

## A COGERAÇÃO NO SETOR SUCROALCOOLEIRO – USINAS DE MÉDIO PORTE

**Maria Cristina Pellegrini** – e-mail: [epg@cesp.com.br](mailto:epg@cesp.com.br)

CESP/IEE-USP Cia. Energética de São Paulo Rua da Consolação, 1875, 11º  
01301-100 - São Paulo, SP, Brasil

**Dorel Soares Ramos** – e-mail: [dorelram@pea.usp.br](mailto:dorelram@pea.usp.br)

Escola Politécnica da USP  
Rua José Rubens, 212 Previdência  
05515-000 - São Paulo, SP, Brasil

**Silas Vieira** – e-mail: [vieirsla@usp.br](mailto:vieirsla@usp.br)

CGEEP/EPUSP

Cia. de Geração de Energia Elétrica Paranapanema  
Av. das Nações Unidas, 12901, 31º  
04578-000 – São Paulo, SP, Brasil

**Resumo.** *O presente trabalho tem como objetivo analisar a repotenciação de usinas sucroalcooleiras de médio porte, localizadas na região Sudeste do Estado de São Paulo. Através de um estudo de caso que levou em consideração uma unidade padrão que processa dez mil toneladas de cana por dia, foram feitas simulações de plantas de cogeração quando integradas ao Sistema Interligado Brasileiro, utilizando-se um modelo computacional denominado Modelo de Despacho Hidrotérmico - MODDHT, cujos resultados são utilizados para balizar o processo decisório da expansão da oferta de energia elétrica. Como resultado destas simulações, foi possível chegar aos padrões de despacho expressos por um fator de capacidade médio de 89% (isto é, operação a plena carga durante 89% do tempo, quando o sistema é despachado de forma ótima), demonstrando, portanto, a significativa participação que estas usinas poderão ter dentro do contexto energético. Uma breve discussão sobre o valor da tarifa elétrica e tempos de retorno do capital investido é apresentada ao fim deste trabalho, procurando desta forma, enfatizar a atratividade deste tipo de empreendimento.*

**Palavras-chave:** Cogeração, Planejamento energético, Setor sucroalcooleiro

### 1. INTRODUÇÃO

A introdução da cogeração nos atuais sistemas de produção significa um novo negócio para a iniciativa privada e uma das alternativas possíveis para garantir o atendimento da demanda crescente de energia para os próximos anos. Mesmo considerando os cenários mais conservadores, a tendência crescente no consumo provocará a necessidade de expansão vigorosa da capacidade de produção instalada. (Pellegrini, 1999)

Usando a terminologia do setor elétrico, a indústria que possui em suas instalações equipamentos de cogeração, pode ser classificada como um Autoprodutor – AP, ou um Produtor Independente de Energia – PIE, agentes estes regulamentados através das Portarias do DNAEE n° 246 de 26/12/88 e n°s 94 e 95 de 13/06/89 e, posteriormente, pelo Decreto 2003 de 10/06/96.

A cogeração é uma tecnologia de geração simultânea de potência térmica (vapor) e de potência mecânica (que pode ser transformada em energia elétrica). O combustível usado pelo cogerador tanto pode ser convencional - gás, óleo combustível, carvão, quanto um resíduo agroindustrial - cavacos de madeira, bagaço de cana, palha de arroz, etc. (Pellegrini,1999)

A dimensão do equipamento de cogeração é medida pelas necessidades de vapor do processo produtivo. Como é economicamente inviável o transporte do vapor a grandes distâncias e para aumentar a eficiência do ciclo de energia do sistema, prevê-se a instalação da fonte cogeradora próxima aos usuários, ou fazendo parte de indústrias cujas atividades gerem como excedentes, produtos que apresentam características combustíveis.

O cogerador, portanto, pode ser definido por duas situações distintas:

a. Cogerador com excesso de energia elétrica - neste caso, ele terá condições de comercializar a eletricidade excedente através de:

- Venda direta – o cogerador vende diretamente a outros consumidores.
- Venda à Concessionária – o cogerador vende para empresas de serviço público.
- Venda através de um comercializador – o cogerador vende para consumidores através de um agente comercializador.

b. Cogerador que supre, no todo ou em parte, suas necessidades – neste caso o cogerador provavelmente complementa as suas necessidades de energia elétrica comprando da concessionária, de produtor independente ou de outro cogerador. (Pellegrini, 1999)

Para atender à comercialização da oferta de energia viabilizada por Autoprodutores e Produtores Independentes de Energia, foram adotadas políticas de incentivo para uma melhor ocupação da transmissão existente, assegurando o livre acesso à rede, para todos os participantes da indústria

As condições para o acesso aos sistemas de transmissão e distribuição estão regulamentadas através das Resoluções da ANEEL nºs 281, 282 e 286 de Outubro de 1999, que procuram viabilizar novos investimentos, bem como, proporcionar sinais econômicos para a eficiência locacional, promovendo incentivo à localização mais adequada para as novas plantas geradoras que vierem a se integrar ao sistema.

Mais recentemente, a Portaria 227 de 02/07/99, resolve determinar em um dos seus Artigos, que a ELETROBRÁS “estabeleça mecanismos adequados à compra, direta ou através de suas controladoras, dos excedentes de energia elétrica produzidos por cogeradores”, além de determinar que a Secretaria de Energia “elabore diretrizes específicas de política energética para estimular as atividades de cogeração no país”. (Vieira,1999)

Com referência às tarifas de fornecimento, dos preços livremente negociados na aquisição de energia elétrica por parte dos concessionários e permissionários, a ANEEL estabeleceu através da Resolução nº 233 de 29/07/99, os Valores Normativos relativos às várias fontes energéticas, inclusive à cogeração térmica.

## **2. O SETOR SUCROALCOOLEIRO**

O setor sucroalcooleiro, segmento do industrial, apresenta uma liderança dentre as agroindústrias por processar montantes extraordinários de biomassa combustível em instalações segmentadas, podendo contribuir significativamente, num horizonte de médio a longo prazo, com o Setor Elétrico, ao injetar energia excedente gerada através da cogeração termelétrica. (Pellegrini,1999)

No Estado de São Paulo, praticamente todas as indústrias do setor sucroalcooleiro são auto-suficientes, em vista da enorme quantidade de bagaço gerado no processo, conforme mostrado na Tabela 1 a seguir. Estima-se que a potência instalada seja de 800 MW, em um universo de 137 usinas.

**Tabela 1 – Potência instalada de auto-produtores extratificada por ramo de atividade no Estado de São Paulo(1998)**

Setor	Combustível	Número de indústrias	Potência instalada (MW)
<b>Sucroalcooleiro</b>	<b>Biomassa</b>	<b>137</b>	<b>800,0</b>
Papel e Celulose	Licor Negro-Biomassa	06	150,7
	Óleo comb.-Hidráulica		
Têxtil	Óleo Combustível	01	9,6
Químico/Petroquímico	Óleo Combustível	08	92,2
Alimentos/Bebidas	Óleo Combustível	02	15,8
Refinarias de Petróleo	Gás de Refinaria	03	77,0
Siderúrgico	Gás de Coque	01	14,5
Cimento	Hidráulica	-	9,4
<b>Total Geral</b>	<b>-</b>	<b>158</b>	<b>1.169,2</b>

Fonte: Vieira (1999)

Para todas as formas de produção térmica, o potencial da cogeração está ligado à disponibilidade de combustível e às necessidades de eletricidade e de vapor. (Pellegrini,1999)

A quantidade de bagaço produzida no setor sucroalcooleiro, na safra de 1997/98, para o Estado de São Paulo, foi de 42 milhões de toneladas considerando-se um teor de fibra médio de 13% (em base seca) e poder calorífico inferior da ordem de 1.800 kcal/kg (ANEEL, 1998). Com umidade média de 50%, conforme apresentada na Tabela 2 a seguir, obtém-se uma produção de aproximadamente 260 kg de bagaço/tonelada de cana processada e um excedente médio da ordem de 5% que, além de ser vendido, é utilizado para a partida da unidade.

**Tabela 2 – Comparativo do teor de umidade da cana de açúcar**

Insumo	Teor de umidade (%)	Poder calorífico (kcal/kg)
Bagaço	50	1.780
Bagaço	15	3.272
Pontas e folhas	50	1.800
Pontas e folhas	20 <sup>(*)</sup>	3.000
Pontas e folhas	15	3.272

(\*) Com esta umidade tem-se 180 kg/tonelada de cana processada. Baseando-se na safra de 1997 e no valor de 142 kWh por tonelada de cana processada, o valor da potência instalada poderá atingir, somente no setor sucroalcooleiro, 8.439 MW.

Fonte: ANEEL (1998)

O consumo de bagaço nas usinas pode ser também bastante reduzido pelo uso de vapor com maior pressão tanto na geração de vapor pelas caldeiras a 40, 60 ou 80 bar ao invés de 20 bar, como no processo de destilação a 7,5 bar ao invés de 2,5 bar. Tecnologias existentes e mais eficientes poderiam aumentar a cogeração de eletricidade nas usinas de álcool dos atuais 14 - 16

kWh/t de cana para 100 kWh/t de cana, ao se utilizar turbinas a vapor tipo extração-condensação, ou até 280 kWh/t de cana, utilizando os resíduos da cana se as queimadas forem evitadas.

A cogeração permite portanto, aumentar a quantidade de energia útil extraída do combustível, aumentando a eficiência do ciclo de produção, através de duas tecnologias que utilizam a turbina a vapor ou a turbina a gás.

Essas tecnologias podem ser utilizadas separadamente ou combinadas, permitindo a obtenção de diferentes configurações de centrais de cogeração.

### **3. A COGERAÇÃO**

A cogeração consiste na geração simultânea de potência térmica e de potência mecânica para ser utilizada em usos finais industriais ou residenciais. Este tipo de conversão está baseada conceitualmente em dois ciclos termodinâmicos:

- a. Ciclo Rankine: que emprega turbina a vapor;
- b. Ciclo Brayton: que utiliza a turbina a gás.

Quando os dois ciclos de potência são associados em série térmica, ou seja, o rejeito térmico de um deles é o insumo energético do outro, tem-se o chamado Ciclo Combinado. (Peral Céspedes,1995)

Para as indústrias que têm condições para utilizar a cogeração em suas instalações, esta pode ser a forma mais econômica para atender as necessidades internas de vapor e de eletricidade, reduzir custos operacionais e aumentar a confiabilidade de suprimento.

Uma instalação de cogeração é uma usina termelétrica em que o calor produzido é usado de diferentes formas no processo produtivo (vapor, eletricidade, força motriz, refrigeração, etc.) e que aproveita até 90% da energia contida no combustível. A eficiência de uma termelétrica convencional não ultrapassa os 50%.

Para certas indústrias: sucroalcooleira, de papel e celulose e alimentícia, é possível, ainda, usar seus rejeitos em substituição aos combustíveis tradicionais para acionar as unidades de cogeração, com ganhos ainda mais importantes, pois transformam este tipo de “resíduo industrial”, com custo praticamente zero, em energia útil.

A maioria das caldeiras utilizadas neste setor industrial, fornece vapor superaquecido a 20 bar em uma faixa de temperatura entre 280 – 380° C, mas existem casos em que se encontram equipamentos funcionando a pressões e temperaturas superiores e que apresentam, sob o ponto de vista energético, sistemas mais eficientes. Baseado nos dados de 1997, quando havia 134 unidades funcionando, 128 destas usinas estavam utilizando o sistema convencional.

## **4. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO**

### **4.1. Considerações sobre o empreendimento**

O presente trabalho apresenta um estudo de repotenciação de usinas de açúcar e álcool, para geração de excedente de energia elétrica a ser comercializada com a concessionária.

Tais usinas estão localizadas no interior do Estado de São Paulo e apresentam capacidade de processamento de 10.000 toneladas de cana por dia, considerando um período de safra de 210 dias corridos ou 178 dias úteis. (Vieira,1999)

Foram adotados ainda neste estudo arranjos nas instalações de uma usina padrão em questão, que consistiu na instalação de caldeiras novas e na adequação do sistema turbo-gerador para os níveis de pressão estabelecidos.

Vale ressaltar que a avaliação econômica correspondente à aquisição e/ou adaptação dos equipamentos necessários à operação da usina de açúcar e álcool, não foi considerada, uma vez que o objetivo deste estudo ficou restrito às possibilidades de geração de eletricidade e as quantidades de energia disponíveis para a sua comercialização.

A configuração típica atual desta usina apresenta a caldeira operando com pressão de 20 bar e temperatura de 380°C, produzindo 208 t/h de vapor. Este vapor, antes de ser utilizado no processo industrial à pressão de 2,5 bar, passa por 2 turbinas produzindo 6 MW de trabalho elétrico, e 8,5 MW de trabalho mecânico. Todo trabalho produzido é consumido na própria usina.

Dentro das premissas adotadas para a repotenciação, ou seja, utilizando uma caldeira operando a uma pressão de 62 bar e temperatura de 480°C, e considerando uma eficiência de 85%, tanto para a caldeira como para a turbina, os resultados calculados são os seguintes:

- Bagaço total	104,15	t/h
- Bagaço disponível (95%)	99,00	t/h
- Consumo de vapor no processo	146	t/h
- Consumo de vapor na turbina de contrapressão	6	kg/kWh
- Potência elétrica produzida na turbina de contrapressão	24.333	kW
- Produção total de vapor	212.850	kg/h
- Vapor disponível para geração	66.850	kg/h
- Consumo de vapor na turbina de condensação	3,7	kg/kWh
- Potência produzida na turbina de condensação	18.068	kW
- Potência total produzida	42.401	kW

Todo o vapor produzido passa por uma turbina de contrapressão gerando uma potência elétrica máxima de 30 MW, que descontando o consumo próprio da usina de 6 MW, ter-se-á um excedente de 24 MW disponível para comercialização junto à concessionária de energia elétrica. Os 8,5 MW de potência mecânica consumidos pela usina são obtidos por turbinas de menor porte alimentados com vapor a 20 bar extraídos da turbina principal.

Ressalte-se que o dimensionamento do potencial de geração a partir dos valores identificados para a usina em questão, requer um melhor conhecimento do perfil de obsolescência das instalações passíveis de serem incorporadas ao processo de cogeração, bem como da evolução tecnológica dos equipamentos e processos operativos, já que os mesmos poderiam minimizar os custos de aquisição e maximizar as quantidades de energia ofertadas. (Vieira,1999)

As alternativas de potencialização da geração de eletricidade, através da produção fora do período de safra, poderiam ainda ser consideradas. Isso no entanto, implicaria a ampliação da estocagem de bagaço, a compra de excedentes de bagaço de terceiros, ou ainda, a adoção do uso de palhas e pontas da cana verde como combustível, conforme mostrado na Tabela 3 abaixo. Estas práticas não são usuais atualmente, embora acessíveis aos profissionais do setor sucroalcooleiro.

Quanto à estocagem do bagaço, vale ressaltar que após longos períodos, pode ocorrer o início do processo de deterioração, causado pela fermentação da matéria orgânica e dos açúcares residuais, com possível ocorrência de gases e de mau cheiro. Esta característica somada à necessidade de uma manutenção dos equipamentos no período fora de safra, dificultam a geração elétrica por um período superior ao atualmente realizado.

**Tabela 3 – Geração de energia a partir das palhas e pontas**

Ano/safra	Cana moída (10 <sup>6</sup> t) (*)	Bagaço (10 <sup>6</sup> t)	Palha+pontas	Eletricidade (GWh/safra)
1995	152,0	38,0	38,0	1.824
1996	170,4	42,6	42,6	2.044
1997	181,5	45,3	45,3	2.178

(\*) 50% de umidade. Estes valores correspondem a um período médio de safra de 180 dias, normalmente de maio a novembro  
Fonte: ANEEL (1998)

Este processo de deterioração, contudo, pode ser evitado com a manutenção de estoques mínimos, a utilização de sistemas de ventilação no local de armazenagem e a introdução de sistemas de secagem do bagaço. (ANEEL,1998)

#### **4.2. Utilização de modelo de simulação energética (MODDHT)**

O planejamento da expansão do setor elétrico tem como objetivo principal a determinação da melhor seqüência para a construção de novas usinas, hidroelétricas ou termelétricas, integradas às redes de transmissão ou de distribuição, que tendam a minimizar os custos de investimentos e de operação.

No processo decisório, o setor elétrico se utiliza de modelos matemáticos para efetuar um tratamento sistemático e coerente das diversas fontes de incerteza. Estas incertezas, tais como a taxa de crescimento do mercado a ser atendido ao longo do período em que se estuda; o custo dos combustíveis das usinas termelétricas; o tempo de implantação do empreendimento; restrições ambientais, financeiras ou sócio-econômicas; estão fortemente ligadas a aspectos econômicos, sociais e políticos, impondo, portanto, tratamento mais específico em relação às tradicionais incertezas referentes a hidrologia e ao risco de falha de equipamentos. (Vieira, 1999)

Deste modo, a fim de se estabelecer uma estratégia de expansão o BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento, financiou o desenvolvimento do modelo de planejamento denominado SUPER - Sistema Unificado de Planejamento Energético Regional, que foi coordenado pela OLADE - Organização Latino Americana de Desenvolvimento Energético, e contou com o apoio técnico de concessionárias, empresas e universidades do Brasil, Colômbia, Costa Rica, Equador e Peru.

O módulo MODDHT - Modelo de Despacho Hidrotérmico, parte integrante do SUPER, se baseia em conceitos de programação dinâmica estocástica e análise de decisão, que permitem representar de maneira explícita as incertezas dos diversos fatores que afetam o plano de expansão, tais como: demanda, custo de combustível, atraso de obras, etc. Este módulo permite simular as condições de um despacho ótimo do parque gerador formado por usinas hidroelétricas e termelétricas. Na categoria das usinas hidroelétricas, estas são subdivididas em usinas com reservatório e usinas a fio d'água.

Na simulação do modelo é possível obter, como resultado, o estabelecimento da melhor estratégia de operação das usinas termelétricas, além dos cálculos das configurações hidráulicas e térmicas equivalentes e dos custos marginais de operação. É possível ainda estabelecer os benefícios marginais das interligações entre sistemas.

Como característica do MODDHT, pode-se apontar que a usina candidata não pode ser avaliada isoladamente, mas sim em termos do sistema. Em outras palavras, o benefício de uma usina hidroelétrica ou termelétrica depende das outras usinas existentes ou planejadas, da

demanda, da política operativa, das condições hidrológicas, entre outras, sendo totalmente não representativa numa situação de avaliação que considerasse a usina isolada.

Uma das características mais atraentes do MODDHT é justamente permitir analisar estratégias de expansão como um todo, levando em conta as influências mútuas entre os diversos componentes do plano de expansão e possibilitando, adicionalmente, refinar um conjunto de alternativas que tenham sido previamente formuladas em base a avaliações expeditas da situação do sistema e/ou formuladas com suporte de modelo de expansão automática.

Além disto, o MODDHT representa de maneira adequada as particularidades de sistemas hidrotérmicos (operação cronológica, representação dos limites dos reservatórios, modelagem estocástica de aflúncias, etc.), que têm sido uma limitação reconhecida de outros modelos utilizados.

Devido a estes aspectos, o MODDHT ainda é considerado uma ferramenta adequada para o planejamento da expansão do sistema brasileiro. Nos estudos de expansão (Vieira,1999),o MODDHT representa de maneira conveniente o despacho hidrotérmico para uma determinada estratégia de expansão, embora o número de equipamentos candidatos representados no módulo de investimento seja limitado por razões de esforço computacional.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A preparação dos dados de entrada para a simulação das usinas sucroalcooleiras, no modelo MODDHT, consistiu dos seguintes parâmetros:

- entrada em operação de 2 usinas a cada ano, a partir de 2001.
- mês de entrada da usina no sistema: maio
- mês de saída da usina do sistema: novembro

Ao adotar-se tais parâmetros, teve-se a intenção de caracterizar o melhor possível a configuração destas unidades e, principalmente, a sazonalidade peculiar deste tipo de indústria, que utiliza o bagaço de cana como combustível. (Vieira,1999)

O resultado do modelo que simula a geração térmica esperada destas usinas, está apresentada na Tabela 4, a seguir:

**Tabela 4 - Simulação da geração térmica esperada**

<b>Ano</b>	<b>Geração térmica esperada (GWh)</b>	<b>Fator de capacidade</b>
2001	187,1	0,890
2002	375,1	0,892
2003	562,0	0,891
2004	751,1	0,893
2005	939,8	0,894
2006	1129,1	0,895
2007	1317,1	0,895
2008	1505,3	0,895
2009	1693,5	0,895
2010	1881,7	0,895

Fonte: Vieira (1999)

Os valores de cerca de 89% de fator de capacidade, demonstram que estas usinas serão despachadas com muita frequência no sistema. Em outras palavras, estas usinas quase sempre estarão sendo utilizadas para suprir o mercado de energia, em detrimento de outra classe de usina térmica.

Esta escolha preferencial está ligada, principalmente, ao custo do combustível, fator preponderante para o modelo MODDHT decidir a melhor usina a ser despachada em determinado momento, uma vez que, como dito no item anterior, o despacho é feito levando-se em conta a unidade geradora que proporcione o menor custo operativo (Combustível + Operação & Manutenção Variável).

Outras considerações que podem ser estabelecidas a partir das simulações com o suporte deste modelo se resumem em que, embora se caracterize, no total, um acréscimo de oferta significativo, uma vez que são 25 unidades de 24 MW cada, perfazendo um total de oferta de 600 MW, a entrada escalonada destas usinas tem pouca influência nos riscos de déficits observados para os períodos de análise. (Vieira,1999)

Vale ressaltar aqui, que o risco de déficit nada tem a ver com o risco de interrupções intempestivas de fornecimento, normalmente associadas a falhas de transmissão e/ou falta de capacidade girante de geração. O risco de déficit, nesse contexto, é definido como a probabilidade da ocorrência de eventos desfavoráveis nas seqüências hidrológicas, que poderiam provocar a impossibilidade do atendimento do mercado de energia elétrica em determinados períodos ao longo do horizonte de expansão, estando associados ao racionamento de energia.

### **5.1. Perspectivas de atratividade econômica**

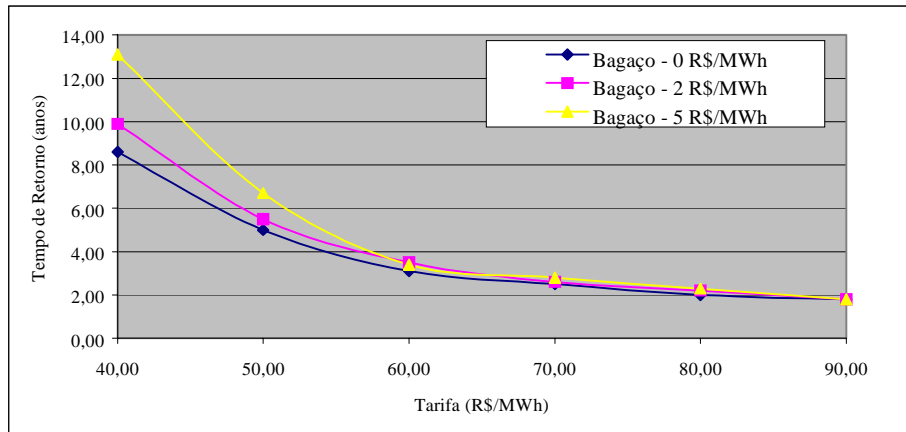
A título ilustrativo, são feitas a seguir, algumas considerações teóricas sobre a atratividade econômica na substituição de caldeiras convencionais que fornecem vapor a 20 bar e 380°C, por equipamentos que operam a 62 bar e 480°C.

Este aumento na pressão de trabalho favorece o aumento da relação: eletricidade gerada/calor consumido no processo (E/C) de 0,08 – 0,15 para 0,15 – 0,25, o que minimiza o consumo específico de vapor, possibilitando, através de seu excedente, uma maior geração de energia durante o período de safra.

Para o caso aqui apresentado, foram levados em consideração dados levantados junto a usineiros (Eletrobrás, 1999), referentes aos investimentos já realizados e a alterações de projetos já em andamento em suas unidades.

O ganho de geração de energia elétrica excedente na safra a partir das premissas de repotenciação apresentadas neste estudo, é de cerca de duas vezes a geração para consumo próprio da usina. O aumento de pressão nas caldeiras, embora proporcione um ganho termodinâmico, é também responsável pela redução da taxa interna de retorno devido ao grande incremento de custo, levando a um tempo de retorno de 9,8 anos para o caso típico: tarifa de 40,00 R\$/MWh e preço do bagaço de 2,00R\$/MWh.





Fonte: Eletrobrás (1999)

**Figura 1 – Tempo de retorno para investimento inicial de 1.000 R\$/KW na safra**

A Figura 1 acima, foi elaborada levando em consideração a eficiência média global de 90%, estimativa de custo inicial de instalação de 1.000,00 R\$/kW, preço de bagaço variando de 0 a 5 R\$/MWh e, fator de capacidade médio de 5.840 h/ano. Através desta Figura, observa-se a redução do tempo de retorno do capital para 6 anos quando se eleva o valor da tarifa para no mínimo 50,00 R\$/MWh.

Se a mesma consideração for feita para o caso da repotenciação a 40 e 80 bar, os tempos de retorno serão superiores ao acima obtido. Outras opções também podem ser consideradas levando, possivelmente, a tempos de retorno mais atrativos, contudo somente um estudo mais aprofundado de cada caso poderá sinalizar a alternativa mais adequada para cada unidade. (Eletrobrás,1999)

## 6. CONCLUSÕES

A abordagem simplificada da questão da oportunidade de inserção de usinas termoelétricas no atual parque gerador paulista aqui analisada, mostra que a preocupação com a expansão da oferta de energia elétrica ainda será balizada pelo critério de mínimo custo.

Essas premissas são obtidas através de modelos matemáticos que a partir da configuração técnica e econômica do empreendimento, fornecerá o melhor regime otimizado de operação previsto para o Sistema. Entre esses modelos utilizou-se o Modelo de Despacho Hidrotérmico, ou MODDHT para o planejamento da expansão.

Da simulação efetuada, constata-se que as usinas de açúcar e álcool, embora apresentem um regime sazonal de operação, típico do setor sucroalcooleiro, poderão ser empreendimentos bastante interessantes do ponto de vista da expansão do Sistema Elétrico.

O que se conclui é que, através das simulações de despacho, onde o custo do combustível é um fator decisivo, este setor poderá participar ativamente não só no reforço de oferta local de energia elétrica como também no Sistema Interligado.

## 7. REFERÊNCIAS

ANEEL, 1998, O desenvolvimento e as perspectivas da cogeração no setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo – Guia do co-gerador de energia elétrica, Outubro.

- Eletrobrás, 1999, Identificação dos potenciais econômicos e de mercado de cogeração no setor sucro alcooleiro, para inclusão no plano decenal de expansão da Eletrobrás, Diretoria de Planejamento e Engenharia., Junho.
- Pellegrini, M.C., Oliveira, H.R., Morsello, P.M., Loureiro, R., Santos, R.F., 1999, Avaliação de alternativas energéticas – cogeração: bagaço de cana x gás natural, trabalho apresentado na disciplina Recursos e oferta de energia, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia – IEE/USP, Agosto.
- Peral Cespedes, J.F., Oliveira, S, 1995, Cogeração no setor terciário: análise exergetica e termoeconômica, Workshop – Potencialidades das tecnologias de cogeração em São Paulo, Brasil, Programa THERMIE/CEETA/PARTEX/IPT, São Paulo, Junho.
- Vieira, S., Pellegrini, M.C., 1999, Cogeração em usinas sucroalcooleiras de médio porte e sua inserção no Parque Nacional, XV COBEM, Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Águas de Lindóia, Novembro.

## **COGENERATION IN THE SUGARCANE INDUSTRY – MEDIUM PLANTS**

***Summary.** This work aims at to analyze the repowering of medium sized sugar and alcohol plants located in the Southeast area of São Paulo State. Through a study case considering a standard unit that processes ten thousand tons of sugarcane per day, simulations were made using a mathematical model denominated Modelo de Despacho Hidrotérmico, which supports the decision process for the expansion of electric energy offers. As a result of these simulations, it was possible to get the standard dispatch profile for such cogeneration plants, expressed by a medium capacity factor of 89%, demonstrating, therefore, the significant participation that these units can have in the energy context. Furthermore, a brief discussion about the energy price and capital return time is introduced, emphasizing the attractiveness of this kind of enterprise.*

**Keywords:** Cogeneration, Energy planning, Sugarcane industry