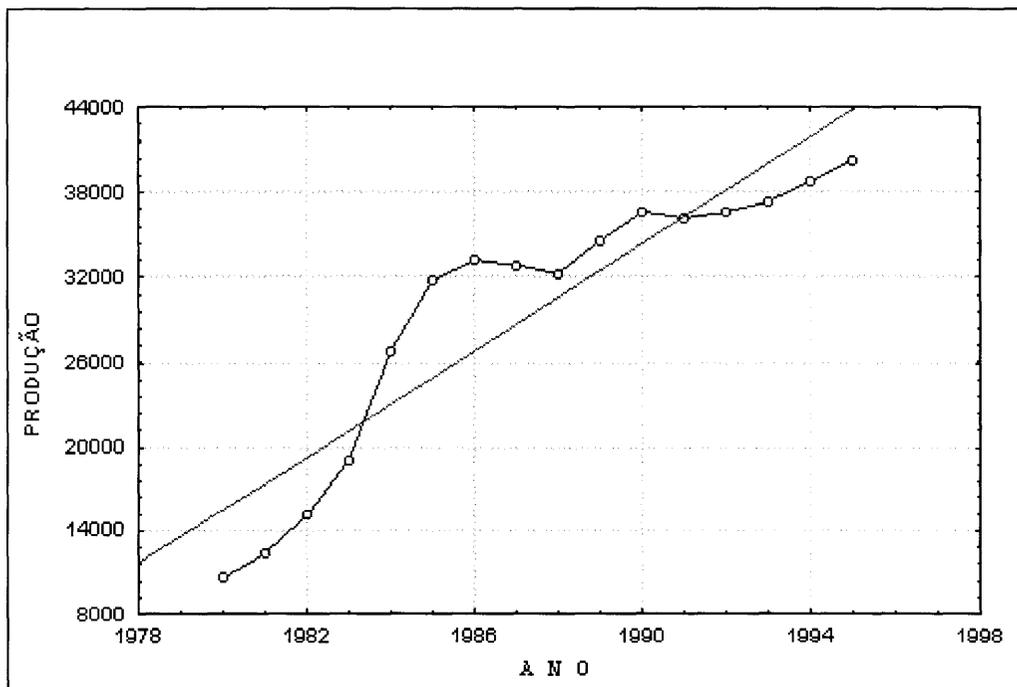
Tabela 1: Evolução da Produção de Petróleo no Brasil (1980 - 1995)

ano	produção 10 ³ m ³	importação 10 ³ m ³
1980	10.562	50.564
1981	12.384	49.026
1982	15.080	46.491
1983	19.141	42.321
1984	26.839	37.791
1985	31.710	31.629
1986	33.200	34.872
1987	32.829	35.882
1988	32.237	37.165
1989	34.543	34.336
1990	36.590	33.121
1991	36.145	30.510
1992	36.538	30.748
1993	37.329	29.487
1994	38.766	32.061
1995	40.216	29.209

fonte: Ministério das Minas e Energia.

Pode-se esperar que haja um aumento da produção de petróleo, de acordo com as necessidades do mercado, até o limite de suas reservas, dado pelas jazidas disponíveis (subitem 2.3, neste capítulo). Segundo a regressão linear da figura 1, se isso ocorrer, a produção de petróleo pode atingir a casa dos 72 mil m³ até o ano de 2010, e em 2050 a dos 147 mil m³, que ainda seria apenas metade da capacidade instalada de refino que se tem hoje.

Figura 1: Evolução da Produção de Petróleo no Brasil (1980 – 1995)



2.) A atual estrutura energética

Tomando-se por base o *Balanço Energético Nacional*, podemos entender o quadro da estrutura de oferta e demanda energética atualizado, procurando estabelecer os parâmetros necessários para posteriormente analisar a inserção do álcool combustível na matriz. Optamos por separar a exposição, conforme nos

apresenta o balanço, procurando entender as fontes de energia tais como se originam, expostas no subitem 2.1, bem como a aplicação dos recursos energéticos finais, na forma de consumo, tema do subitem 2.2. Para uma compreensão global do quadro da energia no Brasil, incluir-se-á o subitem 2.3, em que traçaremos as relações energéticas de oferta-demanda.

Convém mencionar que os recursos energéticos são tecnicamente divididos segundo sua origem. São denominadas **fontes primárias** quando extraídas diretamente da natureza, como por exemplo o petróleo e a energia hidráulica. Estas entretanto são raramente utilizadas em sua forma original, forma de uso esta denominada **consumo final** na matriz energética (exemplo: a lenha utilizada para cozimento). Em geral, as fontes primárias são consumidas nos **Centros de Transformação**, como refinarias de petróleo e usinas hidrelétricas, sendo convertidas na **fontes secundárias**. O **consumo total** de uma fonte primária representa a soma da energia transformada com a consumida diretamente.

2.1.) Oferta de energia

Seguindo a tendência que se firmou no decorrer do processo de industrialização, os recursos energéticos brasileiros estão fundamentados em dois grandes pilares: energia elétrica e petróleo. No entanto, o país dispõe de outras fontes energéticas importantes, especialmente as derivadas de biomassa, além de desenvolver estudos incipientes sobre energia nuclear e na área de energia alternativa, algumas das quais constarão deste capítulo.

As principais fontes primárias produzidas internamente são: a energia hidráulica, o petróleo, gás natural, o carvão mineral, a lixívia, a lenha, e as fontes de cana-de-açúcar (caldo, bagaço e melaço). Algumas fontes são importadas, principalmente o petróleo e o carvão metalúrgico, além da totalidade do urânio consumido para a produção de energia nuclear. Nas tabelas 1 e 2 do apêndice estão apresentadas as quantidades dos principais recursos energéticos primários ofertados na matriz brasileira.

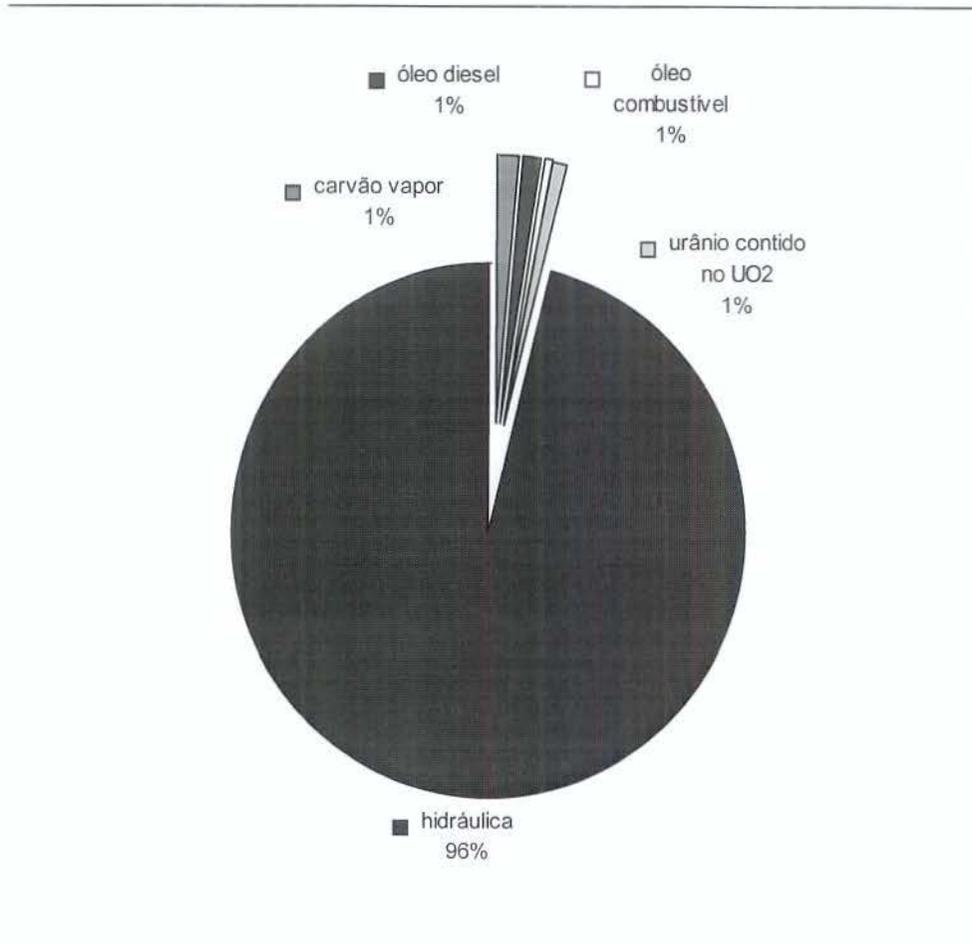
A seguir serão analisadas as principais fontes energéticas ofertadas na matriz, não mais por fontes primárias e secundárias, mas agora segundo o grau de importância em que irão aparecer no quadro de consumo (subitem 2.2). Colocando-se desta forma, poderemos melhor visualizar no subitem 2.3 a interação oferta-demanda. Nos tópicos de **a** a **e** apresentados a seguir, descreveremos a fonte ofertada, explicitando caso se encontre na sua forma original, e portanto quais são seus principais derivados (como o petróleo), ou se é uma energia derivada (caso da eletricidade), resgatando assim os mais importantes recursos de que foram constituídas.

a.) Eletricidade

Segundo dados do Ministério das Minas e Energia (tabela 2), a capacidade instalada de produção de eletricidade (em MW) a partir das usinas hidrelétricas, termelétricas e nucleares, aumentou 76 % em relação ao ano de 1980. Entretanto, nos últimos cinco anos a ampliação dessa oferta cresceu somente 11 %. O aumento constante da demanda, o que será verificado no subitem seguinte, torna necessária a implementação de novos investimentos nesta área, abrindo-se assim um importante espaço para o setor sucroalcooleiro na cogeração térmica de energia elétrica (o que será melhor discutido no capítulo IV).

Ainda com relação à capacidade instalada, convém salientar que o potencial de geração de eletricidade é baseada em recursos hídricos, os quais respondem por 87 % da disponibilidade total, contra 12 % do potencial termelétrico e 6 % da capacidade das usinas nucleares. Quando se toma os números da produção efetiva de eletricidade para o ano de 1995, a energia hidráulica passa a responder por 96 %, ficando os 4 % restantes sob responsabilidade da geração térmica ou nuclear de energia (figura 2).

Figura 2: Geração efetiva de eletricidade por tipo (%).



O fornecimento hidrelétrico, qual seja, proveniente dos recursos hídricos, é o mais eficiente, tanto do ponto de vista econômico, quanto do ponto de vista energético. Uma usina hidrelétrica é composta basicamente por uma *turbina* e um *gerador*, com um rendimento próximo aos 90 %. A geração termelétrica provém basicamente da combustão do carvão mineral, de derivados de petróleo e de resíduos vegetais como a lenha e o bagaço da cana. Para gerar este tipo de eletricidade, a usina deve ser composta por uma *fornalha*, uma *caldeira*, uma *turbina* e um *gerador*, apresentando um rendimento entre 30 % e 40 %. As usinas de geração nuclear de eletricidade são

compostas por um *reator nuclear*, uma *caldeira*, uma *turbina* e um *gerador*, possibilitando um rendimento de 32 %.³⁴

Tabela 2: rendimento de cada tipo de usina.		
hidrelétrica	termelétrica	nuclear
90 %	30 % a 40 %	32 %

b.) Petróleo

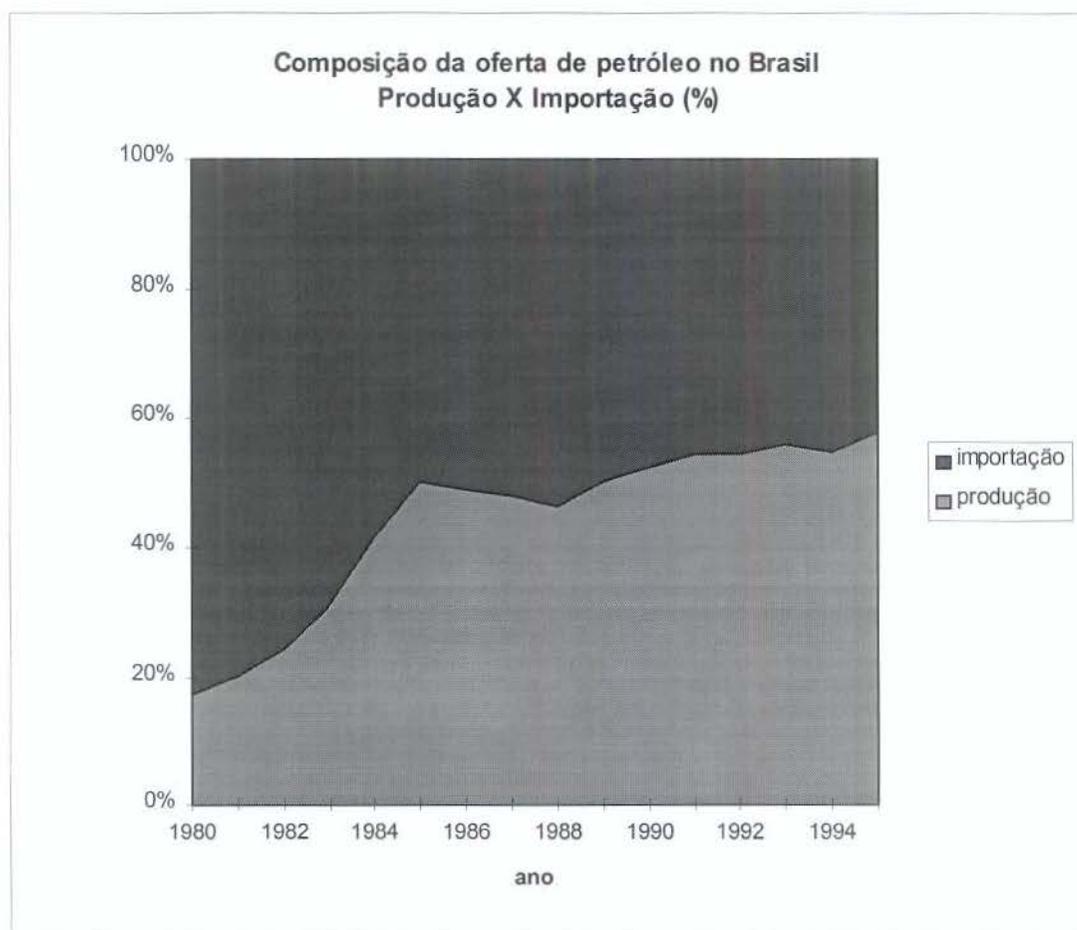
A capacidade instalada de refino de petróleo, em m³ dias de operação (m³ d/o), ampliou-se em 6 % de 1980 a 1995. A produção nacional de petróleo hoje, da ordem de 40 milhões m³, é responsável por 56,1 % do abastecimento interno. Os investimentos governamentais para aumentar a oferta interna possibilitaram uma redução de 42,2 % das importações, desde 1980. A figura 3 mostra a evolução da oferta deste energético, comparando-se a produção doméstica com as importações, baseando-se nos dados da tabela 1.

Apesar da grande quantidade importada, a maior parcela das fontes secundárias, produzidas a partir do refino e processamento do petróleo, utilizada no país é transformada internamente, cabendo às importações dos derivados um caráter complementar. Os principais derivados de petróleo obtidos nas refinarias nacionais são o óleo diesel, o óleo combustível, a gasolina, o GLP (gás liqüefeito de petróleo ou gás de botijão), a nafta, além de outros. De acordo com as tabelas 3, 4 e 5 do apêndice, observa-se que, atualmente, somente o GLP e o nafta apresentam quantidades importadas relevantes, 62,2 % e 65,7 % do total ofertado, equivalentes a 61 % e 52 % da produção doméstica, respectivamente. Ainda segundo a tabela 5 do apêndice, conclui-se que 89 % do total de derivados de petróleo produzidos no país são transformados a partir da oferta total desta fonte primária, das quais, quase 35 % correspondem à extração interna. Há de se observar, que ainda que 4 % do total de

³⁴ RODRIGUES, E. C. (1983: pág. 180)

petróleo de que o Brasil dispõe (produção + importação) são utilizados para fins não energéticos.

Figura 3



O poder calorífico do petróleo é de 10.800 kcal/kg. Seus derivados geralmente apresentam calores específicos superiores. A gasolina, uma mistura dos componentes orgânicos heptano, octano, nonano e decano, tem capacidade de 11.100 kcal/kg. O calor específico³⁵ do diesel é de 10.860 kcal/kg, e o do óleo combustível (em média) é de 10.300 kcal/kg. Esses valores são importantes para avaliarmos a capacidade energética do álcool combustível, o que será apresentado posteriormente no item 3,

bem como na comparação entre os tipos de motores a álcool e a gasolina (tema do capítulo IV).

c.) Biomassa

Biomassa pode ser conceituada como a quantidade de matéria viva presente em determinado organismo, da qual se pode extrair energia sob diversas formas, como a partir da combustão direta ou do processamento para obtenção de combustíveis. A capacidade energética característica dos derivados de petróleo são em geral superiores à das fontes provenientes de biomassa. Em especial, os álcoois apresentam calores específicos consideravelmente inferiores. As fontes de biomassa constituem um recurso de extrema importância, inclusive com o emprego em massa de sobras do campo, dentre os quais destacam-se, de acordo com o foco deste trabalho, o melaço e o bagaço da cana, conforme pode ser verificado na tabela 1 do apêndice.

Não podemos ainda deixar de enfatizar a grande dependência que tem o país de energia obtida pela queima da lenha e carvão vegetal, embora essa dependência venha diminuindo paulatinamente, desde os anos oitenta, em contrapartida do significativo aumento da produção de gás natural ³⁵. A capacidade calorífica média da madeira é de 2.524 kcal/kg, que é muito baixa se comparada aos produtos inflamáveis (por exemplo, de 5.425 kcal/kg do metanol a 13.300 kcal/kg do metano). Isso representa que a madeira, em princípio, teria um aumento de temperatura maior com a mesma quantidade de calor, do que o álcool, não fosse o fato deste ser inflamável.

Dada a abundância das florestas nativas, principalmente a da Amazônia, os cerrados e as caatingas, a produção potencial de lenha e carvão vegetal é de 730 milhões de toneladas. O problema de se insistir na oferta dessa forma de energia, são os prováveis impactos sobre o meio ambiente, que por sua vez refletem-se em

³⁵ *Calor específico* de uma substância é definido como a quantidade de energia que faz variar em um grau centígrado de temperatura, um quilograma de determinada substância, sendo a unidade expressa em kcal/(kg • °C).

³⁶ Ver tabela 1, apêndice.

problemas econômicos. Mesmo com a implantação de programas de reflorestamento eficientes, que possam restaurar uma parte significativa das florestas nativas consumidas, existe ainda o problema das extensas queimadas, responsáveis pelo lançamento de poluentes na atmosfera. Logo, é mais eficiente, tanto do ponto de vista energético, quanto do ponto de vista econômico (no longo prazo), que se busque formas energéticas que minimizem a necessidade de se manter a extração de energia a partir da queima da lenha e do carvão vegetal.³⁷

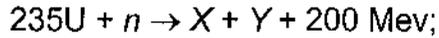
Outras fontes de energia de biomassa importantes provêm da cana-de-açúcar: o caldo, o melaço e o bagaço. Os dois primeiros são utilizados nas destilarias, no processamento para a produção de álcool etílico, sendo atualmente consumidos cerca de 104,4 milhões de toneladas para este fim. O bagaço da cana tem sido utilizado na cogeração de energia elétrica, para a qual a absorção desse subproduto mais do que dobrou, em relação a 1980, sendo hoje utilizados 72,8 milhões de toneladas. Esse aumento reflete-se na necessidade de melhorias quanto à produtividade na colheita da cana, além de suscitar uma questão tecnológica para aumentar a capacidade cogeneradora, o que será melhor analisado no capítulo IV. O principal energético extraído da cana-de-açúcar, o álcool etílico, apresenta-se nas duas principais formas: álcool anidro e álcool hidratado. A produção atual de álcool etílico, cuja capacidade calorífica é de 7.090 kcal/kg, chega próximo a 13 milhões m³, mais do que o triplo produzido há quinze anos.

d.) Energia Nuclear

As duas principais formas de obtenção dessa forma de energia são a partir da fissão nuclear e a fusão nuclear. No Brasil, a energia ainda é muito pouco desenvolvida, não sendo utilizada em larga escala como ocorre em países de economia avançada. A capacidade instalada de produção dessa forma de energia manteve-se constante em 657 MW, desde a inauguração do Complexo Angra em 1985.

³⁷ RODRIGUES, C. (1983: pág. 89).

No processo da **fissão nuclear**, o núcleo do átomo de um determinado elemento químico é bombardeado por nêutrons livres. Quando são atingidos, rompem-se em dois fragmentos, liberam grande quantidade de energia e emitem novos nêutrons livres, os quais originam uma reação em cadeia. A reação é descrita conforme a equação abaixo:



em que X e Y são os fragmentos da fissão e os 200 MeV são a energia liberada no processo.

As principais matérias-primas utilizadas no processo de fissão nuclear são o urânio, plutônio e o tório. Dentre estes, o mais utilizado é o Urânio (U_3O_8), do qual se extrai o isótopo U^{235} , que é um dos melhores elementos para a ocorrência da reação nuclear. O maior produtor mundial deste elemento são os Estados Unidos, que possuem uma reserva estimada em 538 mil toneladas ³⁸. No Brasil, a produção do U_3O_8 está apresentada na tabela 3:

Tabela 3: oferta e transformação de Urânio (U_3O_8) –unidade: 10^3 kg

Ano	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Produção	0	0	286	228	138	100	36	114	18	35	5	0	0	0	0	0
Perdas e ajustes	0	0	-170	-228	-138	-100	-36	-32	18	-35	-5	116	0	43	136	76
Consumo total	0	0	116	0	0	0	0	82	36	0	0	116	0	13	136	76
transformação	0	0	116	0	0	0	0	82	36	0	0	116	0	43	136	76

Fonte: *Balanco Energético Nacional 1996*.

Numa usina, a fissão nuclear conforme descrito acima, ocorre nos *reatores de fissão*, que são divididos em duas classes: *térmicos* e *rápidos*. A diferença entre estes tipos de reatores é que os primeiros possuem o chamado moderador, inexistente na segunda categoria, que têm por função reduzir a velocidade dos nêutrons que bombardeiam o núcleo do átomo. Para a construção destes reatores, são necessários metais peculiares, especialmente o Cádmiio, o Berílio e o Zircônio. Os dois últimos são

abundantemente encontrados no Brasil, que possui reservas de cerca de 14 mil toneladas de óxido de berílio, garantindo a posição de maior exportador do mundo, e próximo a um milhão de toneladas do minério de 65 % de óxido de zircônio.³⁸

O grande problema das usinas de fissão nuclear são os resíduos radioativos que resultam do processo. O "lixo atômico" permanece por muitos anos com altos índices de radioatividade, o que representa um perigo constante para o meio ambiente, porque o simples contato destas substâncias com os seres vivos pode causar cânceres de várias espécies. Entretanto, no outro tipo de reação nuclear, a fusão, não há resíduos radioativos resultantes do processo.

A **fusão nuclear** é o fenômeno que ocorre no sol, permitindo a emissão de energia para todo o sistema solar. Pesquisas têm sido desenvolvidas ao longo dos anos para se ter acesso à tecnologia que permite a construção de usinas baseadas na fusão nuclear. A forma mais simples da ocorrência deste fenômeno, pode ser obtida com a fusão de dois isótopos pesados do hidrogênio, o deutério e o trítio, o que origina o gás hélio e libera grande quantidade de energia, criando também uma reação em cadeia:



O gás hélio (${}^4\text{He}$), não nocivo ao ambiente, é o único resíduo desta reação, o que representa, mediante o acesso à tecnologia que permita a utilização da fusão nuclear, o fim do problema do lixo radioativo. Entretanto, alcançar tal tecnologia ainda é uma tarefa muito complicada, porque o processo requer a aceleração das partículas sob temperaturas da ordem de milhões de graus centígrados, esbarrando na dificuldade de se obter elementos que resistam ao plasma formado em tais temperaturas. Contudo, a fusão nuclear parece ser a grande promessa de oferta de energia para o próximo século.

³⁸ GOLDEMBERG, J (1979: pág. 78).

³⁹ La ROVERE, E. L., ROSA, L. P. RODRIGUES, A. P. (1985: pág. 147).

e.) Fontes alternativas

O item 2.13, “outras recuperações”, do *Balanço Energético Nacional* apresenta valores de diversas fontes de energia geradas e transformadas a partir de fontes alternativas. Embora economicamente pouco viáveis, esses novos recursos energéticos podem vir a se tornar importantes soluções para problemas de choques de oferta, tais como os verificados na década de setenta com o petróleo, e ainda possibilitar a minimização da dependência em relação a fontes não renováveis. Além de proporcionar soluções na área econômica, não se pode deixar de mencionar a relevância desses estudos de fontes alternativas podem vir a ter, quanto à redução dos impactos ambientais, tal como a emissão de gases poluentes e a deposição de substâncias tóxicas. Assim, julgamos importante uma breve avaliação das fontes alternativas como potencial para ampliação da oferta de energia no longo prazo.

e.1.) Biodigestores:

Os **biodigestores** são estruturas que processam resíduos diversos, especialmente os dejetos animais e sobras do campo. A partir da utilização desses organismos, é possível extrair biocombustíveis e biofertilizantes, constituindo-se numa importante alternativa visando reciclagem e despoluição. Em 1985, estudava-se a possibilidade de introduzir essa alternativa energética para, a partir da combustão do biogás, o derivado da ação dos biodigestores, o fornecimento de substitutos viáveis para os derivados de petróleo, especialmente o diesel e a gasolina, além de lenha, carvão, querosene e GLP.

Os principais tipos de biodigestores são: Indiano, Chinês, Marinha, Batelada e os atípicos. Dentre estes, o mais utilizado é o do tipo Chinês, devido ao baixo custo e facilidade na utilização. Um biodigestor deste tipo é capaz de produzir, com um volume de 18 m³ de carga, cerca de 17,8 m³ de biogás, segundo especificações técnicas determinadas ⁴¹.

⁴⁰ La ROVERE, E. L., ROSA, L. P. RODRIGUES, A. P. (1985: pág. 302 a 321).

⁴¹ idem, pág. 319, tabela para construção de biodigestor chinês.

e.2.) Óleos vegetais

Os óleos vegetais são genericamente assim denominados para designar vários tipos de constituintes químicos obtidos a partir de diversas fontes. São utilizados como lubrificantes, embora alguns deles já tenham sido testados como combustíveis, a partir de pesquisas originadas com o Proóleo (mencionado no capítulo I). Uma discussão mais detalhada a respeito dos resultados apresentados pelos óleos vegetais como combustíveis visando a substituição do diesel será apresentada no capítulo IV (item 4). A tabela 4, a seguir, apresenta as características de algumas biomassas das quais extraem-se importantes óleos vegetais.

tabela 4: óleos vegetais.		
óleo vegetal	poder calorífico (kcal / l)	rendimento (l / ha.)
soja	8.125	200
amendoim	8.057	1.000
colza	8.100	1.180
girassol	8.120	650
dendê	8.384	3.500
babaçu	7.769	2.000

fonte: *Economia e Tecnologia da Energia*.

Para a utilização de um óleo vegetal como combustível, é necessário o processamento termoquímico de forma a retirar determinadas impurezas. Os processos mais utilizados são o craqueamento e a transesterificação. Ambos os métodos necessitam de catalisadores para o processamento de uma das três etapas do processo total. No primeiro, os catalisadores utilizados são constituídos por algum dos seguintes elementos: óxidos de magnésio ou silício, hidróxidos de sódio, alumina, mistura de óxidos e zeolitas, elementos estes com custo de produção muito elevado. Na transesterificação, os catalisadores empregados são os metais alcalinos, hidróxidos de metais alcalinos, ácido sulfúrico, benzeno, além de outros muito menos onerosos do

que os elementos utilizados no craqueamento. Por esta razão, o método da transesterificação passou a ser mais utilizado do que o outro.

Mesmo o processo de transesterificação tem um custo muito alto, que inviabiliza economicamente a substituição do diesel pelos óleos vegetais. No capítulo IV (item 4), será melhor discutida a comparação entre o diesel e os óleos vegetais como alternativa energética, a partir dos aspectos técnicos dos motores desenvolvidos para a utilização destes tipos de combustível.

e.3.) Energia Solar

A energia proveniente da radiação solar tem um potencial de aproveitamento extremamente elevado. No caso brasileiro, este potencial torna-se maior devido à localização geográfica do país, entre o a linha do Equador e o Trópico de Capricórnio, o que permite uma uniformidade na incidência da luz solar durante todo o ano. De acordo com os dados da tabela 5, podemos verificar que o valor médio da radiação solar anual incidente, tomando-se por base a média das capitais brasileiras, é de 1.812 kWh por metro quadrado (m^2), com uma temperatura média de 24,6 °C. Entretanto, a tecnologia atual não permite o aproveitamento de todo este potencial de energia. As principais formas de conversão da energia solar são os *coletores solares* e os *sistemas fotovoltaicos*.

Os coletores solares possibilitam a absorção de energia solar (radiação) para convertê-la em energia térmica, fundamentando-se no princípio da *estufa*. Este princípio, amplamente empregado na agricultura, utiliza-se das propriedades físicas do vidro, que permite a passagem quase integral da luz e uma isolação térmica eficiente. Um coletor solar é constituído basicamente por placas de vidro, tubos de metal para condução da água aquecida, uma superfície negra de metal para a absorção da luz, e a isolação térmica. Uma superfície coletora de 4 m^2 permite a utilização o aquecimento de 300 litros de água a temperaturas de 80 °C, em condições normais de temperatura

e pressão (1 atmosfera de pressão, temperatura de 24 °C)⁴². Além disso, coletores solares também podem ser utilizados para o condicionamento ambiente, a partir do aquecimento do ar, com base no mesmo princípio.

Tabela 5: radiação solar incidente e temperaturas principais capitais brasileiras		
Capital	Temperatura média anual (°C)	Radiação solar incidente kWh/m ² • ano
Porto Velho	26,2	1.604
Manaus	27,4	1.663
Boa Vista	27,8	1.983
Belém	26,9	1.783
Macapá	26,8	1.714
São Luiz	27,1	1.929
Teresina	28,0	1.982
Fortaleza	26,7	1.992
Natal	25,9	2.013
João Pessoa	25,7	1.968
Recife	25,9	1.956
Maceió	25,5	1.959
Aracaju	25,5	1.892
Salvador	25,1	1.830
Belo Horizonte	21,5	1.896
Vitória	24,4	1.675
Rio de Janeiro	23,7	1.602
São Paulo	20,0	1.674
Curitiba	17,6	1.656
Florianópolis	20,8	1.495
Porto Alegre	20,1	1.594
Cuiabá	26,8	1.775
Goiânia	22,7	1.928
Brasília	21,4	1.934
média	24,6	1.812

fonte: *Economia e Tecnologia da Energia*, pág. 324.

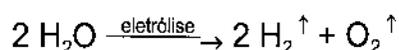
Não tão simples quanto a conversão em energia térmica, a eletricidade produzida a partir de sistemas fotovoltaicos ainda é uma fonte alternativa pouco viável economicamente. Entretanto, com o desenvolvimento tecnológico, no longo prazo essa alternativa pode vir a se tornar uma importante solução energética. A conversão de energia solar em elétrica é permitida pelas baterias solares, formadas por células fotovoltaicas constituídas por semicondutores, geralmente de silício. Essas baterias captam os fótons, as partículas emitidas pelo sol, bipolarizando-nas quando estas atingem a placa do semicondutor, criando assim uma diferença de potencial que

⁴² GOLDEMBERG, J (1979: pág. 84).

possibilita a geração de energia elétrica. Utilizando a célula de silício, a incidência direta de mil watts por m² produz 0,5 volts e uma corrente de 25 mA / cm², com uma eficiência de conversão de 10 %.

e.4.) Hidrogênio

O **hidrogênio** tem sido apontado como um promissor substituto de derivados de petróleo, principalmente os de propriedades gasosas (no capítulo IV, item 4, encontra-se uma descrição da viabilidade da utilização do hidrogênio líquido como substituto da gasolina). A produção desse energético dá-se mediante a um processo denominado **eletrólise**, em que, por meio da eletricidade, as moléculas são separadas nos dois tipos de gases de que é constituída a água: hidrogênio e oxigênio:



Após o processo realizado, é possível o armazenamento do gás hidrogênio em condições específicas de temperatura e pressão, em cilindros (cerca de 150 kg / cm² de pressão), ou na forma líquida (a uma temperatura de -253 °C) ⁴³. A densidade energética do gás armazenado é da ordem de 0,2 Mcal / kg ⁴⁴, extremamente elevada. As dificuldades na oferta deste energético residem nos pré-requisitos necessários para a eletrólise, especialmente a eletricidade, que pode comprometer a capacidade de produção se empregado em larga escala. Além disso, o processo industrial completo que gera e armazena o energético, embora esteja em fase adiantada em países como o Japão, ainda não possui preço competitivo comparando-se aos derivados de petróleo.

⁴³ La ROVERE, ROSA, L. P., RODRIGUES, A. P. (1985: pág. 413).

⁴⁴ 1 Mcal = 1.000 Kcal.

e.5.) Outras

Outras importantes fontes alternativas que podem tornar-se recursos energéticos viáveis em longo prazo são: a energia eólica, das marés, das ondas e do calor dos oceanos. A partir da década de setenta, tais estudos têm sido desenvolvidos com o propósito de reduzir principalmente a dependência com relação ao petróleo, que também é um insumo importante para a geração termelétrica em muitos países, especialmente nos Estados Unidos, Japão e na Europa Ocidental.

A **energia eólica** tem sido utilizada desde a idade média na Europa, com os moinhos de vento. Hoje em dia, a produção desta forma de energia em escala compatível com os grandes centros metropolitanos é pouco viável, dada a existência de outras formas de oferta mais baratas. Entretanto, é possível a utilização desse tipo de energia sob determinados aspectos geográficos, principalmente quando há regularidade dos ventos em áreas muito distantes dos principais centros distribuidores de eletricidade proveniente de fonte hidráulica.

Para pequenas escalas, há alguns tipos modernos de conversores de energia eólica baseados em: *rotor*, que não dependem da posição do vento; *transmissor*, para transmissão da energia mecânica do rotor ao eixo do conversor; *conversor*, mecânico ou elétrico, para conversão da energia mecânica em elétrica; e *armazenador*, que utiliza ou baterias, ou volantes, ou a eletrólise, para reter a energia convertida ⁴⁵. Este sistema pode ser útil na agricultura, como gerador de eletricidade e bombeamento de água. Para o funcionamento de uma estação formada por torres de 200 metros de altura, com 20 sistemas como os descritos acima, seria necessário um investimento de US\$ 20 mil por kWh gerado, custo este que poderia ser reduzido mediante a produção em escala dos rotores. ⁴⁶

A **energia das marés** consiste nos movimentos de enchimento e esvaziamento de pontos específicos dos litorais, que pode ser convertida em energia hidrelétrica. Apesar da influência da lua nos movimentos das marés, são necessárias condições especiais para que tais movimentos criem energia potencial suficiente para obter uma

⁴⁵ La ROVERE, ROSA, L. P., RODRIGUES, A. P. (1985: pág. 380).

⁴⁶ GOLDEMBERG, J (1979: pág. 65).

escala de oferta, condições estas pouco observáveis no Brasil. Desta forma, a geografia local impede a criação deste tipo de usina hidrelétrica, voltada para a extração da energia das marés.

Essa dificuldade também ocorre com a possibilidade de extração de **energia das ondas**, por causa da irregularidade desse tipo de movimento. Além desse problema, ainda há a questão da pequena quantidade de energia existente nas ondas, cerca de 36 watts por metro ⁴⁷, que necessitaria de captadores de grande dimensão para se conseguir uma quantidade de energia razoável.

Uma fonte alternativa viável é a do **calor dos oceanos**. É possível produzir energia a partir da diferença de temperaturas que ocorre entre a superfície do oceano até uma profundidade de aproximadamente 100 metros, e as grandes profundidades, de cerca de 500 a 600 metros. A radiação solar proporciona o aquecimento do mar de maneira uniforme até os primeiros 100 metros de profundidade, possibilitando a manutenção média da temperatura na ordem de 25 °C. A partir dos 100 metros, a temperatura cai vertiginosamente, ficando próxima aos 5 °C nos 500 metros.

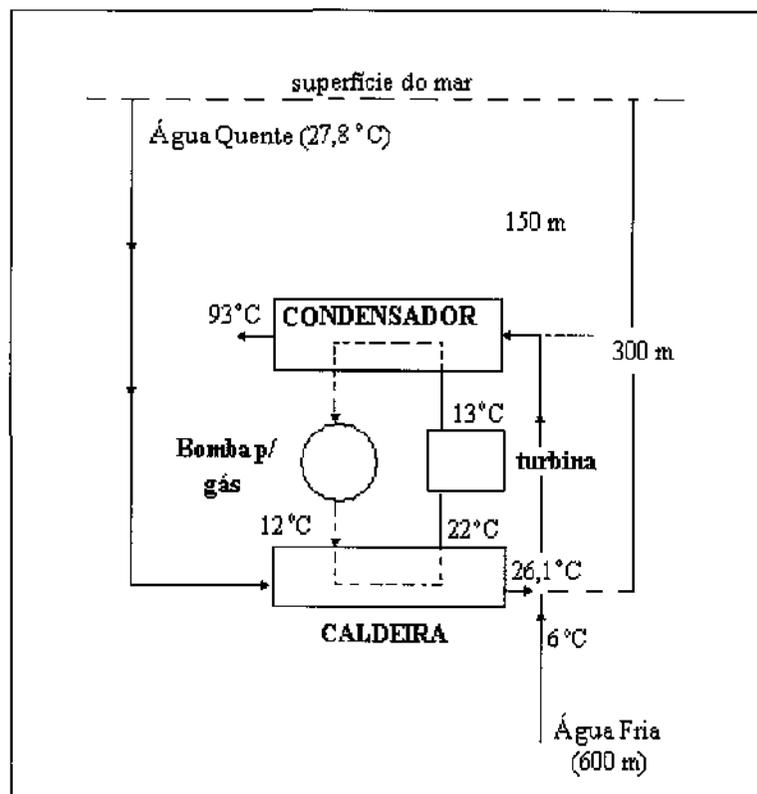
Com base nos princípios da termodinâmica, ainda que a diferença de temperatura seja pequena, pode-se obter grande energia, dada a relativa facilidade em movimentar a água do mar, comparando-se por exemplo com a energia geotérmica característica do continente. A figura 4 mostra como é construída uma usina visando a extração deste tipo de energia.

Segundo Goldemberg, “os gradientes térmicos existentes na Corrente do Golfo bastariam para gerar, durante uma ano, $1,82 \cdot 10^{14}$ kWh, mais do que a energia usada anualmente nos Estados Unidos” ⁴⁸. Não obstante, uma usina como a apresentada na figura 4, para gerar 100 mil kWh, precisaria comportar um fluxo de $29,2 \cdot 10^6$ litros de água por minuto, o que em princípio inviabiliza um projeto desta grandeza. Entretanto, não se deve deixar de lado um estudo que apresente um potencial de geração de energia da magnitude que o calor dos oceanos pode proporcionar.

⁴⁷ GOLDEMBERG, J (1979: pág. 67).

⁴⁸ GOLDEMBERG, J. (1979: pág. 93).

Figura 4: Esquema de uma usina de energia do calor do mar



fonte: *Energia no Brasil*

2.2.) Demanda por Energia

Apesar dos altos investimentos governamentais que se fez ao longo dos anos, notadamente a partir da década de cinquenta, visando a expansão da oferta de energia no país, o que se verifica atualmente é a necessidade de novos investimentos para ampliar a produção energética. Entretanto, há de se observar uma característica marcante, no que diz respeito à estrutura da energia no Brasil, que é o crescimento elevado verificado pelo lado da demanda, maior do que a expansão na capacidade de oferta, o que será demonstrado no item 2.3.

Segundo os dados da tabela 6 do apêndice, pode-se acompanhar a evolução do consumo das principais fontes (primárias e secundárias) no país. Dentre elas, destaca-se o aumento da demanda por energia elétrica, que foi próximo aos 116 % de

1980 a 1995. O consumo de petróleo cresceu em 13 %, garantidos em grande parte pela ampliação da oferta interna do produto. Destacam-se ainda o aumento do consumo de lixívia, 155 %, e de álcool etílico, 247 % produzidos principalmente a partir do crescimento das fontes primárias caldo e melaço da cana-de-açúcar (respectivamente 228 % e 141 %). Há de se notar a queda no consumo da lenha de 24 %, devido à substituição por outras fontes como o GLP, cuja demanda aumentou em 128 %, e principalmente o gás natural, que teve seu consumo total quintuplicado no período (passou de $1.803 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ para $5.464 \cdot 10^6 \text{ m}^3$)⁴⁹.

No que diz respeito ao petróleo, a expansão de seu consumo seria contida até meados dos anos oitenta, graças às metas propostas no *Modelo Energético Brasileiro*. Conforme já foi mencionado anteriormente, os choques dos preços internacionais do petróleo obrigaram o governo a rever sua política energética, uma vez que a maior parcela do consumo daquele produto era proveniente das importações. Assim, a busca por alternativas energéticas que viessem a substituir as importações de petróleo eram complementadas por um grande esforço pela redução do consumo.

Dentre as várias medidas propostas para redução da demanda por petróleo, estavam:⁵⁰

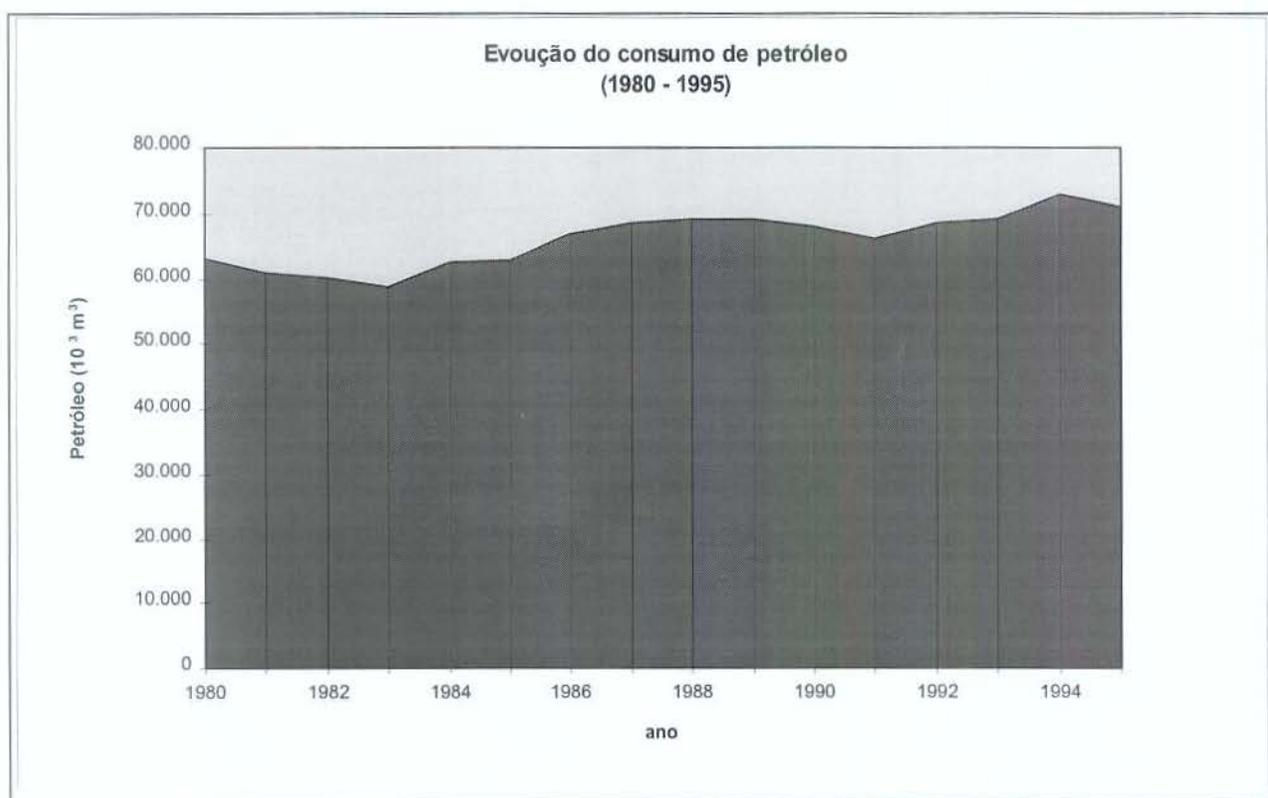
- consumir 16 % menos de óleo combustível em 1985 do que havia sido demandado para o ano de 1980, a partir de políticas de reestruturação do Setor Industrial, o principal demandante deste recurso energético;
- redução de 12 % de óleo diesel para o mesmo período, com base em medidas na esfera municipal, especialmente dos grandes centros urbano, buscando a racionalização do sistema de transportes coletivos, bem como um melhor planejamento quanto ao sistema de transporte de carga intermunicipal;
- diminuição de 20 % do consumo de gasolina, a partir do estímulo ao uso de transportes coletivos, complementado com o aumento da incidência fiscal sobre o produto.

⁴⁹ MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (1996: pág. 32).

⁵⁰ MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (1981: pág. 26).

De fato, a demanda por esses três principais derivados de petróleo no Brasil reduziu-se a partir de 1980, mantendo-se baixa até 1985. A partir de 1986, com a queda dos preços internacionais, o consumo de petróleo aumenta 6,4 %, mantendo o movimento ascendente até 1989. No início dos anos noventa, houve nova retração do consumo, provocada em parte pelo processo recessivo que se verificou no período, quadro que se reverteu a partir de 1994. Esses movimentos oscilatórios na demanda brasileira por petróleo e derivados podem ser observados na tabela 7 do apêndice e nas figura 5 e 6 (abaixo).

Figura 5



Conforme nos mostra o *Balanço Energético Nacional 1996*, identificamos os principais setores que demandam energia, quais sejam: energético, comercial, público, residencial, agropecuário, de transportes e industrial. Cabe analisar, para esses setores, o consumo das duas principais fontes energéticas ofertadas: derivados de petróleo e eletricidade. Os dados estão apresentados na tabela 6.

Figura 6

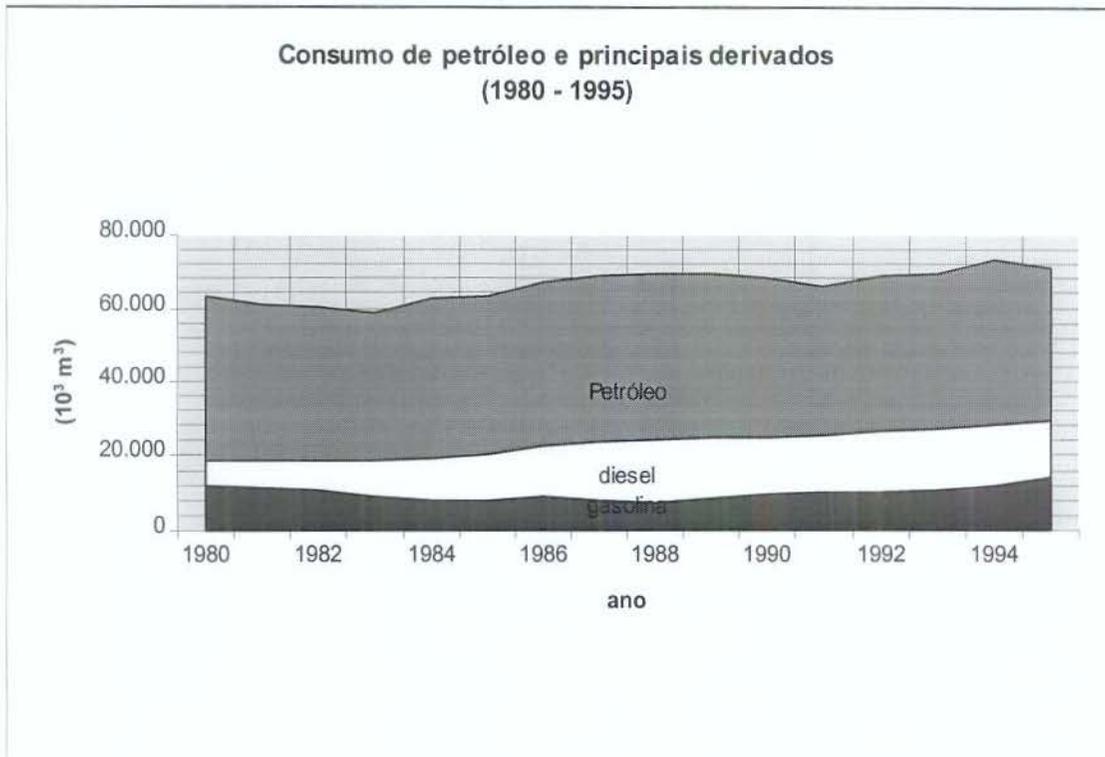


tabela 6: consumo energético dos principais setores da economia – 1995
(em 10^3 tEP)

fonte	setor energético	setor comercial	setor público	setor residencial	setor agropecuário	setor de transportes	setor industrial
derivados de petróleo	3.495	431	626	5.773	4.237	32.758	9.798
eletricidade	2.390	9.321	6.623	18.422	2.579	351	37.042
outras	8.672	196	27	6.575	1.868	6.728	29.760
total	14.557	9.948	7.276	30.770	8.684	39.837	76.600

fonte: *Balanço Energético Nacional 1996.*

Dentre os setores que mais demandam fontes energéticas, podemos destacar o industrial, o de transportes e o residencial, com 41 %, 21 % e 16 % respectivamente do total de fontes energéticas demandadas. Quanto ao consumo de derivados de petróleo, o setor de transportes sozinho consome mais da metade da soma de todos os outros setores. Para a demanda por energia elétrica, observa-se uma grande

pressão na matriz causada pelo setor residencial, somente superada pelo setor industrial. Essas observações podem ser melhor visualizadas nas figuras 7, 8 e 9.

Os números apontados pelo consumo energético por setor levam a algumas considerações. Em primeiro lugar, enquanto houve uma preocupação maior por parte dos formuladores das políticas energéticas com os impactos dos aumentos no preço do petróleo, verificou-se uma contenção expressiva no consumo dos derivados do produto, notadamente entre 1980 e 1985. As metas previstas no *Modelo Energético Brasileiro*, em princípio, parecem ter sido negligenciadas, observando-se o aumento expressivo da produção de automóveis de passeio e a má qualidade nos transportes públicos coletivos dos principais centros urbanos no país. É razoável pois supor que a composição da demanda no setor de transportes pode ser alterada, de forma a torná-la mais racional (por exemplo, com o estímulo ao uso dos transportes coletivos), dado o peso que o setor tem no consumo dos derivados de petróleo.

Figura 7

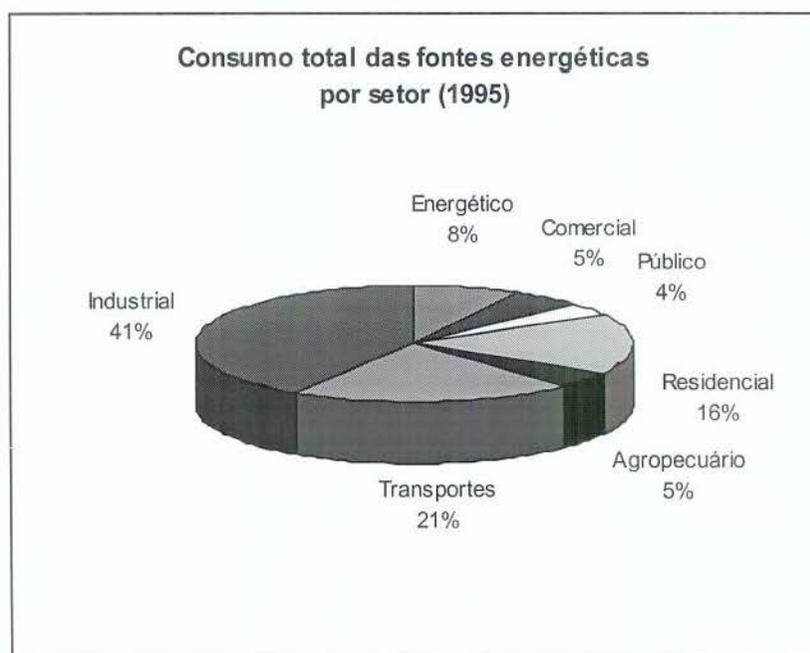
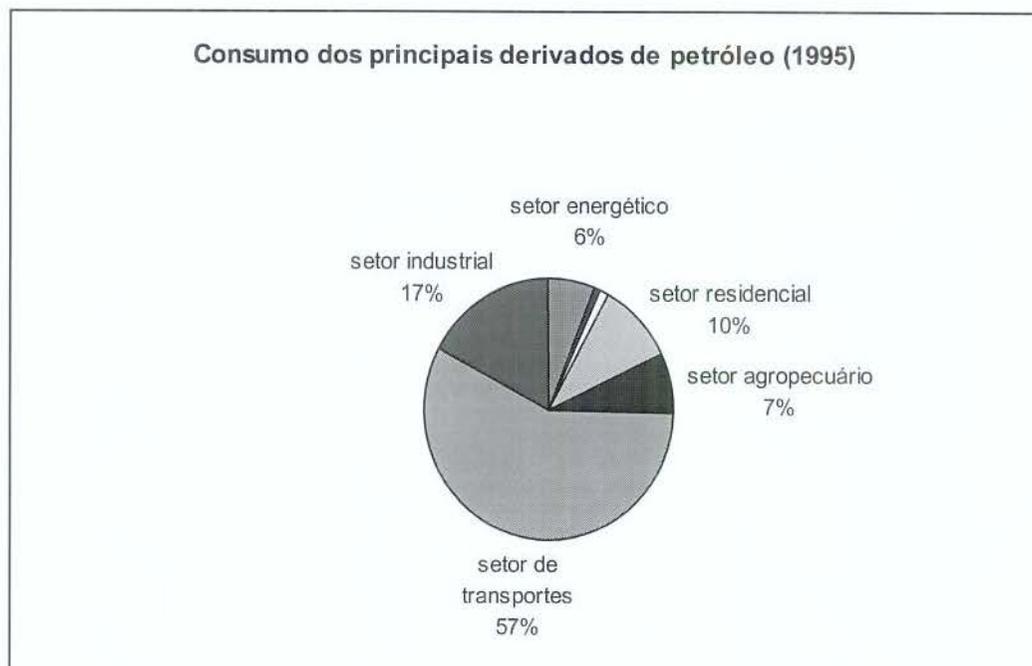
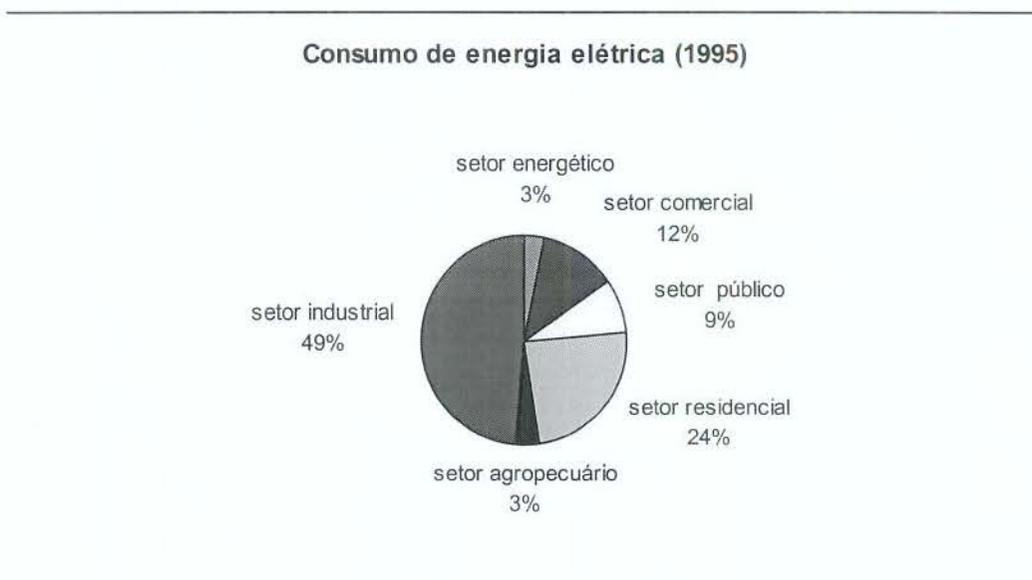


Figura 8



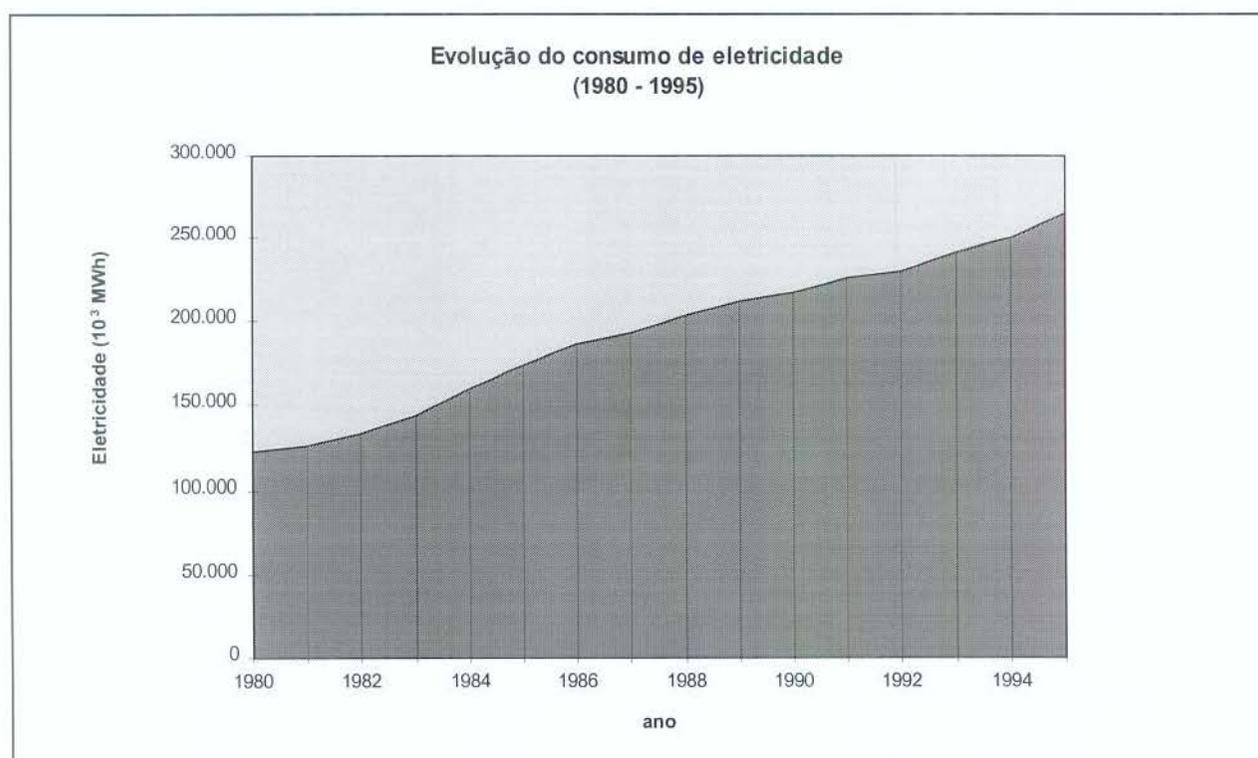
Em segundo lugar, é importante colocar que a demanda por eletricidade no setor residencial pode ser reduzida a partir de medidas simples. Sabe-se que uma das principais origens do alto consumo está ligada ao aquecimento dos chuveiros. A utilização da energia solar, conforme foi descrita subitem anterior, poderia reduzir sensivelmente a demanda de energia para este fim.

Figura 9



Por fim, cabe destacar o caráter desperdiçador no quadro do consumo brasileiro de energia, que foram implicitamente demonstrados acima. Esse desperdício intrínseco à composição da demanda é fortemente observado, conforme já foi mencionado, no consumo total de eletricidade. A curva apresentada a seguir, na figura 10, mostra a evolução desse consumo desde 1980. Isolando-se a evolução do consumo de eletricidade somente para o setor residencial, é possível avaliar o grau de desperdício a que está sujeito o setor. Se compararmos o consumo residencial com o crescimento da população, podemos chegar a um resultado curioso: em 1980, a população brasileira era de 120 milhões de habitantes ⁵¹, demandando 6.746 tEP de eletricidade, contra os 18.422 tEP para 158,6 milhões em 1995 ⁵². Assim, cada grupo de um milhão de habitantes consumia, em 1980, cerca de 56,2 tEP, consumo este que subiu, em 1995, para 116,2 tEP, representando um crescimento de 107 % da demanda residencial *per capita*.

Figura 10



⁵¹ INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA (1984: pág. 26).

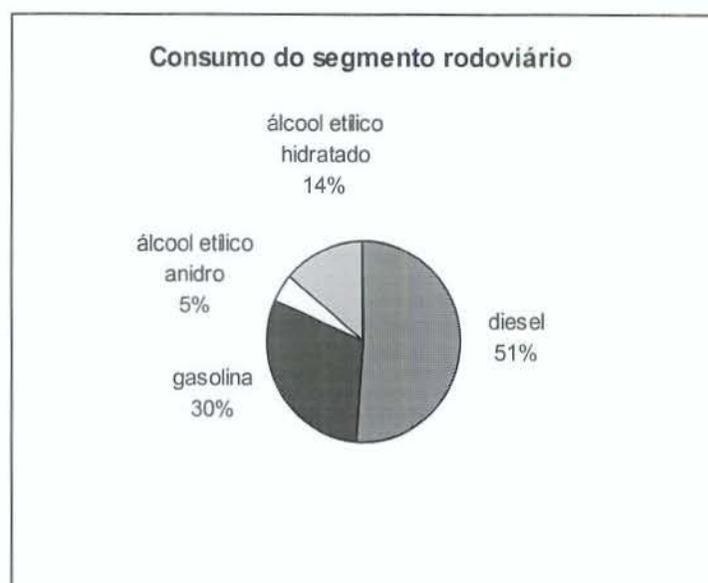
⁵² MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (1996: pág. 13).

Voltemos agora, mais especificamente ao setor dos transportes. Os principais energéticos utilizados neste setor são: gás natural, óleo diesel, gasolina, etanol, querosene, lenha e eletricidade. Dentro do segmento rodoviário, foco do presente trabalho, destacam-se o diesel, gasolina e álcool etílico, os quais iremos comparar a seguir (tabela 7).

tabela 7: Principais combustíveis do segmento rodoviário dos transportes.																
ano	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
diesel	11.175	10.990	11.220	10.744	11.193	11.538	13.594	14.317	14.600	15.378	15.489	16.154	16.443	16.873	17.634	18.343
gasolina	8.561	8.196	7.807	6.673	5.984	5.883	6.635	5.780	5.657	6.386	7.288	7.898	7.864	8.268	9.051	10.832
álcool etílico	1.385	1.286	1.881	2.606	3.352	4.122	5.435	5.535	5.863	6.333	5.700	5.942	5.814	6.063	6.467	6.686
anidro	1.172	596	1.051	1.143	1.083	1.103	1.270	1.111	1.022	843	634	857	1.158	1.264	1.626	1.753
hidrat.	213	690	830	1.463	2.269	3.019	4.165	4.424	4.841	5.490	5.066	5.085	4.656	4.799	4.841	4.933

Para o segmento rodoviário, o combustível mais utilizado é o diesel (51 %). A gasolina e o álcool têm menor peso na distribuição, respectivamente 30 % e 19 %. O gás natural também é utilizado no setor, embora de muito menor expressividade do que o é em países da Europa e Estados Unidos, respondendo por menos de 1 % do total das fontes empregadas (figura 11).

Figura 11



Com base na tabela 8, podemos avaliar a demanda por energéticos dentro de cada ramo do setor de transportes, ilustrada pela figura 12. Convém chamar a atenção para o fato de que o segmento rodoviário é o que mais despende energia, dentre todos os outros. Isto é também um sinal claro da subutilização das outras formas de transporte de que o país dispõe. Nota-se ainda, que do total consumido pelo setor como um todo, os combustíveis provenientes do petróleo são os mais utilizados, cerca de 82 % do total consumido⁵³, o que caracteriza a alta dependência em relação a esse energético.

⁵³ Com base na tabela 8.

Figura 12

Tabela 8: utilização dos combustíveis no sistema de transportes em 1995
(em tEP)

setor	rodoviário	ferroviário	aéreo	hidroviário
gás natural	42	-	-	-
gasolina	10.832	-	48	-
diesel	18.343	372	-	215
querosene	-	-	2.324	-
óleo combustível	-	0	-	624
outras secundárias de petróleo	-	-	-	0
álcool etílico anidro	1.753	-	-	-
álcool etílico hidratado	4.933	-	-	-
eletricidade	-	351	-	-
lenha	-	-	-	-
carvão vapor	-	-	-	-
total	35.903	723	2.372	839

2.3.) Setor energético: oferta X demanda

O ponto mais importante ao se comparar o quadro de oferta e demanda para o setor energético, é avaliar a expansão da capacidade instalada de produção de energia, confrontando com a trajetória do consumo. Sob esse aspecto, levantamos o potencial de oferta interna das duas principais fontes consumidas no país, a saber: energia elétrica e petróleo.

Segundo a tabela 9, a seguir, podemos avaliar o trajeto seguido pela expansão da oferta e pela evolução do consumo de eletricidade. De acordo com os dados, a ampliação da capacidade de oferta do setor foi de 76 %, para um crescimento do consumo de 116 %, de 1980 a 1995, expressos em gigawatt-hora (GWh). Estes valores mostram um aumento da demanda maior do que a da capacidade de oferta do setor (figura 13), o que pode, em médio prazo, criar um problema de abastecimento, a menos que novos investimentos para a ampliação da capacidade de produção sejam feitos.

Pela mesma tabela, podemos avaliar a expansão da capacidade interna de oferta de petróleo com a trajetória do consumo. Embora esse energético também tenha um crescimento do consumo acima da ampliação da capacidade de oferta, 13 % e 6 % respectivamente, a disponibilidade de petróleo, medida em m³ dias de operação, é muito maior do que a quantidade demanda por ano. Por exemplo, para o ano de 1995, o total da capacidade de refino de petróleo seria de 90.476.200 m³ (247.880 m³ X 365 dias), muito acima dos 71.150 m³ consumidos naquele ano. Assim, supõe-se que a capacidade instalada produção de petróleo seja auto-suficiente para abastecer o mercado interno durante muitos anos (figura 14).

Tabela 9: evolução da capacidade instalada de energia elétrica e petróleo no Brasil (1980 a 1995)

ano	Energia elétrica		Petróleo	
	capacidade instalada ⁵⁴ (GWh)	consumo (GWh)	capacidade instalada ⁵⁵ (m ³ d/o)	consumo (m ³)
1980	293.215	122.705	233.100	63.162
1981	326.476	126.232	233.300	60.879
1982	344.671	133.575	238.200	60.228
1983	353.606	143.913	240.100	58.714
1984	360.001	160.000	240.100	62.571
1985	386.377	173.564	240.100	62.952
1986	393.788	187.069	240.100	66.991
1987	416.634	192.755	240.100	68.582
1988	434.277	203.903	234.890	69.108
1989	456.615	212.381	241.040	69.179
1990	464.718	217.657	241.040	68.098
1991	474.275	225.372	241.750	66.099
1992	482.229	230.472	241.680	68.523
1993	492.505	241.167	239.080	69.220
1994	504.830	249.793	246.580	73.036
1995	517.155	264.578	247.880	71.150

Fonte: *Balanço Energético Nacional 1996*.

Entretanto, a capacidade instalada de refino tem o limite das reservas de petróleo disponíveis. Segundo o *Balanço Energético Nacional 1996*, o total das jazidas de petróleo teriam o equivalente a 1,139 trilhões de m³⁵⁶ (ou quatrilhões de litros) de petróleo. Mantida a produção desse energético em 40,2 milhões de m³ por ano (valor de 1995), e não surgindo novas jazidas exploráveis, as reservas de petróleo garantem a extração deste energético por mais somente 28 anos.

⁵⁴ Dados transformados a partir da tabela A.1, pág. 105 do *Balanço Energético Nacional 1996*.

⁵⁵ Com base na capacidade instalada de refino de petróleo.

⁵⁶ MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (1996: pág. 76).

Figura 13

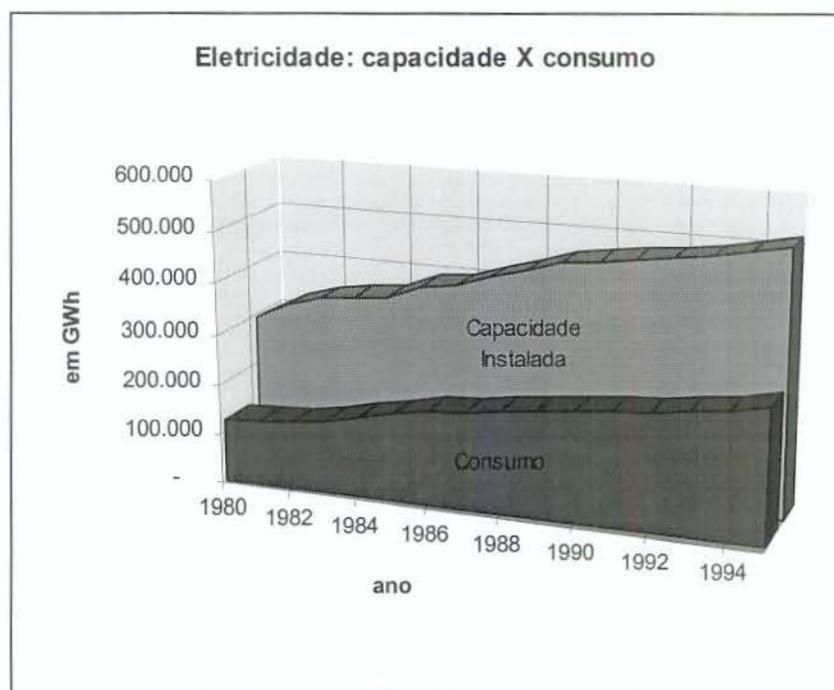
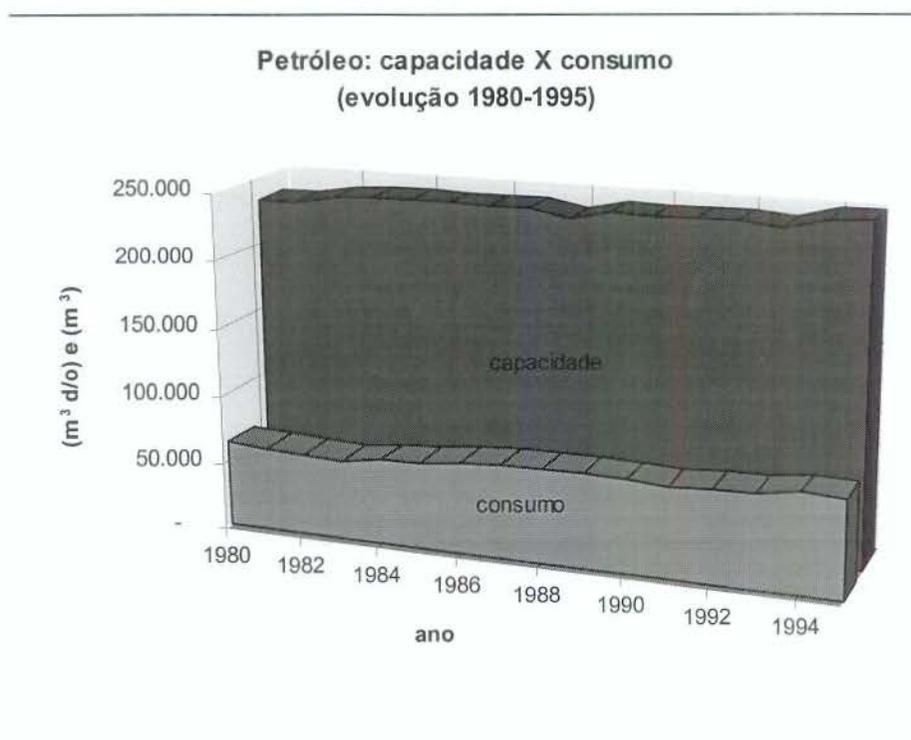


Figura 14



No cenário internacional, não há perspectivas de novos choques de petróleo, dado o excesso de oferta que se verifica nos últimos anos, que inclusive tende a manter os preços internacionais em patamares muito baixos. Em fevereiro de 1998, o

preço internacional do barril de petróleo atingiu a casa dos US\$ 15,61⁵⁷, que em termos reais, está no mesmo nível de 25 anos atrás, época do 1º choque. O desenvolvimento de novas tecnologias foi o responsável pelo barateamento da extração, produção e refino, e a possibilidade de esgotamento tem sido constantemente superada pela tecnologia, levando a crer na viabilidade de exploração de novas jazidas no Brasil.

Das fontes de energia derivadas de petróleo, a maioria é consumida internamente. O país exporta parte dos excedentes de diesel, óleo combustível, gasolina, GLP, nafta e querosene. Também é verificado, segundo a matriz energética, exportações de energia elétrica.

Podemos acrescentar, quanto ao quadro de oferta e demanda, que a maior parcela das demais fontes produzidas no país é integralmente consumida no plano interno. As únicas exceções ocorrem com a lenha, o carvão vegetal, o carvão mineral e o álcool etílico, em que é exportado parte do excedente gerado.

3.) A inserção do álcool na matriz energética

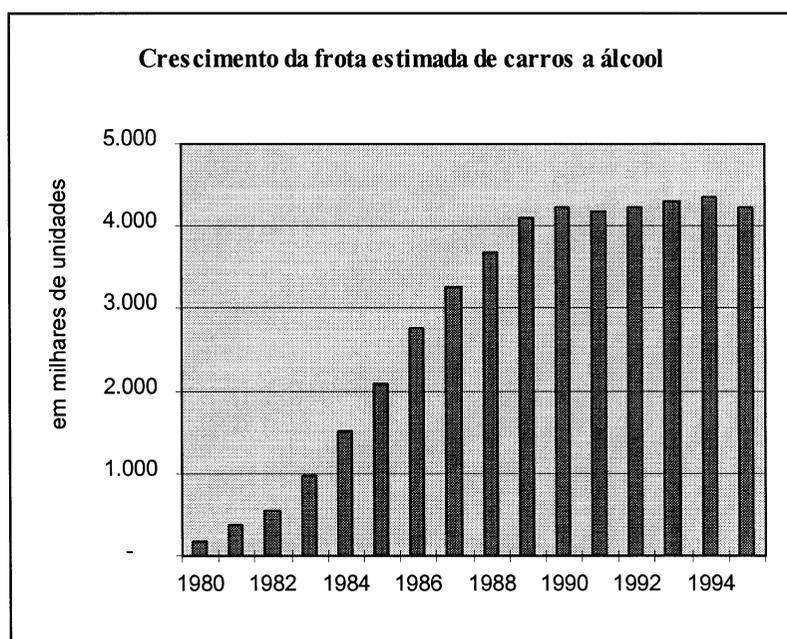
Com base na tabela 8 do apêndice, podemos acompanhar a evolução da produção de álcool etílico no Brasil, desde 1970. Naquele ano, a quantidade produzida era de 637 milhões de litros, oscilando em torno dos 600 milhões até 1976/77, quando a produção chegava aos 664 milhões. O empenho do governo previsto nas metas do Proálcool (o que será melhor detalhado no próximo capítulo) era aumentar a oferta desse energético para reduzir o consumo da gasolina, em primeiro momento como mistura, sendo depois utilizada como combustível substituto em larga escala.

⁵⁷ CARRER JÚNIOR, N. (Terça-feira, 24 de fevereiro de 1998: pág. B5).

A partir de generosos incentivos fiscais, a produção de etanol dobrou entre 1977 e 1978, atingindo 1,4 bilhão de litros, dos quais 80 % eram de álcool etílico anidro (usado como mistura na gasolina). No início dos anos oitenta, a produção já ultrapassava a casa dos 3,5 bilhões de litros. Parte significativa era de álcool hidratado, para atender as vendas de carros movidos exclusivamente àquele combustível, que alcançam, já em 1980, mais de 240 mil unidades, conforme os dados da tabela 9 no apêndice.

A fabricação dos automóveis a etanol foi o passo decisivo para ampliar a oferta do energético. De fato, verificou-se o crescimento significativo da frota desse tipo de veículo (figura 15), o que exigiria, por consequência, o aumento da produção de álcool, buscando atender a essa demanda. Entretanto, o fenômeno seria limitado pela capacidade de oferta, e a partir desse limite, o aumento do número de carros a álcool em circulação criaria um problema de abastecimento, conforme se observa a partir de 1987.

Figura 15



Naquele ano, assinalava-se um ponto de inflexão na fabricação de carros a álcool (tabela 9 do apêndice), que se traduziria na diminuição do ritmo de produção

interna do combustível, exigindo sua importação a partir de 1990. Não obstante, a necessidade de se ter um aditivo à gasolina (que será melhor explicada no próximo capítulo) preenchida pelo álcool anidro, e principalmente a fabricação em larga escala dos carros a etanol, com sua utilização na forma hidratada, possibilitaram o grau de inserção na matriz energética que ocupa o combustível hoje. A evolução da inserção do álcool pode ser verificada de acordo com a tabela 10, a seguir.

Conforme nos mostra a tabela 10, a participação do álcool etílico no total das fontes secundárias produzidas internamente, ultrapassou os 4,5 % em 1985, ano de maior produção de carros a álcool. Os movimentos da relativa importância que teve esse combustível pode ser melhor visualizada na figura 16. Do ponto de vista qualitativo, a maior proporção ocupada pelo álcool na matriz energética esteve e está condicionada ao segmento rodoviário dentro do setor de transportes, e, conforme já havia sido exposto anteriormente, atendendo à uma parcela específica dentro deste segmento, que são os usuários de automóveis de passeio.

Tabela 10: o álcool etílico e o total das fontes secundárias ofertadas no Brasil.

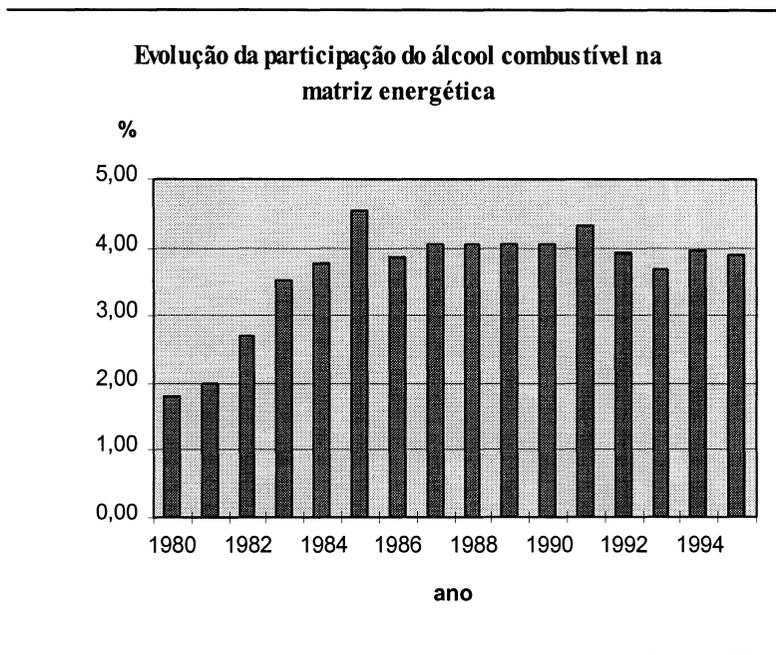
ano	álcool etílico				(1)	(2)	(1)/(2)
	anidro		hidratado		Total de álcool etílico	Total das fontes secundárias	Proporção do álcool no total de fontes 2 ^{árias} ofertadas
	m ³	tEP ⁵⁸	m ³	tEP ⁵⁹	tEP	tEP	(%)
1980	2.104	1.094	1.602	795	1.889	105.118	1,7967
1981	1.413	735	2.750	1.364	2.099	105.456	1,9902
1982	3.550	1.846	2.274	1.128	2.974	110.432	2,6930
1983	2.469	1.284	5.392	2.674	3.958	112.575	3,5162
1984	2.102	1.093	7.150	3.546	4.639	123.337	3,7616
1985	3.208	1.668	8.612	4.272	5.940	131.090	4,5310
1986	2.168	1.127	8.338	4.136	5.263	136.621	3,8523
1987	1.983	1.031	9.474	4.699	5.730	141.624	4,0461
1988	1.726	898	9.978	4.949	5.847	144.024	4,0595
1989	1.341	697	10.557	5.236	5.934	147.076	4,0344
1990	1.309	681	10.474	5.195	5.876	144.903	4,0550
1991	1.984	1.032	10.768	5.341	6.373	147.473	4,3212
1992	2.216	1.152	9.470	4.697	5.849	149.015	3,9254
1993	2.523	1.312	8.774	4.352	5.664	153.418	3,6918
1994	2.867	1.491	9.825	4.873	6.364	160.812	3,9574
1995	3.040	1.581	9.631	4.777	6.358	163.471	3,8892

fonte: Datagro nº 8 e Balanço Energético Nacional 1996.

⁵⁸ Fator de conversão: 0,520 – Balanço Energético Nacional 1996, pág. 121.

⁵⁹ Fator de conversão: 0,496 – mesma fonte.

Figura 16



No capítulo seguinte, serão analisadas as condições que determinaram o surgimento do programa energético que viabilizou essa participação demonstrada acima. Serão apontados os principais fatores técnicos, energéticos e econômicos, que resultaram na adoção do álcool combustível como um combustível de grande importância no cenário brasileiro, além dos prós e contras de tal escolha.

CAPÍTULO III: O PROGRAMA NACIONAL DO ÁLCOOL

1.) Introdução

No primeiro capítulo, procurou-se demonstrar de forma bastante abrangente, qual foi o contexto que permitiu, em última instância, o surgimento do Proálcool. Nesse contexto, está o processo de industrialização, por um lado, peculiar ao caso brasileiro, que manteve o poder político das oligarquias agrárias, surgidas desde os princípios da colonização, dentre as quais se inclui o setor sucroalcooleiro. Por outro lado, adotou-se o padrão de industrialização que dominava em todos os países avançados, caracterizados principalmente pela massificação dos bens de consumo duráveis, em que a figura do automóvel de passeio destaca-se como o símbolo da modernidade.

Na outra ponta do surgimento do programa, está a necessidade de se buscar soluções para atender a uma deficiência do setor energético, que começa a ser sentida em todo o mundo, após os choques do petróleo, a partir de meados da década de setenta. O empenho em alterar esse o quadro de extrema dependência em relação a uma fonte não renovável por parte dos governos, levou a uma mudança na matriz energética, que pode ser acompanhada no capítulo anterior.

O objetivo deste capítulo é analisar o Proálcool em si. Em primeiro lugar, serão levantadas as condições para a adoção do etanol como fonte energética que ocuparia uma posição de destaque na matriz brasileira, e em particular a conjuntura que favoreceu a produção desse combustível numa escala que permitisse atender a demanda no âmbito nacional. Em segundo lugar, analisaremos o lançamento do programa, enfocando-se as metas previstas, os recursos financeiros e incentivos fiscais mobilizados, a evolução do programa, e os resultados obtidos dos pontos de vista econômico e energético. Por fim, será realizada uma avaliação comparativa do

programa, abrangendo-se os custos e os aspectos tecnológicos envolvidos na implantação do Proálcool.

2.) Antecedentes históricos do Programa Nacional do Álcool

A tradição brasileira com produtos ligados à cana-de-açúcar, tem origem com o chamado "ciclo do açúcar", iniciado já no século XVI. A economia canavieira foi impulsionada pelas políticas fundiárias que foram lançadas para acelerar a colonização. A partir de 1534, foi implantado o sistema baseado na doação de terras, as *donatarias*, concedendo privilégios a um pequeno grupo aristocrático da metrópole portuguesa. A esses privilegiados, cabia a obrigação de uso de 20 % da terra, podendo os 80 % restantes serem redistribuídos através das sesmarias, as quais possibilitaram o surgimento da classe dos chamados *senhores de engenho*.⁶⁰

Com a introdução da cultura canavieira no Brasil, através da instalação do engenho do capitão-mor Jerônimo Leitão, por Martim Afonso de Souza, em 1533 na capitania de São Vicente, marcava-se o início do ciclo. Entretanto, sua expansão somente se deu com a transferência dessa cultura para a região Nordeste, onde o tipo de solo, denominado *massapé* ou *massapê*, era mais apropriado para o cultivo da cana.

A vinda dos holandeses para o Brasil, a partir de 1621, proporcionou grande expansão da economia canavieira. Com melhores condições técnicas e organizacionais, os holandeses introduziram inovações utilizadas em outras culturas, que renderam aumento de produtividade em relação à cana produzida pelos portugueses. O apogeu do ciclo do açúcar ocorreu entre 1646 e 1654, época em que os preços atingiram o ponto mais elevado, e a produção crescia impulsionada pela alta do ciclo, atingindo dois milhões de arrobas em 1650.

⁶⁰ FURTADO, M. G. (1986: cap. 2).

Com a expulsão dos holandeses, que permaneceram no país por mais de vinte anos e absorveram todo instrumental de cultivo da cana e produção de açúcar, deu-se a difusão da cultura açucareira para outras colônias, principalmente as que tinham condições geográficas semelhantes às do nordeste brasileiro, como as ilhas do Caribe. A produção holandesa nessas colônias passou a concorrer com o açúcar brasileiro, que acabou perdendo grande fatia do mercado devido à baixa produtividade de cana. Em consequência, os menores preços praticados nas colônias caribenhas assinalaram o início do declínio do ciclo do açúcar brasileiro.

Apesar da perda relativa da importância frente à economia internacional, a produção açucareira continuou a ter grande penetração na estrutura econômica interna do Brasil. De fato, a produção açucareira resistiu às grandes oscilações dos preços internacionais, alternando períodos de altas, como no final do século XVIII, com épocas de estagnação, notadamente na segunda metade do século XIX. A partir da brusca queda dos preços internacionais do açúcar, causada pela crise de 1929, o setor passou a contar com a intervenção do Estado.

Com a Grande Depressão dos anos trinta, outro derivado da cana-de-açúcar começou a ter fundamental importância para o setor açucareiro, passando a ser produzido em larga escala. O álcool tornou-se um produto fundamental para o equilíbrio do setor açucareiro, além de um combustível estratégico, principalmente quando a importação de petróleo atravessava períodos críticos. O Estado passou a incentivar a produção de álcool através de normas regulamentares que visavam a sua utilização para fins carburantes. A primeira dessas medidas institucionais data de 20 de fevereiro de 1931, com o Decreto nº 19.717, instituindo a adição compulsória de no mínimo 5 % de etanol à gasolina importada.

Antes de ser instituída legalmente a utilização combustível do álcool, o produto já fora empregado para esse fim durante a 1ª Guerra Mundial, devido às dificuldades que se fizeram presentes para a obtenção do petróleo. A partir de 1927, são produzidos o USGA⁶¹, à base de 80 % de etanol e 20 % de éter, e a Azulina, de

⁶¹ O nome USGA foi dado devido ao lugar onde o combustível foi desenvolvido, na Usina Serra Grande de Alagoas.

composição 85 % de etanol, 10 % éter e 5 % de gasolina, que foram os primeiros carburantes comercializados em escala, constituídos essencialmente por álcool ⁶².

Após a queda do preço do petróleo na década de vinte, o álcool deixou de ser utilizado puramente como combustível. A importância desse produto passou desde então a se constituir como mistura à gasolina nos períodos em que se verificava grandes barreiras de acesso ao petróleo. Assim ocorreu no período da 2ª Guerra Mundial, em que se observou uma adição de 42 % de etanol, assim se observou após os *choques* do petróleo dos anos setenta. Em contrapartida, tão logo os preços internacionais de petróleo atingissem patamares relativamente estáveis, de forma que o Brasil readquirisse capacidade de importação, o álcool perdia a competitividade frente aos combustíveis derivados daquele recurso energético. Isso ocorreu na década de cinquenta, com a expansão petrolífera no Golfo Pérsico, que derrubou os preços internacionais do produto, e após os choques, passados os momentos em que as importações de petróleo pressionavam mais fortemente o balanço de pagamentos, e o país recompunha as reservas internacionais em níveis suficientes para importar. Além da recuperação da capacidade de importações, o Brasil conseguiu expandir significativamente sua produção interna de petróleo, e a descoberta de novas jazidas ao longo dos anos setenta e oitenta deixou o país numa situação relativamente confortável, do ponto de vista da oferta daquele energético.

Outro fator que tem determinado flutuações quanto à importância do álcool no quadro energético brasileiro, diz respeito à situação do açúcar frente ao comércio internacional. Um bom exemplo disso é a produção de automóveis movidos a álcool em 1986, ano da maior produção de todos os tempos, que chegou a 96 % do total das vendas registradas no país ⁶³. Naquele ano, o valor absoluto das exportações de açúcar demerara apresentava uma queda, ao longo dos doze meses que se seguiram, de cerca de 60 % ⁶⁴, sendo que o valor acumulado de janeiro de 1985 a 1986 chegara a sofrer uma redução de 52,27 %. Nos dez anos que se seguiram, a produção de carros a álcool enfrentou sucessivas quedas, até chegar recentemente a uma marca

⁶² PAMPLONA, C. (1984: pág. 7).

⁶³ *Internet*, <http://www.anfavea.com.br/automob.html>.

menor do que 1 % do total de automóveis fabricados. Quando se observa que, no período de 1995 a 1996, o valor absoluto das exportações de açúcar caíram 10,3 % ⁶⁵, o álcool voltou a ser mencionado como uma alternativa energética importante, reabrindo a discussão sobre o Proálcool, o único programa federal com objetivo de pesquisa e desenvolvimento intensivos para a utilização de energia proveniente de biomassa, de abrangência nacional, que ainda não foi abandonado.

3.) A evolução do Proálcool

Como já foi dito anteriormente, a causa decisiva na implantação dos diversos programas para a substituição do petróleo, lançados na década de setenta, foram os aumentos repentinos do preço internacional do produto, que passaram a ser conhecidos como choques do petróleo. Devido à extrema dependência com relação a este produto, o principal energético da economia mundial, tais variações de preços suscitaram uma busca internacional por alternativas energéticas, que viessem a minimizar os impactos nos balanços de pagamentos provocados pela possibilidade da ocorrência de novos choques.

O primeiro deles, ocorrido em 1973/4, elevou preço do barril de US\$ 3 para US\$ 12 ⁶⁶, levando o governo Geisel a elaborar o II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), com o objetivo, dentre outros, de estabelecer possibilidades de substituição das importações – especialmente de petróleo. O precursor desse plano para mudança da pauta das exportações, foi o lançamento das metas do Proálcool, que consistia inicialmente no aumento da produção do álcool etílico anidro para ser adicionado à gasolina. A previsão era que em seis anos, o país atingisse a meta da produção de três bilhões de litros de álcool por ano a partir de 1980. De fato, como podemos verificar na tabela 8 do apêndice, essa meta já fora atingida entre 1979 e 1980.

⁶⁴ COORDENAÇÃO DE ASSUNTO CONJUNTURAIS (1987: pág. II-6).

⁶⁵ SECEX (1996: pág. 12).

Paralelamente à aceleração da produção de álcool, reiniciaram-se também as pesquisas para o desenvolvimento de motores exclusivamente movidos por álcool hidratado, embora os resultados desse projeto somente surtiram efeito anos mais tarde, após o 2º choque. Isso ocorreu porque, entre o 1º choque e 1979, os preços internacionais do petróleo mantiveram-se relativamente estáveis, e a produção de álcool anidro como aditivo à gasolina atendeu razoavelmente ao fim a que se destinara, desestimulando parcialmente a necessidade de se ter um motor exclusivamente movido por etanol.

Entretanto, houve o segundo impacto sobre os preços internacionais, que se dividiu em três etapas entre 1979 e 1980, aumentando o custo por barril de US\$ 12 para US\$ 18, e chegando ao fim do período em US\$ 30, em decorrência do conflito Irã-Iraque. Essa sucessão de aumentos, obrigou o governo (Geisel / Figueiredo) a acelerar as metas estabelecidas pelo II PND. Intensificaram-se as pesquisas para a produção de motores a álcool e se estipulou um limite máximo de 20 % para a adição de álcool anidro à gasolina ⁶⁷. Paralelamente, elevou-se o preço interno da gasolina, como forma de inibir o consumo, conforme foi mencionado no capítulo anterior (item 2.2), e a produção nacional de petróleo passou a ser prioridade da política energética, buscando-se, através da Petrobrás, aumentar a extração em níveis suficientes para diminuir a importação daquele produto ⁶⁸.

Nos primeiros dez anos, desde sua criação, o Proálcool passou por duas fases marcadamente distintas. A primeira, de 1975 a 1979, teve por característica a produção de álcool, a partir da tecnologia utilizada pelo complexo das destilarias já em operação mesmo antes da implantação do programa, sendo complementada por usinas adjacentes que foram instaladas graças aos incentivos governamentais ⁶⁹. Com o auxílio dessas destilarias, denominadas “anexas”, a produção de álcool no final do

⁶⁶ MELO, F. H., PELIN E. R. (1984: pág. 12).

⁶⁷ PAMPLONA, C. (1984: pág. 18).

⁶⁸ COPERSUCAR (1988: cap. 1).

⁶⁹ DEMETRIUS, F. J. (1990: cap. 3).

período já batia a casa dos 2,8 bilhões de litros ⁷⁰, que era muito próxima à quantidade almejada pelos objetivos do programa na época do lançamento.

Na segunda fase, de 1979 a 1985, dois fatores contribuíram para a aceleração da produção de álcool: o segundo choque do petróleo, conforme já foi mencionado, e os benefícios concedidos pelo governo aos usineiros, visando a construção de novas destilarias, com garantia de compra dos excedentes da produção, o que minimizava os riscos das oscilações dos preços de mercado ⁷¹. Em 1985, a produção de etanol atingiu 10,7 bilhões de litros, sendo as destilarias autônomas foram intensivamente empregadas para alcançar este resultado. ⁷²

Tal produção foi motivada em grande parte pelo deslumbramento nacional em torno da fabricação em larga escala de veículos movidos a etanol. Os modelos a álcool produzidos no Brasil passaram a ser mostrados em diversos países do mundo, como uma novidade que revolucionaria a indústria automobilística. Os Estados Unidos desenvolviam então um tipo de motor similar, movido a metanol. O Japão pesquisava a fabricação de carros movidos a hidrogênio líquido e, como também a Alemanha, a eletricidade. O Brasil parecia estar entre os países mais avançados em termos da utilização de combustíveis alternativos aos derivados de petróleo.

Entretanto, com a crise dos anos oitenta, agravada pelo fracasso do Plano Cruzado deflagrado no final de 1986, o programa entrou em decadência. A aceleração do processo inflacionário levou a uma situação de instabilidade, que interrompeu a entrada de investimentos diretos no país, e levou a uma forte retração em todo o setor industrial brasileiro. Se, por um lado, havia falta de investimentos, tanto na modernização das técnicas de obtenção do álcool, quanto no desenvolvimento dos motores a etanol, por outro verificava-se a importação de tecnologia que diminuía a poluição dos motores a gasolina ⁷³, e a estabilidade dos preços internacionais do petróleo, pressionando os preços internos de seus derivados para baixo.

⁷⁰ MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (1996: pág. 134).

⁷¹ GARNERO, M. (1980: ver o Anteprojeto de Lei que regulamentava a produção de álcool com base nas metas estabelecidas pelo Proálcool, art. 4º, §2º; 7º e 8º, fonte: pág. 182).

⁷² DEMETRIUS, F. J. (1990: pág. 44).

⁷³ Principalmente com o desenvolvimento de “catalisadores”.

Em seguida, o contínuo crescimento de veículos a álcool em circulação, que exigia uma demanda cada vez maior pelo combustível, provocou uma crise de oferta. A produção de álcool já não mais atendia à frota de mais de 3 milhões de carros a álcool em 1987 (ver tabela 9 no apêndice), e ao previsto na legislação, com a adição à gasolina, de forma que, em 1994, o etanol representava 51 % do consumo de combustíveis para o setor automobilístico⁷⁴. Como o setor sucroalcooleiro já não mais atendia a demanda interna, o álcool passou a ser importado, inclusive na forma metanol, que passou a ser adicionado tanto ao etanol, como à gasolina (mistura chamada MEG - metanol, etanol, gasolina). Com a previsão de um déficit no abastecimento de álcool etílico da ordem de 1 a 2 bilhões de litros para 1995, e uma elevação relativa dos custos à frente da gasolina, pelos fabricantes de automóveis, houve naturalmente uma perspectiva negativa naquele setor, que passou a reduzir a fabricação de automóveis à álcool gradativamente.

Essa queda na produção deveu-se em parte também pela insatisfação dos usuários de carros a álcool. Principalmente por causa da excessiva demora no aquecimento do motor e da alta corrosividade característica do combustível, que elevava os custos de manutenção do automóvel (problema que não fora no momento solucionado). Tais fatores contribuíram para diminuir significativamente a demanda por aquele tipo de veículo, e, em conseqüência, aumentar a preferência pelos carros a gasolina.

Com a evolução dessa conjuntura negativa, o Proálcool vive hoje o dilema da desativação, o que poderá trazer graves conseqüências para os setores ligados direta ou indiretamente a ele. A fabricação de veículos a álcool é mínima, e o custo relativo de produção de etanol é alto, se comparado ao da gasolina. Para manter a proporção de mistura estabelecida por lei, a Petrobrás tem que subsidiar a produção de álcool, que do ponto de vista contábil aparece na chamada “conta álcool”. Tais subsídios têm levado a Petrobrás a uma situação de endividamento progressivo, porque são financiados pela exportação dos excedentes de gasolina a preços muito abaixo dos custos de produção do álcool. Como não houve medidas governamentais para mudar

⁷⁴FERNANDES, E. S. L., e COELHO, S. T. (1996: pág. 24).

a orientação do programa, a situação da empresa agravou-se a ponto de o déficit acumulado atingir a fabulosa cifra de US\$ 2 bilhões. O preço do álcool nas bombas dos postos é dessa forma mantido – artificialmente – abaixo da gasolina, o que não poderia ser diferente, dada a possibilidade de agravar o problema da rejeição àquele combustível, o que levaria a uma crise generalizada nos setores diretos e adjacentes ao alcooleiro.

Segundo dados do Ministério da Indústria e Comércio, atualmente o Proálcool é de grande importância para o país, sendo responsável por 1,04 milhões de empregos, pela redução da importação de 200 mil barris de petróleo por dia, pela movimentação de uma frota de 4,2 milhões de veículos e pela contribuição de 16 % da matriz energética das fontes renováveis. A utilização do álcool combustível, bem como a mistura à gasolina, possibilitaria a redução da poluição nos grandes centros metropolitanos, devido à não emissão líquida de CO₂ e à redução de emissão de chumbo tetra-etila ⁷⁵.

Enfim, o Proálcool perdeu, na prática, a capacidade de constituir um combustível de fundamental inserção na matriz energética, ainda que limitado à utilização em um segmento específico dos meios de transportes. As pesquisas para a aplicação das substâncias derivadas ou residuais da produção do álcool em diversos setores, como no próprio setor energético e os diversos ramos da indústria doméstica, foram muito restritas, ficando aquém do potencial.

Observada a limitação a que se sujeitaram os horizontes do programa, ele acabou por se tornar somente um paliativo para as dificuldades de obtenção de petróleo, principalmente no fim da década de setenta e início dos anos oitenta. Superadas as dificuldades, não houve uma reestruturação do Proálcool de forma a adaptá-lo às exigências de mercado, tornando-o auto-suficiente. Atualmente, o programa desempenha a função teórica de diminuir o custo da gasolina, o que nem isso tem proporcionado, dada a necessidade da Petrobrás subsidiar sua produção, levando a crer que o Proálcool hoje somente diminui o consumo bruto de gasolina.

⁷⁵ *Internet*, <http://www.mict.gov.br/spb/spb0300.htm>

4.) Avaliação do Proálcool: tecnologia e custos

A seguir, trataremos de aspectos importantes para uma avaliação do Proálcool, com base em fatores tecnológicos e econômicos. Dentre esses aspectos, serão apontadas as questões da produção de álcool, englobando os custos, viabilidade econômica. Em seguida, será analisado um ponto específico, qual seja, a cogeração de energia elétrica como forma de viabilizar a competitividade do álcool combustível sem a necessidade de subsídios diretos. Enfim, será feita uma comparação entre os motores a álcool e a gasolina, levantando-se aspectos técnicos relevantes para a continuidade da utilização do álcool como combustível.

No que tange aos gastos governamentais e do setor privado, pode-se afirmar que o montante de investimentos que se realizou desde a implantação do Proálcool é muito alto. Estima-se que na primeira fase do programa, de 1975 a 1979, foram gastos US\$ 1,019 bilhões, dos quais 75 % públicos e 25 % privados; na segunda etapa, de 1980 a 1984, outros US\$ 5,406 bilhões, sendo 56 % públicos; e na terceira parte, US\$ 0,511 bilhão, com 61 % desses gastos provenientes do setor privado⁷⁶. Entretanto, se considerados os fatores indiretos que se moveram ao redor do programa, pode-se chegar à movimentação da fabulosa quantia de US\$ 33 bilhões⁷⁷.

Após expressiva quantidade de investimento, o programa pode ser desativado, a partir da cessão do fluxo de gastos governamentais, segundo a avaliação da viabilidade ou não da continuidade do programa. Conforme tem sido avaliado até o presente momento, pode-se dizer que a manutenção (ou reativação) do programa encontra uma forte barreira – a competitividade. O álcool depara-se basicamente com duas questões relacionadas a esse aspecto: o alto custo de produção em relação ao seu concorrente direto – a gasolina, cerca de US\$ 45 o barril, contra US\$ 25⁷⁸, e a octanagem⁷⁹ inferior do etanol, que requer uma compensação em termos de

⁷⁶ LOPES, L. A. (junho/1996: pág. 53).

⁷⁷ ROSAS, H. (2 de junho de 1997: pág. 2-2)

⁷⁸ dados de 1995. Ver FERNANDES, E. S. L., COELHO, S. T. (1996: pág. 65).

⁷⁹ Ver adiante.

tecnologia, que viabilize a utilização do álcool e minimize as eventuais perdas e comparação à gasolina. Entretanto, se fosse seguida a tendência dominante, em termos de política econômica e, por extensão, política industrial, que é a de deixar as forças de mercado atuarem para a decisão dos rumos da economia como um todo, a baixa competitividade característica da produção brasileira de álcool poderia levar o Proálcool à sua extinção.

Os dados relativos aos custos de obtenção de álcool levam à conclusão de que o programa está muito distante da auto-suficiência. Um dos fatores que contribuem para a baixa produtividade na obtenção de álcool encontra-se na baixa concentração de capital, característica do setor sucroalcooleiro. A produção de álcool das vinte maiores empresas produtoras de açúcar e álcool do país são responsáveis por apenas 28,28 % do total produzido no país ⁸⁰, o que indica uma atomização do setor. Tal situação suscita o problema da dificuldade da implementação de pesquisas intensivas, e afastam a viabilidade de colocação do álcool em condição de competir com outros combustíveis, especialmente os derivados de petróleo.

Por outro lado, o Brasil pode, no longo prazo, encontrar uma concorrência muito forte, quando os Estados Unidos passarem a produzir em larga escala o álcool etílico proveniente, dentre outros recursos, do milho. Novas tecnologias tem sido desenvolvidas naquele país, permitindo a redução de custos a patamares muito abaixo dos brasileiros, e principalmente com o aproveitamento dos diversos resíduos agrícolas.

Uma das empresas norte-americanas que tem se especializado intensivamente no desenvolvimento de novas tecnologias para a obtenção de álcool é a *Swan's Biomass Company*. Essa empresa é resultante de uma parceria entre duas outras gigantes ligadas à produção e aplicação de recursos energéticos: a *Amoco Corporation* e a *Stone and Webster Engineering Corporation*. A *Amoco* foi uma das empresas a pesquisar alternativas para importação de petróleo nos anos setenta, especialmente em pesquisas voltadas para a obtenção de energia a partir de biomassa. A *Stone and Webster* especializou-se em técnicas de engenharia voltadas para processos

industriais, principalmente de utilização de resíduos materiais das mais diversas origens, que antes eram desperdiçados ou subutilizados, causando aumento de substâncias nocivas à natureza a serem despejadas nos rios, ou acumuladas em depósitos de lixo.⁸¹

Com a parceria dessas empresas, iniciou-se uma série de pesquisas para a aplicação das diversas formas orgânicas na produção de álcool etílico. O processo desenvolvido permitiu a utilização de uma gama de material composto abundantemente por celulose, para sua transformação em etanol de alta qualidade. Dentre esses resíduos, são destacadas as sobras do campo, produtos das florestas e mesmo os componentes orgânicos dos lixos municipais, que são processados, produzindo o álcool. A revolução do método desenvolvido, consiste na reutilização do material que sobra dessa produção: o amido residual, a semi-celulose e a celulose que sobra do milho, que são usados na fabricação de outros produtos para o consumo, a custos competitivos. De posse de uma tecnologia como essa, o setor produtor de álcool norte-americano tem a vantagem de uma certa flexibilização, com o redirecionamento dos estoques involuntários, formados em momentos de baixa na demanda, para outras áreas que não a de produção de combustível. Segundo o presidente da *Swan's Biomass Company*, Robert Walker, "essa flexibilidade significa redução de custos do etanol"⁸².

No caso brasileiro, uma oportunidade de redução dos custos da produção de álcool etílico talvez se encontre na chamada *cogeração de eletricidade*. Um decreto presidencial regulamentando a atividade no setor cogenerador de energia deveria ser publicado no mês de agosto de 1997⁸³. Segundo o decreto, as concessionárias de energia elétrica pagarão às cogeneradoras o equivalente ao que é pago à usina hidrelétrica de Itaipu, bem como às termelétricas movimentadas por gás natural, ou seja, o valor de R\$ 41,00 por megawatt-hora (MWh) gerado, com um acréscimo de 10 % se o combustível utilizado for proveniente de fontes renováveis, como o caso do

⁸⁰ VIAN, C. E. F. (1996: pág. 135, tab. 3.1).

⁸¹ fontes: *Internet*, <http://www.biomass.org/amoco.txt> <http://www.biomass.org/gridley.html>

⁸² Ver *Internet*, <http://www.ott.doe.gov/ottsum.html>, em entrevista realizada em 1996.

⁸³ COSTA, E. A. (28 de julho de 1997: pág. C-5).

bagaço da cana, o que totalizará R\$ 45,10 por MWh. Com essa produção, existe a possibilidade de o setor sucroalcooleiro tornar-se auto-suficiente, já que a cogeração de energia, colocada nestes termos, pode representar quase metade dos lucros da usina.

Atualmente, a tecnologia utilizada na cogeração de eletricidade na indústria sucroalcooleira é baseada no sistema de caldeiras a vapor, que operam sob pressão produzida por turbinas de contrapressão. À pressão de 20 bar, esse sistema possibilita a geração de eletricidade apenas para o setor industrial, sem condições de produção de energia em escala que permita a comercialização do excedente gerado. Entretanto, já existem outras tecnologias que oferecem condições produção termelétrica em escala ampliada não somente para a indústria, como também para venda de excedente a preços competitivos. Os dois sistemas mais acessíveis atualmente são o CEST (“condensing-extraction steam turbine”) e o BIG/GT (“biomass integrated gasifier / gas turbine”).

O sistema CEST é o mais divulgado no mundo, sendo amplamente empregado no Havaí, onde as condições de geração de energia elétrica são muito dependentes do petróleo. Nesse processo, o ciclo é realizado sob alta pressão, cerca de 60-80 bar, em que as turbinas operam com vapor de extração-condensação. Com esse sistema, é possível a geração de um excedente de 80 a 100 kWh/tc⁸⁴ na alta safra da cana, ou 300 kWh/tc fora da safra, a partir da utilização de palhas e pontas, características da colheita da cana crua.

O outro método é o que apresenta melhores possibilidades ao setor sucroalcooleiro. O sistema BIG/GT permite a obtenção de um excedente de até 600 kWh/tc, a partir da gaseificação de bagaço e utilização do gás em turbinas especiais. Além de ser um sistema que apresenta maior produtividade, tem a vantagem de baixo custo de investimento, em comparação ao sistema a vapor. Para a aplicação dessa tecnologia, são necessários US\$ 1500 / kW, mais um custo de US\$ 40 por turbina, que dá cerca de US\$ 51-56 / MWh (o custo de produção do sistema de turbinas a vapor é de US\$ 83 / MWh). Essa tecnologia possibilita um custo de US\$ 30-40 / MWh para a

energia cogerada, se for levado em consideração que a fonte responsável pela produção é proveniente do bagaço da cana, pontas e palhas, elementos que são obtidos dentro do próprio setor.⁸⁵

Dentro dessa perspectiva, se tomarmos a pior das possibilidades (um custo de US\$ 40 / MWh), a proposta de incentivos à cogeração de energia ainda permite ao setor sucroalcooleiro um ganho de US\$ 5,10 / MWh, propiciando uma redução no custo do álcool, que o levaria ao preço de US\$ 0,21/l. Atualmente, a demanda por álcool ultrapassa os 14 bilhões de litros, o que poderia representar, com os ganhos obtidos com o potencial de participação no setor elétrico, uma redução de custos para US\$ 3 bilhões.

Com a expectativa de US\$ 45,10 por MWh, sinalizados pela proposta governamental, a produção de pouco mais de 7,5 mil MW por ano de energia, seria suficiente para cobrir todo o custo do álcool. Como a previsão é de que o potencial de cogeração de energia, caso haja investimentos em tecnologia, atinja os 4 mil MW⁸⁶, pelo menos 53 % do custo do álcool pode, em princípio, ser subsidiada pela atividade sucroalcooleira de produção de eletricidade.

A obtenção de energia elétrica, a partir do bagaço da cana, torna-se assim mais do que uma alternativa para utilização dos derivados da cana de açúcar. Passa a ser um importante canal, na colocação do álcool como um combustível alternativo que possa ser inserido no mercado, de maneira que seu custo de produção venha a se tornar competitivo. Além disso, aponta-se uma solução viável ao problema da falta de abastecimento de energia elétrica, que pode vir a se tornar uma realidade em prazo não muito longo, se mantida a atual capacidade instalada, conforme se verifica na Balança Energética. A cogeração de energia deve ser analisada como uma efetiva solução econômica para o Proálcool, a ser implementada em longo prazo, e que poderá assegurar uma inserção auto-sustentada do álcool na matriz energética.

⁸⁴ kWh/tc significa a produção em quilowatt-hora por turbina de contrapressão.

⁸⁵ FERNANDES, E. S. L., COELHO, S. T. (1996: pág. 80 a 82).

⁸⁶ COSTA, E. A. (28 de julho de 1997: pág. C-5).

Supondo-se a posse de uma tecnologia que viabilizasse economicamente o Proálcool, cabe analisar outra questão importante, que vem a ser a aplicabilidade do álcool etílico hidratado como meio combustível de larga utilização. Conforme já foi anteriormente colocado, o Proálcool surgiu com o intuito de tornar o etanol um combustível que pudesse substituir os derivados de petróleo. Foi lançado em meio à crise no balanço de pagamentos, provocada principalmente pelos expressivos aumentos dos preços internacionais do petróleo – os choques. Dentre as diversas utilizações, a aplicação carburante nos meios de transportes rodoviários era, sem dúvida, a mais importante. Não obstante, toda a tecnologia desenvolvida não era capaz de atender a duas categorias, cuja relevância estava em primeira ordem. Esses dois ramos do setor de transportes têm por característica comum os motores a diesel, e são responsáveis por uma grande influência nos rumos da economia, as quais já foram tratadas no capítulo anterior: transportes de carga e coletivos.

O ponto fundamental, no qual era constituído todo o programa de substituição de petróleo, quando da implantação do Proálcool, estava na aplicação do etanol como fonte combustível dos transportes rodoviários individuais de passageiros. A tecnologia que adaptava aos automóveis de passeio a utilização do álcool hidratado como combustível, centrou-se em pequenas modificações no denominado motor Otto, ou de Ciclo Otto. Aos motores utilizados em transportes urbanos coletivos e nos de carga, cujo funcionamento está baseado no motor Diesel, que também se tornaram bastante onerosos com os choques do petróleo, cabia apenas a alternativa de contar com outros programas energéticos baseados em fontes renováveis, como seria o Proóleo, que será abordado no próximo item.

O funcionamento do motor de ciclo Otto é caracterizado pela compressão da mistura do combustível utilizado (gasolina ou álcool) com o ar no *cilindro*, após a ser preparada no motor. Ocorrida a compressão, a *vela* provoca uma faísca que leva à combustão da mistura, que não pode inflamar-se antes dessa ignição. Para que tal situação não ocorra, o combustível deve ter alta octanagem, ou seja, deve ter uma resistência mínima à combustão, dada pelo *número de octanas*.

A gasolina possui baixa octanagem, o que obriga o uso de um aditivo, para que esse carburante atinja um número de octanas considerado razoável ⁸⁷. Sem esse procedimento, o combustível estaria fora das especificações técnicas que indicam melhor adequação ao desempenho do motor. Algumas das opções de aditivos mais comumente utilizadas são o chumbo-tetra-etila, o metil terc-butil éter (conhecido como MTBE) e o álcool anidro.

O chumbo-tetra-etila, por sua característica metálica peculiar, apresenta a vantagem de se acumular nas válvulas, criando uma espécie de proteção contra o desgaste do motor. Foi utilizado predominantemente por muito tempo, embora hoje seja um elemento condenado internacionalmente, por ser comprovadamente nocivo à saúde. O MTBE é um éster oxigenado, derivado de petróleo orgânico, que é hoje utilizado em toda Europa. Não constam pesquisas conclusivas que a adição de MTBE acarrete danos à saúde, embora sua utilização, no Brasil, fora muito controversa, sendo muito debatida pelos mais diversos órgãos de imprensa. A melhor opção de aditivo, para o caso brasileiro, seria portanto o álcool anidro. Entretanto, há pontos a se considerar quando se trata da utilização de um combustível como aditivo, o que será colocado mais adiante, ainda neste item.

Voltando à descrição dos motores Otto, cabe agora tecer algumas considerações a respeito das modificações que se fizeram necessárias à sua adaptação para funcionar com o etanol. Dentre elas, destacam-se adequações na carburação do etanol, na taxa de compressão, na resposta à velocidade de queima do combustível, e no tipo de material utilizado para a construção do motor. Do ponto de vista dos avanços tecnológicos, pode-se considerar três gerações de motores a álcool, segundo o grau de melhorias que tais mudanças trouxeram.

A primeira geração, logo após a implementação do Proálcool, caracteriza-se modificações apenas na carburação. O *carburador* do automóvel automaticamente prepara a proporção da mistura a ser enviada para os *pistons*. No caso da gasolina, essa mistura é de 15 g de ar para 1 g do combustível. Na conversão para álcool, a proporção deve ser alterada de 9 g para 1 g. Essa modificação é obtida com o

⁸⁷ Baseado na entrevista com o professor Waldir L. R. Gallo, no dia 8 de agosto de 1997.

aumento do diâmetro dos orifícios que transmitem o combustível para o *carburador*, os chamados *giglés*.

Ao sair do processo de carburação, outra importante modificação é necessária. O álcool, por apresentar um número de octanas da ordem de 100, contra 80-90 da gasolina já modificada pelas misturas necessárias, exigia o aumento da taxa de compressão. Essa taxa é a razão entre os volumes máximo e mínimo a que o *cilindro* é submetido, para que a detonação da mistura ocorra no exato momento em que a *fagulha* seja provocada pela *vela*. Para motores a gasolina, essa taxa hoje é da ordem de 9, enquanto que no caso do álcool esse número deve subir para 11 ou 12.

Tais alterações entretanto são insuficientes para que o veículo possa ter um desempenho comparável ao dos seus similares a gasolina, sendo que os automóveis fabricados até o ano de 80 apresentavam problemas de com desempenho. Na segunda geração, verificou-se que havia ajustes a serem feitos, a partir da *curva de avanço* do etanol, que tem a ver com a velocidade de queima. Os diferentes tipos de combustíveis inflam-se mais ou menos rápido, o que influi diretamente no desempenho do motor. Nos anos de 82 e 83, as pesquisas para a determinação do ponto ótimo da curva de avanço do álcool intensificaram-se, solucionando-se, nos modelos sucessores, esse tipo de problema.

Entretanto, havia ainda um problema. A alta corrosividade característica do álcool aumentavam significativamente o desgaste de algumas peças importantes do motor, diminuindo assim sua vida útil. Havia uma incompatibilidade no material utilizado para a construção dos motores a gasolina, quando era aplicado nos motores a álcool. Ocorria uma corrosão de chapas metálicas, bem como algumas borrachas sintéticas perdiam a maleabilidade, ressecavam-se e rachavam com o tempo. A terceira geração de motores a álcool incorporou o desenvolvimento de ligas metálicas especiais e de outros revestimentos, que eliminavam o problema do desgaste precoce.

Sanados os principais defeitos que pudessem apresentar os motores a álcool, as perdas em relação à gasolina passaram a ser desprezíveis, restritos ao menor rendimento km/l de combustível, ainda que do ponto de vista do aproveitamento

energético, o álcool seja mais eficiente do que a gasolina ⁸⁸. Mesmo os problemas com a partida no motor *frio*, foram resolvidos com uma pequena reserva de gasolina, que é injetada no lugar do álcool, e cessa após a temperatura do motor ter aumentado suficientemente. Portanto, do ponto de vista tecnológico, os motores a etanol pouco ou nada deviam aos movidos a gasolina. Como o álcool anidro era misturado à gasolina, o Proálcool pareceu cumprir com seus objetivos de produzir um combustível complementar, passível de se tornar um excelente substituto ao derivado do petróleo, tecnicamente falando.

Somente para retornar a questão da adição necessária à gasolina, cabe elucidar um ponto importante. Quando o aditivo não é um combustível, como nos casos do chumbo-tetra-etila e do MTBE, as características básicas da gasolina não se alteram. Caso contrário, a mistura comporta-se como se fosse um terceiro combustível. As diversas proporções que podem ter a mistura, causam comportamentos variados no motor, e para cada uma delas, deve-se fazer um ajustamento semelhante ao descrito acima, na conversão da gasolina para o álcool. A sutileza aqui colocada, levanta na verdade um problema mais sério, que é a constante modificação imposta pela Petrobrás à proporção da mistura, acarretando problemas à durabilidade dos motores a gasolina. Afora esse detalhe, o álcool anidro apresenta-se como um aditivo que cumpre relativamente bem seu papel, comparando-se às outras substâncias não combustíveis que vem sido utilizadas para aumentar a octanagem da gasolina.

Quanto aos níveis de emissão de gases poluentes, deve-se inicialmente analisar as condições em que os dois combustíveis estão sendo comparados. Há comparações entre motores a álcool e a gasolina em termos desiguais ⁸⁹. Por exemplo, costuma-se dizer que os modelos mais novos a gasolina emitem menos gases poluentes do que os carros a álcool, porque têm *injeção eletrônica* e os chamados catalisadores. Entretanto, se colocados em condições similares, os carros a

⁸⁸ O álcool tem um calor específico de 7.000 kcal/l, contra os 8.340 kcal/l da gasolina. Dessa forma, a quantidade de energia que absorve o motor a álcool é menor com o mesmo volume de combustível, do que no caso da gasolina.

⁸⁹ MORAIS, M. (12 de março de 1996: pág. 2-5).

álcool também tem os seus níveis de emissão reduzidos, tanto ou mais do que os carros a gasolina.

Dentre os principais poluentes emitidos pelos motores Otto, destacam-se o *material particulado*, o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos, os aldeídos e os óxidos de nitrogênio. Os motores diesel, além desses, emitem o dióxido de enxofre (SO₂). A maioria desses gases é prejudicial à saúde, acarretando problemas que vão desde uma leve irritação alérgica até cânceres ⁹⁰. A polêmica em torno de emissões está na de aldeídos, cujos níveis são muito maiores nos motores a álcool, embora não haja estudos conclusivos de que os tipos de aldeídos emitidos pela queima deste combustível tragam danos à saúde (ao contrário da combustão de gasolina e diesel).

Dessa forma, espera-se que o álcool combustível desempenhe um papel importante quanto à redução de emissão de gases poluentes. Sob esse ponto de vista, o Proálcool deve ter um papel importante a ser considerado, quando colocada sua inserção na matriz energética. Quanto a esse aspecto, e colocado como combustível a ser utilizado em automóveis particulares, é de se esperar que cumpra todas as funções que desempenha a gasolina. O único aspecto em que deixa muito a desejar, é a competitividade, o que tem condições de ser resolvido em médio e longo prazo.

Cabe entretanto avaliá-lo em âmbito menos específico. A próxima questão a ser analisada é se realmente convém insistir num programa com as limitações que possui o Proálcool, ou se cabe estudar alternativas que propiciassem maiores possibilidades de aplicação, principalmente na direção de amenizar o alto “custo Brasil”, no que tange aos transportes. Isso será melhor discutido nos próximos capítulos.

⁹⁰ *Internet*, <http://www.cetesb.br/rodnovo/r97c01.htm>

CAPÍTULO IV: DESAFIOS PARA O PROÁLCOOL

No capítulo anterior, pudemos verificar que os fatores tecnológicos ligados ao problema do Proálcool, estão relacionados a duas principais variáveis: a obtenção de álcool e os motores de automóveis. Quanto à obtenção de álcool, o sabemos que o Brasil pode vir a perder muito, em termos de competitividade para o produzido nos Estados Unidos, que desenvolvem a produção de álcool a partir do milho, ou qualquer outro tipo de grão que seja abundante em amido e glicose. No que diz respeito aos motores a álcool, a tecnologia utilizada é a basicamente mesma dos similares a gasolina, com a ressalva que os modelos a álcool não acompanharam as evoluções ao mesmo passo que os motores a gasolina, o que contribuiu para dificultar a aceitabilidade em termos dos padrões de mercado.

Afora essas questões, no que diz respeito aos benefícios **sociais** que poderiam advir da utilização do álcool como combustível, é importante destacar que o programa muito pouco tem a acrescentar. Isso se deve ao fato de que a tecnologia desenvolvida para os veículos pesados, que correspondem ao grosso das aplicações voltadas para a sociedade (ônibus e caminhões de carga), não serem adaptáveis à utilização de álcool, conforme será analisado no item 2 deste capítulo. Tal situação coloca uma dúvida quanto à necessidade de se levar à frente, investimentos públicos que tendem a não atender de forma direta a maior parcela da população.

Entretanto, deve-se salientar que o álcool cumpre hoje um papel dentro da matriz energética nacional. Isso impede que haja mudanças no quadro de dependência nacional com relação a esse energético, pelo menos em curto prazo. A importância do etanol hoje é, em primeiro lugar, atender aos veículos a álcool em circulação, que corresponde a uma frota de mais de cinco milhões de unidades (ver tabela 9 no apêndice). Em segundo lugar, fatores técnicos, conforme se demonstrou no subitem 4.2 do capítulo anterior, impõem a necessidade de utilização do álcool

anidro como aditivo a gasolina, sendo que outras opções para cumprir tal função mostram-se economicamente menos viáveis do que o etanol.

Portanto, os desafios para o Proálcool vão além de uma discussão localizada, a respeito da viabilidade econômica de se ter o álcool hidratado como combustível alternativo à gasolina. Eles passam por aspectos técnicos, relativos à gasolina como padrão de combustível, e merecem um debate mais aprofundado da verdadeira função social a exercer o álcool. Enfim, deve ser analisado em meio a uma conjuntura global, e não setorial, que venha a avaliar, sob o ponto de vista energético, se investimentos do Estado fazem-se realmente necessários, de tal sorte que o Proálcool atenda à parcela mais significativa da sociedade, uma vez que essa é a razão da existência dos governos.

1.) A cana-de-açúcar: plantio e colheita

Como foi mencionado no primeiro capítulo (item 1), o processo de industrialização peculiar ao caso brasileiro, incorreu em um resultado dual, sendo os rumos da economia determinados sob duas forças políticas, inúmeras vezes atuando de forma não complementar, mas sim conflituosas. Esse jogo de forças entre indústria e agricultura, determinaram muitas resoluções incomuns, escapando às leis de mercado, como ocorreu no caso do Proálcool. Dentre as muitas razões em que se fundamentava a implantação desse programa, estava a agroindústria canavieira, cuja base política encontrava suas raízes já no século XVII, durante o ciclo da cana-de-açúcar (mostrado no capítulo III, item 2).

A cana-de-açúcar, utilizada como fonte da produção de um energético de importância nacional, apresenta um problema intrínseco ao tipo de cultura: a sazonalidade das colheitas. De fato, o plantio da cana deve estar prescrito dentro de um prazo específico, fora do qual os resultados ficam aquém das exigências técnicas, tanto para a produção de açúcar, quanto para a obtenção do álcool. Observado esse

prazo, a colheita dar-se-á, segundo o tipo plantado, ou um ano, ou dezoito meses após o plantio.

A época ideal de plantio da *cana de ano e meio*, que é a de melhor qualidade e por isso a mais recomendada, ocorre entre janeiro e março. O outro tipo, a *cana de ano*, deve ser plantado de setembro a novembro. Em ambos os casos, a colheita deve ser realizada entre maio e novembro. Assim, pode-se observar que entre dezembro de um ano e abril do seguinte, a produção de álcool fica restrita aos estoques de cana formados fora desse período, o que tende a se reduzir muito, dado o aumento da demanda pelo combustível que se verifica, mesmo quando a produção de carros a álcool está reduzida, devido a necessidade de adição de álcool anidro à gasolina.

Conforme foi avaliado no item 2 capítulo anterior, uma explosão de consumo dos carros a álcool, juntamente com uma elevação das cotações de açúcar no mercado internacional, em meados da década de oitenta, causaram uma falta de abastecimento de etanol no mercado, o que sinalizou negativamente para o mercado desse tipo de automóvel. As incertezas criadas com o problema da falta de combustível, que inclusive impôs a necessidade de importação de álcool etílico e metílico (o metanol) para suprir a demanda, determinou a queda da produção dos veículos a álcool. Não obstante, as questões relativas à sazonalidade da cultura da cana pareciam não corresponder a uma necessidade de rediscussão, bem como o impacto na agricultura, de maneira geral, que o Proálcool causou.

Tal impacto tem a ver com as exigências técnicas que se fazem ao introduzir a cultura da cana. Seu plantio tem de ser disposto em fileiras, cujos espaçamentos devem ter de 1,30 a 1,50 metro. São necessárias de 6 a 8 toneladas de mudas por hectare plantado, a uma profundidade de 25 a 30 centímetros. A adubação do solo precisa de 50 a 100 quilogramas por hectare de nitrogênio (N), de 50 a 100 de pirofosfato (P_2O_5), e de 60 a 120 de óxido de potássio (K_2O). Além da adubação comum, às vezes é necessária a calagem, ou seja, a correção do solo por meio da introdução de cal, deve ser feita quando os teores de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) do solo estiverem abaixo de 2,7 meq / 100 ml, ou a concentração de alumínio (Al) for superior aos 0,4 meq / 100 ml.

Todas essas especificações determinam uma mudança muito brusca no solo, o que pode trazer problemas quanto à fertilidade para o plantio de outras culturas, bem como uma concentração fundiária numa única atividade, em detrimento da utilização de outros produtos agrícolas, dentre os quais, os de alimentação básica são o mais ressentido no contexto da economia. Além desses problemas, a produtividade da cana-de-açúcar tende a cair nas produções subseqüentes, sendo que no primeiro corte, a produção é de 90 toneladas por hectare, caindo para 70 no segundo e para 50 no terceiro. Depois é necessário readaptar as condições do solo, incorrendo em novos custos.⁹¹

Apesar de todos os problemas relacionados ao plantio da cana, bem como o desvio de outras culturas agrícolas, a produção da cana-de-açúcar tende a crescer com os incentivos que tal setor tem obtido, por parte do governo. Em 1996, houve um recorde dessa produção, que foi responsável pela diminuição da compra de álcool da ordem de 1,7 bilhão de litros, representando uma economia de divisas de US\$ 600 milhões⁹². Portanto, isso mostra uma tendência ao crescimento do setor canavieiro.

Os ganhos do setor podem aumentar com a mecanização da colheita. Uma *colheitadeira* de cana pode cortar “em dois minutos, a mesma quantidade de cana que um trabalhador corta em um dia de trabalho”⁹³, além de dispensar a necessidade da prática das queimadas. Entretanto, a introdução da colheita mecanizada tende a causar desemprego no campo. Cada colheitadeira, operada por apenas dois trabalhadores, desempenha função de centenas de cortadores de cana.

A questão do emprego no campo é outro ponto delicado, quando se trata da problemática da cana-de-açúcar. A principal função desempenhada nessa cultura, é a dos *cortadores de cana*. Essa atividade ocorre, entretanto, somente nos períodos da colheita, caracterizando assim um “emprego transitório”. O salário mensal desse trabalho é de no máximo R\$ 200,00, com R\$ 0,10 por metro de cana cortada⁹⁴. De

⁹¹ Todos estes dados foram obtidos na *Internet*, na localidade:
http://www.agrov.com/agrov/vegetais/frutas/cana_açucar.htm

⁹² GONÇALVES, J. A. (25 de setembro de 1996: pág. 6-4).

⁹³ RIGOUT, F. (25 de outubro de 1996: pág. 5-2).

⁹⁴ EDITORIA FOLHINHA (25 de outubro de 1996: pág. 5-2).

acordo com dados do SEADE ⁹⁵, são estimados cerca de 1,2 milhão de empregos em todo o país, sendo que o estado de São Paulo atende aproximadamente 300 mil postos de trabalhos ligados à colheita da cana. Segundo o professor doutor Pedro Ramos ⁹⁶, do Departamento de Economia Agrícola do Instituto de Economia da Unicamp, esses números podem ser ainda maiores, porque a estimativa é feita com base em “equivalentes-homens-ano”, não distinguindo assim os trabalhos feminino e infantil.

Segundo Carlos E. F. Vian, doutorando de Economia da Unicamp, e especialista em economia agrícola, o desemprego nesse setor tende entretanto a ser atenuado, devido às condições topográficas características da maior parte das regiões produtoras de cana. O relevo dessas áreas é bastante acidentado, situação que impede a utilização das colheitadeiras mecânicas. Nesses casos, a utilização de mão-de-obra ainda é indispensável ⁹⁷.

Uma das questões mais relevantes para a análise do futuro do Proálcool reside nos novos rumos que necessariamente se darão na agricultura. Um ponto suscitado no início do programa, dizia respeito à baixa produtividade comum à agricultura brasileira, causado em parte pelo uso intensivo e exploratório do fator trabalho. Com relação à produção de cana, essa característica é notável, e o contexto do Proálcool não permitiu a mudança desse quadro. Muito pelo contrário, essa tendência intensificou-se como uma das grandes bandeiras do lançamento do programa, que era a geração de empregos diretos.

Além do problema da baixa produtividade da cana, somam-se os métodos predatórios ainda utilizados no país, de queima dos canaviais, e a eliminação indiscriminada de produtos que sobram da produção, como a ponta e a palha da cana, ainda dominante mesmo nas regiões mais desenvolvidas. De fato, tais procedimentos têm impactos negativos na utilização do pretense “combustível limpo”, sendo que esse quadro, com tecnologia relativamente simples, poderia facilmente ser revertido.

⁹⁵ SEADE (maio/agosto 1997: pág. 2 e 4).

⁹⁶ Em entrevista realizada no dia 11 de setembro de 1997.

⁹⁷ Entrevista realizada em 19 de agosto de 1997.

A ponta e a palha da cana poderiam ser utilizados na cogeração de energia, com o método de gaseificação do bagaço da cana, que foi exposto no capítulo anterior (subitem 4.2). Essa utilização poderia solucionar inclusive o problema de baixos rendimentos, relacionado à escassez de cana que se faz presente em determinados períodos, observando-se a sazonalidade dessa cultura. A ponta e a palha podem substituir a utilização do bagaço da cana, na época de baixa safra, na produção de eletricidade. As queimadas poderiam ser evitadas com a mecanização da colheita, o que, entretanto, teria fortes impactos sociais, podendo causar um desemprego rural sem precedentes.

A força de trabalho demandada na cultura da cana-de-açúcar, no estado de São Paulo, concentrava, em 1994, 42,72 % do total das outras atividades agrícolas, com tendência a crescimento⁹⁸. As origens dessa concentração, dentro do setor agrícola, encontram explicação nas próprias condições nas quais foi implantado o Proálcool. Ademais, a concentração regional da produção no estado de São Paulo era inevitável, dada a proximidade ao principal centro industrial do país, garantindo uma desejada redução de custos com transportes.

Dois pontos devem ser considerados com relação à eventual redução de empregos que a mecanização da colheita acarretaria. Primeiro, que observada a sazonalidade da produção de cana, esse tipo de emprego é esporádico, sendo solicitado apenas em determinado período. Em segundo lugar, as péssimas condições de trabalho a que estão sujeitos os chamados “bóia-frias”, e, além disso, a remuneração em níveis relativamente baixos para os padrões das leis trabalhistas do país, colocam em xeque a real necessidade de existência desse tipo de emprego. Até mesmo porque a constante ameaça de mecanização é que pressionam os salários para baixo.

Além da concentração de empregos, há outra notável. A cultura da cana é responsável, no estado de São Paulo, pela maior área de plantio, cerca de 2,26 milhões de hectares, contra 3,63 milhões de outros dezoito produtos agrícolas⁹⁹. Em

⁹⁸ SEADE (1995: pág. 680).

⁹⁹ SEADE (1995: pág. 677).

1996, só a cana para indústria destinada ao corte neste estado englobou uma área de 2,39 milhões de hectares, chegando a uma produção de 186 milhões de toneladas do produto ¹⁰⁰. Esses números apontam um contra-senso, tanto do ponto de vista econômico, quanto principalmente sob aspecto social. Os atraentes subsídios que o programa conferia à produção de cana, levou ao desvio de outros segmentos agrícolas para o sucroalcooleiro ¹⁰¹.

Analisando-se a questão por estes lados, nota-se que a excessiva concentração fundiária numa atividade agrícola, que somente se mantém rentável pela intervenção do Estado, dado que os preços do açúcar têm se mantido em baixa nos últimos anos, traz um custo social muito alto. Posto sob esse prisma, a consequência final do Proálcool foi o desvio de recursos do Estado para manter artificialmente um setor que aparentemente não produz benefícios sociais, além de manter um certo nível de emprego, cujas condições de trabalho são discutíveis, e transitoriamente, nos períodos da colheita da cana.

Todas essas questões relativas à agricultura têm grande importância, quando se avalia as condições de Proálcool em termos globais. Deve-se olhar atentamente para os pontos que os rumos do programas irá inexoravelmente tocar. Sabe-se que no curto prazo, não há perspectivas de alteração no quadro do Proálcool, dada uma rigidez de demanda que existe com relação ao álcool anidro, mas em prazo mais longo, um crescimento contínuo dessa demanda pode ter implicações mais graves no campo. É possível que haja até mesmo uma carestia do custo de vida urbana, devido à atratividade que representa o setor sucroalcooleiro, podendo incorrer em um desvio ainda maior da produção de alimentos, o que certamente levaria a um aumento dos preços destes nas cidades. Além disso, o desemprego no campo pode reproduzir o fenômeno do êxodo rural, o que tem sérias implicações nos principais centros urbanos. Tudo isso deve ser levado em consideração, sem entretanto se desviar do ponto principal em que se constitui o Proálcool, que é atender a um setor específico, e no longo prazo, as decisões devem levar em conta principalmente esse aspecto, legando

¹⁰⁰ IEA (1997: tabela 1, pág. 9)

¹⁰¹ NITSCH, M. (junho de 1996: pág. 123).

ao segundo plano outras decisões que envolvam aspectos não econômicos e energéticos. Isso será melhor avaliado no próximo capítulo.

2.) Os óleos vegetais como alternativa ao diesel – o Proóleo

Quando se compara os motores Otto com os diesel, alguns pontos sobressaem, do ponto de vista do aproveitamento econômico e energético. Em primeiro lugar, o investimento inicial na construção do motor diesel é muito maior do que o Otto. Entretanto, do ponto de vista energético, o motor diesel é extremamente melhor. Se comparados em termos de quilometragem percorrida, o motor diesel terá uma vida útil sempre maior. De fato, veículos projetados para serem utilizados intensivamente, serão mais eficientes se produzidos com motor diesel, apresentando maior economicidade e durabilidade, dada a pouca necessidade de manutenção e a possibilidade de resistência muito maior que os motores Otto.

Essa maior eficiência deve-se principalmente pelo tipo de funcionamento do motor diesel, que é bastante distinto do ciclo Otto. Dentro da câmara, num primeiro momento, o ar é aspirado e comprimido, provocando um aumento de temperatura que, em seguida, inflama o combustível (diesel), sem que haja a necessidade da *vela*. Nesse processo, o combustível **deve** ter menor octanagem possível, para que a combustão ocorra somente com o aumento da temperatura interna do motor.

Esse tipo de funcionamento descarta a viabilidade de uso do álcool, sem a adaptação de um dispositivo detonador elétrico, semelhante à *vela*. Entretanto, tal aparato inviabiliza a produção em escala desse tipo de construção mecânica, devido ao alto custo. Os melhores substitutos ao diesel, nesse caso, seriam os óleos derivados de biomassa. Qualquer óleo vegetal combustível teria melhor aplicação nos

motores diesel do que o álcool. Mesmo a adição de álcool anidro ao diesel impede o funcionamento normal do motor nas condições em que foi estruturado.

Dada a inviabilidade de aplicação do álcool nos motores tipo diesel, restava a opção de outros combustíveis com características semelhantes às do diesel, de tal forma que apresentassem a baixa octanagem necessária. Na mesma época do surgimento do Proálcool, enunciou-se o lançamento de uma outra política energética voltada para a obtenção de outro tipo de biocombustível, produzido a partir dos óleos vegetais: o Proóleo. Conforme foi apontado no capítulo II (subitem 2.1, d.1), as características dos óleos vegetais permitem, do ponto de vista técnico, a substituição do diesel. A tabela 4.1 permite-nos visualizar tal afirmação, a partir da comparação entre o diesel e um desses óleos combustíveis produzidos a partir de biomassa, o óleo de marmeleiro:

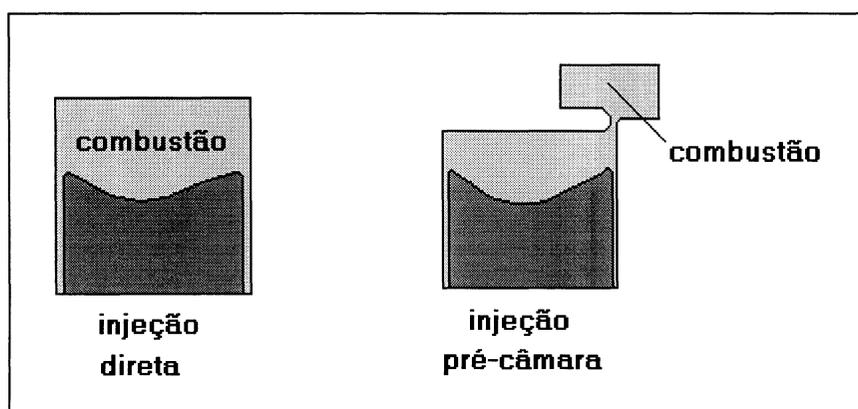
Propriedades	diesel	óleo de marmeleiro
viscosidade (SSU a 100 °F)	38,0	40,6
Ponto de fulgor (°F)	185	140
Ponto de Combustão (°F)	200	160
Densidade	0,8285	0,8933
Poder calorífico (kcal/kg)	10.800	10.200

De acordo com a tabela, pode-se notar que as propriedades físicas dos dois combustíveis são muito próximas, o que levaria em princípio a concluir que os óleos vegetais oferecessem uma alternativa possível à utilização do diesel. Entretanto, o programa energético voltado para pesquisas visando o aperfeiçoamento deste tipo de combustível não teve continuidade. As explicações do abandono do Proóleo são basicamente técnicas, além de tocar aspectos econômicos importantes. De fato, muito foi pesquisado na tentativa de se obter os melhores resultados em termos do uso de

óleos vegetais para o funcionamento em motores diesel. Além obviamente dos custos de produção desses óleos, que eram muito mais altos do que a do diesel, assim como o é a obtenção de álcool em relação à gasolina, havia problemas quanto ao tipo de motor diesel que poderia receber a adaptação.

Há basicamente dois tipos de motores diesel, segundo o processamento da combustão e da captação de energia térmica, convertida posteriormente em energia mecânica. O primeiro, amplamente utilizado em caminhões e ônibus, utiliza-se da chamada câmara de injeção direta, processo no qual a mistura ar-diesel inflama-se dentro da caixa onde se dá o funcionamento do motor propriamente dito. No outro tipo, a combustão da mistura é preparada em uma câmara separada da do motor, processo denominado injeção de pré-câmara. Este último, no Brasil, é utilizado nos veículos de menor porte, denominados utilitários, ainda que em outros países (Europa e Estados Unidos) as leis permitam o diesel em veículos leves, sendo largamente empregado nos táxis. A pré-câmara é utilizada quando o objetivo é o de ganhos em aceleração do veículo. Além disso, esse método permite a adaptação de motores a diesel para veículos menores, sem a necessidade de alterações no câmbio da marcha. Diferentemente do que ocorre nos veículos pesados, que prescindem de motores mais resistentes às condições nas quais ele irá rodar, principalmente no Brasil, em que os transportes de longa distância são feitos por rodovias. A diferença entre os processos descritos acima pode ser visualizada na figura 17.

Figura 17: Tipos de injeção nos motores diesel.



Observada a descrição acima, as pesquisas que destinavam a aplicação de óleos vegetais foram bem sucedidas no motor de *injeção pré-câmara*. No de *injeção direta*, tal emprego mostrou-se inviável, porque o sistema responsável pela transmissão da mistura, denominado *sistema de pulverização*, ficava seriamente comprometido devido às impurezas comuns aos óleos vegetais. O sistema de pulverização é formado por tubos metálicos, denominados *bicos injetores*, de diâmetro minúsculo, que se entupiam quando o combustível utilizado era um óleo vegetal. Tal problema poderia ser resolvido com um processo denominado *transesterificação* do óleo (apresentada no capítulo II, subitem 2.1, tópico e.2), que esbarra entretanto no alto custo.

Portanto, a principal função a que se destinava o Proóleo, a de encontrar um substituto economicamente competitivo para o diesel, intensivamente utilizado nos caminhões e ônibus, não era atendida. Por outro lado, manter uma pesquisa que requer altos investimentos, para que, no fim, os resultados não permitissem aplicação em escala desejável, não se justificava, a menos que o diesel viesse efetivamente a se constituir numa fonte energética cara em longo prazo. Logo, a restrita aplicabilidade a que se limitava o Proóleo, e a baixa produtividade das principais espécies de plantas capazes de fornecer óleos combustíveis adequados – o que pode trazer sérios problemas com áreas plantáveis de produtos alimentares, decretaram sua extinção.

3.) Outras possibilidades de combustíveis

É sabido que o petróleo é um recurso esgotável. Embora não se possa precisar exatamente quanto tempo ainda será possível o suprimento da extração de petróleo em escala que mantenha os níveis dos preços desse produto, haverá um momento em que as reservas esgotar-se-ão. A partir dessa certeza, surge a necessidade de utilização de outras fontes combustíveis, que atualmente são ditas alternativas, mas que um século a frente do nosso, poderão certamente ser dominantes. Além da

possibilidade de esgotamento das reservas de petróleo, preocupações com o meio ambiente também tem sido motivo de busca por fontes de energia menos poluentes. É interessante contudo investigar as opções que estão sendo estudadas hoje, para avaliar sua viabilidade sob alguns aspectos.

Uma das possibilidades que tem sido exaustivamente publicada pelos órgãos de imprensa é o *carro elétrico*. Alguns modelos já foram testados na Alemanha e Japão, e estima-se que pode vir a ser fabricado em escala no próximo século. No estado norte-americano da Califórnia, uma lei chegou a ser aprovada exigindo que 2 % da frota de veículos de 1998 tenha emissão zero.

De fato, o carro elétrico é atualmente o único capaz de cumprir tal feito, o de não emitir qualquer poluente. Mas, analisemos isso de mais perto: será mesmo que o automóvel movido a eletricidade realmente é uma descoberta maravilhosa em defesa do meio ambiente? Podemos julgar ao mesmo tempo que sim e não. Essa ambigüidade deve-se pela sua própria fonte de abastecimento. Ora, um carro elétrico é abastecido em última instância pela mesma fonte que supre a demanda de indústrias e residências. Se o país a incentivar uma frota desse tipo de veículo fosse como o Brasil, que possui mais de 90 % de seu abastecimento de energia elétrica baseado em recursos hídricos, certamente que isso traria "benefícios" para a natureza, com a não emissão. Contudo, isso somente seria factível, caso as regras estipuladas com relação ao abastecimento fossem rígidas, de modo a impedir impactos no sistema de fornecimento de eletricidade.

Entretanto, os Estados Unidos têm grande parte do seu abastecimento de eletricidade fornecido por usinas termelétricas e nucleares. No primeiro caso, se o carro elétrico deixa de emitir gases poluentes, as termelétricas o fazem e numa concentração muito alta, que poderia levar, no caso de uma explosão de consumo desse tipo de veículo, à necessidade de construção de muito mais usinas desse tipo. Se o que se busca é a redução de emissão dentro dos principais centros metropolitanos, a proposta poderia até ser válida. É importante que haja, no entanto, a consciência de que haveria nesse caso apenas uma transferência do lançamento de poluentes na atmosfera para outras localidades, longe dos principais focos de poluição,

comum às grandes cidades. No caso do fornecimento nuclear de energia, embora hoje em dia tenha-se um bom controle de segurança de forma a impedir acidentes nucleares, resta sempre a questão do lixo atômico, que é um problema ainda não contornado pela ciência. De qualquer uma dessas duas formas, um *boom* de consumo de carros elétricos traria efeitos negativos para a natureza, ao contrário do que poderia parecer à primeira vista.

Além desse risco, o conteúdo dos motores elétricos oferecem um outro perigo para a natureza: o conteúdo das baterias. Como outros armazenadores de energia elétrica, os motores dos carros elétricos também possuem baterias, com durabilidade média de dois anos. Esses armazenadores contêm soluções ácidas e metais pesados (como o chumbo-tetra-etila, condenado internacionalmente como aditivo da gasolina), que são resíduos líquidos e sólidos nocivos ao meio ambiente.

Esses resíduos também aparecem nos carros movidos a energia solar, outra opção de fonte de energia. O carro a energia solar, apesar de promissor com relação a emissão de gases poluentes, traz outro risco, além das baterias de armazenamento, que vem a ser o *painel fotovoltaico*, necessário para a captação de energia solar e de sua conversão em energia elétrica. A fabricação desse componente também apresenta a possibilidade de aumentar a poluição, devido ao uso de metais pesados.

Uma terceira possibilidade é a de se ter o hidrogênio como fonte de energia. O problema dessa fonte é semelhante ao do carro elétrico. A principal forma de obtenção do hidrogênio é a partir da eletrólise da água, processo que separa as moléculas de oxigênio das de hidrogênio, utilizando-se de eletricidade. Também se pode ter um efeito duplo – e antagônico, dependendo de como a energia elétrica é produzida, se é a partir de recursos hídricos, ou se é por processos termelétricos ou nucleares, que apresentam os mesmos riscos já discutidos anteriormente.

De qualquer forma, é necessário muita cautela quando se trata das chamadas fontes alternativas de energia ¹⁰². De certa maneira, os discursos “ecologistas” buscam de todas as maneiras convencer a sociedade da importância de se ter essas fontes

¹⁰² THE ECONOMIST (4 e 5 de novembro de 1995: pág. 4).

como dominantes. Ao mesmo tempo que se faz obrigatório buscar soluções para as questões ambientais, é preciso que se reflita quais os eventuais riscos em que uma busca desenfreada podem resultar. Uma solução pode muitas vezes incorrer em problemas ainda maiores, conforme se tentou analisar neste item.

4.) Aspectos industriais ligados à produção de álcool

Após ter analisado as questões fundiárias que influem incisivamente nos possíveis rumos que se pode dar ao Proálcool, deve considerar-se outro ponto de suma importância, na decisão de sua extinção ou manutenção. No primeiro item deste capítulo, foi apontada a possibilidade de haver desemprego no campo, se a mecanização da colheita de cana vier a se tornar uma imposição do mercado.

Agora, serão consideradas hipóteses de duas condições a serem implementadas, para tornar o Proálcool mais próximo de se tornar viável economicamente. A primeira é a equiparação do setor produtor de álcool às demais áreas produtivas da economia, tal que o combustível venha a atingir o menor custo possível, com maior grau de qualidade, a partir da minimização dos desperdícios comuns àquela atividade. A outra é a modernização do sistema co-produtor de eletricidade, como forma de baratear a geração de energia, para que o álcool seja por essa atividade subsidiado.

Uma observação preliminar que podemos fazer, caso essas hipóteses venham a se tornar realidade, diz respeito aos impactos que tais condições teriam no mercado de trabalho. Partindo-se do princípio que modificações dessa natureza requerem altos investimentos, o que significa, em primeira instância, aumento do número de empregos, pode-se extrapolar que a modernização do setor sucroalcooleiro teria impactos positivos no mercado de trabalho. Contudo, somente se verificariam tais benefícios, com a adaptação da mão-de-obra, ou seja, sua especialização, sem a qual

o efeito destrutivo de postos de trabalho, comum à modernização de qualquer setor industrial, poderia eventualmente ocorrer também no sucroalcooleiro.

De fato, a equiparação do setor às exigências de mercado é uma condição necessária para que o Proálcool alcance a auto-suficiência. Entretanto, a modernização das usinas de álcool prescinde de uma massa expressiva de capital, de forma a possibilitar o acesso à tecnologia competitiva, o que se torna muito difícil no caso desse setor, devido à atomização que lhe é peculiar.

Não é possível tornar o álcool competitivo, de modo que possa tornar-se um substituto da gasolina, com a atual estrutura econômica do complexo usineiro. Basta mencionar que o setor petroquímico, o qual é responsável, dentre outras coisas, pela produção da gasolina, é altamente oligopolizado no mundo todo. No capítulo anterior (subitem 4.1), foi focado um aspecto da indústria sucroalcooleira, que conta com um número muito grande de empresas de médio porte, de forma que as vinte maiores produzem menos do que 30 % do total de etanol do país.

Observa-se assim uma tendência econômica internacional, que é a formação de oligopólios concentrados ¹⁰³. Essa forma de organização, se ocorresse no setor sucroalcooleiro permitiria ao capital total formado, a produção em escala compatível com a dimensão que se objetivou atingir num programa do vulto do Proálcool, e com os menores custos possíveis. A própria incorporação de novas tecnologias, bem como o desenvolvimento endógeno de novas técnicas, requer um montante de capital que somente é viável nos grandes grupos oligopolistas.

A aprovação de leis que estimulassem a fusão dos pequenos grupos sucroalcooleiros em oligopólios concentrados de sociedade por ações, cujo capital permite o investimento em pesquisa e desenvolvimento, tão necessários à competitividade, certamente possibilitariam a potencialização de ganhos em produtividade na obtenção de álcool. A incorporação de novas tecnologias permitiria, ainda, substituição de capital por trabalho, a qual levaria a uma acentuação na queda dos custos de produção, que poderia tornar desnecessária, no longo prazo, a

¹⁰³ LABINI, S. (1984: capítulo 1, item 7).

concessão de subsídios e incentivos fiscais para o setor produtor de álcool para fins carburantes. Ou seja, viabilizaria a auto-sustentação de Proálcool do ponto de vista da produção do energético, minimizando os riscos de falta de abastecimento do produto no mercado, sinalizando positivamente, por exemplo, para os fabricantes de veículos automotores – e por conseguinte, ao consumidor final.

De outra forma, a produção brasileira de etanol pode vir a sofrer forte retração, caso os Estados Unidos hipoteticamente venham a fabricar, em escala que possa suprir parte da demanda brasileira, o álcool etílico obtido a partir de qualquer material abundante em celulose. O processo desenvolvido pela *Swan's Biomass Company*, conforme foi apresentado no capítulo anterior, pode reduzir drasticamente os custos de produção, tornando a produção brasileira inviável economicamente. Ainda que essa seja uma possibilidade remota, dada a incerteza característica do mercado brasileiro desse biocombustível, é uma questão a se levantar, caso se pense na reativação do Proálcool nos mesmos padrões que o sustentaram ao longo dos vinte e dois anos de sua existência.

Ou seja, do ponto de vista industrial, seria um contra-senso a reimplantação do programa, baseando-se numa política que privilegiasse interesses restritos ao setor usineiro de álcool. Mesmo porque uma potencial concorrência norte-americana, poderá ser uma séria ameaça, caso a produção brasileira de etanol não esteja preparada para enfrentá-la. Uma política que beneficie as usinas domésticas poderia ter, portanto, um efeito contrário ao que se pretende.

Para que o Proálcool possa sustentar-se de acordo com as leis de mercado, é necessária a formulação de políticas que tornem obrigatória a adaptação do complexo sucroalcooleiro a novas condições de concorrência. Desse modo, poderá oferecer barreiras à entrada no contexto do comércio internacional, sem precisar de práticas protecionistas por parte do governo. Caso contrário, se houvesse uma sinalização de que o consumo de álcool seria promissor, a concorrência externa poderia concretizar-se, e aí sim, seria necessária a tão mal vista internacionalmente proteção, sem a qual os prejuízos sociais poderiam ser muito graves, com um forte desemprego nas usinas brasileiras.

Pudemos verificar neste capítulo, quatro importantes pontos, cuja temática era levantar os principais desafios para continuidade do Proálcool: questões relativas à agricultura da cana-de-açúcar; a viabilidade de se ter o Proóleo complementarmente ao Proálcool, como programas energéticos substitutos aos derivados de petróleo; os combustíveis alternativos que podem vir a competir com o álcool; e aspectos industriais, principalmente relativos à estrutura microeconômica em que está inserido o setor sucroalcooleiro. No capítulo seguinte, faremos uma síntese da discussão que foi apresentada no decorrer de todo o trabalho, para finalmente explanar as principais conclusões a que chegamos, com base no material obtido.

CAPÍTULO V: ANÁLISE FINAL - CONCLUSÕES

Nos capítulos anteriores, examinamos a trajetória seguida pelo Proálcool, face à viabilidade econômica de sua continuidade, de maneira a assegurar sua inserção auto-sustentada no quadro energético nacional. Os pressupostos em que se orientou o presente trabalho foram:

- o processo de industrialização peculiar ao caso brasileiro foi impulsionado, a partir da segunda metade da década de cinquenta, nos automóveis particulares de passeio, criando uma forte dependência no país com relação ao petróleo, para a produção de gasolina, o combustível usado naquele tipo de veículo;
- o mesmo processo, ao dar ênfase na Indústria Automobilística como motor de desenvolvimento, contribuiu para a consagração do modelo rodoviário de transportes, com a irracional exclusão de outras importantes alternativas para o frete entre regiões, como ferrovias e hidrovias, além de trazer sérias conseqüências para o transporte local dos grandes centros metropolitanos, ao desestimular os investimentos e por conseguinte a utilização dos sistemas coletivos como o metrô e os ônibus urbanos.
- também cabe à particular industrialização brasileira a criação das precondições necessárias ao surgimento do programa energético que apontou o álcool tendo como matéria-prima quase que exclusivamente a cana-de-açúcar como o principal substituto da gasolina, a partir da manutenção da mesma estrutura fundiária que vigorava anteriormente ao processo;
- o Proálcool surgiu como resposta aos choques dos preços internacionais do petróleo, e não em decorrência de uma crise de oferta energética, ou seja, a razão do lançamento do programa não foi de ordem energética, mas sim econômica, devido à forte pressão que as importações de petróleo causavam no balanço de pagamentos brasileiro;

- dada a necessidade da implantação de um programa energético que viesse a minimizar a utilização de petróleo, não houve um planejamento eficaz que viesse a suprir todas as necessidades de substituição do produto, uma vez que o derivado mais consumido era (e continua sendo) o **óleo diesel**, para o qual não se buscou efetivamente uma alternativa energética;
- uma vez implantado o Proálcool, o etanol passou a ter uma grande importância na matriz energética, e poderia ter uma inserção ainda melhor, tanto quantitativa, quanto qualitativamente, de sorte que viesse a proporcionar a auto-sustentação do programa.

No primeiro capítulo, iniciou-se a discussão a partir de uma revisão sintética do processo de industrialização característico do caso brasileiro, tal como foi mencionado acima, enfatizando os setores energético e de transportes. Foi realizada uma avaliação retrospectiva a respeito da formação da infra-estrutura que permitiu o avanço da industrialização, descrevendo posteriormente a evolução do quadro energético brasileiro até o II PND. Conforme nosso pressuposto, entendemos que foi esse processo de industrialização o responsável pelo surgimento do modelo rodoviário de transportes, a partir da utilização da Indústria Automobilística, representada pelo carro de passeio, como a mola propulsora do desenvolvimento, sendo o setor a dinamizar o contexto da economia. Segundo nosso entender, a adoção desse modelo de desenvolvimento levou à falência do sistema coletivo de transportes públicos, bem como a subutilização da extensa malha ferroviária, que poderia ter significado uma alternativa importante para os problemas que se verificariam nos anos subseqüentes.

Em seguida, coube fazer uma descrição detalhada do quadro energético do país, procurando avaliar sua evolução, resgatando a parte histórica, e centrando o foco nas discussões relativas à crise de aumento dos preços do petróleo – os choques – no contexto energético nacional. O capítulo dois procurou esclarecer de que forma os choques do petróleo influenciaram sobremaneira na preocupação nacional com a reestruturação do quadro energético, a partir da expansão da oferta e da tentativa de racionalização da demanda. Apesar da criação de uma política energética inovadora,

que buscava inclusive a substituição da utilização dos derivados de petróleo, verificasse que o quadro energético teve sua composição de oferta pouco alterada do ponto de vista qualitativo ao longo dos anos que sucederam a crise do petróleo, de maneira que somente o álcool etílico (anidro e hidratado) passou a ocupar uma posição de destaque na matriz energética nacional. Essa constatação pôde ser ilustrada ao longo da detalhada exposição sobre o atual quadro energético brasileiro desenvolvido a partir da publicação do *Balanço Energético Nacional*.

De fato, os choques do petróleo foram os detonadores de um processo de crise econômica mundial, marcada pelas pressões sobre o Balanço de Pagamentos que se ressentiam pela importação daquele produto. Em resposta, foram lançados, em todo o mundo, projetos para a substituição do uso do petróleo, tanto na sua forma energética, como na constituição de um insumo industrial de extrema importância, que movimentava grande massa de capital, principalmente nas indústrias pesadas (química, siderúrgica etc.). As soluções imediatas apontadas pelo Brasil foram a utilização dos produtos mais tradicionais como alternativa, ligados à agricultura e ao extrativismo vegetal, que possibilitavam a produção de combustíveis adaptáveis às funções exercidas pelos derivados de petróleo. Os dois programas que surgiram para atender essas exigências foram o Proóleo e o Proálcool.

O Proálcool foi analisado no terceiro capítulo, em que foi mostrado o contexto histórico que permitiu a utilização das duas principais formas do álcool etílico, anidro e hidratado, em escala nacional de maneira que viesse a ter uma inserção notável na matriz energética, com a vantagem de ser um recurso renovável. Ainda naquele capítulo, procurou-se acompanhar a evolução do programa, verificando em que condições deram-se seu auge, bem como as conseqüências do declínio. Em seguida, foi traçado o atual quadro do Proálcool, em que foram abordados os aspectos técnicos que envolvem a produção do álcool, bem como a participação da cogeração de energia elétrica, tanto no contexto atual da matriz, como na possibilidade de se tornar o pilar que, no longo prazo, daria auto-sustentação ao programa.

Visto sob o ponto de vista energético, o Proálcool foi sem dúvida uma solução factível, pois conciliava, naquele momento, os interesses dos mais diversos setores

nacionais. Entretanto, ao se empreender um programa dessa magnitude, que despendeu a massa de recursos capital e humano verificada no Proálcool, observa-se resultados aquém das expectativas face ao quadro energético nacional, ao comparar a quantidade de segmentos prestigiados pelo programa com a que ficou à sua margem. Além da desejável viabilidade do uso em outras atividades ligadas ou não à área energética, o que também não foi realizada de forma relevante pelo Proálcool.

Conforme foi mencionado acima (e exposto no segundo capítulo), o diesel é o derivado de petróleo mais demandado na matriz energética do Brasil, e para esse combustível não foi lançado um programa de substituição eficaz, dada a inviabilidade da aplicação dos óleos vegetais para esse fim, conforme o previsto no Proóleo. Da mesma forma o próprio Proálcool, dadas as razões técnicas expostas no capítulo quatro, não desempenhou essa função. Não obstante, o único programa instituído ficou restrito basicamente à utilização combustível, e limitado, dentro dessa função, à aplicação nos automóveis particulares. Não foi lançado um projeto energético semelhante ao Proálcool, que viesse, de forma complementar a este, atender aos veículos de transportes coletivos, nem mesmo alternativas ao alto custo de se transportar mercadorias entre as regiões de um país tão extenso quanto o Brasil. Na verdade, não houve um plano eficiente, voltado para os transportes na sua estrutura global, o que suscita um forte questionamento quanto à real necessidade de se manter os inesgotáveis incentivos fiscais ao Proálcool.

Logo, todos esses fatos levam a crer que a solução energética apontada na década de setenta, implementada com certo êxito nos anos oitenta, e com sua decadência iniciada a partir de 1988, foi na verdade uma eufórica combinação de interesses, em que a apreciação perante a opinião pública foi um dos fatores determinantes no relativo sucesso alcançado. De fato, a avaliação “popular” àquela nova forma combustível, cuja tecnologia desenvolvida era 100 % nacional, não analisara as condições nas quais era realizado o programa. Não havia uma preocupação maior com custos, ou mesmo competitividade do etanol frente à gasolina, cujos preços nas bombas dos postos escalavam artificialmente, dada a política de restrição ao consumo desse combustível, como parte da reação brasileira aos choques

do petróleo, enquanto os preços internacionais do petróleo mantinham-se estáveis e declinantes a partir de meados dos anos oitenta.

O Proálcool, hoje, vive um momento de rediscussão. Ao se deparar com as opções de extinção ou reativação, é importante que se faça uma detalhada reflexão em termos do que pode representar uma e outra possibilidades. Convém analisar, do ponto de vista deste trabalho, os diversos aspectos envolvidos na questão do álcool combustível, quais sejam, os impactos agrícola, industrial, energético e econômico, sem obviamente deixar mencionar aspectos sociais e ambientais que o programa necessariamente toca.

Avaliação energética do Proálcool

A questão a ser colocada, quanto ao aproveitamento energético que pode vir a desempenhar o Proálcool, diz respeito a um conjunto de fatores ligados a ele. Em primeiro lugar deve-se salientar a condição restrita à qual um programa dessa natureza está inserido. Conforme já foi insistentemente colocado, foi um erro em parte limitar uma gama de possibilidades, a um projeto energético do porte do Proálcool ao abastecimento de veículos particulares. A ênfase do padrão americano de desenvolvimento, centrado na produção em larga escala de automóveis de passeio, causou, em longo prazo, um grave problema nos grandes centros metropolitanos de todo o mundo: os intermináveis congestionamentos. E no Brasil, tal situação foi agravada pela crise dos transportes públicos, dada a deficiência peculiar ao setor, já verificada desde a década de oitenta. De fato, no que concerne aos transportes públicos, o Proálcool não desempenhou qualquer função, uma vez que as áreas desse segmento não foram atendidas pelo programa.

Não obstante, a indústria automobilística não parece sinalizar com a redução da produção dos automóveis de passeio, e não se pode desprezar a penetração desse bem de consumo na esfera nacional. Dessa forma, o Proálcool ainda tem um

importante papel, em primeiro lugar, como aditivo indispensável na sua forma anidro à gasolina, e em segundo como combustível substituto à mesma de forte inserção na matriz energética. Nesses termos, a possibilidade de auto-sustentação pode estar ligada, conforme foi exposto no terceiro capítulo, à aplicação dos produtos envolvidos na obtenção de álcool na área de energia elétrica. No curto prazo, o direcionamento de parte da produção de cana para essa área é a alternativa mais viável para dar sustentação ao programa.

Contudo, há mais questões a se considerar, no que tange ao problema da utilização do álcool combustível. Sabe-se, por exemplo, que a baixa octanagem característica da gasolina, foi uma razão histórica importante para a adoção desse combustível como predominante, devido ao baixo consumo que representava. Não obstante, a extrema dependência com relação ao petróleo, que culminou com os aumentos dos preços internacionais, e uma crescente preocupação com o meio ambiente, motivaram a busca internacional por combustíveis alternativos. O álcool teve um papel pioneiro, quanto a esse aspecto, porque surgia como a possibilidade real de se ter uma opção energética renovável, menos poluente, que respondia relativamente bem à adequação da octanagem, ainda que os custos de produção inviabilizassem, em princípio, a adoção desse carburante como substituto da gasolina.

Evidentemente, razões econômicas que indicavam uma forte pressão em termos de custos, levou o Proálcool ao declínio. A partir de 1987, a fabricação de carros a álcool seguiu uma curva negativamente inclinada, devido a uma queda na demanda. Dentre vários fatores, a incerteza quanto ao abastecimento futuro de etanol foi o que precipitou a míngua do programa. Além disso, houve o desenvolvimento de poucas pesquisas visando superar as dificuldades apresentadas pelos motores a álcool, ao passo que os problemas relacionados aos modelos a gasolina, especialmente os relacionados à poluição (que recebem maior destaque perante a opinião pública), eram paulatinamente solucionados, inclusive com a incorporação de tecnologia estrangeira. Mesmo com uma defasagem tecnológica relativamente importante, as condições de fabricação de carros a álcool hoje pouco ou nada devem aos similares a gasolina.

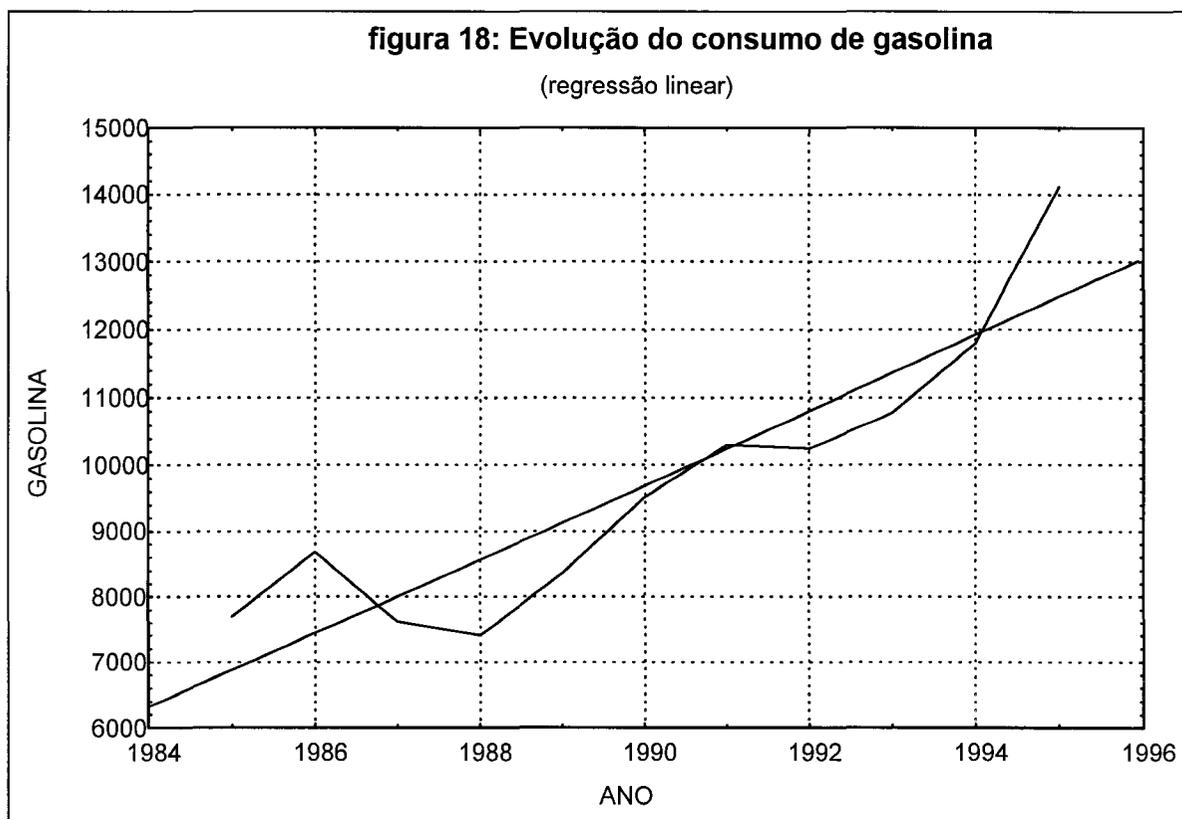
Conforme foi apresentado no terceiro capítulo, não há perdas significativas dos motores a etanol, em relação aos movidos por gasolina.

Entretanto, a gasolina triunfou como o combustível mais eficiente segundo a visão do consumidor, o que foi prontamente respondido pela indústria automobilística, com a lenta mas sensível queda na produção de carros a álcool. Não havia razões para acreditar que os problemas enfrentados pelos motores a álcool, pudessem ser superados a ponto de tornar novamente crível a utilização desse combustível nos níveis registrados na primeira metade da década de oitenta. De fato, como em todas as dificuldades enfrentadas por qualquer inovação que viesse a ser introduzida em escala, investir em pesquisa e desenvolvimento é imprescindível para aprimorar as técnicas de produção e atingir a metas específicas. Esse foi o fator decisivo, negativamente falando, para determinar o rumo do Proálcool. É notório e reconhecido por todos, que faltou uma ordem de investimentos para a evolução dos métodos de obtenção de álcool, o que era fundamental para torná-lo viável economicamente.

Do ponto de vista energético, portanto, podemos assinalar quatro pontos fundamentais no que diz respeito à utilização do álcool combustível:

- o álcool desempenha um papel similar tão eficiente quanto a gasolina, e representa uma alternativa energética viável para a utilização em **automóveis de passeio**;
- não há a possibilidade de se utilizar o álcool como substituto ao óleo diesel, dadas as características técnicas da construção mecânica voltada para a utilização deste combustível, ou seja, não é possível o uso do álcool combustível em veículos de **transporte de carga de mercadorias** e de **transportes coletivos de passageiros**;
- é viável a utilização dos produtos envolvidos na obtenção de álcool etílico na **cogeração de energia elétrica** em larga escala, representando uma considerável fonte para ampliar a oferta de eletricidade nas localidades próximas às usinas cogeneradoras.

- mantida a participação do álcool anidro na mistura com a gasolina na ordem de 22 %, a inserção deste energético na matriz mater-se-á em 3 bilhões de litros. Com base em uma regressão linear, analisando-se a evolução do consumo de gasolina de 1985 a 1995 (ver figura 18), podemos esperar que a demanda brasileira por este combustível atinja 15 bilhões de litros no ano 2000 e 21 bilhões em 2010, representando, respectivamente, uma participação de álcool anidro de 3,4 e 4,6 bilhões de litros.



base: *Balanço Energético Nacional 1996.*

Aspectos econômicos

De acordo com o que foi apresentado até aqui, uma vez implantado o Proálcool, um direcionamento objetivo deveria ter sido estipulado, independentemente das

condições efetivas que motivaram sua elaboração. Aparentemente, o país não dispunha de condições técnicas e financeiras, para lançar um programa tão ambicioso. Entretanto, não se imaginava que os modelos a álcool pudessem ter uma aceitação tão grande pelos consumidores, devido, como descreve Nitsch, em parte pela “mitologia futurista do automóvel”¹⁰⁴, em parte pelo “orgulho nacional” por uma tecnologia “moderna”. O *boom* de consumo de carros a álcool, dessa forma, fez emergir a fragilidade que o programa apresentava, em uma questão elementar: o abastecimento. Os demais pontos nos quais era deficiente, saltaram aos olhos do consumidor (e dos fabricantes) incondicionalmente.

Ao que tudo indica, após a crescente decadência, não houve grandes esforços das partes envolvidas para tentar reverter a crise em que esvaía o programa. Ademais, o Proálcool só não foi definitivamente extinto por duas necessidades: a de se manter a adição de álcool anidro à gasolina, e a de atender à frota já existente de veículos a álcool, que compreende uma parcela significativa entre os modelos de 1984 a 1988.

De fato, a suspensão da mistura de álcool anidro na gasolina implicaria necessariamente no uso de outros aditivos, que apresentam custos muito altos em relação ao etanol. E a suspensão da produção de álcool obrigaria aos proprietários de carros a álcool a fazerem a reconversão do motor, o que significaria um custo sem dúvida muito alto. No curto prazo portanto não se pode simplesmente abandonar o programa à própria sorte, porque há um papel a cumprir, dentro das condições nas quais foi proposto.

No que diz respeito à utilização em transportes particulares, o álcool economicamente é tão eficiente quanto a gasolina, sendo as diferenças de custos para produzir um ou outro tipo de veículo mínimas. Um pequeno aumento é verificado para resolver um problema que ocorria nas pequenas perdas quanto à capacidade de funcionamento na primeira hora do dia (fazer o carro *pegar*), com a necessidade de incorporação de um mecanismo de injeção de gasolina. A demora no aquecimento é uma questão intrínseca da capacidade do combustível, o que não chega a ser na

¹⁰⁴ NITSCH, M. (junho de 1991: pág. 136).

verdade um problema ¹⁰⁵. As emissões de gases poluentes, comparando-se os dois tipos de motores sob as mesmas condições, serão sempre menores nos carros a álcool, exceto pelos aldeídos. Não haveria motivos para uma inibição do consumo desse tipo de automóvel. Por todas essas razões, a fabricação de veículos a etanol não tem por quê, do ponto de vista econômico, ser interrompida. Mais do que isso, pode-se dizer que a demanda por esse tipo de automóvel tem condições de aumentar, embora seria previdente conter uma certa euforia, para evitar eventuais problemas de abastecimento como ocorreu em meados dos anos oitenta.

Não obstante, a utilização dos derivados da cana somente na área energética subutilizaria o produto. Há condições de se desenvolver pesquisas, visando minorar os desperdícios que são peculiares ao setor sucroalcooleiro. Há estudos poucos divulgados sobre o beneficiamento do bagaço da cana, transformando-o em insumo para a indústria de papel e celulose. O vinhoto tem sido empregado como adubo orgânico, mas já existem projetos que estudam as propriedades dessa substância, buscando utilizá-la na composição de defensivos agrícolas biológicos. A ponta e a palha da cana podem ser utilizados na cogeração de energia, ou, se incorporada a tecnologia necessária, podem vir a se tornar um importante elemento na obtenção de etanol, conforme já foi explicado no capítulo III.

Portanto, há de se analisar atentamente os rumos que podem ter o programa. A questão aqui é perguntar-se se com um investimento direto de US\$ 6,936 bilhões, e com uma possível movimentação de US\$ 33 bilhões (item 4.1, capítulo III), não se esteja desprezando um esforço social muito grande, sendo que o programa não é totalmente inviável. Ainda que não tenha atingido a auto-suficiência, o Proálcool pode vir a se tornar, mais do que uma alternativa competitiva, uma necessidade para o próximo século, caso conforme nossas estimativas, a manutenção do nível atual de extração do petróleo venha a esgotar as reservas em 28 anos, e não haja a descoberta de novas jazidas exploráveis no país, ainda que mesmo esses possíveis 28

¹⁰⁵ Os motores movidos tanto a gasolina, quanto a álcool, devem ser igualmente aquecidos na primeira hora de uso do dia, sob o risco de diminuir a vida útil do motor.

anos possibilitem uma margem de manobra muito grande do ponto de vista tecnológico, até mesmo com o desenvolvimento de outras alternativas energéticas.

Do ponto de vista dos transportes como um todo, entretanto, o Proálcool pouco tem a acrescentar, quando se analisa a questão sob o prisma do alto custo do frete e do transporte coletivo. Além de absolutamente inviável economicamente (com base na atual paradigma tecnológico), é ineficiente energeticamente, conforme foi elucidado no capítulo anterior, utilizar um combustível como o álcool em ônibus e caminhões. Embora não tenha o efeito de agravar as condições de transportes nas cidades, que deveriam ser uma preocupação social, e não individual, o programa compete indiretamente para tornar cada vez mais caótico os trânsitos das principais cidades brasileiras, ao colocar na pauta dos principais assuntos a serem discutidos no país, uma eventual solução a ser aplicada nos automóveis particulares, em detrimento dos transportes coletivos.

À luz da economia, portanto, deve haver uma reflexão quanto à ordem de necessidades que se está colocando. Se o que está em primeiro plano são as condições de mercado de automóveis particulares, o Proálcool pode ter um papel de relativa importância, observadas as condições em que se propõem reativá-lo. É possível que se torne auto-suficiente, em longo prazo não determinável, caso seja inserido na lógica mais próxima das leis atuais de mercado. Ou seja, a gestão dos recursos envolvidos no programa devem obrigatoriamente estar vinculados ao grande capital, na forma de *oligopólios concentrados*¹⁰⁶, em que o investimento seja a variável inexorável do processo global, na busca por melhores condições de produtividade. A modernização do complexo sucroalcooleiro, inclusive no que tange aos aspectos ligados à agricultura, é uma imposição de mercado, se considerados as metas que se pretende atingir, que é a de permitir que o programa sustente-se por si só.

Se julgado segundo uma ordem mais abrangente da economia, que são as condições globais de transportes, o Proálcool não tem função economicamente viável. Não há como o programa atender aos transportes públicos dos grandes centros urbanos, bem como o transporte de mercadorias interregionais, e portanto se deveria

pensar em outras alternativas para resolver os problemas que se colocam nesses dois ramos do setor de transportes. Provavelmente, esforços governamentais voltados para a implementação desse ou qualquer outro projeto que atenda especificamente aos transportes individuais, na forma de automóveis de passeio, tenderá a agravar a situação nesses ramos.

Não obstante, a cultura da cana-de-açúcar, principal matéria prima do álcool produzido em larga escala no Brasil, tem uma função econômica relevante no médio prazo, que deve ser levada em consideração. Conforme apresentamos no capítulo anterior (item 1), essa cultura é responsável por 1,2 milhão de empregos no país, dos quais 300 mil localizam-se somente no estado de São Paulo. Além disso, neste estado as plantações de cana respondem por uma área plantada de cerca de 3,6 milhões de hectares, com uma produção de 186 milhões de toneladas do produto (somente para a indústria), para os quais são pagos em média R\$ 1,50 por tonelada ¹⁰⁷. Esse valor representa a movimentação de aproximadamente R\$ 280 milhões por ano nos próximos anos.

Ou seja, há uma estrutura econômica envolvendo nível de empregos e produção que não deve, em última análise, ser negligenciada, quando se trata dos aspectos ligados à cultura da cana. As decisões tomadas tem de levar em consideração uma possível realocação da estrutura sócio-econômica que envolve a produção da principal matéria-prima para a obtenção do álcool. De outra forma, os impactos causados por uma adaptação às exigências de mercado, ou mesmo a desativação do programa, poderão ser refletidos negativamente na economia (para não falar dos sérios efeitos sociais).

Logo, deve-se analisar com maior cuidado as questões paralelas envolvidas, quando se propuser um novo rumo ao Programa Nacional do Álcool. Porque dentro das limítrofes possibilidades nas quais foram concebidas, ele ainda tem um papel econômico muito importante a desempenhar no âmbito da sociedade, ainda que de forma irracional, já que outros tipos de transporte são, como se demonstrou no

¹⁰⁶ LABINI, S. (1984: pág. 46 a 48).

¹⁰⁷ IEA (1997: tabela 44, pág. 110).

primeiro capítulo (item 4), mais eficientes do que o automóvel de passeio. Não se pode entretanto desconsiderar o fenômeno mundial que este representa, sendo pouco provável, no longo prazo, que sua produção venha a reduzir-se. Nesses termos, o programa deve atender a esse setor da economia, de maneira relativamente eficiente, sem necessitar de forças artificiais às do mercado para mantê-lo, obviamente, dentro de um certo período de ajustamento.

Vista sob um prisma mais abrangente, entretanto, o Proálcool não tem um papel de maior relevância, porque não atende as necessidades energéticas mais importantes, no que tange à questão dos transportes, considerando-se que foi concebido para suprir uma deficiência desse setor. Dessa forma, o programa foi ineficiente. Portanto, deve-se manter temporariamente o Proálcool enquanto se busca urgentemente por outras alternativas, que venham a se constituir em soluções para os problemas que há muito se verifica nos transportes brasileiros. Soluções essas, que sejam mais eficientes do ponto de vista energético e econômico, não descartando os ramos que necessitam de respostas mais emergentes ao estrangulamento no qual se encontram.

Enfim, se as decisões tomadas hoje não observarem esses aspectos, podem surgir problemas irreversíveis no longo prazo, o que afetaria indubitavelmente o restante da economia, dada a importância para a qual representam os transportes. São decisões delicadas, que inexoravelmente irão determinar o futuro do Programa Nacional do Álcool, como política energética a atender o setor dos transportes. Os resultados do acerto ou equívoco dos rumos que se decidirão hoje, saberemos no próximo século, conforme se verificar a situação dos transportes no Brasil.

BIBLIOGRAFIA

- AMORIM, H. V., *Réquiem para o Proálcool*, Folha de S. Paulo, 19 de novembro de 1996, pág. 1-4.
- BARAT, J., *A evolução dos transportes no Brasil*, Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Instituto de Planejamento Econômico e Social, 1978.
- BELIK, W., *O Programa Energético Brasileiro e o Setor Externo*, Tese de Mestrado; orientador: Alkimar R. Moura; São Paulo: Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, 1982.
- CALABI, A. S., FONSECA, E. G., SAES, F. A. M., KINDI, E., LIMA, J. L., LEME, M. I. P., REICHSTUL, P., *A Energia e a Economia Brasileira*, São Paulo: Estudos Econômicos – FINE / Pioneira, 1983.
- CANO, W., *Desequilíbrios Regionais e Concentração Industrial no Brasil: 1930 - 1970*, Campinas: Global Editora, PNPE, 1985.
- CARDOSO DE MELLO, J. M., *O Capitalismo tardio*, 8ª edição, São Paulo: Ed. Brasiliense, 1982.
- CARRER JÚNIOR, N., *Preço do petróleo cai ao nível mais baixo em 5 anos*, O Estado de S. Paulo, Terça-feira, 24 de fevereiro de 1998, pág. B5.
- CASTANHÊDE, E., *O álcool é nosso*, Folha de S. Paulo, 26 de junho de 1997, pág. 1-2.
- COORDENAÇÃO DE ASSUNTOS CONJUNTURAIS, *Balança Comercial e outros Indicadores Conjunturais*, nº 90, dezembro/1987.
- COPERSUCAR, *Proálcool: fundamentos e perspectivas*, São Paulo: Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo Ltda., 1988.
- COSTA, E. A., *Estímulos à co-geração de energia*, Gazeta Mercantil, 28 de julho de 1997, pág. C-5.

- DATAGRO, *Cana, Açúcar e Álcool*, Informativo Reservado Quinzenal sobre a Indústria Sucroalcooleira, número 8, ano 1997.
- DEMETRIUS, F. J., *Brazil's National Alcohol Program: Technology and Development in an Authoritarian Regime*, Nova Iorque: Praeger, 1990.
- DRAIBE, S., *Rumos e Metamorfoses – Estado e Industrialização no Brasil*, Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985.
- EDITORIA FOLHINHA, *Cada trabalhador ganha*, Folha de S. Paulo, 25 de outubro de 1996, pág. 5-2.
- FERNANDES, E. S. L., e COELHO, S. T. (org.), *Perspectivas do Álcool Combustível no Brasil*, São Paulo: USP/IEE, Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, 1996.
- FERREIRA, L. R., MOTTA, R. S., Revista Brasileira de Economia, Fundação Getúlio Vargas, (41)1, jan/mar 1987, *Reavaliação Econômica e novos ajustamentos do Proálcool*, pp 117-125.
- FURTADO, Celso, *Formação Econômica do Brasil*, 14 edição, São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1977.
- FURTADO, Milton Braga, *Síntese da Economia Brasileira*, 4ª edição, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1986.
- GARNERO, M., *Energia: o futuro é hoje*, 7ª edição, São Paulo: Anfavea, 1980.
- GOLDEMBERG, J., *Energia no Brasil*, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 1979.
- GONÇALVES, J. A., *Safra maior reduz a importação de etanol*, Folha de S. Paulo, 25 de setembro de 1996, pág. 6-4.
- IEA, *Anuário de Informações Estatísticas da Agricultura: anuário IEA 1996*, Instituto de Economia Agrícola, São Paulo: série IEA, 1997.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA, *Contas Nacionais do Brasil*, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo: Centro de Contas Nacionais, 1984.

- KIRCHHOFF, V., *Muito mais poluição à vista*, Folha de S. Paulo, 10 de fevereiro de 1997, pág. 1-3.
- LA ROVERE, E. L, ROSA, L. P., RODRIGUES, A. P., *Energia & Tecnologia da Energia*, Rio de Janeiro: Editora Marco Zero / FINEP, 1985.
- LABINI, S., *Oligopólio e Progresso Técnico*, 2ª edição, Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1984.
- LESSA, C., *Quinze anos de política econômica*, 2ª edição, São Paulo: ed. Brasiliense, 1981.
- LIMA, J. L. L., *Políticas de Governo e Desenvolvimento do Setor de Energia Elétrica: do Código de Águas à Crise dos anos 80 (1934 – 1984)*, Rio de Janeiro: Centro de Memória da Eletricidade no Brasil, 1995.
- LOPES, L. A., *Vinte anos de Proálcool: avaliações e perspectivas*, Economia & Empresa, Instituto Mackenzie / Universidade Mackenzie, (3)2, abril/junho de 1996, pp 49-59.
- MELO, Fernando Homem, e FONSECA, Eduardo Giannetti, *Proálcool, Energia e Transportes*, São Paulo: Estudos Econômicos - Fipe/Pioneira, 1981.
- MELO, Fernando Homem, e PELIN, Eli Roberto, *As Soluções Energéticas e a Economia Brasileira*, São Paulo: Hucitec, 1984.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, *Balanço Energético Nacional 1980 – ano base 1979*, Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético, da Secretaria de Energia – DNDE/SEN/MME, 1980.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, *Balanço Energético Nacional 1996 – ano base 1995*, Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético, da Secretaria de Energia – DNDE/SEN/MME, 1996.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, *Modelo Energético Brasileiro*, Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético, da Secretaria de Energia – DNDE/SEN/MME, 1981.

- MORAIS, M., *Álcool gera Poluição como a Gasolina*, Folha de S. Paulo, 12 de março de 1996, pág. 2-5.
- MOTOYAMA, S., *Tecnologia e Industrialização no Brasil: uma perspectiva histórica*, São Paulo: ed. UNESP da Fundação para o Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista (FUNDUNESP), e Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), 1994.
- NEFUSSI, N., BRANCO, G. M., *Poluição*, Folha de S. Paulo, 15 de março de 1996, pág. 1-3.
- NITSCH, M., *O Programa de Biocombustíveis Proálcool no Contexto da Estratégia Energética Brasileira*, Revista de Economia Política, editora Brasiliense, (11)2, abril/junho 1991, pp 123-145.
- NITCH, M. (org.), BORGES, U., FREITAG, H., HURTIENNE, T., *Proálcool – economia política e avaliação sócio-econômica do programa brasileiro de biocombustíveis*, Instituto de Estudos Latinoamericanos, Universidade Livre de Berlim, abril de 1985.
- PAMPLONA, Confúcio, *Proálcool: impacto em termos técnico-econômicos e sociais do programa no Brasil*, Belo Horizonte: Ministério da Indústria e do Comércio – Instituto do Açúcar e do Álcool, 1984.
- PELIN, E. R., *Avaliação econômica do álcool hidratado carburante no curto e médio prazos*, São Paulo: Instituto de Pesquisas Econômicas – USP, 1985.
- RIGOUT, F., *As máquinas estão chegando*, Folha de S. Paulo, 25 de outubro de 1996, pág. 5-2.
- RODRIGUES, E. C., *Solução Energética*, São Paulo: Editoras Unidas Ltda., 1983.
- ROSAS, H., *Quem é contra o Álcool?*, Folha de S. Paulo, 2 de junho de 1997, pág. 2-2.
- SEADE, *Anuário Estatístico do Estado de São Paulo 1994*, São Paulo: Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, 1995.

SEADE, *Boletim de Acompanhamento da Demanda da Força de Trabalho Agrícola do Estado de São Paulo*, nº 3, maio/agosto 1997, publicação quadrimestral Sensor Rural SEADE.

SECEX, *Balança Comercial Brasileira*, Ministério da Indústria, do Comércio e do Turismo, Secretaria de Comércio Exterior, Departamento de Operações de Comércio Exterior, janeiro/dezembro - 1996.

SOUZA, J. C., *Cetesb X Cetesb*, Folha de S. Paulo, 1º de abril de 1996, pág. 2-2.

SOUZA, P. R., *Transnacionales y el "Proálcool" en Brasil*, División de Multinacionales de la CEPAL, 1982.

THE ECONOMIST, *As Fontes Alternativas começam a ser viáveis*, Gazeta Mercantil, 4 e 5 de novembro de 1995, pág. 4.

VARELLA, F., TOLEDO, R. P., *No contrafluxo*, Veja, 2 de outubro de 1996, pp 50-51.

VARELLA, F., *O limite de uma civilização*, Veja, 7 de agosto de 1996, pp 48-49.

VIAN, C. E. F., *Expansão e diversificação do complexo agro-industrial sucroalcooleiro no Brasil: 1980-1996*, São Paulo: tese de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSCAR, São Carlos – SP, 1996.

Endereços na Internet:

AGROVIRTUAL: <http://www.agrov.com>

ANFAVEA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES: <http://www.anfavea.com.br>

BIOMASS ORGANIZATION: <http://www.biomass.org>

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL:
<http://www.cetesb.br/>

CHEVROLET: <http://chevrolet.com.br>

FORD DO BRASIL: <http://www.ford.com.br>

MICT – MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E TURISMO:

<http://www.mict.gov.br>

PETROBRÁS: <http://www.petrobras.com.br>

VOLKSWAGEN: <http://www.volkswagen.com.br>

Apêndice

fonte primária	Produção	Importação	Exportação	var. est. perdas e ajustes	consumo total
energia hidráulica (10 ³ MWh)	253.862	-	-	-	253.862
Petróleo (10 ³ m ³)	40.216	29.209	-292	2.017	71.150
Gás Natural (10 ⁶ m ³)	7.955	-	-	-2.491	5.464
carvão vapor (10 ³ t)	5.093	129	-	292	5.514
carvão metalúrgico (10 ³ t)	80	11.367	-	-181	11.266
Urânio [U ₃ O ₈] (10 ³ kg)	0	76	-	-	76
lixívia (10 ³ t)	7.646	-	-	-	7.646
lenha (10 ³ t)	76.514	3	-	-	76.517
Caldo de Cana (10 ³ t)	97.959	-	-	-	97.959
melaço (10 ³ t)	6.561	-	-	-	6.561
bagago da cana (10 ³ t)	72.864	-	-	-	72.864
outras (10 ³ t)	683	-	-	-	683

Ano	Produção	Importação	Exportação	var. est. perdas e ajustes	Consumo Total
1980	91.808	46.795	-60	217	138.760
1981	94.658	45.386	-738	-1.394	137.912
1982	104.305	42.861	-1.103	-3.025	143.038
1983	115.812	40.694	-51	-6.982	149.473
1984	131.746	38.242	0	-6.310	163.678
1985	141.618	33.322	0	-3.757	171.183
1986	141.718	36.422	-51	-2.972	175.117
1987	146.376	38.190	0	-2.298	182.268
1988	147.486	38.914	-187	-1.939	184.274
1989	150.787	36.669	0	-1.921	185.535
1990	148.074	36.319	0	-3.313	181.080
1991	151.329	34.491	0	-1.381	184.439
1992	152.238	34.434	0	-698	185.974
1993	155.931	33.757	0	545	190.233
1994	162.532	36.235	0	632	199.399
1995	166.400	33.729	-253	63	199.939

Fonte: Balanço Energético Nacional, 1996.

Tabela 3: Derivados de petróleo: evolução da produção doméstica.

ano	óleo diesel (10 ³ m ³)	óleo combustível (10 ³ m ³)	gasolina (10 ³ m ³)	GLP (10 ³ m ³)	Nafta (10 ³ m ³)	querosen e (10 ³ m ³)	outros (10 ³ m ³)	Total (10 ³ m ³)
1980	19.524	17.384	11.583	5.147	4.274	3.333	2.702	74.509
1981	18.446	16.345	11.990	5.366	4.703	3.720	3.075	76.029
1982	19.467	14.363	12.158	5.002	5.043	3.816	2.991	77.920
1983	19.389	12.888	10.768	5.481	6.056	3.502	3.503	80.728
1984	20.469	13.156	12.139	5.910	6.237	4.171	3.726	92.647
1985	20.507	12.430	12.036	6.282	7.224	3.903	3.848	97.940
1986	22.669	13.295	12.309	6.382	7.710	3.609	4.081	103.255
1987	24.126	12.690	12.798	6.865	8.076	3.690	40314	141.388
1988	24.761	12.162	12.658	6.290	7.904	3.597	4.261	103.870
1989	24.656	12.651	12.361	6.604	8.226	3.625	4.541	107.207
1990	24.160	12.563	11.971	7.016	8.229	3.288	4.496	108.313
1991	23.844	11.983	11.899	6.612	7.304	3.249	4.201	105.237
1992	24.300	12.666	12.453	7.012	7.009	3.096	4.575	107.649
1993	23.450	12.314	14.859	7.354	7.077	3.087	4.717	110.187
1994	26.216	12.534	15.202	7.375	7.253	2.998	5.376	115.720
1995	25.879	12.373	15.101	6.975	6.809	3.292	5.542	116.187

fonte: *Balanço Energético Nacional, 1996.*

Tabela 4: Importações dos principais derivados de petróleo

ano	óleo diesel (10 ³ m ³)	óleo combustível (10 ³ m ³)	gasolina (10 ³ m ³)	GLP (10 ³ m ³)	Nafta (10 ³ m ³)	querosen e (10 ³ m ³)	outros (10 ³ m ³)	Total (10 ³ m ³)
1980	678	1.197	106	235	1	0	140	2.357
1981	908	196	92	229	2	0	69	1.496
1982	239	2.153	89	1.369	0	0	325	4.175
1983	271	421	89	874	5	0	11	1.671
1984	2	142	83	446	5	0	98	776
1985	428	234	211	873	45	45	83	1.919
1986	814	367	128	1.093	4	46	15	2.467
1987	576	898	11	1.391	45	0	0	2.921
1988	548	1.807	7	2.400	97	35	0	4.894
1989	973	1.064	3	2.298	161	35	0	4.534
1990	681	656	5	2.338	246	28	0	3.954
1991	1.821	239	10	2.756	704	147	0	5.677
1992	2.257	537	0	2.764	1.483	144	0	7.185
1993	4.384	5.113	0	3.056	2.800	459	0	15.812
1994	3.267	2.883	30	3.120	3.362	410	0	13.072
1995	4.250	734	914	4.236	3.558	643	0	14.335

Tabela 5: Participação percentual da produção interna dos principais derivados de petróleo na oferta total do país (%)

ano	óleo diesel	óleo combustível	gasolina	GLP	Nafta	querosen e	outros	Total
1980	96,6	93,6	99,1	95,6	100,0	100,0	95,1	96,9
1981	95,3	98,8	99,2	95,9	100,0	100,0	97,8	98,1
1982	98,8	87,0	99,3	78,5	100,0	100,0	90,2	94,9
1983	98,6	96,8	99,2	86,2	99,9	100,0	99,7	98,0
1984	100,0	98,9	99,3	93,0	99,9	100,0	97,4	99,2
1985	98,0	98,2	98,3	87,8	99,4	98,9	97,9	98,1
1986	96,5	97,3	99,0	85,4	99,9	98,7	99,6	97,7
1987	97,7	93,4	99,9	83,2	99,4	100,0	100,0	98,0
1988	97,8	87,1	99,9	72,4	98,8	99,0	100,0	95,5
1989	96,2	92,2	100,0	74,2	98,1	99,0	100,0	95,9
1990	97,3	95,0	100,0	75,0	97,1	99,2	100,0	96,5
1991	92,9	98,0	99,9	70,6	91,2	95,7	100,0	94,9
1992	91,5	95,9	100,0	71,7	82,5	95,6	100,0	93,7
1993	84,2	70,7	100,0	70,6	71,7	87,1	100,0	87,5
1994	88,9	81,3	99,8	70,3	68,3	88,0	100,0	89,9
1995	85,9	94,4	94,3	62,2	65,7	83,7	100,0	89,0

Tabela 6: Consumo das principais fontes de energia

ano	Eletricidade (10 ³ MWh)	Petróleo (10 ³ m ³)	lixívia (10 ³ t)	melaço (10 ³ t)	caldo de cana (10 ³ t)	etanol (10 ³ m ³)	lenha (10 ³ t)
1980	122.705	63.162	2.994	2.725	29.847	3.676	100.309
1981	126.232	60.879	2.929	3.338	33.500	4.207	98.152
1982	133.575	60.228	3.060	4.484	45.469	5.618	93.937
1983	143.913	58.714	3.184	5.178	68.631	7.951	97.566
1984	160.000	62.571	3.558	4.166	82.520	9.201	107.590
1985	173.564	62.952	3.876	4.613	102.900	11.563	106.252
1986	187.069	66.991	4.039	3.672	89.702	9.983	105.739
1987	192.755	68.582	4.231	4.775	109.619	12.340	105.774
1988	203.903	69.108	4.515	4.480	100.360	11.523	105.091
1989	212.381	69.179	4.221	4.230	99.035	11.809	106.343
1990	217.657	68.098	4.594	4.480	99.776	11.518	92.091
1991	225.372	66.099	5.192	4.544	112.673	12.862	86.167
1992	230.472	68.523	6.210	5.032	99.358	11.766	80.966
1993	241.167	69.220	7.029	4.696	94.029	11.395	80.043
1994	249.793	73.036	7.637	5.866	98.986	12.513	80.218
1995	264.578	71.150	7.646	6.561	97.959	12.745	76.517

Tabela 7: Consumo Total dos principais derivados de petróleo¹⁰⁸

ano	Petróleo (10 ³ m ³)	gasolina (10 ³ m ³)	diesel (10 ³ m ³)	óleo combustível (10 ³ m ³)	GLP (10 ³ m ³)	nafta (10 ³ m ³)
1980	63.162	11.526	18.752	18.207	4.591	3.984
1981	60.879	11.035	18.460	14.736	5.250	4.400
1982	60.228	10.502	18.789	13.455	5.884	5.030
1983	58.714	8.782	18.480	10.880	6.158	6.238
1984	62.571	7.891	18.922	9.885	6.096	6.530
1985	62.952	7.696	20.175	9.864	6.621	7.567
1986	66.991	8.685	22.382	11.501	7.184	7.466
1987	68.582	7.620	23.676	11.631	7.874	7.990
1988	69.108	7.400	24.423	11.511	8.386	8.007
1989	69.179	8.357	24.986	11.003	8.820	8.364
1990	68.098	9.516	24.589	10.713	9.226	8.458
1991	66.099	10.302	25.584	9.988	9.165	7.953
1992	68.523	10.249	26.267	10.700	9.682	8.381
1993	69.220	10.780	26.996	11.372	9.740	8.828
1994	73.036	11.806	28.104	11.685	9.933	9.971
1995	71.150	14.112	29.262	11.821	10.458	10.209

¹⁰⁸ Consumo total = consumo final + transformação

Tabela 8: PRODUÇÃO DE CANA, AÇÚCAR E ALCOOL - BRASIL						
Safr	ALCOOL			AÇÚCAR (mil mt)	CAN DE AÇÚCAR (mil mt)	ART (mil mt)
	Anidro (mil m ³)	Hidratado (mil m ³)	Total (mil m ³)			
70/71	252	385	637	5.070	79.753	6.458
71/72	390	223	613	5.081	79.595	6.437
72/73	389	292	681	5.926	95.074	7.441
73/74	306	260	566	6.680	91.994	8.021
74/75	217	409	626	6.673	95.624	8.113
75/76	233	323	556	6.017	91.525	7.304
76/77	300	364	664	6.851	103.173	8.375
77/78	1.177	293	1.470	8.306	120.082	11.388
78/79	2.096	395	2.491	7.476	129.145	12.392
79/80	2.712	671	3.383	6.980	138.899	13.498
80/81	2.104	1.602	3.706	7.844	148.651	14.935
81/82	1.413	2.750	4.163	7.912	153.858	15.772
82/83	3.550	2.274	5.824	8.843	166.753	19.837
83/84	2.469	5.392	7.861	9.086	197.995	23.637
84/85	2.102	7.150	9.252	8.849	202.765	25.832
85/86	3.208	8.612	11.820	7.819	224.364	29.386
86/87	2.168	8.338	10.506	8.157	227.873	27.338
87/88	1.983	9.474	11.457	7.983	224.496	28.833
88/89	1.726	9.978	11.704	8.070	221.339	29.345
89/90	1.341	10.557	11.898	7.301	223.410	28.857
90/91	1.309	10.474	11.783	7.365	222.163	28.718
91/92	1.984	10.768	12.752	8.665	228.791	31.845
92/93	2.216	9.470	11.686	9.249	223.991	30.581
93/94	2.523	8.774	11.297	9.326	216.963	29.990
94/95	2.867	9.825	12.692	11.696	240.869	34.973
95/96	3.040	9.631	12.671	13.235	251.346	36.558
96/97	4.600	9.634	14.234	13.467	285.664	39.681
Taxas Anuais de Crescimento						
75-85	30,0%	38,9%		2,7%	9,4%	14,9%
85-96	3,3%	1,0%		5,1%	2,2%	2,8%
85-93	-3,0%	0,2%		2,2%	-0,4%	0,3%
93-96	22,2%	3,2%		13,0%	9,6%	9,8%
90-96	23,3%	-1,4%		10,6%	4,3%	5,5%

Fonte: Datagro, nº 8, 1997.

Tabela 9: CONTROLE DE FROTA E CONSUMO ESPECÍFICO							
ANO	Consumo veículos/mês considerando sucateamento		Venda de Veículos a álcool			Sucateamento esperado no período ⁽²⁾	Frota Estimada, considerando sucateamento no período ⁽²⁾
	médio ⁽¹⁾	índice	no período ⁽²⁾	%/total exclusive importados	%/total inclusive importados		
1980	178,19	100,0	240.638	28,50%		89	164.956
1981	315,71	177,2	137.307	28,70%		3.060	369.765
1982	251,12	140,9	233.497	38,10%		7.316	553.810
1983	254,80	143,0	581.373	88,50%		11.024	966.415
1984	245,92	138,0	568.163	94,60%		19.261	1.517.847
1985	236,22	132,6	647.445	96,00%		33.639	2.083.617
1986	247,60	139,0	698.564	92,10%		47.168	2.759.476
1987	222,30	124,8	459.238	94,40%		62.963	3.250.977
1988	217,52	122,1	565.699	88,40%		80.355	3.693.083
1989	220,43	123,7	405.302	52,50%		96.286	4.110.735
1990	201,59	113,1	81.998	11,55%		112.638	4.220.390
1991	203,88	114,4	150.547	19,59%	19,19%	130.262	4.190.122
1992	189,48	106,3	195.546	26,40%	25,57%	142.728	4.235.291
1993	181,63	101,9	262.644	24,76%	23,23%	157.964	4.314.339
1994	184,59	103,6	142.015	11,75%	11,04%	186.420	4.363.773
1995	194,51	109,2	40.685	3,05%	2,35%	21.1131	4.236.118
1996							
mai	196,98	110,40	602	0,46%	0,44%	19.111	4.064.664
jun	172,94	97,10	456	0,41%	0,39%	19.526	4.045.475
jul	193,16	108,40	420	0,30%	0,29%	20.107	4.026.059
ago	187,00	104,90	372	0,26%	0,25%	20.726	4.005.705
set	179,37	100,70	525	0,38%	0,36%	20.599	3.985.671
out	189,54	106,40	324	0,23%	0,22%	21.590	3.964.405
nov	176,12	98,80	306	0,22%	0,21%	20.042	3.944.669
dez	202,98	113,90	179	0,16%	0,15%	19.036	3.925.813
méd/total	191,17	107,28	3.184	0,53%	0,50%	237.766	4.033.570

Fonte: Datagro, nº 8, 1997.

(continua...)

(continuação)

Tabela 9: CONTROLE DE FROTA E CONSUMO ESPECÍFICO (continuação)							
1997	Consumo veículos/mês considerando sucateamento			Venda de Veículos a álcool		Sucateamento esperado no período (2)	Frota Estimada, considerando sucateamento no período (2)
	médio (1)	índice	no período (2)	%/total exclusive importados	%/total inclusive importados		
jan	191,57	107,5	38	0,03%	0,03%	21.656	3.904.194
fev	173,72	97,5	57	0,05%	0,04%	22.907	3.881.344
mar	188,12	105,6	57	0,04%	0,04%	22.978	3.858.424
abr	191,22	107,3	24	0,02%	0,01%	20.978	3.837.686
maio	174,81	98,1	122	0,08%	0,08%	20.762	3.815.878
jun	n.d.	n.d.	54	0,04%	0,03%	21.930	3.793.653
total	183,89	103,2	352	0,04%	0,04%	131.211	3.848.530

Fonte: Datagro, nº 8, 1997.

(1) Em litros.

(2) Em unidades por veículos.