

# TECNOLOGIA E CO-GERAÇÃO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA PAULISTA: uma análise da experiência e dificuldades de difusão<sup>1</sup>

Farid Eid<sup>2</sup>  
Kelson Chan<sup>3</sup>  
Sandro da Silva Pinto<sup>4</sup>

## 1 - INTRODUÇÃO

O parque industrial sucroalcooleiro nacional, composto por 143 destilarias autônomas de álcool e 203 usinas de açúcar<sup>5</sup>, durante a safra 1994/95, produziu em 4,7 milhões de hectares cerca de 250 milhões de toneladas de cana-de-açúcar<sup>6</sup>. Destas, 81% foram produzidas na Região Centro-Sul e 19% na Região Norte-Nordeste do País, para uma produção nacional de 11,2 milhões de toneladas de açúcar (38% da cana-de-açúcar) e 13,2 bilhões de litros de álcool (62% da cana-de-açúcar), gerando 600 mil empregos e um faturamento de R\$5,5 bilhões através do álcool combustível e R\$3,5 bilhões através do açúcar (COMISSÃO, 1995).

O setor sucroalcooleiro tem obtido ganhos de produtividade da ordem de 4% a.a. na produção industrial, porém, até meados dos anos 80, não havia a preocupação em se racionalizar a economia gerada pelo bagaço de cana,

utilizado apenas como combustível para as caldeiras. Até então, manter o equilíbrio energético da indústria, não gerando excedentes nem faltas, era o objetivo da grande maioria das usinas.

Porém, desde 1987, algumas usinas açucareiras do Estado de São Paulo têm comercializado o excedente da produção de energia elétrica, a partir da queima do bagaço em caldeiras, com a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL). Naquele ano, a soma da produção excedente de três usinas foi de 2.756MWh/ano.

A partir do início dos anos 90, algumas usinas e destilarias passam por uma fase de transição caracterizada por uma redução no consumo de energia térmica nos processos, em decorrência da elevação nos preços da energia vendida, induzindo as usinas à auto-suficiência e valorizando o bagaço (BALBO, 1990). Em 1993, seis outras unidades aderiram à política de co-geração de energia elétrica a partir da queima do bagaço nas caldeiras, gerando um excedente total, somado às outras três, de 49.260MWh/ano.

Uma vantagem da co-geração é que o fornecimento do excedente de energia, no Estado de São Paulo, no decorrer da safra coincide com os meses de seca, quando a capacidade de fornecimento das usinas hidroelétricas diminui, valorizando a atividade. No entanto, em 1997, segundo a Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, somente quatro usinas forneciam energia elétrica à CPFL (FEDERAÇÃO, 1997).

O objetivo deste estudo é analisar a experiência da utilização do bagaço de cana-de-açúcar, enquanto produto comercializável, principalmente na co-geração de energia elétrica, mostrando as dificuldades para sua difusão e perspectivas para os próximos anos.

---

<sup>1</sup>Este artigo é parte do Relatório de Pesquisa CNPq "PROGRESSO TÉCNICO, DIVERSIFICAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NA AGROINDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA 1995-97". Os autores agradecem ao CNPq, o auxílio financeiro, e aos técnicos e assessores do IEA, as valiosas sugestões as quais foram incorporadas neste artigo.

<sup>2</sup>Economista e Administrador de Empresas, Prof. Dr. do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

<sup>3</sup>Engenheiro de Produção Agroindustrial pela UFSCar. Ex-bolsista do CNPq Iniciação Científica.

<sup>4</sup>Engenheiro de Produção Agroindustrial pela UFSCar. Ex-bolsista do CNPq Iniciação Científica. Aluno Regular do PPG Mestrado em Engenharia de Produção da UFSCar. Bolsista da CAPES.

<sup>5</sup>Destas, cerca de 310 unidades de produção estiveram em operação nesta safra.

<sup>6</sup>Na safra 1996/97, a produção de cana foi de 288 milhões de toneladas para uma produção de 13,7 milhões de toneladas de açúcar e 14,4 bilhões de litros de álcool.

## 2 - MUDANÇAS TECNOLÓGICAS E CO-GERAÇÃO

A moagem de uma tonelada de cana-de-açúcar para qualquer finalidade produz, em média, 250kg de bagaço como subproduto. Para a produção de 1MWh de energia, através do sistema de co-geração, é necessária a queima de 6,5 toneladas de bagaço. A geração de energia térmica na agroindústria sucroalcooleira, a partir da queima do bagaço, é uma prática antiga. As empresas reutilizam o bagaço em suas próprias caldeiras, em substituição à energia paga para as concessionárias.

Estudos apontam que, em 1993, cerca de 90% da energia consumida pelo setor canavieiro era de origem da queima do bagaço, correspondente a 0,9% de toda produção energética nacional.

Na fabricação de açúcar e álcool, cerca de 70% do consumo de energia ocorre na forma térmica, sendo os 30% restantes, consumidos no acionamento elétrico e mecânico de equipamentos e geradores, mais as perdas ocorridas no trajeto.

O vapor, fonte de energia térmica, ao alcançar as turbinas de simples ou múltiplos estágios, transforma-se em energia mecânica para movimentar as moendas de cana e, ao passar pelos geradores, transforma-se em energia elétrica. O vapor de alta pressão (2,2kg de vapor por kg de bagaço), produzido pela queima do bagaço em caldeiras (em média 250kg por tonelada de cana), é expandido até cerca de 1,5kg força por cm<sup>2</sup> em turbinas, para conversão termomecânica. Parte das turbinas movimenta equipamentos como turbo-bombas, preparo e moagem de cana e geradores, produzindo energia elétrica (consome-se 13kg de vapor para a produção de 1KWh em turbinas de múltiplo estágio). O vapor de baixa pressão, por sua vez, é utilizado em processos térmicos na produção de álcool e açúcar (400 a 500kg de vapor por tonelada de cana).

*“O investimento adicional no setor hidráulico é atualmente de US\$2 milhões por MW, enquanto que pelo sistema de co-geração, é estimado pela Copersucar em US\$1 milhão por MW. No Estado de São Paulo, isto poderia significar até US\$500 milhões em economia”* (BALBO, 1990).

No início dos anos 90, a produção de energia de oito usinas açucareiras, em termos

de KWh/mês, era suficiente para suprir a demanda de uma cidade de duzentos mil habitantes durante um mês (REVISTA USINEIRO, 1991). Essas usinas são: Usina São Francisco (99.560KWh), Usina Açucareira Corona (292 mil KWh), Usina Santa Adélia (757 mil KWh), Usina Santa Cruz (423 mil KWh), Usina Açucareira Esther (585 mil KWh), Usina Virgolino de Oliveira (570 mil KWh), Usina São Martinho (730 mil KWh) e Usina Vale do Rosário (1.410 mil KWh).

Em junho de 1991, o Governo do Estado de São Paulo discutiu alternativas para a produção de energia, quando surgiram propostas de aumentar a participação do consumo do álcool combustível e gás natural, menos poluentes; estimular a co-geração de energia a partir da queima do bagaço e incentivar a exploração de pequenas e médias usinas hidroelétricas pelo setor privado.

No final de 1991, organizou-se o Fórum Paulista de Desenvolvimento, quando foram formuladas propostas concretas de revisão da matriz energética, com vistas ao aumento na participação da energia produzida a partir da cana-de-açúcar.

O principal entrave era o preço do KWh fornecido pelas usinas que, em 1990, passou de US\$14 para US\$22, bem abaixo dos US\$40 reivindicados pelo setor. *“Haveria sessenta usinas interessadas em participar ao preço de US\$40”* (REVISTA USINEIRO, 1991).

Em dezembro de 1991, do fornecimento de energia elétrica pela CPFL, 90% era de origem hidráulica, 8% de origem térmica e 2% da co-geração.

O Centro de Tecnologia Copersucar (CTC) vem acelerando estudos sobre a otimização do aproveitamento energético de algumas usinas e destilarias cooperadas. Para permitir total aproveitamento do bagaço da cana, foram propostos três estágios de atualização tecnológica: a) auto-suficiência energética, através da melhoria do sistema de geração do vapor, utilizando-se turbogeradores de maior eficiência (turbinas múltiplos estágios); b) substituição das caldeiras, consideradas obsoletas, por caldeiras maiores, com pressão de 62kgf/cm<sup>2</sup>. Com isso, a potência adicional foi estimada em 540MW para São Paulo e 920 para o Brasil, ou seja, 1,8% da potência instalada, permitindo uma redução líquida de cerca de US\$900 milhões em investimentos para o país; c) substituição do restante das caldeiras antigas pelas mais moder-

nas.

Segundo a Copersucar, a potência instalada adicional poderia se elevar até o máximo de 1.600MW em São Paulo e 2.750MW no Brasil, representando 5,5% da atual capacidade instalada no setor hidroelétrico. Neste caso, os investimentos para essa mudança no sistema energético nacional foi estimado em US\$2,75 bilhões (MATRIZ, 1997).

Destacam-se diversos usos para o bagaço em escala comercial: a) uso do bagaço hidrolizado (NaOH) para ração animal; b) secagem e prensagem do bagaço a ser utilizado em indústrias como combustível; c) humidificação do bagaço para uso como adubo orgânico; d) produção de celulose, papel jornal e de embalagem, processo bastante difundido, notadamente no México, Cuba, Índia e Argentina.

Na safra 1990/91, o excedente de bagaço comercializado pelas usinas do Estado de São Paulo estava em 1,85 milhão de toneladas, vendida a US\$8 a tonelada, para os seguintes ramos industriais: 60% para a indústria de laranja, 12% para a indústria de celulose, 12% para a indústria de óleos, 10% para a indústria química e 6% para outros fins (ABINEE, 1991).

Para o aumento da capacidade de produção energética da usina, diversos investimentos em equipamentos, tais como: turbinas, geradores e secadores de bagaço são necessários. O valor atual pago pela CPFL aos produtores, R\$35 para contratos de dez anos e R\$11 para contratos de menos de dez anos, parece não compensar os investimentos, uma vez que a venda do excedente energético não corresponde sequer a 3% do faturamento. Por outro lado, a CPFL exige que a potência mínima do co-gerador seja de 2MW, dificultando, assim, a entrada de muitas usinas que não efetuam investimentos em tecnologia.

Em julho de 1997, o CTC iniciou um projeto com duração de 30 meses e recursos totais de US\$7,39 milhões, sendo 50,7% oriundos do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e o restante financiado pelo CTC. Está previsto o desenvolvimento de tecnologia em todo o ciclo de produção de energia elétrica com sistemas avançados de conversão (gaseificação/turbinas a gás), a partir da biomassa da cana-de-açúcar (NOTÍCIAS, 1997/98).

### 3 - PERSPECTIVAS PARA O USO DO BAGAÇO

*Informações Econômicas, SP, v.28, n.5, maio 1998.*

Algumas usinas da região de Ribeirão Preto (SP) apresentaram projetos para outros usos do bagaço, em parceria com o governo cubano, de implantação de uma usina para produção de carvão vegetal para uso doméstico e industrial. O investimento seria de US\$2 milhões com custo de produção 60% menor que o do carvão mineral. Nesta mesma usina, a Santa Elisa, considerada uma das cinco maiores do País, em volume de cana moída, cerca de 4,5 a 5 milhões de toneladas por safra, existem ainda dois outros projetos para a utilização do bagaço: o do "biocarvão" para substituição do bagaço *in natura* e o da fabricação de celulose, ambos em associação com o Ministério do Açúcar de Cuba. O primeiro prevê investimento de US\$1,8 milhão e consiste em tornar a fibra mais concentrada, através de um sistema similar à paletização, cujo uso seria uma alternativa a mais para substituição do óleo combustível para as caldeiras. Enquanto que o segundo prevê a produção de celulose a partir do bagaço, com tecnologia já disponível no mercado e usada em diversos países. O custo total para implantação destes projetos da usina estaria em cerca de US\$15 milhões. A partir desta celulose, pretende-se produzir papel de qualidade inferior, sem haver necessidade de se cortar árvores. Com esse mesmo processo de fabricação é possível a produção de aglomerados, como material para a construção de casas populares.

Uma dificuldade técnica para uma maior difusão da co-geração poderá ocorrer se vir a tornar-se uma tendência a implantação gradual de refinarias de açúcar próprias a cada grupo econômico, o que implica não haver mais excedente de energia comercializável, que é utilizado no refino do açúcar, principalmente durante a entressafra, como é o caso das usinas da Barra e Guarani.

Uma outra, de ordem econômica, poderá existir se a tendência de implantação de refinarias próprias tornar-se realidade: para se obter aumentos de sobras de bagaço para atender as necessidades de consumo de energia das usinas, das suas refinarias e da co-geração significa antes planejar melhor aumentos na produção de açúcar e/ou álcool anidro e hidratado, para uma venda adicional desses produtos. Resumindo, para aumentar as sobras de bagaço com objetivo de atender crescimento na demanda por co-geração de energia deve-se produzir, ao mesmo tempo, quantidades adicionais de



açúcar e/ou álcool.

De fato, a Usina da Barra, uma das maiores do mundo em termos de volume de cana moída, cerca de 6,5 a 7 milhões de toneladas anualmente, possui uma refinaria de açúcar anexa à produção industrial e uma usina exclusiva para a geração de energia a partir da queima do bagaço, durante a safra e a entressafra, ultrapassando 90% do total de energia necessária durante o ano inteiro, comprando os 10% restantes da CPFL. Para esta e outras usinas, não há sobras de bagaço para comercialização de energia, pelo contrário, há um déficit.

Por outro lado, a reativação da co-geração de energia elétrica fornecida por usinas parece ser uma preocupação do atual governo paulista. De fato, a capacidade de investimento público vem se reduzindo anualmente, principalmente em função da dívida pública. O Estado de São Paulo tem uma dívida de aproximadamente US\$70 bilhões, sendo que US\$18 bilhões devido às empresas do setor elétrico. Em suma, o governo encontra-se diante do seguinte problema: há um descompasso atual entre a oferta e a demanda de energia elétrica e, ao mesmo tempo, há uma escassez de recursos financeiros para investimentos em energia.

No período de 1979 a 1995, em nível nacional, a participação da oferta interna de energia não renovável caiu de 46,0% para 39,8%, correspondendo a um maior consumo de energia renovável de 54,0% para 60,2%. Neste período, houve aumento na participação relativa de energia elétrica (25,1% para 37,9%) e queda da lenha/derivado (22,3% para 10,5%). Assim, o crescimento na oferta de energia renovável foi basicamente em função do crescimento relativo da cana-de-açúcar (5,9% para 10,4%), energia de impacto ambiental positivo. Quanto aos não renováveis, houve aumento do consumo de gás natural (0,7% para 2,4%) e de carvão/derivados (3,9% para 5,3%), enquanto que para o petróleo houve queda (41,3% para 31,7%) (Tabela 1).

Quanto ao consumo de energia no Estado de São Paulo, durante o período 1981 a 1994, verifica-se uma redução significativa no consumo de petróleo (63,7% para 56,2%), enquanto ocorre aumento no consumo de energia gerada a partir da cana-de-açúcar (17,5% para 26,2%) (Tabela 2).

TABELA 1 - Oferta Interna de Energia, Brasil,

*Informações Econômicas, SP, v.28, n.5, maio 1998.*

1979, 1983, 1991 e 1995

(em %)

Item	1979	1983	1991	1995
Renovável	54,0	61,7	62,3	60,2
Eletricidade	25,1	30,4	33,8	37,9
Lenha/derivado	22,3	20,7	17,3	10,5
Cana-de-açúcar	5,9	9,8	10,2	10,4
Outros	0,6	0,8	1,1	1,4
Não-renovável	46,0	38,3	37,7	39,8
Petróleo	41,3	32,4	29,7	31,7
Gás natural	0,7	1,3	2,1	2,4
Carvão/derivados	3,9	4,7	5,7	5,3
Nuclear	0,0	0,0	0,1	0,4
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Ministério das Minas e Energia. In: MATRIZ (1997).

TABELA 2 - Evolução da Participação no Consumo de Energia, segundo as Fontes Primárias, Estado de São Paulo, 1981, 1986, 1991 e 1994

(em %)

Item	1981	1986	1991	1994
Não-renovável	67,0	60,5	58,1	60,6
Petróleo	63,7	56,8	54,0	56,2
Gás natural	0,0	0,0	0,5	1,1
Outros	3,3	3,7	3,6	3,3
Renovável	33,0	39,5	41,9	39,4
Hidráulica	11,6	10,9	11,4	9,8
Cana-de-açúcar	17,5	23,7	26,6	26,2
Outros	3,9	4,9	3,9	3,4

Fonte: Balanço Energético do Estado de São Paulo. In: MATRIZ (1997).

#### 4 - CONCLUSÃO

Se se levar em consideração a possibilidade de periodicamente ocorrerem aumentos dos preços internacionais do petróleo, em função dos sucessivos conflitos nas áreas de maior produção, a escassez de recursos públicos para investimento em hidroelétricas e o reduzido uso do gás natural, apesar do andamento das negociações sobre a construção do gasoduto Brasil-Bolívia, uma alternativa viável como complemento da oferta de energia hidráulica poderá ser a co-geração de energia elétrica pelas indústrias sucroalcooleiras, colocando-se em evidência a importância da biomassa. Além do potencial

energético, contam a favor dessa energia as questões ambientais, a manutenção de empregos e a projeção de vida limitada para o petróleo.

De fato, há um interesse crescente do governo paulista em retomar a produção de energia a partir da queima do bagaço nas caldeiras de usinas e destilarias. Segundo o Secretário de Energia do Estado de São Paulo, o potencial de fornecimento dessa energia poderá vir a ser de 50% da fornecida por Itaipu, que atualmente é de apenas 1%, e a meta é de elevar para 5%

os próximos anos.

Em novembro de 1997, com a privatização da CPFL, adquirida pelo consórcio VBC, formado pelos grupos econômicos Votorantim, Bradesco e Camargo Corrêa, há sinais claros de se retomar o projeto de co-geração. Segundo palavras do presidente do Bradesco, o banco associou-se às usinas Santa Elisa e São Geraldo com o objetivo de acelerar a implantação da co-geração de energia elétrica a partir do bagaço de cana, ao mesmo tempo em que aponta que grupos econômicos da Holanda e do Japão também estão interessados no projeto. Pode-se compreender esse interesse, na medida em que a CPFL tem importância estratégica, já que atende regiões onde estão instaladas 61,7% das usinas paulistas correspondendo a 75,3% da moagem do Estado de São Paulo.

## LITERATURA CITADA

- ABINEE TEC'91: rumo à competitividade no ano 2000. **Revista INSTEC**, Rio de Janeiro, 1991.
- BALBO, J. M. **Geração de energia elétrica a partir da utilização do bagaço de cana-de-açúcar**. São Paulo: Usina Açucareira São Francisco, 1990.
- COMISSÃO INTERMINISTERIAL DO ÁLCOOL - CINAL. **Relatório sobre o Proálcool**. Brasília, out. 1995.
- FEDERAÇÃO DE ORGÃOS PARA ASSISTÊNCIA SOCIAL E EDUCACIONAL - FASE/COPPE. **Seminário Proálcool: crise e alternativas para um desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro, 18-19 mar. 1997.
- MATRIZ energética brasileira em debate. **Conjuntura Econômica**, Rio de Janeiro, v.51, n.2, fev. 1997.
- NOTÍCIAS. São Paulo, v.1, n.1, dez. 1997-jan./fev. 1998.
- REVISTA USINEIRO. São Paulo, v.4, n.22, set./out. 1991.

### **TECNOLOGIA E CO-GERAÇÃO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA PAULISTA: uma análise da experiência e dificuldades de difusão**

**SINOPSE:** *Este artigo mostra a experiência da produção de energia elétrica gerada em algumas usinas e destilarias do Estado de São Paulo, a partir da queima do bagaço em caldeiras. O excedente desta produção tem sido fornecido às concessionárias estatais, mas esta oferta vem declinando nos últimos anos, em decorrência de diversos problemas, de ordem econômica, técnica e política. No entanto, há esforços por parte do governo paulista em reativar este fornecimento, através de mudanças na política energética.*

**Palavras-chave:** *indústria sucroalcooleira, co-geração de energia, política energética.*

**TECHNOLOGY AND THE CO-GENERATION OF ENERGY IN THE SUGAR AND ALCOHOL  
INDUSTRY OF SÃO PAULO:  
experience analysis and diffusion difficulties**

**ABSTRACT:** *This article shows, through technical elements, the experience of the production of electricity generated in some sugar mills and distilleries of São Paulo state, starting from the sugarcane bagasse burnt in boilers. Although this production surplus has been supplying the state concessionaries, this stock has been declining in the past years due to several economic, technical and political issues. Nevertheless, the government has been making an effort towards the reactivation of the supply, through changes in the energy policy.*

**Key-words:** *sugar and industry, cogeneration of energy, energy policy.*

---

Recebido em 02/09/97. Liberado para publicação em 04/05/98.