



cg ee

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

Potencial de Conservação de Energia

José Roberto Moreira

Julho, 2001



cg ee

2001 julho



CTEnerg
Secretaria Técnica
do Fundo Setorial de Energia

Potencial de Conservação de Energia



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

JOSÉ ROBERTO MOREIRA¹

Estudo encomendado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) ao professor José Roberto Moreira, doutor em física e que, nos últimos 20 anos, vem trabalhando especificamente com energia de biomassa, no CENBIO, ou como diretor da Biomass Users Network.

1. INTRODUÇÃO

Uma análise histórica mostra que programas de conservação de energia bem conduzidos (em New England-USA (Nadel et al, 1992), por exemplo) conseguiram baixar o consumo a uma taxa de 1,5%/ano. Este valor foi obtido durante um período de alguns anos.

Também há estudos que mostram que existe uma melhoria na eficiência do uso de energia em 1-1,2%/ano nos países desenvolvidos (Nakicenovic et al., 1996), durante mais de um século, medido em relação ao crescimento da economia. Isto é, pode-se mostrar que ano após ano a economia cresceu a uma taxa entre 1 e 1,2% acima da demanda de energia (Nakicenovic). Esses resultados de longo prazo foram obtidos sem nenhuma política específica de conservação de energia, visto que há resultados que precedem o ano de 1980.

Combinando-se as duas informações com o comportamento da intensidade energética brasileira, que é crescente, podemos concluir que há possibilidade de se obter resultados significativos para o Brasil. De fato, com a intensidade energética crescendo, o que se opõe ao observado em países desenvolvidos, vemos que há espaço para tal indicador ser invertido. Além disso, os resultados recentes de conservação mostram que em economias mais eficientes que a nossa, foi possível observar redução no consumo de 1,5%/ano. Numericamente, vemos que é possível especular a combinação dos seguintes números:

- a) intensidade energética crescendo 0.5%/ano no Brasil, transformada num declínio de 1,5%, que seria a nova linha de base;
- b) redução de 1,5% do consumo além da nova linha de base;

A adição dos 3 números nos levaria a 3,5%/ano. Porém, esse número nos parece um limite superior difícil de ser obtido por várias razões:

1. os países em desenvolvimento ainda estão construindo sua infraestrutura (edifícios, estradas, usinas de energia, etc.) que é intensiva em energia;

¹ NEGAWATT – Projetos, Engenharia e Comércio Ltda., Rua Francisco Dias Velho 814, S.Paulo/SP, 04581 001, Fone (11) 5531 1844 e Fone/Fax (11) 5535 3077; email bun2@tsp.com.br

2. os dados exigem avaliação perfeita do PIB e portanto, suas variações ano a ano não são totalmente confiáveis pois há um mercado informal significativo no Brasil.

A vista disso, é prudente estabelecer valores potenciais para a conservação de energia mais modestos. Baseado quase que exclusivamente num sentimento, nos parece plausível estimar como 2%/ano o valor mais provável para a redução da demanda de energia no Brasil, em relação ao PIB. Como é de se esperar o crescimento do PIB superior a 2%/ano, a conclusão é que a necessidade por mais energia continue existindo no Brasil.

Em particular no caso da eletricidade há uma tendência mundial da sua demanda aumentar acima dos outros energéticos. Portanto, acreditando-se em um aumento anual do PIB em 4%, podemos esperar um aumento de energia em 2% com um esforço significativo de conservação, mas para a eletricidade um valor de 3% não será improvável, mesmo com programas eficientes de conservação de energia implantados no país.

Concluindo, a partir de uma base de 75.000MW instalados e 360TWh gerados, podemos esperar um crescimento anual do consumo de 10.8TWh, enquanto para a potência pode-se esperar algo um pouco menor a vista de esforços de redução de consumo no pico. Assim, um crescimento anual da potência instalada de 1500 a 2000MW nos parece plausível, no cenário de conservação de energia. Admitindo os valores atuais e um cenário sem conservação, o crescimento anual provável na geração seria 5% (18TWh) e a potência instalada deveria crescer 4%, ou seja, 3.000MW.

A diferença dos dois cenários, 7.2TWh e 1000 a 1500MW pode ser creditada à conservação. Estes números seriam viáveis para um período de 5 a 10 anos, enquanto num primeiro ano, a vista de dificuldade de implantá-lo, os valores seriam inferior a 50% do esperado, ou seja, no máximo 3,6TWh e 500 a 750MW, respectivamente. Números dessa ordem podem ser encontrados como ocorridos em alguns anos no período 93-98, nos levantamentos do PROCEL.

2. TECNOLOGIAS IMPORTANTES PARA CONSERVAÇÃO DE ELETRICIDADE HOJE

As tecnologias que poderão contribuir para a redução de eletricidade nos próximos 10 anos são aquelas que estão sendo implementados hoje ou que pelo menos já estejam em fase final de desenvolvimento industrial. Como a inércia de se colocar no mercado novas tecnologias e produtos é grande, todas as novas descobertas não deverão contribuir significativamente até o ano 2010, para a redução na demanda de eletricidade.

Um levantamento feito recentemente pelo IPCC, acredita que há possibilidade de se reduzir o consumo de energia nos diferentes setores de uso final em 2010 e 2020, conforme mostra a Tabela 1. Para traduzir esses números em termos de redução de eletricidade é preciso lembrar que está havendo uma migração contínua de diversas fontes de energia secundária para a eletricidade, em função da facilidade de seu uso. Portanto, os números obtidos da

Tabela 1, que são potenciais para a energia como um todo, serão menores para a eletricidade, mesmo quando avaliadas em termos percentuais.

Por exemplo, o setor de edificações, onde se detecta um potencial técnico e econômico² de redução na emissão de carbono de 35% em 2010, essencialmente pela melhoria na eficiência energética (3,05% a menos por ano em média), deve significar uma redução 2/3 menor para a eletricidade³, ou seja, 2,09% ao ano (23% até 2010). No setor industrial, onde esperamos uma redução de 17%, a eletricidade tem um peso inferior a 30% na matriz energética setorial e portanto, mesmo que seu uso seja promovido pela substituição de outros energéticos, podemos supor um declínio na demanda de eletricidade também de 17% ou seja, 1,6%/ano.

No setor residencial o decréscimo no consumo de eletricidade virá da melhoria do desempenho dos refrigeradores, do ar condicionado e da iluminação. Geladeiras pequenas com consumos inferior a 30kWh/mês já estão sendo fabricadas e resultados melhores estarão disponíveis para o ano 2010. Os aparelhos de ar condicionado novos com EER = 11 deverão substituir os antigos com EER=7. Na iluminação, o uso de lâmpadas compactas fluorescentes se ampliará, ao mesmo tempo que o uso de lâmpadas fluorescentes ficará mais comuns em áreas de serviço de residências. Nos escritórios, o maior ganho da iluminação virá do uso das lâmpadas de 32W em substituição as de 40W, do uso de refletores espelhados e de reatores eletrônicos que devem dominar totalmente o mercado de reatores novos dentro de 4 ou 5 anos.

3. MAIORES OPORTUNIDADES PARA O FUTURO

Após 2010 deveremos continuar a ver melhorias no performance das geladeiras e ar condicionados graças ao uso generalizado de motores de rotação variável. As lâmpadas T5 deverão ficar bem populares e a utilização de LED na iluminação pode ser plausível.

4. FLEXIBILIDADE DA MATRIZ ENERGÉTICA

A participação crescente de geração térmica é irreversível pelo menos nos próximos 10 anos. A infraestrutura para trabalhar com gás natural já foi montada e está sendo ampliada, o que garantirá facilidades e promoverá a geração de eletricidade por turbinas a gás. Esse crescimento poderá ser limitado por volta de 2010 pela dificuldade de se obter no Brasil, e na Bolívia e Argentina quantidades crescentes de gás natural. Observe que a geração de 1000MW em térmicas (operando 70% do tempo) a gás requer 3,36 milhões de m³/dia, e portanto, um parque de 15.000MW de térmicas a gás, em 2010, consumirá 50 milhões de m³/dia. Esse número é compatível com a duplicação do gasoduto da Bolívia, porém é necessário considerar que gás natural também será largamente usado em cogeração

² Define-se potencial técnico e econômico aquelas ações que podem ser feitas a custos negativos ou até US\$ 100 / tC evitada.

³ Isto é explicado pela migração para a eletricidade dos outros energéticos usados, conforme discutido anteriormente.

industrial, em indústrias para fins térmicos e em transportes, o que pode exigir volumes de 80 milhões de m³/dia, já em 2010.

Portanto, nos parece que a expansão da fração do gás natural na matriz ocorrerá de forma crescente até 2010. Após essa data, deveremos esperar um crescimento mais comparável com a média de evolução de energia no país. A possibilidade de importá-lo via liquefeita nos parece difícil de ocorrer por razões econômicas.

Outro energético que deverá ocupar uma fração percentual maior da matriz energética é a biomassa, essencialmente pelo uso de cana-de-açúcar. A importância do problema de poluição global da atmosfera exigirá, de forma crescente, combustíveis limpos. O etanol derivado da cana têm um bom potencial de crescimento, quer para uso no país, quer para exportação.

5. TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

Tradicionalmente, dependemos dos recursos hídricos para geração de eletricidade. Os investimentos feitos no passado nesse setor garantiram o desenvolvimento do país. Entretanto, seu custo foi muito alto e só se concretizou graças aos recursos governamentais. Aproximadamente US\$200 bilhões, em valores de 1995, foram investidos nos 75.000MW de potência ou seja, algo próximo a US\$3.000/kW (incluindo transmissão e distribuição). Esse valor é muito elevado e se o investimento tivesse que ser remunerado no nível desejado pela iniciativa privada (pelo menos 15%/ano), só os juros exigiriam um faturamento de US\$450/kW instalado. Como o fator de utilização médio das usinas hidrelétricas é da ordem de 55%, concluímos que o kW instalado gera 4.820 kWh/ano e portanto, deveria custar US\$ 93.4/MWh, apenas para cobrir os juros. Entretanto, comenta-se que o Estado é um péssimo investidor e que a iniciativa privada seria mais eficiente do ponto de vista econômico. Porém, mesmo que o custo do kW fosse de US\$2.000 concluiríamos que o valor de eletricidade seria de no mínimo US\$62.3/MWh, ou até mesmo US\$72.3/MWh considerando as perdas de 16% no sistema, apenas para pagar os investimentos.

Podemos então, entender porque a hidreletricidade não é e não será uma opção do setor privado, com exceção de empreendimentos de pequeno e médio porte (até 500MW) e em condições físicas e financeiras excepcionalmente favoráveis. O futuro da hidreletricidade, que ainda, teoricamente, pode quase dobrar o potencial atualmente instalado, depende muito dos investimentos públicos. Porém, é preciso uma avaliação econômica mais precisa para realmente definir sua viabilidade financeira para a sociedade. Esses investimentos do governo vão onerar a dívida externa e exigir pagamentos significativos de juros. Mesmo para taxas de juros que são realmente pagas pelo Governo Federal nos empréstimos em dólares (10%/ano), teríamos que valorar o MWh distribuído num preço superior a US\$72.3. Apesar do alto custo previsto para térmicas a gás, o seu valor é esperado em torno de US\$35 a 40,00/MWh. Portanto, não nos parece inteligente investir em mais hidrelétricas, a menos que co-benefícios sejam identificados. A criação de empregos, ou o uso intensivo de ferro e cimento não nos parece trazer co-benefícios significativos.

Sem poder depender da hidreletricidade, a solução para o suprimento de eletricidade passa para as termelétricas, visto que nossas experiências anteriores com a energia nuclear foram um fracasso do ponto de vista econômico. O kW instalado nuclear, nas usinas de Angra I e Angra II superou o valor de US\$3.000, além de exigir gastos suplementares com o combustível.

As fontes primárias tradicionais de energia para as térmicas são o gás natural e o carvão. Ambos deverão ser majoritariamente importadas, principalmente o último a vista da baixa qualidade do carvão nacional, o que onera o custo do kW instalado. Essas duas opções devem ser perseguidas e projetos preparados com a melhor tecnologia para atender a demanda de eletricidade.

Além das fontes primárias tradicionais, devemos pensar no uso das fontes renováveis. A energia eólica pode fazer alguma contribuição, porém considerando que dispomos hoje de 20MW instalados, mesmo com taxas altas de crescimento sua participação será muito modesta em 2010. A biomassa, com a vantagem de permitir geração contínua durante as horas do dia e mesmo durante muitos meses do ano, é uma boa opção. Já temos 1.000MW instalados no setor sucro-alcooleiro e outros 500MW na indústria de papel e celulose. Um crescimento de 6% ao ano poderia quase dobrar esse potencial para o ano 2010. Porém, como já há um grande interesse comercial no uso dos resíduos da cana-de-açúcar e há muito espaço para melhorar a eficiência de geração nesse setor, nos parece plausível que possamos chegar em 2010 com um potencial de geração de eletricidade à biomassa de ordem de 4.000MW.

Já, outras alternativas como energia solar via fotovoltaica e aquecedores solares, deverão contribuir muito pouco para a produção de eletricidade. Painéis fotovoltaicos ainda serão caros no ano 2010 e continuarão a ser usados em situações especiais, como fonte de eletricidade para uma residência ou no máximo um pequeno grupo delas. Os aquecedores solares serão mais populares porém, para aquecimento de água. Para a geração de eletricidade faz-se necessário altas temperaturas e tal tecnologia ainda é muito custosa. As pequenas usinas hidrelétricas, apesar de se qualificarem na categoria "*small is beautiful*", podem gerar no máximo 2000 ou 3000MW e têm um custo por kW muito alto, a menos que se utilize estruturas de gerenciamento e de construção já existentes e ociosas. Energia geotérmica é quase que indisponível no Brasil.

A vista do exposto, concluímos que vamos ter que expandir nosso suprimento de eletricidade através do uso do gás natural, do carvão e de biomassa, até 2010. Barreiras ambientais, mesmo as de nível internacional não serão suficientes, para deslocar as fontes de energia tradicionais em benefício de fontes alternativas, além dos valores citados.

6. PODEMOS PRODUZIR ALGUM ENERGÉTICO ESPECIAL ?

A preocupação com o meio-ambiente está aumentando e países altamente emissores de gases de efeito estufa terão que limitar o uso de combustíveis fósseis. Esforços nesse sentido já estão ocorrendo na União Européia, quando se determina que 10% da eletricidade deve vir de fontes alternativas em 2010. Desde que a preocupação com o

custo seja resolvida por subsídios do governo, isso é potencialmente exequível. Porém, os custos envolvidos serão elevados e não há razão para esses países não procurarem reduzir as emissões de gases de efeito estufa atuando em outros energéticos que a eletricidade. As emissões do setor de transporte já são as maiores dentre os diversos usos finais (edifícios, indústria, transporte e agricultura) nos países desenvolvidos. É, pois, razoável que na busca por menos emissões, os países que têm limitações a cumprir se interessem em reduzir as emissões no setor de transporte. Nos últimos 30 anos todos os esforços para reduzir o consumo de energia nesse setor fracassaram, apesar de tecnologias que propiciam maior eficiência energética terem sido largamente usadas nos automóveis. O fracasso é caracterizado pelo fato de que o uso de gasolina e diesel nos veículos continuou crescendo a uma taxa média de 2,5%/ano durante todos esses 30 anos. Ou seja, apesar dos automóveis ficarem mais eficientes, a demanda pelos mesmos cresceu de forma tão grande que superou os avanços da eficiência. Mais recentemente, hábitos de uso de veículos de grande porte (SUV) estão garantindo o incremento no consumo de gasolina e portanto, nas emissões de gases de efeito estufa.

O que tem ocorrido é uma demonstração de que o esforço para mitigar as emissões não tem atingido o objetivo. Se a mitigação não é eficaz, a outra alternativa é se “adaptar” a essa demanda. A melhor “adaptação” ao uso intensivo de automóveis pela sociedade nos parece a utilização de um combustível renovável, como é o caso do etanol. Com seu uso, mesmo aumentando a demanda por automóveis, poderemos esperar significativa redução das emissões, fato que interessa sobremaneira os países que precisam atender as limitações do Protocolo de Quioto.

É, também, interessante lembrar que ao contrário da geração de eletricidade, há poucas opções para um combustível alternativo à gasolina. O metanol, que também pode ser feito de biomassa, tem riscos de contaminação de água e para a saúde humana. A utilização de gases de síntese num processo Fischer Tropsch que pode fazer um combustível livre de enxofre, está associada à emissão de C a nível maior que o etanol de cana-de-açúcar.

Considerando que a produção de etanol demanda muita energia, algumas rotas disponíveis não são ambientalmente sadias, como é o caso do uso de milho ou de beterraba. Quando se usa a cana-de-açúcar, têm-se uma quantidade enorme de biomassa residual que pode ser utilizada como fonte de energia para o processamento do caldo em etanol. O uso desse energético renovável não contribui para emissão de CO₂, ao contrário dos combustíveis fósseis que são usados no processo industrial quando se utiliza o milho e a beterraba como insumos para o álcool.

Além disso, a fermentação do caldo de cana em etanol, produz quantidades (em massa) praticamente equivalentes de etanol e CO₂. Esse CO₂ pode ser facilmente recolhido e, em princípio, guardado em reservatório, à semelhança do que se propõe como uma alternativa para manter o uso dos combustíveis fósseis num cenário de cuidado com o meio ambiente. Uma tecnologia desse tipo teria o mérito fantástico de permitir produzir um combustível líquido e simultaneamente remover CO₂ da atmosfera. Ou seja, numa única operação usar-se-ia duas opções, entre as poucas existentes, para reduzir as mudanças climáticas, consequência dos gases de efeito estufa.

Portanto, nos parece natural que o etanol de cana-de-açúcar tem qualidades especiais para deslocar parcela significativa de gasolina. Mesmo o óleo diesel também poderia ser deslocado, conforme mostram resultados obtidos na Suécia, porém por um custo um pouco maior. Como álcool de cana-de-açúcar só pode ser produzido em regiões tropicais ou próxima dessas e o Brasil detém excelente tecnologia para isso, nos parece que poderemos fazer grande contribuição para o mundo usar largamente esse combustível alternativo.

7. DEMANDAS EM TREINAMENTO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA O ETANOL

De maneira a se difundir o etanol de cana-de-açúcar como um energético usado em vários países é necessário um esforço promocional do produto e desenvolvimento tecnológico para produzi-lo a um preço atrativo.

O esforço promocional requer o treinamento de diversos atores e a coordenação deles. Precisaremos de ações a nível diplomático e de negociação comercial internacional. Precisamos de ações de promoção do produto perante o consumidor potencial, informando-o das vantagens do novo combustível. Precisaremos de recursos para colocar grandes quantidades de etanol a custo zero para fins de demonstração. Para todas essas ações se faz necessário treinar elementos qualificados no governo e na iniciativa privada. Além da promoção, faz-se necessário avançar a tecnologia agrícola e industrial da cana-de-açúcar e do seu processamento, bem como melhorar a capacidade de gerenciar o sistema agroindustrial.

Presentemente, o custo do etanol no Brasil é competitivo com a gasolina produzida de petróleo a US\$ 30,00 o barril. Como se observa do comportamento passado dos custos de etanol no Brasil, ainda podemos esperar mais redução a medida que a escala de produção aumenta. Em paralelo com isso é preciso lembrar que o outro uso da cana-de-açúcar, que é para produção do açúcar, tem demonstrado historicamente uma tendência de declínio no seu valor econômico (Moreira e Goldemberg, 1999). Isso significa, que cada ano que passa o açúcar tem seu preço reduzido em dólares, o que garantirá em futuro próximo, a competição do etanol à gasolina, mesmo para valores de petróleo inferiores a US\$ 25,00/barril.

Inúmeros estudos mostram a possibilidade de avanços tecnológicos capazes de reduzir o custo do etanol e de estratégias de negócios também capazes de garantir o produto a preço menor. Uma das estratégias é o uso mais completo da cana-de-açúcar, produzindo etanol, açúcar e eletricidade para venda a terceiros.

8. COMO ACELERAR AS OPORTUNIDADES DE P&D E A APLICAÇÃO DESSE “KNOW-HOW” NO MERCADO

Algumas oportunidades de avanço tecnológico estão bem estabelecidas, tais como:

- a) Procurar, através da bio-engenharia, variedades de cana, com maior conteúdo de açúcar e com maior produtividade.
- b) Desenvolver variedades capazes de armazenar grandes teores de açúcar durante os meses que precedem a colheita tradicional, permitindo ampliar o período de colheita e de operação das destilarias.
- c) Avanços tecnológicos nos equipamentos usados para a colheita mecanizada, reduzindo a quantidade de terra adicionada a cana, recolhendo melhor toda a biomassa útil e operando com maior eficiência.
- d) Colheita de cana verde, de forma a permitir o uso da palha de cana como insumo energético.
- e) Avanços tecnológicos no sistema de separação do etanol e água. Grande quantidade de energia térmica é gasta no processo tradicional de destilação. Com o uso de membranas é possível reduzir a demanda por energia térmica, o que significa maior disponibilidade de energia da biomassa para ser transformada em eletricidade e vendida.
- f) Avanços tecnológicos nos sistemas de injeção de etanol nos motores, de forma a aumentar a eficiência.
- g) Desenvolvimento de tecnologia de hidrólise da biomassa, com o propósito de converter parte dos subprodutos do açúcar e álcool em etanol.

TABELA 1
ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA
EM 2010 E 2010 (Moomaw et al., 2001)

SETOR	EMISSIONES HÍDRICAS EM 1999 (MtC eq./ano)	CRESCIMENTO ANUAL HISTÓRICO (1990 – 1995) %	POTENCIAL DE REDUÇÃO DE EMISSIONES EM 2010 (MtCeq/ano)
Edificações (só CO₂)	1650	1,0	700 – 750
Transporte (só CO₂)	1080	2,4	100 – 300
Industria (só CO₂)	2300	0,4	
 Eficiência energética			300 – 500
 Eficiência material			~200
Agricultura (só CO₂)	210	?	0
Resíduos (CH₄)	240	1,0	200

REFERÊNCIAS

Moomow et al, 2001 – Energy – Chapter 3, in (B. Metz et al., eds) Climate Change 2001 – Mitigation, TAR, IPCC, Cambridge University Press 2001

MOREIRA, J. R., and J. GOLDEMBERG, 1999 – The Alcohol Program, Energy Policy 27, pp 229-245

Nadel, S. M., M. N. Reid and D. R. Wolcott, 1992 – Regulatory Incentives for Demand-Side Management, American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, DC.

Nakicenovic, N., A. Grubler, H. Ishitani, T. Johansson, G. Marland, J. R. Moreira, HH. Rogner, 1996 – Energy Primer, in R. Watson, M. C. Zinyowera, R. H. Moss, eds., Climate Change 1995 – Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific – Technical Analyses, Cambridge University Press.