



*Economia e Energia - ONG*

Nº

47

Dezembro 2004 –  
Janeiro 2005

<http://ecen.com>

---

PREÇOS DE PETRÓLEO: O TERCEIRO CHOQUE?

*José Israel Vargas e Carlos Feu Alvim*

ÁLCOOL COMO “COMMODITY” INTERNACIONAL

*Luiz Celso Parisi Negrão e Maria Lucia De Paula Urban*

PROMOÇÃO DO USO DA ENERGIA SOLAR PARA O AQUECIMENTO  
DE ÁGUA NO SETOR RESIDENCIAL.

*Omar Campos Ferreira.*

---

*Economia e Energia*

*Revista*

Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 Centro CEP 20040-005  
Rio de Janeiro RJ Tel (21) 2222-4816 Fax 22224817  
BH: Rua Jornalista Jair Silva, 180 Bairro Anchieta CEP 30310-290  
Belo Horizonte MG Tel./Fax (31) 3284-3416  
Internet :<http://ecen.com>

---

Editor Gráfico: Marcos Alvim



*Economia e Energia – <http://ecen.com>*

No 47: Dezembro 2004 - Janeiro 2005

ISSN 1518-2932

Versão em Inglês e Português também disponível  
bimensalmente em: <http://ecen.com>

### Texto para Discussão

#### **Preços de Petróleo: O terceiro Choque?**

*José Israel Vargas e Carlos Feu Alvim*

**pag. 03**

A presente alta dos preços de petróleo tem causas conjunturais relacionada à Guerra no Iraque e às tensões políticas em outros países. Um exame da evolução das participações das principais fontes primárias de energia na matriz mundial revela que existem também causas estruturais para a elevação do preço do petróleo.

### Artigos:

#### **Álcool como “Commodity” Internacional**

*Luiz Celso Parisi Negrão e Maria Lucia De Paula Urban*

**pag. 08**

A questão do desenvolvimento sustentável leva à associação entre o meio ambiente e o desenvolvimento, onde a produção e o uso de energia renovável tem importância fundamental. A experiência em larga escala da produção e uso do etanol no Brasil é um exemplo que vem sendo seguido e debatido em diversos países e em reuniões internacionais. A ação local, com impacto global em termos ambientais, faz do álcool um produto de extrema importância para a rápida resposta que o mundo deve dar às reduções de emissões dos gases do efeito estufa. Para a consolidação desse objetivo é importante fazer, do álcool carburante, uma “commodity” ambiental internacional.

#### **Promoção do uso da energia solar para o aquecimento de água no Setor Residencial**

*Omar Campos Ferreira*

**pag. 19**

O uso da energia solar reduz o custo de aquecimento de água a baixa temperatura e o investimento na geração e na distribuição de eletricidade, sendo, pois, vantajoso para o usuário e para a concessionária de energia elétrica. Entretanto, o investimento inicial na instalação solar é maior do que o correspondente em outras modalidades de aquecimento, inibindo a iniciativa do usuário em substituir o chuveiro elétrico pelo aquecimento solar. A solução aparente seria combinar-se a capacidade de investimento das empresas de eletricidade com a disposição de pagar do usuário.

**Repercussão do Seminário do Clube de Engenharia:**

**RECURSOS ENERGÉTICOS DO BRASIL:  
PETRÓLEO, GÁS, URÂNIO E CARVÃO**

Um país, como o Brasil, de considerável extensão geográfica, relativamente rico em recursos naturais, deve tratá-los com atenção do ponto de vista econômico e, do ponto de vista estratégico, não pode descuidar dos aspectos relacionados a seu suprimento energético.

Em uma época de variações bruscas do preço de petróleo e de valorização das “commodities” no mercado internacional, foi muito oportuna a realização pelo Clube de Engenharia, sob a coordenação geral da Enga. Maria Glícia da Nóbrega Coutinho, de seminário sobre Recursos Energéticos do Brasil, em 30 de Setembro de 2004.

Em parceria com o Clube de Engenharia a **e&e** está divulgando (No 47 em <http://ecen.com>) os slides, fornecidos pelos palestrantes, que contêm informações relevantes sobre o tema, incluindo dados e gráficos. As apresentações disponíveis estão listadas abaixo:

Petróleo-Gás: *:Províncias Petrolíferas Brasileiras:* Paulo M. Mendes de Mendonça e Edison José Milani – Petrobras; *Recuperação Secundária em Campos de Produção* - Alberto Sampaio de Almeida – Petrobras; *Desafios à Exploração e Produção de Petróleo no Brasil* - Francisco Nepomuceno Filho – Petrobras; *Tendências no Mercado de Óleo Nacional e Internacional* - Giuseppe Bacoccoli – COPPE / UFRJ;

Urânio: *Alguns Aspectos relacionados com as Pesquisas, Produção, Demanda e Mercado de Urânio no Brasil e no Mundo* - Samir Saad – Consultor, INB; *Capacidade Produtiva, Suprimento x Demanda e Processamento de Urânio no Brasil e no Mundo* - Sérgio Antônio Majdalani – INB; *Energia Nuclear e Responsabilidade Sócioambiental* - Horst Monken Fernandes – IIRD/CNEN; *Pesquisa Geológica e Mercado de Urânio Nacional e Internacional* - Samir Saad, Consultor, Indústrias Nucleares Brasileiras – INB;

Carvão: *Carvão Mineral: Reservas e Potencialidade Geológica* - Fernando Luiz Zancan – SIECESC; *Perspectivas e Tendências nos Mercados Nacional e Internacional de Carvão* - Carlos Heitor M.Farias – SAGE Consultoria Técnica Ltda; *Desempenho da Indústria Nacional de Carvão e seus Desafios* -: Cezar Faria – SNIIEC e COPELMI; *Atividade de Mineração do Carvão e Harmonização com o Meio Ambiente* - Oliveira Américo / DNPM.

Texto para Discussão:

## PREÇOS DE PETRÓLEO: O TERCEIRO CHOQUE?

**José Israel Vargas**  
jivargas@abc.org.br

**Carlos Feu Alvim**  
feu@ecen.com

O mundo viveu, nos últimos trinta anos do século passado, dois choques no preço do petróleo: O primeiro em 1973, desencadeado pela Guerra do Yom Kippur quando os produtores árabes resolveram suspender as exportações aos EUA, como punição pelo apoio do Ocidente a Israel naquela guerra. O segundo choque foi resultado de uma ação, liderada pela Arábia Saudita, visando elevar o “preço alvo” do petróleo que se somou ao agravamento da conjuntura internacional pela ocorrência concomitante da revolução fundamentalista no Iran naquele ano.

O preço do barril de petróleo, expresso em dólares de 2003, atingiu a 42 US\$ em 1973 e chegou a 80 US\$ o barril em 1979. Em Outubro de 2004 o petróleo atingira 48 US\$/barril, retomando níveis próximos aos do primeiro choque.

### Evolução dos Preços Internacionais do Petróleo

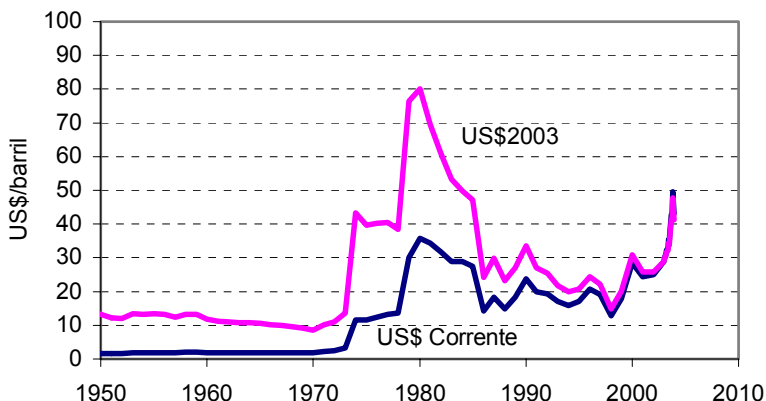


Figura 1: Preços internacionais do petróleo em dólar corrente e em dólar de 2003.

Como em 1973 e 1979, atribui-se a elevação brusca do preço às motivações políticas vinculadas à prevalência de crises como a guerra no Iraque, as tensões em relação ao Irã e as incertezas na Venezuela e Rússia.

Alguns especialistas em preços chamam a atenção, no entanto, para uma tendência sistêmica que alimentaria a elevação do preço, vigente antes mesmo da Guerra do Iraque, como pode ser notado na Figura 2 (detalhe da Figura 1), a indicar que dificilmente os preços do petróleo retornariam aos níveis de 1998 (em torno de 15 US\$(2003) / barril), ou mesmo ao de 1994 (20 US\$(2003) / barril). Assim, estes especialistas apostam em uma futura estabilização do preço do barril entre 30 e US\$ 40.

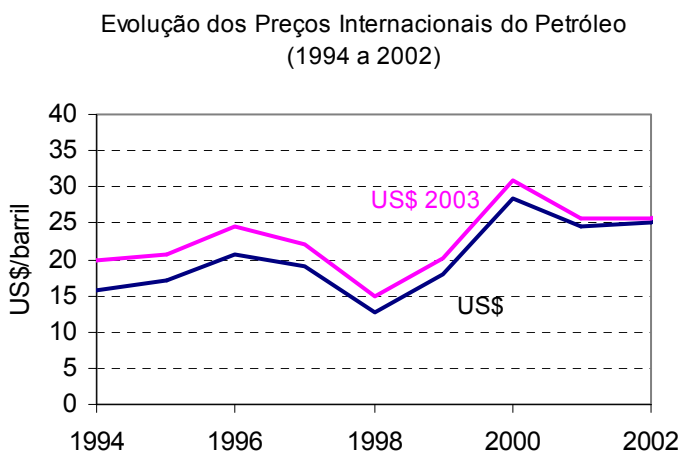


Figura 2: Tendência crescente do preço do petróleo entre 1994 e 2002.

Na e&e 45 foi<sup>1</sup> relatada, como exemplo, a projeção realizada por C. Marchetti (1984)<sup>2</sup> da participação relativa das diversas fontes primárias de energia no mercado (Figura 3).

Passados 20 anos da previsão, torna-se viável avaliar sua qualidade. Para isto, compara-se (também na Figura 3) a referida projeção com a participação real das fontes de energia no mercado mundial.

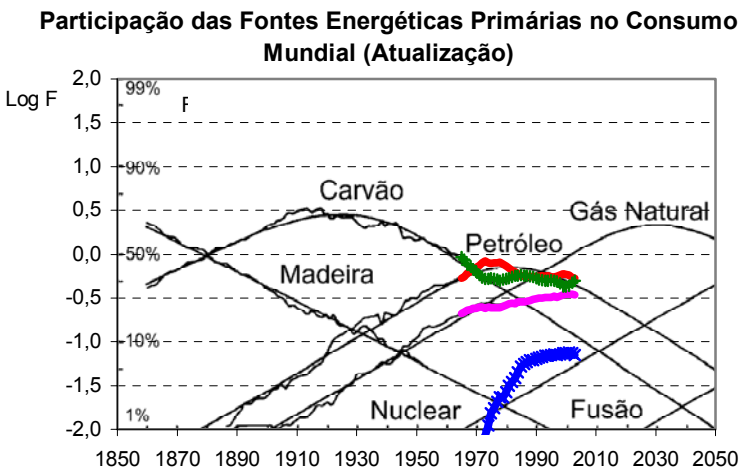
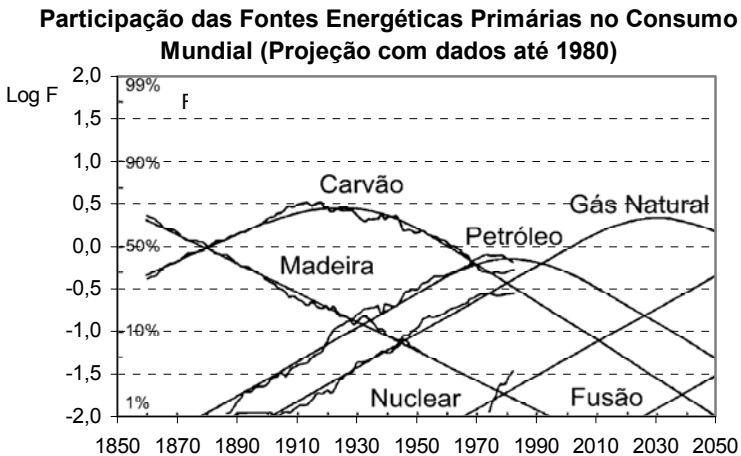


Figura 3: Projeções de C. Marchetti (1984) (no topo) comparadas com a evolução real da participação das fontes energéticas (abaixo) (IEA)<sup>3</sup>

Da comparação surgem alguns fatos interessantes: a participação do petróleo - que havia sido deprimida com os choques de preços de 1973 e 1979 - voltou à trajetória prevista depois do “choque frio” nos preços de petróleo de 1986. É significativo que, quando o

consumo ultrapassou (nestes últimos anos) a trajetória “natural” projetada, uma nova elevação do preço de petróleo ocorreu.

Quanto à energia nuclear, cuja penetração inicial ultrapassou em muito o ritmo observado e antecipado para outras energias primárias, torna-se aparente que essa fonte estaria retornando à trajetória inicialmente prevista pelo modelo e, provavelmente, voltará a ter sua participação acrescida. Deve-se recordar, porém que a penetração nuclear no mercado do terceiro mundo foi fortemente inibida pela adoção de políticas alimentadas pela crescente preocupação com a proliferação de armas nucleares que a expansão desta forma de energia poderia propiciar. De outra parte, sua participação na geração de eletricidade já deve ter atingido o ponto de saturação em alguns países, como a França.

As surpresas maiores na presente comparação referem-se às participações do gás natural e do carvão. Para o primeiro, a frustração das expectativas deve-se, provavelmente a limitações típicas desse combustível: a pouca uniformidade de sua distribuição geográfica acrescida da dificuldade de seu transporte a grandes distâncias. Com efeito, as reservas da América do Norte representam apenas 4,2% da reserva global. Sendo responsável por 28% do consumo de energia primária mundial, uma inibição do uso, nessa região, de gás natural limita significativamente sua participação no total mundial. Dificuldades de transporte e provavelmente políticas (em que pese a aproximação EUA/Rússia) fazem que não exista ainda ligação entre a Sibéria e o Alasca, que provavelmente poderia aproveitar parte da infra-estrutura já existente ligando o Alasca ao restante do território americano, através do Canadá. Por outro lado, o transporte criogênico, que faria expandir o consumo de fato, não se viabilizou economicamente.

Pode-se cogitar que o limite superior de participação do gás natural (de difícil projeção na metodologia usada por C. Marchetti no início do processo de competição) não estaria exagerado naquele trabalho. De fato, o valor máximo de participação considerado (~58%) ultrapassaria, inclusive, o máximo alcançado pelo petróleo que, segundo o modelo, já estaria entrando em sua fase declinante em termos de participação no consumo global. Com efeito, nos países onde existe boa disponibilidade de gás ainda não existe uma generalização de seu uso como combustível para o transporte em virtude de sua limitada portabilidade. Por esta razão, o transporte, em 2001, era responsável por 57% do consumo de petróleo no mundo, já o uso do gás natural no transporte absorvia apenas 4,8% de seu uso, segundo a Agência Internacional de Energia.

O total de participação dos energéticos, mostrado na Figura 3 é, por definição, de 100% e uma penetração do gás natural menor do que a prevista tem que ser compensada por maior participação de outra fonte. Como as demais fontes aproximam-se da participação prevista por C.



Marchetti, a sustentação da participação do carvão no final do século (ao contrário da perda prevista) é o fato complementar à expansão do uso do gás natural em ritmo inferior ao esperado. Deve-se assinalar que os comportamentos do carvão e do gás natural, observados nos últimos vinte anos, já se anunciavam na ocasião da publicação do artigo (1985). Certamente, os desvios foram interpretados (e ainda é possível que o sejam) como oscilações em torno da tendência histórica, como manifestação das alegadas propriedades homeostáticas do “sistema” energia (ver artigo de J.I. Vargas anteriormente citado)

Pode-se assim compreender a resistência corrente dos EUA aos dispositivos do Protocolo de Quioto, em face das dificuldades da economia americana para abastecer-se de gás natural que proporciona sensíveis ganhos na emissão de CO<sub>2</sub>, quando substituindo o carvão mineral.

Conclui-se que a elevação nos preços do petróleo encontra justificativa na retomada de sua participação na matriz energética mundial que foi reconduzida à trajetória observada anteriormente aos choques de 1973 e 1979. Mesmo com o desaparecimento das tensões políticas que exacerbam os atuais preços, não se deve esperar que ele retorne ao nível de 20 US\$/barril observado em boa parte da década de noventa.

---

Referências:

<sup>1</sup> Vargas, J. I., “A Prospectiva Tecnológica: Previsão com um Simples Modelo Matemático”. Economia e Energia No. 45, agosto-setembro 2004.

<sup>2</sup> Marchetti, C., 1985 “Nuclear Plants and Nuclear Niches: On the Generation of Nuclear Energy during the Last Twenty Years”, Nuclear Science and Engineering, 90:521--526

<sup>3</sup> IAE — Agência Internacional de Energia (, <http://www.iaecia.org>)

**Artigo:**

## **ÁLCOOL COMO “COMMODITY” INTERNACIONAL**

**Luiz Celso Parisi Negrão**

*Assessor STI/MDIC(\*)*

*luiz.negrão@desenvolvimento.gov.br*

**Maria Lucia De Paula Urban**

### **INTRODUÇÃO**

A evolução da produção e uso dos combustíveis, em todo o mundo, veio seguindo a lógica da substituição das fontes então utilizadas por outras mais práticas e rentáveis (da lenha ao carvão; do carvão ao petróleo), até avançar na procura de caminhos onde o objetivo passou a ser a sustentabilidade do uso da energia. Essa síntese das fases, que ocorreu desde o século XVIII, explica o crescimento da produção e do uso do gás natural e, mais atualmente, a objetiva discussão e adoção das energias renováveis.

Na prática, apenas a partir da década de 70, século XX, é que a questão do desenvolvimento sustentável veio sendo tratada em reuniões internacionais. A associação entre o meio ambiente e o desenvolvimento, onde a produção e o uso de energia renovável tem importância fundamental, levou à valorização da biomassa para esse fim.

A experiência em larga escala da produção e uso do etanol no Brasil é, sem dúvida alguma, um exemplo que vem sendo seguido e debatido em países e em reuniões internacionais. A ação local, com impacto global em termos ambientais, faz do álcool um produto de extrema importância para a rápida resposta que o mundo deve dar às reduções de emissões dos gases do efeito estufa.

Além do foco ambiental, o etanol provoca em países como o Brasil, entre outros, impactos econômico-sociais de primeira grandeza, como a melhoria da renda rural, a reconhecida capacidade de distribuição desses efeitos na cadeia produtiva sucroalcooleira; geração de empregos em larga escala; redução de dependência externa de petróleo e melhoria da balança comercial.

A propagação da produção e do uso do etanol nos vários países é, de forma relevante, salutar caminho de desenvolvimento local e global. Alguns pontos são essenciais para a consolidação desse objetivo,

valendo ressaltar a importância de se fazer, do álcool carburante, uma “commodity” ambiental internacional.

### **1) O BRASIL COMO PRECURSOR E DIFUSOR DO USO DO ÁLCOOL CARBURANTE**

O Brasil, desde a década de 20, usa o álcool combustível. Com o Proálcool, implementado em escala comercial no final dos anos 70, foi pioneiro na efetiva substituição da gasolina em meio à crise dos preços do petróleo. Desde então, o álcool da cana é usado como combustível no País de duas maneiras: como álcool etílico hidratado carburante (AEHC), em carros 100% movidos a álcool, ou como álcool anidro (AEAC), em carros a gasolina, com adição média variando de 20% a 25%.

Considerado um programa bastante eficaz e de grande sucesso mundial foi, durante alguns anos, responsável por mais de 66,4% da produção interna total de automóveis (movidos a álcool etílico hidratado carburante). Isso garantiu ao País não só a produção em larga escala de etanol de biomassa como, também, a atuação de uma forma mais competitiva do que qualquer outro país no mercado mundial do açúcar, graças aos intensos investimentos em P&D.

Contudo, a sustentação dinâmica da oferta e o consumo brasileiro do álcool carburante viram-se sempre pressionados pela competição oscilante dos preços internacionais do petróleo e tendências de atratividade da “commodity” açúcar, o que exigia um complexo sistema de regulamentação para a garantia de sua estocagem e oferta. Nesse contexto, a desaceleração do programa nos anos 90 representou a significativa diminuição da frota de carros 100% a álcool e a desestabilização conjuntural do modelo.

Apesar da desaceleração do Proálcool durante os anos 90, a produção de etanol se manteve, graças à mistura do álcool etílico anidro carburante na gasolina, cujo crescimento compensou a queda no consumo de álcool hidratado (Gráfico 1). Os avanços tecnológicos continuaram e o Brasil detém, hoje, supremacia na geração e difusão de tecnologias da cadeia açúcar/álcool de cana. São crescentes os esforços em pesquisa e desenvolvimento tecnológico em todos os elos da cadeia (empresas privadas, universidades, institutos de pesquisa e governo).

### Produção de Álcool no Brasil

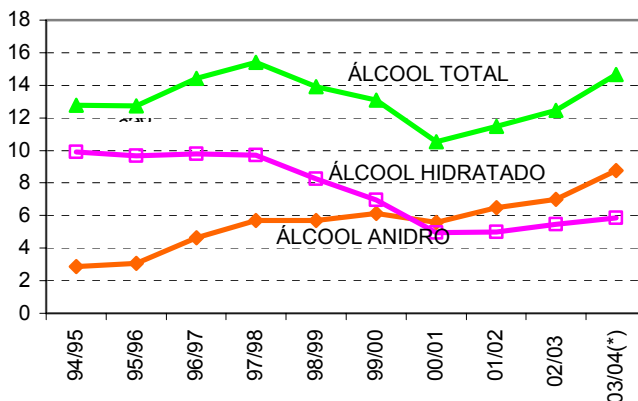


Gráfico 1

FONTE: DAA/SPC/MAPA (Valores na posição de 01/09/04)

Novas variedades de cana de açúcar - mais ricas em sacarose, mais resistentes a doenças - , adaptabilidade a solos, pesquisas para redução do custo de produção da cana, melhoramentos do processo de moer, fermentar e destilar aumentaram a eficiência do setor, ao mesmo tempo em que a introdução de um avançado sistema de usos alternativos dos subprodutos e derivados do processo produtivo tem contribuído para marcantes ganhos potenciais:

- dos resíduos, utilizam-se a vinhaça e o vinhoto como fertilizante. Existem ainda outros derivados: dextrana, xantana, sorbitol, glicerol, cera refinada de torta, antifúngicos, etc.;

- utilização do bagaço de cana hidrolisado para alimentação animal, fabricação de vários tipos de papéis, fármacos e produtos como o furfural, de alta reatividade, para a síntese de compostos orgânicos, com grande número de aplicações na indústria química e farmacêutica;

- obtenção de plástico biodegradável via bagaço de cana; e

- co-geração de energia a partir do bagaço de cana (energia elétrica da biomassa), garantindo a energia consumida pela própria usina e obtendo excedente comercializável.

Todos esses avanços tecnológicos vêm permitindo que as usinas pratiquem custos mais baixos e operem com os melhores índices de produtividade do mundo na fabricação do açúcar e álcool.

Assim, a tecnologia da produção e uso da cana-de-açúcar é, hoje, totalmente dominada pela indústria brasileira e está apoiada por

normas, regulamentos, especificações, “engineering” e “know-how” disponíveis aos países interessados na utilização dessa alternativa energética renovável e limpa. Vários projetos de consolidação, aperfeiçoamento e criação de novos usos derivados encontram-se em permanente pesquisa nos institutos, universidades e empresas.

À eficiência produtiva somam-se benefícios socioeconômicos e ambientais. O setor é responsável por grande geração de empregos: foram criados mais de 700.000 empregos rurais com modesto investimento (US\$ 20.000/cada); e, dados seus efeitos multiplicadores, responde pela dinâmica econômica de várias regiões de alguns Estados brasileiros.

O balanço energético do setor também é extremamente favorável:

- cada unidade de energia utilizada para produzir álcool gera, no final, uma produção de energia de nove a onze vezes maior.

Melhor ainda é o balanço de CO<sub>2</sub>: medidas tecnicamente todas as emissões de CO<sub>2</sub> para produzir os equipamentos e máquinas que irão ser usados na produção da cana e do álcool; mais as emissões do uso de insumos para produzir o açúcar e o álcool; mais as emissões da queima da cana ou de NO<sub>3</sub>, quando subtraídos do “seqüestro” do CO<sub>2</sub> pela substituição da gasolina (pelo etanol) e do óleo combustível (pelo bagaço), tem-se, como resultado final, que o “sistema cana”, liquidamente, seqüestra 20% de todas as emissões de CO<sub>2</sub> do setor petróleo e derivados no Brasil.

## **2) O ÁLCOOL COMO UMA "COMMODITY" INTERNACIONAL**

As exigências ambientais mundiais e as circunstâncias do mercado mundial de petróleo têm levado alguns países, com condições e tradição de produzir álcool, a procurarem no etanol uma fonte renovável de combustível, espelhando-se, principalmente, na bem sucedida experiência brasileira na produção e no uso desse combustível.

O álcool é um combustível com características adequadas para alimentar motores à combustão interna que funcionam segundo o Ciclo Otto. Esse tipo de motor tem seu início de queima (ignição) por centelha (faísca gerada na vela de ignição). Além do etanol, o metanol, a gasolina e o gás natural têm as mesmas características mencionadas. Entre os combustíveis líquidos citados, o etanol é o que melhor se mistura à gasolina.

Por sua vez, a geração de veículos com tecnologias mais novas exige uma gasolina com maior quantidade de oxigenados para poder cumprir as exigências das normas de emissões veiculares. O atendimento a essa exigência pode ser conseguido com grandes e caras modificações no processo de refino da gasolina, ou com a adição de

substâncias oxigenadas, sendo o álcool etílico anidro carburante reconhecidamente a melhor opção.

As propriedades do etanol (como combustível) levaram ao desenvolvimento de motores a álcool e motores para a mistura álcool/gasolina no Brasil. Até 1988, esses motores foram desenvolvidos pela indústria automobilística (GM, Ford, Volkswagen, Fiat) para sistemas carburados. Atualmente, encontram-se disponíveis para todos os motores com sistemas de injeção eletrônica.

As principais propriedades da gasolina e do álcool estão indicadas na Tabela 1.

**Tabela 1: Propriedades e características dos combustíveis**

	GASOLINA	ETANOL
Calor específico (kJ/kg)	34.900	26.700
Número de octano (RON/MON)*	91/80	109/98
Calor latente de vaporização (kJ/kg)	376 ~ 502	903
Temperatura de ignição (°C)	220	420
Razão estequiométrica Ar/Combustível	14,5	9

RON - research octane number MON - motor octane number

Fonte: Goldemberg, J. e Macedo, I, 1994 - "The Brazilian Alcohol Program - An Overview", Energy for Sustainable Development, Vol. 1, no 1, pp. 17-22

A introdução da mistura gasolina/álcool no Brasil teve um impacto positivo imediato na qualidade do ar das grandes cidades, particularmente em São Paulo. Inicialmente, aditivos (como o chumbo) tiveram seu uso reduzido à medida que a quantidade de álcool na gasolina aumentava e foram totalmente eliminados em 1991. Também os hidrocarbonetos aromáticos (tais como o benzeno), presentes na gasolina e que são particularmente tóxicos, foram eliminados e o conteúdo de enxofre da gasolina foi reduzido.

Nos automóveis movidos a etanol puro, a emissão de enxofre foi eliminada trazendo um dividendo duplo. Sem essas ações, carros equipados com catalisadores teriam encontrado dificuldades. Devido ao alto nível de enxofre na gasolina brasileira, os catalisadores seriam contaminados rapidamente. Como consequência, o uso de etanol viabilizou de uma forma indireta a introdução dos catalisadores no Brasil.

Além disso, as emissões de monóxido de carbono foram drasticamente reduzidas: antes de 1980, quando a gasolina era o único combustível em uso, as emissões de CO<sub>2</sub> eram superiores a 50g/km - foram reduzidas para menos de 0,07g/km em 2000 (Tabela 2).

**Tabela 2: Emissões por Veículos Leves no Brasil**

ANO	COMBUSTÍVEL	POLUENTES (*) (gramas por quilômetro)			
		CO	HC	NO <sub>x</sub>	ALDEIDOS
Antes 1980	Gasolina	54	4,7	1,2	0,05
1986	Mistura de gasolina e etanol	22	2	1,9	0,04
	Etanol	16	1,6	1,8	0,11
1990	Mistura de gasolina e etanol	13,3	1,4	1,4	0,04
	Etanol	10,8	1,3	1,2	0,11
1995	Mistura de gasolina e etanol	4,7	0,6	0,6	0,025
	Etanol	4,6	0,7	0,7	0,042
2000	Mistura de gasolina e etanol	0,73	0,13	0,21	0,004
	Etanol	0,63	0,18	0,21	0,014

Fonte: IBAMA / PROCONVE

(\*) Médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume da produção

Portanto, muito mais do que as discussões sobre a finitude do petróleo, a política dos países produtores e os interesses corporativos do poderio da indústria do petróleo no mundo, o uso do álcool vem se colocando como fator decisivo na redefinição da matriz energética no âmbito da perspectiva econômica dos combustíveis renováveis e ambientalmente limpos.

A crescente importância do etanol na estrutura de produção e no consumo de combustíveis surge no cenário internacional, pois os efeitos ambientais decorrentes da queima de hidrocarbonetos fósseis vêm criando uma série de externalidades negativas, que ameaçam desestabilizar o meio ambiente, em face dos impactos do aquecimento do planeta, principalmente por essa queima.

Já existe uma mobilização para consolidar o álcool como primeira alternativa de combustível renovável limpo. Essa proposição encontra-se na ordem do dia em vários países, inclusive já contando com interesses e experiências do uso do álcool em mistura.

Para que o seu uso se faça em condições internacionais, é necessário não somente produzi-los - e ter a sua especificação para uso é fundamental -, como também ter os mecanismos de mercado para tanto. Isto é, é preciso haver mecanismos que assegurem a estabilidade de preços e a garantia de abastecimento. Dos vários países produtores, o Brasil foi o primeiro a ter uma Bolsa com contrato futuro do etanol (BM&F), que é condição essencial para que se tenha uma referência de

preços, como ocorre entre outras “commodities”<sup>1</sup> como o petróleo, gasolina, açúcar, etc.

Os contratos futuros de álcool combustível tiveram seu “début” em grande estilo na Nybot (New York Board of Trade), no dia 7 de maio de 2004. Uma caravana de produtores brasileiros participou do evento, passando o álcool a ter uma cotação diária. Os negócios nesta bolsa são do tipo álcool anidro desnaturado.

A Tabela 3 abaixo apresenta o consumo internacional de gasolina. A adição de apenas 10% de álcool anidro como oxigenado levaria a um consumo anual de 2,2 milhões de b/dia, ou 131 bilhões de litros/ano em um prazo de 10 anos (o Brasil e os EUA, juntos, consomem hoje 20 bilhões de litros/ano).

**Tabela 3: Consumo de gasolina em mil barris/dia no mundo**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003
África	568	574	577	589	595	604
Oriente Médio	828	842	846	856	916	925
América do Sul e Central	1.274	1.387	1.274	1.256	1.234	1.197
Ásia com Japão e China	5.057	5.331	5.588	5.650	5.958	6.190
Europa	4.315	4.325	4.213	4.111	4.045	3.962
América do Norte	9.849	9.998	10.106	10.211	10.523	10.667
Mundo menos ex-URSS	21.892	22.457	22.605	22.673	23.271	23.543

Fonte: BP statistical review of world energy , June 2004

### **3) INICIATIVAS DO SETOR PRIVADO E DO GOVERNO BRASILEIRO PARA INCENTIVAR O USO DO ÁLCOOL CARBURANTE**

#### **3.1 Consolidação do uso do álcool carburante no mercado interno**

O setor privado tem realizado maciços investimentos em atualização tecnológica nos processos de produção canavieira e na fabricação do álcool, e marcantes ganhos de eficiência no complexo da indústria sucroalcooleira a partir do uso da energia gerada pela queima do bagaço. É possível contar ainda com sólida estrutura empresarial na oferta de bens de capital para o setor e com o contínuo processo de

<sup>1</sup> Commodity: palavra inglesa que significa mercadoria. Mas no mercado financeiro é utilizado para indicar um tipo de produto, geralmente agrícola ou mineral, de grande importância econômica internacional porque é amplamente negociado entre importadores e exportadores. Existem bolsas de valores específicas para negociar commodity. Alguns exemplos de commodity seriam: café, algodão, soja, cobre, petróleo etc. (investshop)



aperfeiçoamento e desenvolvimento de novas máquinas e equipamentos.

Destaca-se ainda um amplo movimento de reestruturação competitiva das usinas com fusões, aquisições e formação de "joint ventures" com grupos estrangeiros e nacionais buscando, com isso, o fortalecimento e a consolidação de uma moderna estrutura empresarial usineira.

Em complemento ao esforço que vem sendo desenvolvido pelo setor privado, o governo vem atuando em três frentes que considera prioritárias para consolidar e ampliar o consumo potencial do etanol no mercado interno, iniciando a ampliação sustentada e abrangente do mercado internacional, sintetizadas em medidas de ampliação de consumo interno e garantia de abastecimento, cooperação internacional e identificação de oportunidades.

a) Instituição de medidas administrativas, ou legais, de preferência para aquisição de veículos a álcool, pelas diversas instâncias governamentais e por outros grupos especiais de consumidores, como os táxis. Essas medidas estão sendo conhecidas como estímulo à ampliação da "Frota Verde";

b) Lei 10.438, de 26 de abril de 2002, que criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfra), garantindo a compra, pelas concessionárias, da energia elétrica obtida da co-geração a partir do bagaço de cana;

c) Lei 4.353, de 30 de agosto de 2002, institui medidas que reforçam todo o processo de estocagem e aquisição de estoques reguladores do álcool combustível e os mecanismos de financiamento ao agronegócio sucroalcooleiro.

d) Classificação para efeito do IPI, dos veículos com combustível flexível (álcool hidratado x gasolina em qualquer proporção), como se fossem movidos a álcool hidratado.

### **3.2 Cooperação internacional**

No caso da política de cooperação e compromissos internacionais, as providências situam-se no campo das negociações diplomáticas e dos acordos bilaterais. Nesse momento encontram-se em fase bem adiantada as seguintes iniciativas:

a) negociações de crédito carbono que se refere a certificados de emissão reduzida de CO<sub>2</sub>, que estão sendo comercializados no mercado internacional como resultado das perspectivas de ratificação e implementação do Protocolo de Quioto. Espera-se uma possível institucionalização dessa prática, por meio do "Mecanismo de Desenvolvimento Limpo" e da valorização desses certificados. O uso de álcool como fonte de energia é reconhecidamente elegível para utilização de créditos de carbono uma vez que o ciclo de produção e uso

do álcool etílico pode ser considerado "neutro" em termo de emissões de CO<sub>2</sub>. Ou seja, o CO<sub>2</sub> gerado em qualquer etapa do ciclo terá uma quantidade equivalente absorvida pela cana-de-açúcar durante o seu crescimento. Esse mecanismo já foi motivo de negociação com o governo alemão, envolvendo a aquisição, por aquele país, dos Certificados de Redução de Emissões relativos a uma expansão induzida da frota automotiva brasileira de veículos movido a álcool hidratado de 100.000 unidades/ano;

b) discussão, em âmbito internacional, da proposta brasileira de que até 2010 todos os países tenham 10% de sua geração energética obtida por meio de fontes renováveis, como a biomassa e a energia solar;

c) memorando de entendimento entre o Brasil e da Índia, referente à cooperação tecnológica na área de mistura de etanol em combustíveis para transportes. Essa cooperação tem por base as perspectivas de difusão tecnológica para incentivar a modernização do setor agrícola e industrial indiano, na produção e uso de energias renováveis derivadas do etanol, esforços conjuntos com vistas à abertura de mercado internacional;

d) cooperação com a China, buscando estreitar cooperação para o uso do etanol como combustível, em termos de produção e desenvolvimento tecnológico;

e) negociações com Cuba, para o fornecimento de tecnologias para produção do etanol, com vistas à transformar aquele país em um forte parceiro no processo de construção do mercado internacional do etanol.

### **3.3 Potencial de crescimento do mercado internacional**

Diferentes países contemplam a mistura do álcool à gasolina e ao diesel criando perspectivas amplamente favoráveis à expansão do mercado internacional:

a) a Índia e a Tailândia estudam a alternativa de misturar álcool à gasolina;

b) a Austrália pretende, de forma não obrigatória, permitir a adição de 2% a 10% de álcool na gasolina. Cabe observar que esse país ainda não produz álcool para fins carburantes, apesar de ser o segundo maior produtor de açúcar;

c) os EUA têm sua demanda de etanol em franco crescimento, à medida que as proibições sucedem na Califórnia e outros estados em relação ao oxigenante éter metílico butílico terciário (MTBE), segundo a Renewable Fuels Association. Com um consumo de 3 bilhões de litros/ano a partir de janeiro de 2003, na Califórnia, e mais 3 bilhões de litros na Costa Leste, num total de 6 bilhões de litros, equivalente à metade da produção brasileira;

d) o Japão aprovou lei, a ser regulamentada, que permite a mistura do álcool à gasolina e ao diesel, com perspectiva do uso de etanol em termoelétricas;

f) a China tem interesse na utilização do álcool etílico anídrico carburante como substituto do aditivo antidetonante na gasolina. Há indícios de alteração na matriz de produção de álcool chinesa, atualmente baseada na produção de cereais, para cana-de-açúcar, ou outros insumos menos onerosos do que o milho, sendo ainda o 3º maior produtor, com 3,1 bilhões de litros de álcool/ano.

Embora seja impossível prever o tamanho e a velocidade de crescimento da demanda internacional por álcool combustível no futuro próximo, é possível avaliar, com base em números relativos, o aproveitamento potencial de expansão do uso do álcool que requer esforços contínuos de reorganização da produção e a instituição de mecanismos eficazes de regulação. O modelo de regulação viável para o Brasil baseia-se na autogestão e tem como objetivo a oferta de álcool em um contexto de aumento da frota interna de carros movidos a álcool hidratado (veículo movido 100% a álcool hidratado ou de combustível flexível), o seu uso em carros de nova geração e excedentes para garantir o abastecimento crescente e regular do mercado externo.

### **3.4 Desenvolvimento e absorção de novas tecnologias**

As principais iniciativas no campo das novas tecnologias são as seguintes:

a) mistura do etanol ao diesel: MAD8

utilização da mistura do 8% do etanol ao diesel, melhorando as emissões de partículas em veículos de transporte de passageiros e carga, que rodam nos grandes centros; a experiência esta sendo desenvolvida no Paraná, por diversas instituições de pesquisa coordenada pelo Governo Federal;

b) célula de combustível com reformador a etanol

sistema de acionamento de carros por energia elétrica, gerada a partir de hidrogênio obtido no próprio veículo, a partir do álcool. Além de reduzir a níveis próximos de zero as emissões, esse sistema aproveita o combustível, tendo melhor rendimento do que os motores a explosão. Pesquisas e testes estão em fase adiantada no exterior, com grandes investimentos, o que poderá ser acelerado pela legislação ambiental de cada país. MDIC e MCT gerenciam investimentos brasileiros para a pesquisa, utilizando o álcool hidratado combustível. Em andamento, existem negociações para ser firmado convênio com indústrias da Alemanha envolvidas na pesquisa.

c) motores flexíveis

o conceito de veículos com motores flexíveis surgiu no final da

década de 80, quando vários países se interessaram pelo uso do álcool (etanol e metanol) como combustível. Como esses países não dispunham de infra-estrutura de abastecimento suficiente para estimular um mercado de veículos a álcool, decidiu-se desenvolver um veículo que pudesse operar tanto com gasolina como com álcool, ou quaisquer mistura de ambos. Ao longo da década de 90 esse conceito evoluiu consideravelmente passando a ser adotado comercialmente nos Estados Unidos e Canadá, onde circulam mais de dois milhões de veículos com esse sistema. O conceito foi trazido para o Brasil por empresas de autopeças (Bosch, Magnetti Marelli, Delphi e Visdeon), o lançamento dos primeiros veículos com motores flexíveis aconteceu em março de 2003. No ano de lançamento foram comercializadas 48.178 unidades, e até setembro de 2004 foram comercializadas 218.320 unidades com motores flexíveis. Esse sistema oferece ao mercado consumidor o poder de escolha do combustível a ser utilizado (álcool, gasolina e mistura de ambos) e a garantia de abastecimento com pelo menos um combustível, caso o preferido não esteja disponível.

## **CONCLUSÃO**

A tendência é de um reordenamento econômico que impulse os compromissos de busca de alternativas de combustível limpo. Aliás, hoje, em todos os continentes, pesquisadores e técnicos trabalham na busca de fontes alternativas aos derivados de petróleo, usados como combustível para motores de combustão interna.

O etanol tem a capacidade reduzir emissões de gases, principalmente no caso do balanço de CO<sub>2</sub> que, notadamente, contribui para isso. O uso do álcool em lugar de combustíveis fósseis, leva à sua natural escolha como importante energia renovável. A consolidação de ter o álcool como “commodity” ambiental internacional é a meta de todos os interessados no tema, na medida em que se tem a entrada em vigor do Protocolo de Quioto, com a ratificação da Rússia.

O alcance dessas metas depende de duas ordens de providências: de um lado é necessário envidar esforços para que o estímulo ao uso e à produção de etanol para fins carburantes não seja obstado pelas barreiras internas à liberalização do mercado. De outro lado, é necessário criar as condições de confiabilidade com respeito à garantia de abastecimento internacional desse combustível.

Com respeito a garantias, o Brasil está adotando a instituição de mecanismos eficazes de regulação, baseados na autogestão privada. O objetivo é evitar o desabastecimento interno, sob condições de aumento de demanda interna, e sustentar excedentes exportáveis em volume e a preços competitivos com as futuras exigências do mercado internacional.

(\*) STI/MIC – Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

**Artigo:**

## **PROMOÇÃO DO USO DA ENERGIA SOLAR PARA O AQUECIMENTO DE ÁGUA NO SETOR RESIDENCIAL.**

*Omar Campos Ferreira.  
Assessor de Gestão em C&T. da SCT MG*

**RESUMO E CONCLUSÕES:**

*O objetivo deste trabalho é analisar os empecilhos para a generalização do uso da energia solar no aquecimento de água e propor medidas para contorná-los.*

*O uso da energia solar reduz o custo de aquecimento de água a baixa temperatura e o investimento na geração e na distribuição de eletricidade, sendo, pois, vantajoso para o usuário e para a concessionária de energia elétrica. Entretanto, o investimento inicial na instalação solar é maior do que o correspondente em outras modalidades de aquecimento, inibindo a iniciativa do usuário em substituir o chuveiro elétrico pelo solar. A solução aparente seria combinar-se a capacidade de investimento das empresas de eletricidade com a disposição de pagar do usuário.*

*Propõe-se que a concessionária assuma o investimento, cobrando do usuário a amortização, a juros equivalentes aos do investimento em capacidade de geração, considerada a vida útil da instalação solar.*

### **1 - Introdução.**

O uso da eletricidade no aquecimento de água a baixa temperatura (40-50° C) é uma peculiaridade do sistema energético brasileiro, historicamente explicável pelo baixo custo de geração hidroelétrica e pela carência de combustíveis fósseis. Do ponto de vista físico, este uso é reconhecido como um modo de dissipação da energia, pois a geração de 1 unidade de energia elétrica via ciclo termodinâmico requer entre 2 a 4 unidades de calor.

Entretanto, a comodidade no uso da eletricidade dificulta a remoção do hábito nacional de uso de chuveiros, torneiras e fornos elétricos que podem ser vantajosamente substituídos por aparelhos a combustíveis. No caso dos chuveiros e torneiras elétricas, a substituição mais racional seria pela energia solar, limpa, segura e de baixo custo. Apesar de todas essas vantagens, o usuário de eletricidade apenas se lembra da energia solar em tempos de crise, como a do racionamento de 2001. Já houve várias iniciativas para se romper o impasse, mas os resultados são, ainda, modestos. Entretanto, a crescente participação da eletricidade na demanda de energia, a custo também crescente, impõe a adoção de medidas de incentivo ao uso da energia solar.

## 2 – Uso da eletricidade no aquecimento de água no Setor Residencial.

A CEMIG estimava, em 1996, que 4,5% de sua carga total (34,5 TWh) eram destinados ao aquecimento de água; em média, cada domicílio mineiro gastava 37 kWh/mês com essa finalidade (“CEMIG em Números/2002”). Em 1999, estimava em 670 l/apartamento.dia o consumo de água quente, correspondente ao consumo de 615 kWh/apartamento.mês (“Utilização de Aquecimento Solar para a Redução da Demanda no Horário de Ponta – Informações para Participação no Projeto”, CEMIG,1999). Nesta ampla gama de consumo encontram-se situações em que a substituição é economicamente viável à tarifa praticada pela concessionária. Como ponto de partida para avaliação de viabilidade, estimamos como situação média o consumo somente para banho, de 300l/dia de água a 40° C<sup>1</sup>. As alternativas de aquecimento são o chuveiro elétrico, o aquecedor de passagem a GLP e a instalação solar. Os custos correspondentes para o usuário, a preços de varejo, estão calculados no quadro a seguir.

Custos R\$/dia	Chuveiro elétrico	Aquecedor GLP	Coletor Solar Plano
Investimento R\$	35,00	800,00	1.800,00
Vida útil - anos	2	10	15
Custo investim. (*)	0,06	0,39	0,73
Consumo	7,33 kWh	0,71 kg	1,83 kWh (#)
Eficiência	95%	75%	(+)
Total	2,21	2,12	1,35

(\*) taxa de juros: 12% aa, câmbio 3,20 R\$/US\$. (#) admite-se que a energia solar substitua 75% da eletricidade usada. (+) substituída a eficiência pelo parâmetro comercial: 100l/dia água quente / m<sup>2</sup> de coletor solar plano.

O cálculo mostrado acima considerou apenas os fatores diretos, havendo ainda custos de adequação do projeto arquitetônico, de implementação da linha de suprimento de água quente e outros de menor importância em projetos novos, porém significativos quando se trata de casas e prédios já construídos. Entretanto, a diferença do custo solar para os outros, no caso estudado, é suficientemente ampla para absorver esses novos fatores sem alterar sensivelmente o panorama esboçado.

No caso de prédio de apartamentos, aparecem outros componentes favoráveis e desfavoráveis ao custo solar. Já existem

<sup>1</sup> Os preços usados no cálculo foram coletados por telefone e a tarifa de eletricidade é a praticada pela CEMIG, acrescida do ICMS (30%).

estudos bastante completos, para essas situações, que mostram a competitividade da instalação solar.<sup>2</sup>

Em primeira aproximação, o principal óbice para o uso da energia solar é financeiro, já que o desembolso inicial para o usuário é maior do que nos outros modos de aquecimento, ao passo que o custo de operação e manutenção é praticamente nulo. Os caminhos possíveis para contornar o óbice seriam: a) tornar proibitivo o aquecimento de água com o uso da eletricidade no horário de ponta de carga (entre 17 e 23h) pela aplicação de tarifa especial; b) impor ônus fiscal à fabricação dos aparelhos elétricos indesejados; c) tornar acessível o uso da energia solar através do financiamento ao usuário a juros iguais ao que as concessionárias pagam ao mercado.

Entendemos que se deva evitar o uso de medidas restritivas se houver uma solução construtiva, visto que nem o Governo nem as concessionárias foram seriamente incomodados pelo consumo na ponta de carga antes da crise de suprimento de 2001. A tarifa especial para a ponta de carga seria, pois, mais um dispositivo de proteção à economia das concessionárias do que de atendimento da conveniência do usuário. Estamos considerando neste estudo a possibilidade de se encaminhar uma solução cooperativa entre concessionária e usuário.

### **3 - Proposta de criação de “fundo de investimento em energia solar”.**

A estruturação desta proposta parte da premissa de conciliação dos interesses da concessionária e do usuário de eletricidade, cabendo, pois, examinar inicialmente os pontos de vista dos envolvidos na questão. Do ponto de vista da concessionária, os parâmetros de interesse são:

a - Investimento em geração, transmissão e distribuição de eletricidade.

O processo de reestruturação do Sistema Elétrico dificulta, em certa medida, a avaliação desses investimentos, já que as três funções básicas virão a ser exercidas por entidades diferentes. No passado, quando um único agente se incumbia dessas funções, era conhecida a estrutura dos investimentos, atribuindo-se à geração 59% do total, à transmissão 25%, à distribuição 11% e os restantes 5% a instalações gerais. Na última licitação feita pela ANEEL, o investimento médio direto em geração foi estimado em 770 US\$/kW; incluindo os juros durante a construção, o investimento em geração atinge a US\$ 1.000/kW<sup>3</sup> e o investimento total se aproxima de 1.700 US\$/kW.

---

<sup>2</sup> V. p. exemplo : “Seminário sobre Aquecimento Solar como Alternativa de Conservação de Energia”, CEMIG, 1987.

<sup>3</sup> Os juros foram calculados à taxa de 12% aa. No Plano Decenal 2001-2011, admite-se o uso da taxa de 15% aa.

b – Reserva de potência para o atendimento da carga de ponta.

Da curva de carga diária do setor residencial (de agosto/1996) e do número de domicílios atendidos na época, infere-se que a carga de ponta atribuível ao chuveiro era cerca de 300Wh/h.domicílio. Em números redondos, entre 1996 e 2000, o consumo residencial no Sistema CEMIG cresceu 26% e a população mineira aumentou 6%, deduzindo-se, à falta de dados atualizados, que o consumo por domicílio aumentou 20%. Supondo que a estrutura do consumo residencial não tenha se alterado substancialmente, estima-se que o consumo para o aquecimento de água tenha crescido na proporção do consumo total por domicílio (20%), chegando a 360 Wh/h.dom.. Levando em conta a perda de energia na transmissão e distribuição (15%, segundo o BEN/2000) calcula-se em 415 W/dom. a potência reservada<sup>4</sup>. Portanto, o investimento em reserva de ponta é da ordem de US\$ 705/dom, equivalente a cerca de R\$ 2.470/dom., à taxa de câmbio da época em que foi coletado o preço da instalação solar (R\$ 1.800 para coletores planos, reservatório em aço inoxidável, tubulações, isolamento e complementação elétrica).

Observe-se que o investimento unitário em UHE tende a crescer e o investimento em instalação solar tende a decrescer, por efeito da escala de produção, caso se encontre o mecanismo de financiamento adequado. Pode-se, pois, considerar que o investimento em reserva de potência já supera o investimento em captação da energia solar e que a diferença tende a aumentar.<sup>5</sup>

c) Fator de capacidade na ponta de carga.

O fator de capacidade pode ser deduzido da curva diária de carga residencial, mostrada abaixo, sendo, porém necessário ponderar as curvas médias mensais. Além disto, a capacidade de ponta não atende exclusivamente o aquecimento de água, pois o sistema tem flexibilidade operacional para acomodar as diferentes curvas de carga dos outros setores (industrial, comercial, iluminação pública, etc...). Parece, pois, mais apropriado utilizar a série histórica do fator de capacidade das usinas termoelétricas de Serviço Público, usualmente empregadas na complementação das hidroelétricas. Entre 1984 e 1999, o valor médio desse fator foi de 0,25 que se usa no cálculo seguinte.

d) Custo de geração, transmissão e distribuição no horário de ponta no Setor Residencial.

---

<sup>4</sup> Para as classes superiores de consumo o valor pode chegar a 700 W/dom.

<sup>5</sup> Seria mais apropriado falar-se em comparação de investimentos em diferentes modalidades de captação da energia solar, já que a acumulação de água em reservatórios acima do nível médio dos oceanos é também uma forma de captação de energia solar.



Para o calcular o custo de fornecimento de eletricidade no horário de ponta de carga residencial (ex-impostos e taxas), adotamos um procedimento simplificado, baseado na estrutura de custo de geração (custos financeiro, operação e manutenção e outros) supondo que a estrutura é aproximadamente a mesma nas três funções. Usando o custo global calculado anteriormente (US\$ 1.700/kW), taxa de juros de 12% aa. e o fator de capacidade histórico para a geração de ponta (0,25) e excluindo o custo por uso de bem público, obtêm-se os custos abaixo:

	Custos – R\$/MWh
Investimento	371
Operação/manutenção	22
Total	393

O custo de geração no horário de ponta de carga residencial é consideravelmente superior ao valor da tarifa residencial, que é de R\$ 262/MWh (ex-ICMS). Haveria, pois, economia para a concessionária em evitar o fornecimento na ponta de carga.

O interesse do usuário é a redução do gasto em aquecimento de água, já que a maioria não tem acesso a aplicações financeiras que poderiam ser mais atraentes do que a economia possibilitada pela energia solar; o da concessionária é evitar o investimento de menor taxa de retorno e livrar-se do fornecimento a tarifa inferior ao custo. Parece, pois, que, havendo potencial para diminuição de custos para ambas as partes, bastaria um impulso inicial para se conseguir a desejada substituição.

#### 4 - O “fundo solar” de investimento.

Uma das formas de se dar o impulso inicial é a formação de um fundo de investimento em energia solar, com uma dotação inicial equivalente ao investimento evitado em reserva de capacidade para atender a ponta de carga atribuída ao chuveiro elétrico. O fundo poderia ser administrado por concessionária que tenha a característica de empresa energética (não está limitada à geração de eletricidade), mediante modificação na legislação de concessão de serviço público que torne compulsório o uso da instalação solar pelos novos usuários. Este arranjo permite vincular o recolhimento da amortização paga pelo usuário à conta de luz, aproveitando a estrutura administrativa já existente, sendo a amortização expressa como fração da tarifa praticada, garantindo a manutenção dos benefícios tanto para a concessionária quanto para o usuário ao longo do tempo.

O ônus do fornecimento de eletricidade no horário de ponta para a concessionária seria, em termos médios, da ordem de R\$ 0,13/kWh, ou cerca de 50% da tarifa residencial (ex-ICMS). Portanto, pode-se considerar bem pago o custo de administração do fundo de investimento, desde que a tarifa não seja alterada em função da

incorporação da energia solar ao objetivo social da concessionária. De outra forma, a tarifa poderia ser revista para contemporizar as várias mudanças de custo.<sup>6</sup>

Suponhamos, pois, formado o fundo de investimento com a dotação inicial equivalente a  $N_0$  instalações solares, realimentando-o com o valor da amortização paga, no valor mínimo do custo evitado para o usuário. Supõe-se cronograma linear de financiamento, de forma que a metade da amortização correspondente ao acréscimo anual de instalações é re-investida no mesmo ano. Sejam  $a$  (R\$/dom.ano) e  $p$  (R\$/dom) o valor da amortização e o preço da instalação. A evolução do fundo é descrita pela equação:

$$N_i - N_{i-1} = [N_0 + (N_i - N_{i-1})/2] a/p$$

Ao fim da vida útil da instalação solar, estimada em 15 anos, é necessário incorporar um termo de “baixa” progressiva:

$$N_i - N_{i-1} = [N_0 + (N_i - N_{i-1})/2] a/p - N_{i-15}$$

O cálculo está exemplificado no gráfico 1 a partir dos resultados no quadro seguinte, para a amortização mínima, correspondente ao gasto do usuário com o aquecimento de água ( $a = 365 \times R\$ 1,35 = R\$ 493/\text{ano}$ ), preço da instalação solar no varejo ( $p = R\$ 1.800$ ) e dotação do fundo equivalente ao preço de 1.000 instalações solares ( $N_0 = 1.000$ ).

### Evolução do “fundo de investimento solar”.

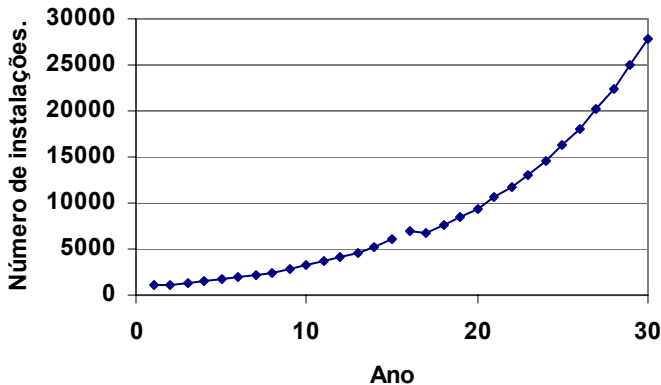


Gráfico 1 – Evolução do “Fundo Solar”.

<sup>6</sup> Este estudo não tem a pretensão de resolver todos os detalhes da substituição, mas somente a de demonstrar sua viabilidade.

Ano	$N_i$	$(N_i - N_{i-1})a/2p$	Ano	$N_i$	$(N_i - N_{i-1} - N_{i-15})$
0					
1	1.000	137	16	6.856	-61
2	1.137	156	17	6.795	793
3	1.293	177	18	7.589	883
4	1.470	201	19	8.472	983
5	1.671	229	20	9.455	1.094
6	1.900	260	21	10.549	1.216
7	2.160	296	22	11.765	1.351
8	2.456	336	23	13.116	1.500
9	2.792	382	24	14.616	1.666
10	3.174	435	25	16.282	1.848
11	3.609	494	26	18.130	2.047
12	4.103	562	27	20.178	2.269
13	4.665	639	28	22.447	2.512
14	5.304	726	29	24.959	2.779
15	6.030	826	30	27.738	2.958

Note-se, no gráfico, que o efeito da retirada das instalações com 15 anos de uso produz apenas uma pequena queda no 16º ano, prontamente recuperada. O fundo de investimento pode, pois, ser auto-sustentado e, ao fim de 30 anos, o custo de uma instalação, para o financiador, seria da ordem de 4% do preço atual ao usuário. Outras combinações de amortização e preço (que se espera decrescer com a escala de produção) podem ser desenvolvidas para se avaliar a melhor solução.

### 5 – Modalidades de captação da energia solar.

Os cálculos apresentados tomaram como referência a captação por coletores solares planos, porém se aplicam igualmente à bomba térmica cujos custo e vida útil são comparáveis aos dos coletores planos.<sup>7</sup> A bomba tem a vantagem de operar na ausência de radiação solar direta com menor perda de desempenho. Como soluções para o problema da carga de ponta, esses aparelhos têm desempenhos algo diferentes. A captação pelo coletor solar sofre redução mais drástica do que pela bomba nos períodos de pouca insolação, o que pode ocasionar

---

<sup>7</sup> Agradeço ao Prof. Mauri Fortes pela informação sobre o desenvolvimento de modelo de bomba térmica para uso residencial.

a volta da carga de ponta; no caso da bomba, o efeito seria o prolongamento do tempo de acionamento, que ocorreria fora do horário de ponta se o dispositivo for projetado adequadamente.

É possível usar associações do coletor com a bomba em série e em paralelo, porém os dados para cálculo de custo ainda são escassos.

Em qualquer caso, a generalização do uso da energia solar esbarra no problema aparentemente trivial de adaptação a residências que não possuem linha de água quente. Considerando que a população brasileira e o processo de urbanização já passaram pelos respectivos pontos de inflexão, esse problema limita o mercado para a energia solar. Parece haver espaço para o desenvolvimento de sistema de controle remoto dos fluxos de água quente e fria, usando-se um misturador a montante do registro existente. Para o coletor há ainda requisitos de posição das placas e dos reservatórios de água.

## **6 - Efeito da substituição sobre o fator de capacidade do setor elétrico.**

O efeito da substituição proposta pode ser avaliado com base na curva de carga diária da CEMIG no mês de agosto de 1996, adotando-se as seguintes simplificações:

- a demanda de ponta foi suprida pela importação de energia de outras concessionárias (no ano considerado, a geração térmica pela CEMIG foi desprezível e a importação representou cerca de 43% da oferta total, superando a exportação);
- o fator de carga no sistema CEMIG, referido à energia entregue ao mercado, foi igual ao fator médio no sistema interligado brasileiro, de cerca de 0,57;
- a potência “reservada” para o atendimento da ponta de carga foi de 1.370 MW, a carga total foi de 108.800 MWh/dia (integração numérica da curva de carga total) e a energia absorvida pelos chuveiros elétricos foi de 5.830 MWh/dia, como mostram os gráficos 2 e 3, obtidos em publicações da CEMIG;

## Aquecimento Solar de Água

### Curva de Carga Residencial no Sistema CEMIG

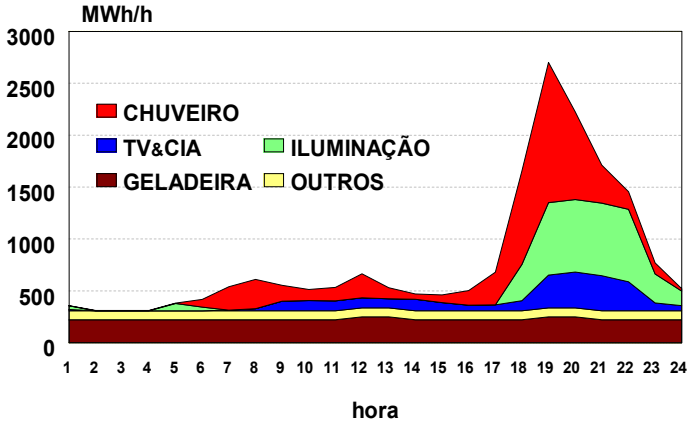


Gráfico 2 – Curva de carga residencial.

### Sistema CEMIG agosto 1996.

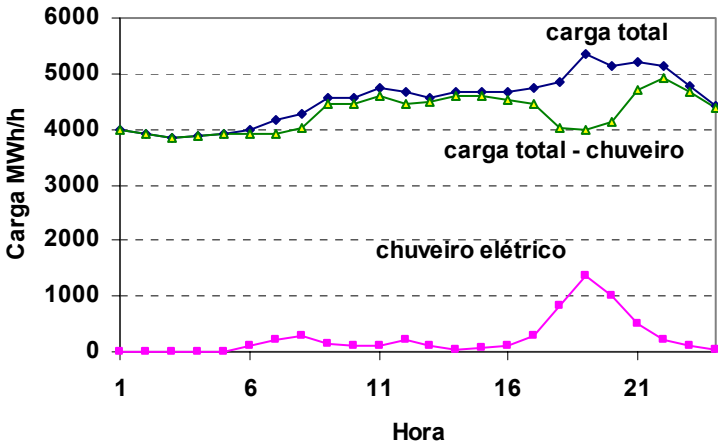


Gráfico 3 – Carga diária total e carga diária chuveiro.  
(elaborado a partir de dados da CEMIG).

Os cálculos feitos com esses dados estão relatados abaixo:

- Potência efetiva (considerando importação e exportação de energia elétrica) para atendimento da carga diária total:

$$P_{ef} = 108.800 \text{ MWh/dia} / (24 \text{ h/dia} \times 0,57) = 7.953 \text{ MW.}$$

- Redução da potência efetiva, supondo que a instalação solar supra 75% da carga dos chuveiros:

$$P'_{ef} = 7.953 - 0,75 \times 1.370 = 6.926 \text{ MW.}$$

- Carga diária reduzida:

$$W' = 108.800 - 0,75 \times 5.830 = 104.400 \text{ MWh/dia.}$$

- Fator de capacidade modificado:

$$FC' = 104.400 \text{ MWh/dia} / (24 \text{ h/dia} \times 6.926) = 0,63$$

- Ganho na eficiência (lato sensu) do sistema elétrico:

$$\Delta FC/FC = (0,63 - 0,57) / 0,57 = 10,5\%.$$

O ganho calculado deve ser tomado como informação preliminar sobre o benefício máximo esperado, visto que a implementação do Fundo seria feita gradualmente; ressalve-se, ademais, que os dados em que se baseou não são os médios para todo o sistema interligado e limitam-se a um mês atípico (fim de inverno) em que o consumo em aquecimento de água é naturalmente maior do que o consumo médio. Entretanto, parece valer a pena perseguir o objetivo, pois é geralmente difícil obter ganhos dessa ordem em um sistema que já está bastante evoluído em seus aspectos operacionais e econômicos.

## 7 - Conclusão.

Existe potencial para se financiar a aquisição da instalação solar em condições favoráveis ao usuário e à concessionária. Uma das formas possíveis seria a incorporação da captação de energia solar ao objetivo social da concessionária, feitas as mudanças necessárias na legislação pertinente. Assim, a concessionária financiaria o usuário com recursos equivalentes ao investimento evitado em capacidade de ponta, cobrando na conta de luz amortização igual ao custo de captação da energia solar e reinvestindo os recursos arrecadados em novas instalações solares.

A vantagem para a sociedade provém do melhor uso dos recursos energéticos renováveis, a custo mais baixo e de forma distribuída, evitando o aumento freqüente da tarifa residencial e proporcionando ocupação (se não emprego) para maior número de trabalhadores.

Parece, pois, que o “Fundo Solar” pode realizar o sonhado “ótimo paretiano”, isto é, permite modificar o sistema energético com proveito para todos os participantes do “negócio energético”.

## **A Revista**

### ***Economia e Energia – e&e – Economy and Energy***

*e&e* é uma revista bimensal e bilíngüe editada desde 1997 e publicada na Internet. Seu objetivo é divulgar trabalhos e promover debates sobre temas relacionados ao seu título. Para sua manutenção, a revista tem contado com o suporte de seus membros e, de forma não contínua, com apoio institucional de entidades públicas ou privadas. Quando existente, este apoio é indicado por chamadas institucionais na publicação. Seu editor chefe é Carlos Feu Alvim [feu@ecen.com].

## **A Organização Não Governamental**

### **Economia e Energia *e&e* – ONG**

Economia e Energia – ONG é uma sociedade sem fins lucrativos que foi constituída para dar sustentação à revista do mesmo nome e para promover estudos sobre os temas relacionados à economia e energia. No caso de estudos para entidades governamentais ou privadas ela contrata individualmente consultores ou empresas de consultoria para a realização das tarefas. Também pode atuar em convênio com entidades públicas ou privadas. Seu superintendente é Frida Eidelman [frida@ecen.com].

**Apoio:**

**Ministério do  
Desenvolvimento, Indústria e  
Comércio Exterior**

**Ministério da  
Ciência e Tecnologia**



**anp**  
Agência  
Nacional do  
Petróleo



**ELETRONUCLEAR**  
ELETROBRÁS TERMONUCLEAR S.A.

**Eletrobrás**   
Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

**Ministério de  
Minas e Energia**

