

ESTUDO ALTERNATIVO DA CANA DE AÇÚCAR COMO RECURSO ALIMENTAR E ENERGÉTICO - UM MODELO INTEGRADO

Juan Mario Gamarra Caballero

Electo Silva Lora

Luiz Augusto Horta Nogueira

Núcleo de Estudos em Sistemas Térmicos – NEST - Departamento de Engenharia Mecânica - DEM
Escola Federal de Engenharia de Itajubá – EFEI - Itajubá - MG – Brasil

João José Assumpção de Abreu Demarchi

Centro de Nutrição e Alimentação Animal - Instituto de Zootecnia / Secretaria de Agricultura e Abastecimento - Nova Odessa – SP – Brasil

Abstract

This article shows and compares the economical feasibility of sugar mills diversification in Brazil for 3 types of cogeneration technologies: backpressure turbines (TCP), two extractions condensation turbines (TCE) and bagasse gasification with gas turbines combined cycles (BIG GT). A fraction of the bagasse used to the electric cogeneration is by-passed and hidrolysed for confined cattle food production. This ready ration is sold to cattle breeder during the time of the crop that coincides with dry season when cattle food shortage is usual. This allowed to obtain larger specific profits for ton of milled cane per year. These specific profits are still more significant in diversified mills with two extractions condensation turbines operating with 60 kgf/cm² steam pressure as current technological alternative. Future technological perspectives of diversification using bagasse gasification and gas turbine combined cycles (BIG GT) are presented with a potential annual profit higher than for all the previous ones.

Key Words: Sugarcane Industry, Food, Electric Energy, Diversification.

1- INTRODUÇÃO

O setor açucareiro atravessa uma profunda crise como consequência das políticas protecionistas de alguns países e blocos comerciais, a que se intensifica pela aparição de novos produtos de laboratório, capazes de substituir o açúcar (adoçantes). Este fato se reflete claramente na queda contínua dos preços de venda do açúcar. Tudo isto indica que existe a necessidade de diversificar a gama de produtos do setor mediante a implementação de sistemas alternativos para a produção de energia e combustíveis, a produção de alimento animal e de outros derivados. Estes mostram vantagens comerciais e estratégicas que devem ser avaliadas em diferentes contextos macro-econômicos.

A indústria açucareira diversificada é definida como um sistema flexível, capaz de reagir, variando a correlação entre os volumes fabricados de cada produto, a fim de operar sempre em faixas de lucro máximo.

Uma central açucareira diversificada permite um melhor aproveitamento dos resíduos da agroindústria. Por um lado, o bagaço é valorizado quando utilizam-se tecnologias para incrementar a geração de energia elétrica a um custo ambiental baixo. Por outro, os brotos, os extremos e folhas podem ser utilizados como alimento para bovinos, assim como outros preparados a partir do bagaço hidrolizado.

Um antecedente importante em estudo de diversificação foi o projeto “*La diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar en América Latina y el Caribe*” (GEPLACEA/PNUD/RLA/86/011), continuando válida a afirmação de que a diversificação é: “... fundamentalmente, uma estratégia de desenvolvimento do setor canavieiro...” (GEPLACEA, 1991).

Os dados utilizados nos cálculos foram facilitados pela central açucareira Monte Alegre, o Centro de Tecnología COPERSUCAR, outras usinas localizadas no interior do Estado de São Paulo e tomadas referências bibliográficas recentes.

A análise apresentada das vantagens econômicas da diversificação foi estruturado da seguinte maneira:

1. Avaliação dos lucros por atividades separadas, incluindo a produção de açúcar, álcool, a geração de eletricidade e a venda de ração pronta para a engorda do gado.

2. Avaliação integral de uma usina diversificada capaz de produzir açúcar, melão e álcool, gerando grandes quantidades de energia elétrica e produzindo ração para bovinos. Esta avaliação não compreende a substituição de um produto por outro. Além disso, no caso da geração de eletricidade fora da época da safra considerou-se o uso de Eucalipto como combustível alternativo comprado pela usina, preservando os combustíveis da época da safra, para um uso eventual como alimento animal ou para a proteção dos solos.

3. Comparação de indicadores econômicos de distintas alternativas de diversificação com uma usina típica (não diversificada).

O objetivo proposto é o de quantificar vantagens econômicas da diversificação no contexto econômico brasileiro para uma usina de 150 tc/h. Os resultados, ilustrados graficamente, são referidos as toneladas de cana moída, levando em conta os preços e custos operativos e os investimentos iniciais, sendo assim, mais gerais.

2- AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE AÇÚCAR E ÁLCOOL.

São mostrados a seguir nas tabelas 1 e 2 detalhes dos custos, despesas e lucros de uma usina (produzindo a uma taxa de 0,12 t de açúcar/tc; 0,07 m³ de álcool/tc e 0,028 t de melão/tc). Por fabricarem vários tipos de açúcar, e o preço do mesmo variar durante o ano, os cálculos foram realizados com o valor médio do custo deste produto. Neste caso, o custo é de 0,177 US\$/kg produzido segundo dados da última safra em 98/99. Para o álcool tem-se um custo médio de 278 US\$/m³.

Tabela 1 – Custos médios de produção e comercialização do açúcar.

PRODUÇÃO DE AÇÚCAR				
SAFRA	94/95	95/96	96/97	98/99
Custo da cana ^(a)	5,85	8,17	8,47	6,28
Transformação industrial ^(b)	3,12	2,72	2,50	1,77
Transformação comercial	1,33	1,73	1,24	0,80
Total, US\$/(saca de 50 kg)	10,30	12,62	12,21	8,85
Total, US\$/kg	0,206	0,252	0,244	0,177
COMERCIALIZAÇÃO DO AÇÚCAR				
Preço de venda, US\$/kg	0,280	0,276	0,258	0,192
Custos totais ^(c) , US\$/kg	0,206	0,252	0,244	0,177
Lucro total líquido, US\$/kg	0,074	0,024	0,014	0,015

- Os valores de custo da cana incluem os custos da cultura e colheita.
- Referem-se a todos os processos industriais como a recepção e preparo da cana, extração e preparo do caldo, evaporação, cozimento, centrifugação e secagem.
- São calculados para uma média de custos de 4 tipos de açúcar fabricadas.

Os preços de venda também mostram variações mensais impostas pelo mercado consumidor, o que brinda uma média anual de preço de venda para o açúcar de 0,192 US\$/kg e de 289 US\$/m³ para o álcool segundo referências da última safra.

Tabela 2 – Custos médios de produção e comercialização do álcool.

PRODUÇÃO DE ÁLCOOL				
SAFRA	94/95	95/96	96/97	98/99
Custo da cana	159,57	252,92	271,96	206,69
Transformação industrial	102,97	97,85	90,44	70,42
Transformação comercial	3,57	4,37	8,46	1,69
Total, US\$/m ³	266,11	355,14	370,86	278,88
COMERCIALIZAÇÃO DO ÁLCOOL				
Preço de venda, US\$/m ³	420,00	415,00	388,00	289,00
Lucro líquido, US\$/m ³	154,89	58,86	17,14	10,12

Na figura 1 apresenta-se um análise de sensibilidade dos lucros líquidos com relação aos preços de comercialização do açúcar e do álcool, mantendo constantes os custos médios de produção.

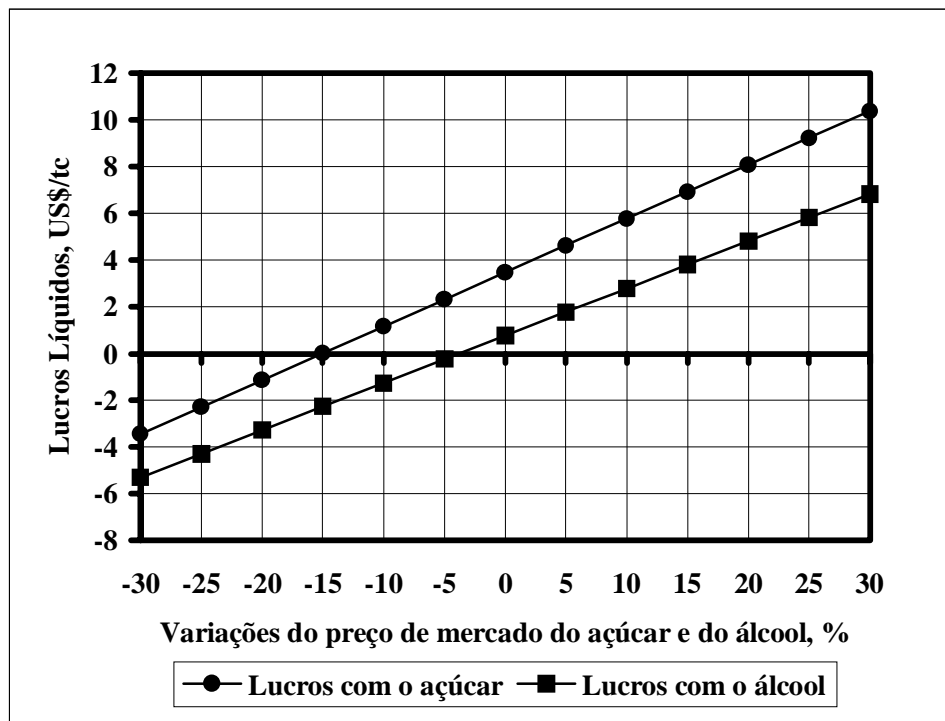


Figura 1 - Análise de sensibilidade dos preços de mercado do açúcar e do álcool sobre os lucros líquidos pela venda de cada produto

É interessante indicar que para o contexto econômico analisado, os lucros pela comercialização do açúcar são menos sensíveis a variação dos preços de mercado que as correspondentes para o álcool. Nos cálculos dos lucros por conceito de venda de açúcar está incluído também a componente correspondente à venda do melaço (vendida a 60 US\$/t, GEPLACEA, 1991).

Outro enfoque consiste em definir o limite de lucros iguais e áreas de conveniência durante a comercialização de açúcar e álcool (Figura 2). Com ajuda desta figura podem-se definir os volumes de produção de cada um destes produtos para determinadas condições de preços de mercado.

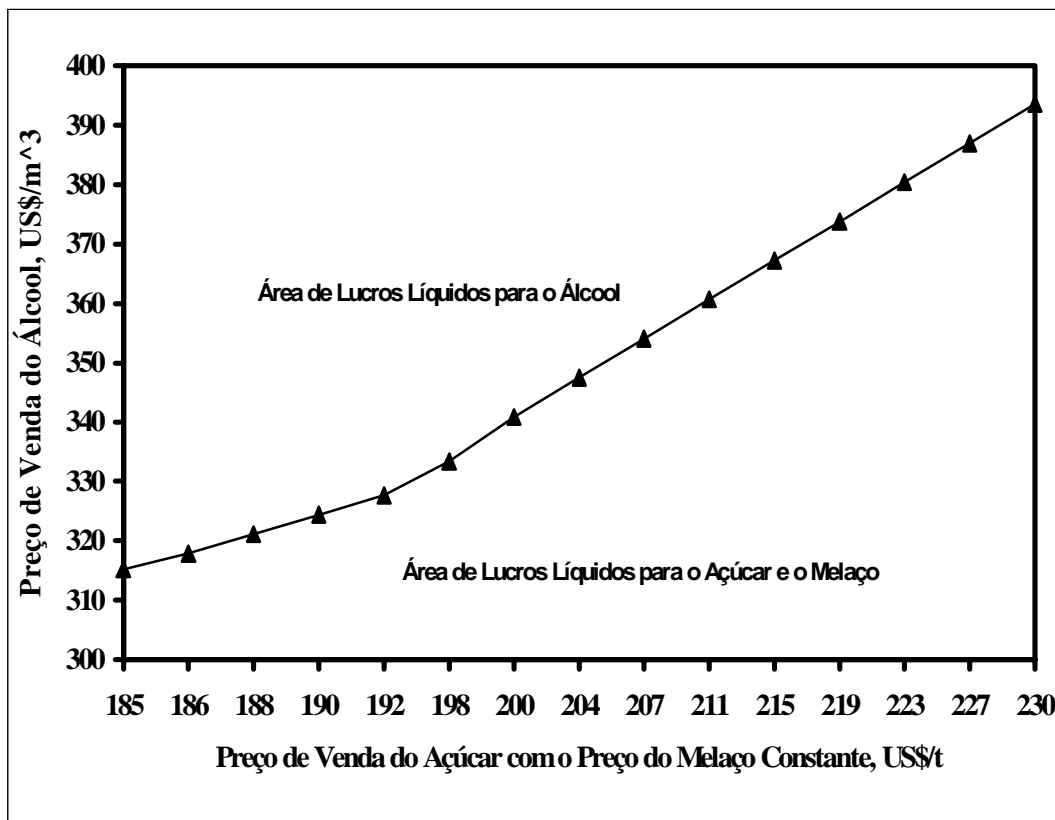


Figura 2 - Linha de lucros iguais e áreas de conveniência durante a comercialização de açúcar e álcool.

3- AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE A PARTIR DE DIFERENTES TECNOLOGIAS.

No caso particular do Brasil, com o objetivo de revitalizar o programa PROALCOOL e de contribuir a satisfazer a crescente demanda de eletricidade, recentemente foram definidos novos preços de compra para a eletricidade gerada a partir do bagaço por parte do setor elétrico. O novo preço alcança o valor de 44,90 US\$/MWh (ANEEL, 1999).

Para a análise dos lucros líquidos que se obteriam por conceito de geração de eletricidade foram compreendidas, além da existente para a usina tomada como base,

outras quatro alternativas tecnológicas (Tabela 3). A alternativa A representa o sistema de cogeração com turbina de contrapressão atualmente instalado na usina. As alternativas B, C e D compreendem uma nova planta de cogeração a partir da instalação de caldeiras com diferentes parâmetros de vapor e uma turbina de extração condensação. Finalmente, na alternativa E se inclui a instalação de uma planta com gaseificação integrada de biomassa e turbina a gás (BIG GT) como uma variante de elevada eficiência energética.

Tabela 3 Alternativas para o Análise de Lucros Líquidos por Geração de Eletricidade.

ALTERNATIVA	A	B	C	D	E
Tecnologia ^(a)	TCP	TEC-42	TEC-60	TEC-80	BIG GT
Pressão do vapor ^(b) , MPa	2,1	4,2	6,0	8,0	8,0
Temperatura do vapor, °C	300	450	450	450	500
Capacidade da moenda, tc/h	150	150	150	150	150
Vapor para processo, kgv/tc	500	300	300	300	300
Duração (safra), h/ano	4032	4032	4032	4032	4032
Duração (fora de safra), h/ano	-	2880	2880	2880	2880
Combustível em safra ^(c)	Bagaço	Bagaço	Bagaço	Bagaço	Bagaço
Combustível fora de safra ^(d)	-	Eucalip.	Eucalip.	Eucalip.	Eucalip.
Custos de investimento ^(e) , US\$/kW	797	664	735	866	1700
Vida útil, anos	25	25	25	25	25
Taxa de juros	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Potência disponível instalada, MW	5,4	14,9	16,0	16,8	29,2
Potência excedente em safra, MW	0,9	10,6	11,9	12,6	24,3
Custo de geração ^(f) , US\$/MWh	23,0	40,4	40,0	42,2	27

- a) TCP (Turbina de Contrapressão), TEC (Turbina de Extração Condensação), BIG GT (do inglês Biomass Integrated Gasifier Gas Turbine).
- b) Para o caso da alternativa BIG GT os valores dos parâmetros do vapor se referem a uma caldeira de recuperação de calor.
- c) Em todos os casos se considerou que o bagaço era o único combustível a ser consumido. Seu custo, adotado como "0" (zero) US\$/t, foi dado levando em conta sua disponibilidade como resíduo. Além disso, todo o custo do investimento realizado descontou-se unicamente na eletricidade entregue para a rede de distribuição.
- d) O Eucalipto foi considerado como o único combustível a ser empregado fora da época da safra. O preço deste combustível foi tomado sobre o valor de 2,3 US\$/GJ (detalhes em Carpio, et al., 1999), considerando que a usina compra esta biomassa.
- e) No caso das tecnologias TEC o custo específico foi calculado a partir de uma estimativa, com dados de fabricantes, do custo de investimento que leva em consideração os custos adicionais pela redução de consumo de vapor para processo (detalhes em Carpio, et al., 1999) neste tipo de planta. A potência considerada foi correspondente a época de não safra. No caso da tecnologia BIG GT parte-se do critério de que esta se encontra em fase comercial (Northern Sates Power, 1995).
- f) O custo de geração é um custo médio e foi calculado considerando o uso dos dois combustíveis e a quantidade total de eletricidade gerada no ano.

Na figura 3 se ressalta a importância econômica que tem a implementação de tecnologias avançadas de geração de eletricidade no setor açucareiro. Destacando, no entanto, que para a capacidade de moenda que se teve em conta durante os cálculos, não se aprecia uma vantagem substancial ao passar de 4,2 a 6,0 e 8,0 MPa de pressão de operação nas caldeiras. Considerando os volumes de investimento e as quantidades de energia elétrica excedentes, a variante com 6,0 MPa de pressão resulta ser a mais conveniente no momento da seleção desta tecnologia (detalhes em Carpio, et al., 1999).

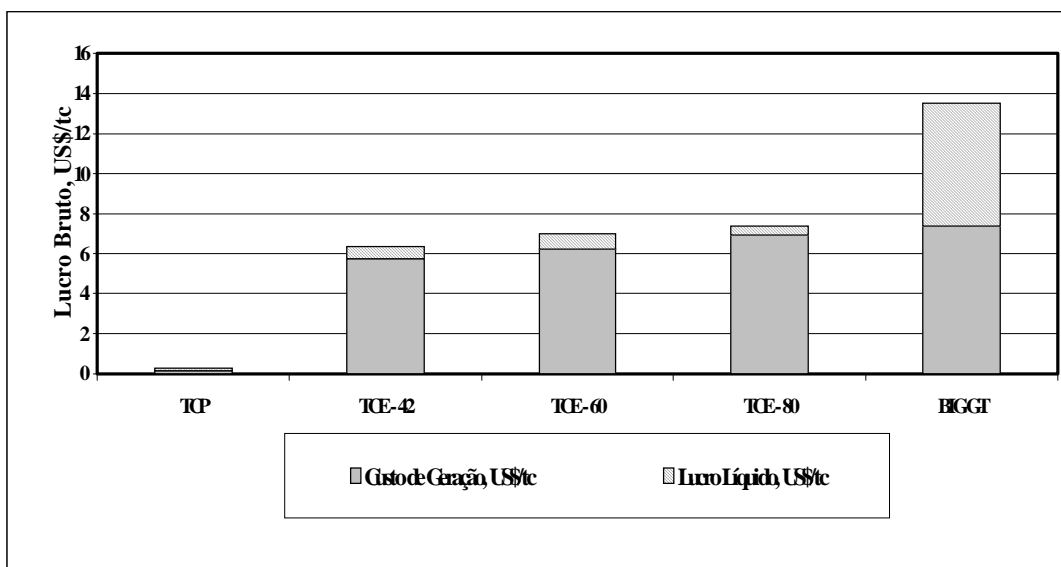


Figura 3 - Lucro bruto e líquido por tonelada de cana moída para diferentes tecnologias de cogeração para um preço de venda da eletricidade de 44,9 US\$/MWh.

Um aspecto interessante é o significado de implementar tecnologias cada vez mais eficientes. Assim, vemos que com a tecnologia BIG GT, caracterizada por um custo de investimento mais alto e por tanto, por um custo maior de geração da eletricidade (referido as toneladas de cana moídas), pode-se obter um lucro líquido maior.

4- AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE DERIVADOS E RESÍDUOS DA INDÚSTRIA AÇUCARERA COMO ALIMENTO PARA BOVINOS

Para realizar os cálculos que geraram as tabelas 4 e 5 a continuação considerou-se o seguinte:

- No Brasil o período da seca, aonde se vê uma grande escassez de grãos e forragens, coincide com o período de safra. Este fato possibilita a venda de uma ração pronta a base de bagaço hidrolisado produzida pela própria usina, com a qual o criador consegue ganhos de peso diário por boi de 1 kg ou mais, pagando um preço muito mais acessível que comprando as forragens comuns durante esse período do ano.
- Com esta ração o criador consegue um bom acabamento em novilhos de 300 kg de peso vivo, atingindo o peso ideal de abate em aproximadamente 130 a 150 dias.

- A ração pronta para bovinos é uma ração que possui 60% de volumoso e 40% de concentrado aproximadamente. O consumo médio desta ração é de 25 kg/boi· dia.
- A ração pronta utilizada para o engorde em confinamento é uma ração composta por 55% de bagaço hidrolisado, 5% de levadura torula, 5% de melaço, 8% de milho moído, 24% de polpa cítrica peletizada, 2,5% de farelo de soja e 0,5% de calcário calcítico.(CTC, 1999).

Tabela 4- Dados referente a venda de ração pronta para bovinos em confinamento na fase de acabamento no período da safra.

DADOS	VALOR
Ganho de peso diário por novilho com a ração pronta ^(a) , kg/dia	1,10
Preço de venda da ração pronta para bovinos ^(b) , US\$/t	52,70
Quantidade diária de bagaço hidrolisado para fazer a ração ^(c) , t/dia	76,00
Duração estimada da safra, dias/ano	210,00
Quantidade diária de ração a ser produzida para a venda ^(a,e) , t/dia	138,18
Custos aproximados da ração ^(d) , US\$/t	23,37
Custos da ração em função da cana moída, US\$/tc	0,90

- A base de bagaço hidrolisado e polpa cítrica, CTC 1999.
- Fonte, usinas diversificadas no Estado de São Paulo (2000).
- Bagaço hidrolisado requerido para completar os 55% de matéria original da ração pronta para bovinos em confinamento à ser vendida.
- Incluindo o preço dos ingredientes constituintes da ração na época de safra. Os custos com mão de obra, a compra de 1 autoclave e 2 misturadores para preparar a ração CTC, 1999, são descarregados no custo do bagaço hidrolisado.
- Restringido pela capacidade de um autoclave capaz de hidrolisar 76000 kg de bagaço/dia trabalhando 20 horas/dia, CTC, 1999.

Tabela 5 – Resultados da avaliação econômica da venda de ração pronta para gado em confinamento na fase de acabamento a base de bagaço hidrolisado, melaço e levadura como resíduos da agroindústria canavieira no período da safra.

RESULTADOS	VALOR
Lucro bruto pela venda de ração pronta ^(a) , US\$/t	52,70
Lucro bruto total pela quantidade de ração vendida, US\$/tc	2,02
Lucro líquido pela venda da ração para bovinos, US\$/t	29,33
Lucro líquido total na venda de ração pronta, US\$/safra	851.018,00
Lucro líquido total ^(b) , US\$/tc	1,12

- Fonte usinas diversificadas do Estado de São Paulo (2000).
- Para 23.184 toneladas de ração pronta para bovinos vendidas por ano.

Os dados referente aos custos específicos e ganhos em peso dos animais com esta ração pronta aparecem na tabela 4. A avaliação econômica desta proposta (tabela 5) mostra um ganho líquido total de 1,12 US\$/tc.

5 – ESTUDOS DE DIVERSIFICAÇÃO

Um resumo dos resultados dos cálculos econômicos para os produtos: Venda de ração para bovinos, açúcar, melão e álcool apresenta-se na tabela 6. Como se observa os lucros líquidos específicos correspondentes a venda de ração e ao álcool são pequenos comparados com os correspondentes ao açúcar e melão.

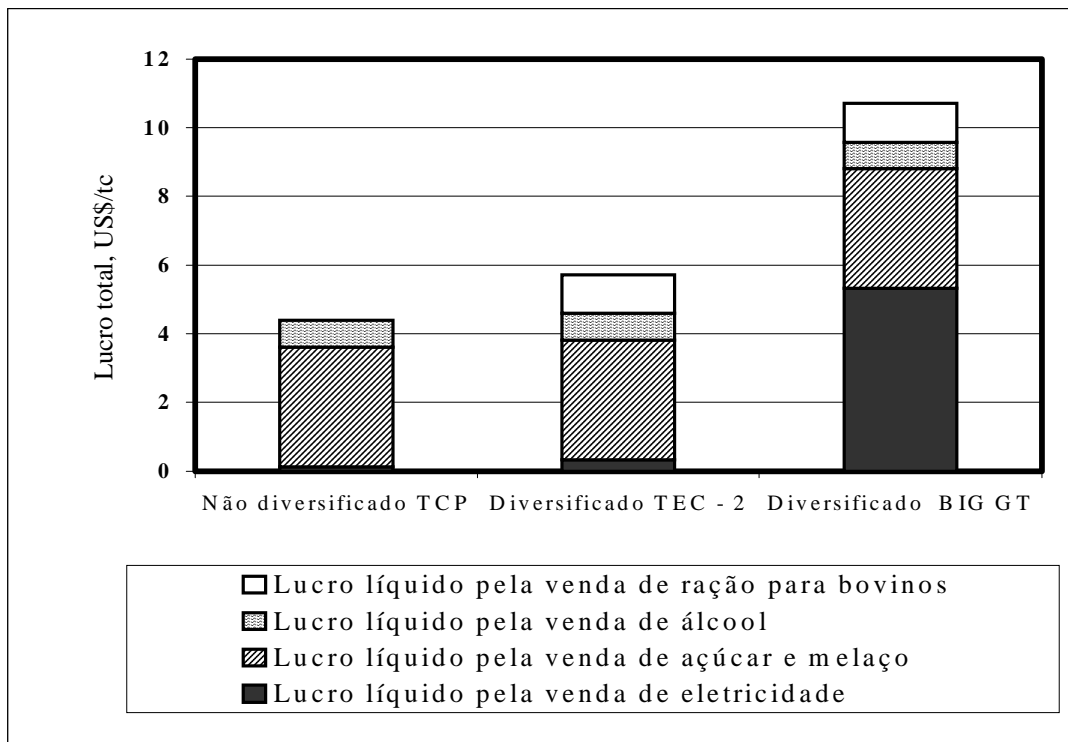


Figura 4- Lucro líquido total para a usina antes da diversificação e depois de diversificado incluindo os diferentes tipos de obtenção de lucros.

Os lucros, produto da venda de eletricidade excedente, caíram devido ao desvio de parte do bagaço utilizado como combustível na geração de eletricidade, para a produção de ração pronta para bovinos, porém, aparecem aumentos nos lucros totais da usina, que é vantajoso (figura 4). No entanto, devemos salientar que para a alternativa com turbina de extração condensação, ainda com parâmetros elevados de vapor, o açúcar continua sendo o produto que proporciona maiores lucros. Agora, a alternativa com a implementação de um sistema BIG GT se caracteriza porque a eletricidade passa a ser o produto comercialmente mais importante.

Tabela 6 Resultados dos cálculos econômicos para os diferentes produtos na central açucareira diversificada.

	VENDA DE RAÇÃO	AÇÚCAR E MELÃO	ÁLCOOL
Custo de produção, US\$/tc	0,90	21,24	19,46
Lucro bruto, US\$/tc	2,02	24,72	20,23
Lucro líquido, US\$/tc	1,12	3,48	0,77

Finalmente, vemos que para o contexto econômico brasileiro a diversificação se justifica economicamente e poderia, em princípio, aumentar consideravelmente os lucros líquidos específicos de uma central açucareira convencional. Para chegar a materializar este objetivo deverão ser alcançados novos paradigmas tecnológicos relacionados com a disponibilidade comercial das tecnologias BIG GT. Aqui a colaboração internacional deve cumprir um papel fundamental a fim de resolver os problemas técnicos e financeiros que freiam a implementação comercial desta tecnologia.

6- CONCLUSÕES

A opção pela diversificação produtiva na indústria açucareira conduz, ao aumento substancial dos lucros líquidos específicos em determinados contextos.

A cogeração com altos parâmetros de vapor constitui de imediato uma alternativa real de diversificação. E, Num futuro mais distante a tecnologia BIG GT aponta a ser a mais atrativa.

7- AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Eng^o. Luis Fernando P. Alves, Gerente Industrial da Usina Monte Alegre, ao Dr. Manoel Regis Lima Verde Leal do CTC COPERSUCAR, ao Eng^o. Alvaro Zapata da CIPAV (Colombia) pelo fornecimento dos dados que fizeram possível este trabalho. Nossos agradecimentos também a CAPES pelas bolsas de estudo concedidas.

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alvarez F.J.F., “Experiencia con la caña de azúcar integral en la alimentación animal en México”, p.72-81, in “La caña de azúcar como pienso”, Estudio FAO Producción y Sanidad Animal 72, Editores: Sansoucy, R., Aarts, G., Preston, T.R., Roma, 1988.
2. Alves, L.F.P. - Gerente Industrial da Usina “Monte Alegre” situado em Minas Gerais, Comunicação pessoal, Julho de 1999.
3. ANEEL, “ANEEL fixa tarifa de geração”, Brasil Energia, No. 226, Setembro, p. 88, 1999.
4. Carpio, R.C., Teixeira, F.N., Bessa, F., Silva, E.L., “Avaliação termodinâmica de sistemas de cogeração em usinas de açúcar”, Trabalho a ser apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica - COBEM, Novembro, 1999.
5. CTC, “Informativo Técnico da Cooperativa de Produtores de Cana e Alcool do Estado de São Paulo Ltda”. – COPERSUCAR, 24 de Setembro de 1999.
6. GEPLACEA, “La diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar en América Latina y el Caribe”, 1991.
7. Hall, D.O., Rosillo-Calle, F., Williams, R.H., Woods, J., “Biomass for energy: supply prospects”, pp. 593-651, in Renewable Energy: Sources for Fuel and

Electricity, Edited by Johansson, Kelly, H., Reddy, A.K.N., Williams, R.H., Island Press, 1993.

8. Hassuani, S.J., Comunicação pessoal, Seção de projetos mecânicos agrícolas de COPERSUCAR, 1999.
9. Northern States Power, “Economic Development Through Biomass System Integration, sustainable energy production”, Prepared for The United States Department of Energy under DOE Subcontract AAC-4-13326-02, 1995.
10. Silva, E.L., do Nascimento, M.A.R., Ponce, F. R., “BIG – GT and CEST Technologies for sugar cane mill thermodynamic and economic assessment”, Trabalho a ser apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica - COBEM, Novembro, 1999.
11. Suplemento Agrícola do journal “O Estado de São Paulo”, 27/09/99.