

O potencial e a viabilidade econômica da geração de excedentes de energia a partir do bagaço de cana-de-açúcar

ROBERTO DE MOURA CAMPOS*

Introdução

Anteriormente à primeira crise do petróleo, de 1973, os produtos energéticos eram pouco valorizados. Em consequência, as usinas de açúcar então existentes (as destilarias de álcool destinavam-se somente a processar o mel residual da fabricação do açúcar) não demonstravam maior interesse em otimizar o aproveitamento energético do bagaço da cana-de-açúcar. Ao contrário, como a geração de possíveis excedentes de bagaço implicava custos adicionais para as usinas, devido à necessidade de sua remoção, buscava-se, deliberadamente, uma baixa eficiência de seu aproveitamento.

Com a valorização dos energéticos, a partir da elevação dos preços do petróleo no mercado internacional, manifestou-se um crescente interesse dos empresários da agroindústria canavieira em melhorar o aproveitamento do potencial energético de seus subprodutos, especialmente do bagaço. A Copersucar, através de seu Centro de Tecnologia, tem atuado intensamente neste sentido, tanto através do desenvolvimento de equipamentos, como secadores de bagaço, quanto através de uma adequada assessoria e assistência técnica às unidades cooperadas. Como consequência deste trabalho, as empresas cooperadas têm gerado excedentes de bagaço, em relação ao seu consumo, de aproximadamente 5%, em média, da produção total desse subproduto, que têm sido comercializados como energéticos para indústrias localizadas nas regiões canavieiras, substituindo, principalmente, o óleo combustível. Em alguns casos, o bagaço excedente tem sido utilizado como alimento nos confinamentos bovinos. Por outro lado, também tem-se verificado notável progresso na área de geração de energia elétrica. A geração de energia elétrica própria, que no início da década de 1980 atendia a cerca de 65% do consumo das usinas e destilarias cooperadas, atende atualmente a aproximadamente 80%, apresentando nítida tendência de auto-suficiência nos próximos anos.

O objetivo do presente trabalho é analisar a viabilidade econômica privada (empresarial) da geração de excedentes de energia elétrica e de excedentes de bagaço em níveis superiores aos atuais na agroindústria sucro-alcooleira.

* Gerente-Geral de economia para Engenharia e tecnologia da Copersucar

Situação atual e alternativas técnicas

A avaliação baseou-se em um levantamento da situação da área energética de todas as usinas e destilarias associadas à Copersucar na safra 1983/84 (71 unidades na época), realizado pela Divisão Industrial do Centro de Tecnologia da Copersucar⁽¹⁾. Foram analisadas as quantidades e especificações das caldeiras e turbogeradores das unidades produtoras e selecionadas algumas alternativas possíveis de modernização, a saber:

- Substituição das caldeiras obsoletas e das de pressão inferior a 21 kgf/cm² por caldeiras de 21 kgf/cm². Esta hipótese corresponde a se atingir a auto-suficiência energética, com geração de pequenos excedentes.

- Substituição das caldeiras obsoletas e das de pressão inferior a 21 kgf/cm² por caldeiras de 62 kgf/cm² (alta pressão).

- Substituição das caldeiras existentes por outras de 62 kgf/cm² até o limite de 250 quilos de vapor por tonelada de cana moída. Este caso corresponde a um nível de modernização mais acentuado, podendo ser entendido como uma extensão do anterior.

Os dois últimos cenários de modernização proporcionam maiores níveis de excedentes de energia elétrica e/ou bagaço em relação ao primeiro, mas implicam, naturalmente, níveis mais elevados de investimentos.

O direcionamento para excedentes de eletricidade requer investimentos em caldeiras de alta pressão e turbogeradores, enquanto o direcionamento para excedentes de bagaço exige também investimentos em equipamentos para redução de consumo de vapor dos processos. Em ambos os casos, além de investimentos, é importante um adequado controle operacional dos processos.

Para cada unidade produtora, considerando-se a situação de seu parque de caldeiras e turbogeradores, na época do levantamento, determinou-se a necessidade de substituições e adições e os respectivos inventos, para se atingir os estágios de modernização considerados.

A situação atual e as potenciais nas hipóteses previstas de modernização, com relação a geração e consumo de energia elétrica, são apresentadas na Tabela 1.

Na safra 1983/84 (época do levantamento) as unidades cooperadas possuíam uma potência instalada total de 234 Mw, com um consumo total de cerca de 900 mil Mwh/ano, 69% dos quais atendidos através de geração própria. Com a modernização a 21 kgf/cm² é possível elevar a potência instalada para 327 Mw e gerar excedentes de energia elétrica de até 300 mil Mwh/ano. Estes excedentes poderiam ser elevados para até 760 mil Mwh/ano e para até 1.500 mil Mwh/ano nos casos de modernização com caldeiras de 62 kgf/cm². É importante destacar que cada estágio de modernização poderá exigir diferentes níveis de investimentos, de acordo com a orientação da empresa para a geração de excedentes de bagaço ou de energia elétrica. O Gráfico 1 apresenta diversas possibilidades técnicas analisadas neste trabalho.

Tabela 1
Geração e consumo de energia elétrica nas unidades produtoras cooperadas

	Situação Atual	Complementação a 21kgf/cm ²	Complementação a 62kgf/cm ² (A)	Complementação a 62kgf/cm ² até 250 kgv/TC
Potência instalada(Mw)	234	327(B)	434(C)	617(D)
Energia gerada/ safra (10 ³ Mwh)	624	Até 1.200	Até 1.600	Até 2.400
Energia comprada/ safra (10 ³ Mwh)	280	-	-	-
Energia excedente/ safra (10 ³ Mwh)	-	Até 300	Até 1.760	Até 1.500

(A) substituição apenas das caldeiras obsoletas e das de pressão inferior a 21 kgf/cm².

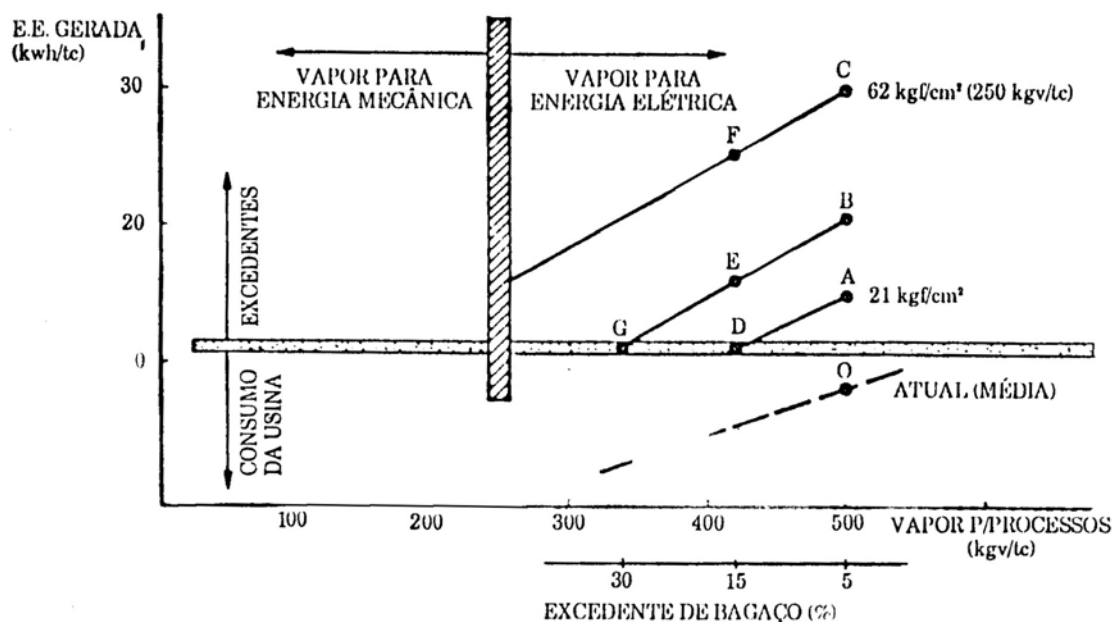
(B) 130 Mw aproveitados (já existentes) e 197 Mw novos. Há ainda uma potência de reserva, já existente, de 49 Mw

(C) 130 Mw aproveitados e 304 Mw novos. Mais reserva de 49 Mw:

(D) 130 Mw aproveitados e 487 Mw novos. Mais reserva de 49 Mw.

Fonte: Divisão Industrial, Centro de Tecnologia Copersucar(1), pág. 1

Gráfico 1
Alternativas técnicas de modernização do sistemas energético das unidades cooperadas



A linha horizontal representa o consumo médio de energia elétrica por tonelada de cana moída (11,3 kWh/TC) observado nas usinas e destilarias cooperadas na safra 1983/84, época do levantamento. A linha vertical representa a divisão do consumo de vapor de alta pressão para finalidade de geração de energia mecânica (acionamento de equipamentos de preparo e moagem de cana) e de geração de energia elétrica. O consumo de vapor de baixa pressão para processos é atualmente de cerca de 500 quilos por tonelada de cana moída. Do vapor gerado a alta pressão, 50% destina-se à energia mecânica e 50% à energia elétrica.

A Tabela 2, a seguir, explicita o significado de cada situação alternativa correspondente aos pontos constantes no Gráfico.

Tabela 2
Situações alternativas de modernização do sistema energético das usinas e destilarias associadas à Copersucar

Situação	Energia elétrica (A)			Excedentes de bagaço (B)
	Aquisição de rede	Auto-suficiência	Geração de excedentes	
0 (Atual)	20%	-	-	5%
A	-	-	35%	5%
B	-	-	85%	5%
C	-	-	165%	5%
D	-	Auto-suficiência	-	18%
E	-	-	40%	18%
F	-	-	125%	18%
G	-	Auto-suficiência	-	30%

(A) Percentuais de aquisição da rede ou de geração de excedentes em relação ao consumo total de energia elétrica da usina/destilaria.

(B) Percentuais de excedentes em relação à produção total de bagaço da unidade produtora.

Fonte: Gráfico 1

Verifica-se que as situações A, B e C têm como objetivo básico a geração de excedentes de energia elétrica, com os excedentes de bagaço sendo mantidos aos níveis atuais. Nas situações D e G objetiva-se a geração de excedentes de bagaço, atingindo-se também a auto-suficiência em energia elétrica.

Nas situações E e F produzem-se conjuntamente excedentes de bagaço e de eletricidade e são caracterizadas por um consumo de 420 quilos de vapor para processos por tonelada de cana moída, nível já atingido por algumas unidades produtoras mais eficientes e q e poderá ser alcançado pelo conjunto das unidades produtoras com a tecnologia disponível e com investimentos moderados.

Vale registrar que os excedentes de energia elétrica tanto poderão ser utilizados em outros empreendimentos ligados a usinas de açúcar e/ou destilarias de álcool quanto comercializados para as concessionárias de eletricidade. Quanto aos excedentes de bagaço apresentados, referem-se basicamente a situações de usinas de açúcar com destilarias anexas, que é o caso das unidades associadas à Copersucar. Nas destilarias autônomas tais excedentes são certamente mais elevados, devido ao menor consumo de vapor para processos.

Vale, também, destacar que a Copersucar está realizando um novo levantamento completo da situação da área energética das cooperadas, visto que houve modificações significativas nos últimos anos. Apesar da evolução ocorrida nessa área, acredita-se que a avaliação econômica com base nas informações disponíveis possa ser útil no sentido de destacar algumas alternativas com maior potencial de viabilização. Tão logo seja completado o novo levantamento, a avaliação econômica poderá ser mais conclusiva.

Metodologia

Para a avaliação da viabilidade econômica privada (empresarial), os produtos gerados e insumos utilizados são valorizados com base nos preços de mercado atuais e projetados. O trabalho utiliza o conceito da Taxa Interna de Retorno (TIR) do investimento, que é definida como sendo a taxa que anula o Valor Presente Líquido do Fluxo de Caixa decorrente do investimento. Ou seja, é a taxa r tal que:

$$\sum_{j=1}^n \frac{R_j - C_j}{(1+r)^j} - I = 0 \quad (1)$$

onde R_j são as receitas nos anos j , C_j as despesas nos anos j e I é o investimento realizado.

Para concluir sobre a viabilidade econômica empresarial do empreendimento, compara-se a T.I.R. com o custo de oportunidade privado do capital, que será admitido, neste trabalho, com equivalente a 12% ao ano do investimento realizado.

As receitas são provenientes da obtenção da auto-suficiência em energia elétrica e da comercialização dos excedentes de bagaço e/ou eletricidade. Destaque-se que os excedentes de eletricidade podem ser utilizados em atividades das próprias unidades produtoras de açúcar e álcool (irrigação, produção de fertilizantes e outras atividades produtivas) ou vendidos para as concessionárias de energia elétrica. No primeiro caso, para fins de avaliação privada, o preço da energia elétrica é idêntico ao que a usina/destilaria pagaria à concessionária. Entretanto, no segundo caso; embora tenha havido evolução na legislação específica, ainda não existem referências confiáveis de preços. Por essa razão, não é possível avaliar, no momento, a sua viabilidade econômica, o que dependerá, basicamente, da política de preços a ser estabelecida.

Para o cálculo da T.I.R., neste trabalho, a energia elétrica excedente será valorizada ao mesmo preço que a unidade produtora pagaria à concessionária (Tarifa Azul A4, horo-sazonal), correspondente, portanto, ao uso próprio da energia. Por outro lado, para se ter uma idéia do preço mínimo que viabilizaria a venda de excedentes, será estimado o custo anual uniforme equivalente do adicional gerado em cada alternativa de modernização considerada. Para tais estimativas, os investimentos são transformados em uma série de valores anuais equivalentes, através da fórmula:

$$C.A.U.E = (I - R) \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2)$$

onde C.A.U.E. é o custo anual uniforme equivalente do investimento; I é o investimento; R é o valor residual do investimento ao final de sua vida útil; i é a taxa de juros anual e n é o número de anos correspondentes à vida útil do empreendimento.

A expressão

$$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (3)$$

é conhecida como fator de recuperação do capital.

A análise é realizada com base nos preços atuais da energia elétrica e do bagaço, o que corresponde a uma hipótese bastante conservadora. No caso da energia elétrica, há uma tendência de crescimento dos preços a médio e longo prazos, devido à elevação dos custos marginais do sistema elétrico. O bagaço, por outro lado, tem o seu preço relacionado ao do óleo combustível, produto que substitui, cuja tendência de preço no médio e longo prazos é também ascendente, devido às expectativas com relação ao mercado internacional de petróleo. Entretanto, é preciso considerar que, como a comercialização do bagaço tem caráter local, devido aos elevados custos de transporte, uma eventual elevação significativa dos excedentes deste subproduto poderá ter implicações de redução de seu preço no curto prazo.

As despesas anuais envolvidas referem-se aos custos de manutenção dos equipamentos e obras civis, adotados como sendo equivalentes a 3% ao ano do valor dos investimentos realizados e ao consumo adicional de 0,57 tonelada de bagaço por Mwh de eletricidade adicional produzida. Não se considerou variações de custos da mão-de-obra operacional, pois são inexpressivas, se existentes.

Com relação aos investimentos realizados, é preciso registrar que a simples manutenção da situação energética atual das unidades cooperadas exigiria um certo nível de investimentos, para substituição de equipamentos que se encontram obsoletos ou em final de vida útil. Assim sendo, para fins de avaliação econômica da geração de excedentes de energia, consideraram-se apenas os

investimentos incrementais em relação aos que seriam feitos para a simples manutenção da situação atual. Para fins de estimativa, adotou-se um valor residual de 25% do investimento, ao final da sua vida útil, prevista em 20 anos.

Finalmente, como são consideradas em análise diversas alternativas de investimento, envolvendo diferentes valores, a comparação entre elas é feita com base no critério do Valor Presente Líquido do Fluxo de Caixa decorrente do investimento. Assim procedendo, é possível destacar alternativas de modernização que sejam mais atrativas, do ponto de vista econômico.

Resultados

Os resultados obtidos da análise são sintetizados na Tabela 3, a seguir.

Tabela 3
Resultados esperados nas situações alternativas de modernização do sistema energético das usinas e destilarias associadas à Copersucar

Situação	Investimento total (A) Cr\$10 ⁶ /maio 90	Taxa interna de retorno (B) % aa.	Valor presente líquido (C) Cr10 ⁶ /maio 90	Acréscimo da produção de energia elétrica (D) 1.000Mwh/ano	Acréscimo de excedentes de bagaço(E) 1.000t/ano
0(atual)	5.620	-	-	-	-
A	12.722	31,6	6.905	580	-
B	21.075	24,5	8.586	1.040	-
C	38.739	21,3	12.251	1.780	-
D	12.357	38,0	9.182	280	2.860
E	15.445	39,7	14.551	640	2.860
F	31.618	24,5	14.547	1.400	2.860
G	16.245	34,8	12.219	280	5.280

(A) Na situação atual, o investimento indicado refere-se à substituição dos equipamentos obsoletos ou em final de vida útil.

(B) Para fins de estimativa da T.I.R., considerou-se o investimento incremental das alternativas de modernização (Investimento total- Cr\$ 5.620 x 106).

(C) Valor presente líquido estimado do fluxo de caixa decorrente do Investimento incremental, utilizando a taxa de desconto de 12 k ao ano (custo de oportunidade do capital).

(D) Inclui 280 mil Mwh/ano para se alcançar a auto-suficiência.

(E) Bagaço a 50,P de umidade.

Verifica-se que em todas as alternativas de modernização analisadas, considerando-se o conjunto das unidades associadas à Copersucar, as taxas internas de retorno situaram-se em níveis significativamente superiores a 12% ao ano, indicando claramente viabilidade econômica dos investimentos, do ponto de vista empresarial. Observa-se também que as alternativas que implicam menores investimentos e, portanto, volumes menores de excedentes de energia, proporcionam as maiores taxas de retorno.

Por outro lado, de um ponto de vista global, as alternativas correspondentes aos níveis mais elevados de investimentos e maiores excedentes de energia apresentam maior valor presente líquido estimado de seus fluxos de caixa incrementais, em relação à situação atual. Isto significa que, de uma forma geral, os investimentos adicionais nas alternativas de elevados excedentes de energia relativamente às alternativas de excedentes mais reduzidos apresentam taxas de retorno superiores ao custo de oportunidade do capital admitido (12% a.a.), sinalizando que a geração de elevados níveis de excedentes é atrativa do ponto de vista econômico.

Cabe chamar a atenção para a situação correspondente ao ponto E do Gráfico 1 e das Tabelas 2 e 3. Este cenário de modernização é o que apresenta a maior taxa interna de retorno do investimento e é também o que apresenta o maior valor presente líquido do fluxo de caixa incremental em relação à situação atual, embora o volume de investimento seja reduzido quando comparado à maioria das demais alternativas. Constitui-se em uma situação em que se obtém conjuntamente excedentes de energia elétrica e de bagaço. Os excedentes de energia elétrica são obtidos devido à substituição das caldeiras obsoletas e/ou de pressão inferior a 21 kgf/cm² por outras de 62 kgf/cm² (alta pressão) e às substituições e adições necessárias ao parque de turbogeradores. Os adicionais de bagaço são obtidos devido à redução do consumo de vapor de processos de 500 quilos para 420 quilos por tonelada de cana, o que pode ser alcançado com investimentos moderados e utilizando tecnologia amplamente dominada.

Com relação aos cenários de modernização que implicam excedentes de energia elétrica em relação às necessidades de consumo da indústria sucroalcooleira, vale lembrar que a avaliação econômica realizada tem validade apenas para os casos em que o excedente de eletricidade é utilizado em atividades complementares ao empreendimento, como irrigação e produção de fertilizantes, ou, ainda, em outras atividades do grupo empresarial, que sejam consumidoras intensivas de energia elétrica. Os resultados econômicos a serem alcançados no caso da comercialização dos excedentes às concessionárias de energia elétrica dependerão fundamentalmente dos preços que vierem a ser estabelecidos para a eletricidade gerada por autoprodutores. Como referência, vale registrar que os investimentos médios necessários para a instalação de um quilowatt de potência adicional nas unidades cooperadas, de acordo com as estimativas deste trabalho, variam de Cr\$ 44 mil a Cr\$ 57 mil (maio/90), correspondentes a uma faixa de cerca de US\$ 850,00 a US\$ 1.100,00, com base na taxa média mensal de câmbio flutuante, quando se toma como referência as alternativas de modernização que se destinam à geração de eletricidade excedente (pontos A, B e C do Gráfico 1 e das Tabelas 2 e 3). Por outro lado, nestes mesmos cenários o custo anual uniforme equivalente de um Mwh adicional gerado é estimado na faixa de US\$ 43,00 a US\$ 63,00.

Finalmente, vale registrar que a análise realizada refere-se ao conjunto das unidades cooperadas. Como a situação atual na área energética pode diferir significativamente de uma empresa para outra, recomenda-se que cada caso seja analisado através de um projeto específico. Além disto, a opção entre excedentes de energia elétrica ou de bagaço poderá ser muito influenciada pela localização da unidade produtora.

Conclusões

A análise realizada, com base em levantamento da situação energética de todas as usinas de açúcar e destilarias de álcool associadas à Copersucar, na safra 1983/84, conclui pela viabilidade econômica, do ponto de vista empresarial, dos investimentos para a modernização da área energética destas unidades, visando a auto-suficiência em energia elétrica e a geração de excedentes de bagaço e/ou de energia elétrica.

Com relação aos excedentes de energia elétrica, há que se distinguir duas situações. Nos casos em que sejam utilizados em outras atividades ligadas ao próprio grupo empresarial (situação que serviu de base para as avaliações realizadas), como irrigação, produção de fertilizantes e indústrias de consumo intensivo de eletricidade, não há dúvidas quanto a sua viabilidade econômica. Entretanto, quando se trata da comercialização dos excedentes para as concessionárias de energia elétrica, a viabilidade econômica dependerá fundamentalmente dos preços a serem estabelecidos para a eletricidade de autoprodutores. Tem havido recentemente significativos avanços na legislação que disciplina esta matéria, mas até o momento ainda persistem indefinições, que deverão ser solucionadas se se pretende uma contribuição significativa do setor privado na oferta de eletricidade no Brasil.

De todas as alternativas de modernização analisadas, a que se mostrou mais vantajosa, do ponto de vista econômico, foi a que consiste em substituir as caldeiras obsoletas e de pressão inferior a 21 kgf/cm² por outras de 62 kgf/cm² (alta pressão), com as respectivas substituições e complementações necessárias ao parque de turbogeradores e em implantar, conjuntamente, equipamentos (trocadores de calor, sangria de evaporadores, colunas de destilação de baixo consumo de vapor, etc.) que possibilitem a redução do consumo de vapor de baixa pressão para processos de 500 quilos para 420 quilos por tonelada de cana moída. Esta alternativa, se implantada em todas as unidades associadas à Copersucar, possibilitaria uma produção adicional de 640 mil Mwh anuais de energia elétrica, dos quais 280 mil Mwh anuais se destinariam à auto-suficiência e os restantes 360 mil Mwh seriam excedentes, sendo obtido, também, um adicional de excedentes de bagaço estimado em 2,9 milhões de toneladas anuais, correspondentes energeticamente a cerca de 500 mil toneladas anuais de óleo combustível (cerca de 10% do consumo anual do Estado de São Paulo).

Vale registrar que a análise realizada refere-se ao conjunto das unidades cooperadas. Como a situação atual na área energética pode diferir significativamente de uma empresa para outra, recomenda-se que cada caso seja analisado através de um projeto específico. Além disso, a opção entre excedentes de energia elétrica ou de bagaço poderá ser muito influenciada pela localização da unidade produtora.

O Centro de Tecnologia da Copersucar está atualmente realizando um novo levantamento da situação da área energética das unidades cooperadas, pois houve modificações significativas nos últimos anos. Apesar da evolução ocorrida na área, acredita-se que a avaliação econômica com base nas informações disponíveis possa ser útil no sentido de destacar algumas alternativas com maior

potencial de viabilização. Tão logo seja completado o novo levantamento, a avaliação econômica poderá ser mais conclusiva.

Agradecimentos

O autor agradece a valiosa colaboração dos Engenheiros Luís Rodrigues, da Área Central de Planejamento e Economia, e Isaías de Carvalho Macedo, da Gerência Central de Tecnologia Industrial, do Centro de Tecnologia Copersucar, que tornaram possível a elaboração da presente análise. O conteúdo e conclusões do trabalho são de responsabilidade exclusiva do autor.

Bibliografia

1. Divisão Industrial, Centro de Tecnologia Copersucar (setembro 1986), "Análise Preliminar da Cogeração de Energia nas Usinas Cooperadas".
2. Área Central de Planejamento e Economia, Copersucar (dezembro 1987), "Geração de Excedentes de Energia Elétrica e/ou Bagaço nas Usinas Cooperadas. Avaliação Econômica Preliminar".

Abstract

Due to the rise in the prices of energy products, starting at the time of the first shock in international oil prices in 1973, sugar mills and alcohol distilleries began to show a growing interest in reaching their energy self sufficiency, and possibly generating energy surpluses. Today Copersucar's associated units purchase about 20% of their electric power needs, producing bagass surpluses in amounts corresponding to about 5% of total bagass output. This paper aims to analyse, from a private enterprise point-of view, the economic feasibility of the sugar cane agroindustry in generating electric energy surpluses and also in producing larger quantities of excess bagass. The results obtained are highly encouraging, clearly indicating that it can be economically feasible.