



**AMPLIAÇÃO DE UMA PLANTA DE COGERAÇÃO EM UMA DESTILARIA  
DE CANA DE AÇÚCAR VISANDO A AUTOSUFICIÊNCIA ENERGÉTICA –  
ESTUDO DE UM CASO**

**Emerson Freitas Jaguaribe**

DTM/CT – Campus I da UFPB – 58059 900. João Pessoa – PB – Brasil

[ejaguaribe@uol.com.br](mailto:ejaguaribe@uol.com.br)

**Pio Caetano Lobo**

IEM/DME – EFEI – Cx. Postal 50 – 37500 903. Itajubá – MG – Brasil

[pclobo@iem.efei.br](mailto:pclobo@iem.efei.br)

**José Rodrigues de Lima Neto**

Japungu Agroindustrial S. A., Fazenda Japungu s/n – 58300 000. Santa Rita – PB – Brasil

[jrneto@netwaybbs.com.br](mailto:jrneto@netwaybbs.com.br)

**Wilson Luciano de Souza**

DTM/CT – Campus I da UFPB – 58059 900. João Pessoa – PB – Brasil

[wilsonphd@bol.com.br](mailto:wilsonphd@bol.com.br)

**Felipe Augusto Araruna da Rocha**

DTM/CT – Campus I da UFPB – 58059 900. João Pessoa – PB – Brasil

[felipear@zipmail.com.br](mailto:felipear@zipmail.com.br)

**Resumo.** Neste trabalho se analisa o sistema de cogeração de eletricidade que atende parcialmente às necessidades de uma destilaria de álcool de cana de açúcar, e as modificações necessárias para tornar a destilaria auto-suficiente, aproveitando um turbogerador, já adquirido, para gerar excedentes de eletricidade para venda à concessionária. São moídas 672.000 toneladas de cana, por safra, produzindo 215.000 toneladas de bagaço. Dois turbogeradores de contra-pressão de 31 kgf/cm<sup>2</sup> e 340 °C geram 6.000 kVA, suprindo a indústria e a agrovila, com 4.800 kWh, e a destilaria com 58 tv/h. A empresa deseja ampliar a capacidade instalada de geração de vapor e atender a demanda atual de 5.100 kWh. A limitação imposta a este estudo foi o valor de US\$ 9,50 por tonelada de bagaço. Visando empregar a caldeira já existente em uma usina anexa de açúcar, a ser instalada, decidiu-se adquirir uma nova caldeira com vazão nominal 100 tv/h trabalhando com vazão de 84,86 tv/h, pressão 43 kgf/cm<sup>2</sup> e temperatura 420 °C. O novo arranjo terá os dois turbogeradores de contrapressão, e o terceiro de condensação/extração, para complementar a presente demanda de vapor. Estas alterações permitirão a venda de excedentes de eletricidade, 37.338 MWh na safra, e 3.600 MWh durante a entressafra.

**Palavras-chave:** bagaço de cana de açúcar, ampliação de um sistema de cogeração, destilaria de cana de açúcar.

## 1. INTRODUÇÃO

A recente crise de eletricidade no Brasil, em decorrência do esgotamento dos recursos hídricos como fonte geradora de energia, tornou premente a necessidade de se usar de forma mais racional a energia, e ou aumentar a oferta, empregando-se novas fontes de energia. A opção mais viável, em termos de aceitação, custos e adaptação às condições de certas indústrias e empresas, tem sido a cogeração. Por cogeração entende-se a produção combinada de energia eletromecânica e calor de processo, em geral, a partir da queima de rejeitos. É óbvio que esse recurso não garante, por si mesmo, vantagens financeiras, e até o retorno de capital. Por isto mesmo, programas de cogeração só devem ser adotados após criteriosos estudos técnico-econômicos. Deve-se observar, outrossim, que não há uma sistemática genérica para a definição de um programa de cogeração. No caso de uma destilaria, o projeto da cogeração tem início nos vários questionamentos, direta, ou indiretamente ligados ao aproveitamento do bagaço. Perguntas como: Qual o volume de bagaço disponível ao longo da safra? Com que umidade o bagaço entra na caldeira? Há possibilidade de tornar a destilaria mais eficiente de forma a produzir maior sobra de bagaço? Cogerar ou vender o bagaço in natura? etc., devem ter respostas precisas antes de iniciar o planejamento para o projeto de cogeração neste setor industrial. Por sua vez, precisa-se determinar corretamente a quantidade de bagaço necessária à geração, tanto do vapor de processo, como de eletricidade para consumo próprio, visando alcançar independência da concessionária. Junte-se a estes ingredientes a compreensão do comportamento do custo da energia e do próprio bagaço, que além de combustível, pode ser usado como matéria prima na indústria de papel, ração animal e adubo.

Quanto à questão da quantidade de bagaço exigida para energizar todos os processos da empresa, deve-se distinguir os períodos de safra e de entressafra, que exigem demandas diferenciadas. Em cada período, a quantidade mínima de bagaço necessário depende das quantidades de melaço processado, de álcool anidro obtido do hidratado e de álcool importado de baixa qualidade recuperado pela indústria, em geral, transformado em álcool fino. Na indústria considerada, a Japungu Agroindustrial, não se redestila álcool de baixa qualidade. Ali, são moídas 672.000 t de cana (Japungu, 2001), produzindo o total de 215.000 t de bagaço durante a safra, equivale a 32 % da cana moída (cf. Camargo et al, 1990). Deste total, 27.600 toneladas são consumidas durante 50 dias da entressafra para gerar 46 toneladas de vapor por hora (abreviado para: tv/h) para re-processamento do melaço e do álcool; 145.000 t de bagaço geram 58 tv/h durante a safra, fluxo este dirigido ao processo de destilação. Mantém-se, ainda um estoque de 500 t de bagaço, a ser empregado no início da safra, sendo as 41.900 toneladas restantes vendidas a R\$ 26,00 por tonelada, produzindo uma receita de R\$ 1.089.400,00.

Para geração de vapor, a destilaria dispõe de uma caldeira que entrega vapor vivo à pressão de 3,04 MPa (31 kgf/cm<sup>2</sup>) e temperatura de 340 °C a dois turbogeradores de contra-pressão - ver Fig. (1). Um deles gera 3.500 kVA, e o outro 2.500 kVA, que corresponde a uma potência total de 4800 kW. O vapor servido deixa as turbinas a 164 °C e 0,245 MPa (2,5 kgf/cm<sup>2</sup>), de onde se pode deduzir (cf. Hugot, 1969), que o consumo de vapor do conjunto turbo-gerador, para cada kWh, gerado é de 12,0 kg.

A demanda média de energia da fábrica, incluindo a agrovila, é de cerca de 5.100 kW, o que demonstra que existe um déficit de 300 kW. Em termos financeiros isto tem representado um desembolso, com o pagamento de eletricidade para a concessionária, por safra, de cerca de R\$ 120.000,00 (Cento e vinte mil Reais).

Neste trabalho, serão discutidos aspectos técnicos e econômicos da ampliação da cogeração que está sendo promovida pela Japungu Agroindustrial S/A, com o objetivo principal de tornar a indústria auto-suficiente em eletricidade, ao mesmo tempo em que se discute as vantagens financeiras dessa expansão.

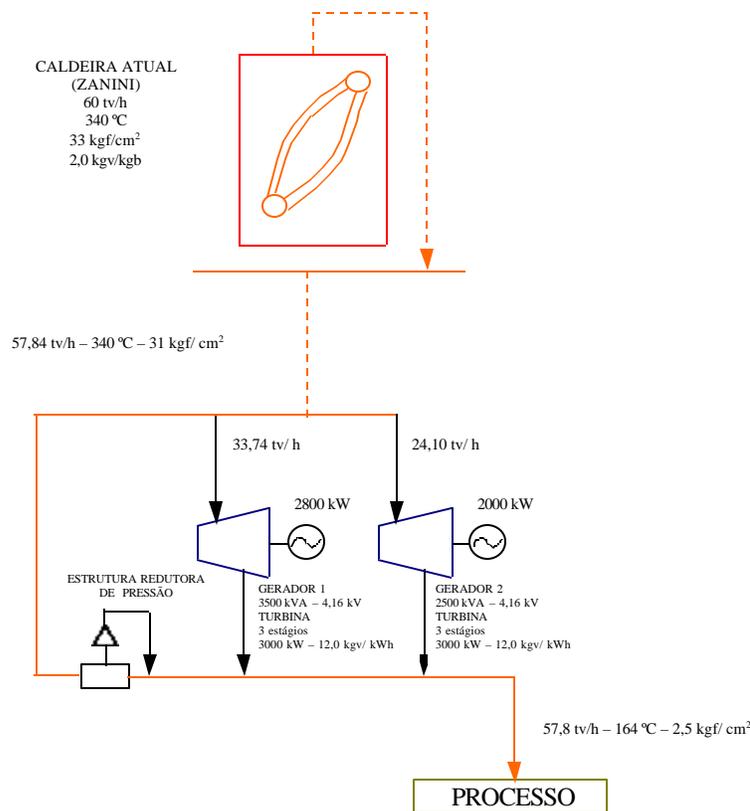


Figura 1 - Esquema geral da atual planta de cogeração da Japungu Agroindustrial S/A.

## 2. O CENÁRIO TÉCNICO DA INDÚSTRIA

A ampliação da planta de cogeração partiu do princípio de que seria necessária a ampliação do vapor produzido. Estudos prévios mostraram que mesmo ampliando-se a caldeira existente se teria uma vazão máxima de vapor de 80 tv/h, mantendo-se a mesma pressão de 3,24 MPa (33 kgf/cm<sup>2</sup>) e temperatura de 340 °C, limitando sobremodo a oferta projetada. Esse fato, junto com o plano de se instalar em um futuro próximo uma usina de açúcar anexa à destilaria, fez com que se optasse pela segunda alternativa. Por sua vez, ficou claro que a anexação de uma usina de açúcar exigirá o processamento de mais cana, e portanto só será possível após o aumento da capacidade de extração dos ternos de moendas, com a aplicação de novos investimentos. E visando otimizar esses investimentos, considerou-se, também, a utilização de um gerador turboelétrico desativado, no pátio da destilaria, com uma turbina de 15 MVA, de condensação/extração. Ademais, constatou-se que: a) Pode-se escolher uma caldeira consumindo menos bagaço, produzindo mais do que 80 tv/h e tendo uma disponibilidade de energia mais alta; b) A limitada capacidade de extração da destilaria implicará na falta de bagaço para alimentar as duas caldeiras e suprir as duas turbinas de contrapressão, e a de condensação.

Dessa forma, decidiu-se pela aquisição de uma nova caldeira e desativar a existente até que se aumente a capacidade de extração e se instale a usina de açúcar.

### 2.1 Parâmetros de Inicialização de Cálculo

#### 2.1.1 Dados da Safra

Volume de cana moída: 768.000 t

Duração da safra (tempo total): 5.548 h  
Volume de bagaço: 245.760 t  
Produção de vapor de alta pressão: 84,86 tv/h – 41 kgf/cm<sup>2</sup> – 420 °C  
Consumo médio de vapor no processo: 58 tv/h – 2,5 kgf/cm<sup>2</sup> – 160 °C  
Demanda elétrica média da destilaria: 5.100 kW

### 2.1.1.1 Dados técnicos da nova caldeira e turbina

Caldeira Aquatubular vertical, com capacidade de 100 tv/h (Equipalcool, 2001)  
Pressão de 43 kgf/cm<sup>2</sup> e temperatura de 420 °C  
Rendimento: 85 %.  
Consumo específico de bagaço: 2,1 kgv/kgb  
Condição de operação das turbinas:  
Entrada: 420 °C e 41 kgf/cm<sup>2</sup>  
Saída do estágio de contrapressão: 190 °C e 1,5 kgf/cm<sup>2</sup>  
Saída do estágio de condensação: 54 °C e 0,15 kgf/cm<sup>2</sup>  
Potência dos geradores  
Gerador 1 : P<sub>g1</sub> = 2800 kW; Gerador 2: P<sub>g2</sub> = 2000 kW; Gerador 3: P<sub>g3</sub> = 7400 kW

## 3. SISTEMA DE COGERAÇÃO PROPOSTO

### 3.1 O Consumo de Bagaço

Em princípio, o consumo de bagaço por kg de vapor gerado pela nova caldeira será 5% menor do que o da caldeira atual, 2 kgv/kgb. Mesmo assim, não deverá haver bagaço suficiente para alimentar as duas caldeiras, e ainda gerar a potência nominal das duas turbinas de contrapressão e da de condensação/extração. De fato, como foi mencionado acima, a massa total de bagaço, B<sub>T</sub>, igual a 245.760 t, é dividida em 3 partes para atender as necessidades da: 1. Safra, B<sub>S</sub>; 2. Entressafra, B<sub>ES</sub>; 3. Reserva para o início da safra, B<sub>R</sub>, que é estipulado em 500 t. Assim:

$$B_T = B_S + B_{ES} + B_R \quad (1)$$

#### 3.1.1 Bagaço Disponível na Entressafra e na Safra

Através da expressão (2) é possível se avaliar o consumo na entressafra:

$$B_{ES} = 24 \cdot N \cdot \frac{C_{VES}}{C_E} \quad (2)$$

onde,

C<sub>VES</sub> é o consumo médio de vapor no processo, igual a 46 tv/h.

C<sub>E</sub> é o consumo específico da nova caldeira, 2,1 kgv/kgb (entendendo-se por kgv – kg de vapor, e kgb – kg de bagaço).

N – número de dias de atividade na entressafra, geralmente fixado em 50.

Desta forma, B<sub>ES</sub> = 26.286 t

Logo o bagaço disponível na safra, B<sub>S</sub>, é calculado através da Eq. (1), resultando: B<sub>S</sub> = 218.974 t

#### 3.1.2 Bagaço Requerido na Safra, Para a Realização de Processos na Indústria

Conhecendo-se a quantidade de bagaço que será empregada na geração de vapor, que energizará todos os processos na indústria, e a quantidade total de bagaço, determina-se, por diferença, o excedente; que poderá ser vendido “in natura”, ou processada em ração, ou adubo, ou ainda, em eletricidade, para comercialização.

O bagaço necessário para a realização dos processos é dado por:

$$B_P = \frac{C_{VP}}{C_E} \cdot N_T \quad (3)$$

onde,

$C_{VP}$  é o consumo médio de vapor horário de processo, na safra, ou seja 58 tv/h

$N_T$  o número de horas empregadas para a realização do processo, já indicado, acima, como igual a 5.548 h. Logo:  $B_P = 153.230$  t

Consequentemente, a quantidade de bagaço que resta para a comercialização, ou no caso da geração de energia no estágio de condensação é:  $B_C = 65.744$  t,

O qual pode gerar uma quantidade de vapor disponível,  $V_{cd}$ , dada por:

$$V_{cd} = \frac{B_C \cdot C_E}{N_T} \quad (4)$$

e assim,  $V_{cd} = 24,88$  tv/h.

## 3.2 O Sistema de Cogeração Proposto

Como já foi mencionado, o consumo atual de eletricidade na Japungu é de 5100 kW, sendo 300 kW adquiridos da concessionária local. Dessa maneira, com o novo sistema que está sendo implementado pela destilaria, espera-se com as 65.744 t de bagaço restantes, não apenas tornar a indústria auto-suficiente, mas também melhorar a comercialização da sobra final de bagaço. A Fig. (2) apresenta um esquema do novo sistema que está se implantando na Japungu, que emprega três turbogeradores, sendo dois de contrapressão e um de condensação.

### 3.2.1 Consumo de Vapor Para a Geração de Eletricidade na Safra

#### 3.2.1.1 Vapor para Atender as Turbinas

Levando-se em conta as condições de entrada e de saída do vapor da turbina, já citadas acima, teremos um consumo específico de vapor nos estágios de contrapressão para cada unidade de energia, (Faires, 1966), gerada de:  $C_{e_{cp}} = 8,7$  kg/kWh, e no caso da condensação de:  $C_{e_{cond}} = 4,7$  kg/kWh.

De posse dos consumos específicos de vapor, determinamos o consumo de vapor dos módulos de contrapressão dos turbogeradores, dado por:

$$C_{V_{cp}} = P_g \cdot C_{e_{cp}} \quad (5)$$

onde  $P_g$  é a potência gerada pela turbina, e no caso da máquina de condensação:

$$C_{V_{cond}} = P_g \cdot C_{e_{cond}} \quad (6)$$

Logo nos casos das turbinas 1, 2 e 3, os consumos de vapor respectivos são:  $C_{vt_1} = 24,34$  tv/h,  $C_{vt_2} = 17,38$  tv/h e  $C_{vt_3} = 18,25$  tv/kg. Assim, se tem que, a demanda de vapor da caldeira,  $V_c$ , é dado por:

$$V_c = C_{vt1} + C_{vt2} + C_{vt3} + V_{cd} \quad (7)$$

No caso em estudo,  $V_c = 84,86 \text{ tv/h}$

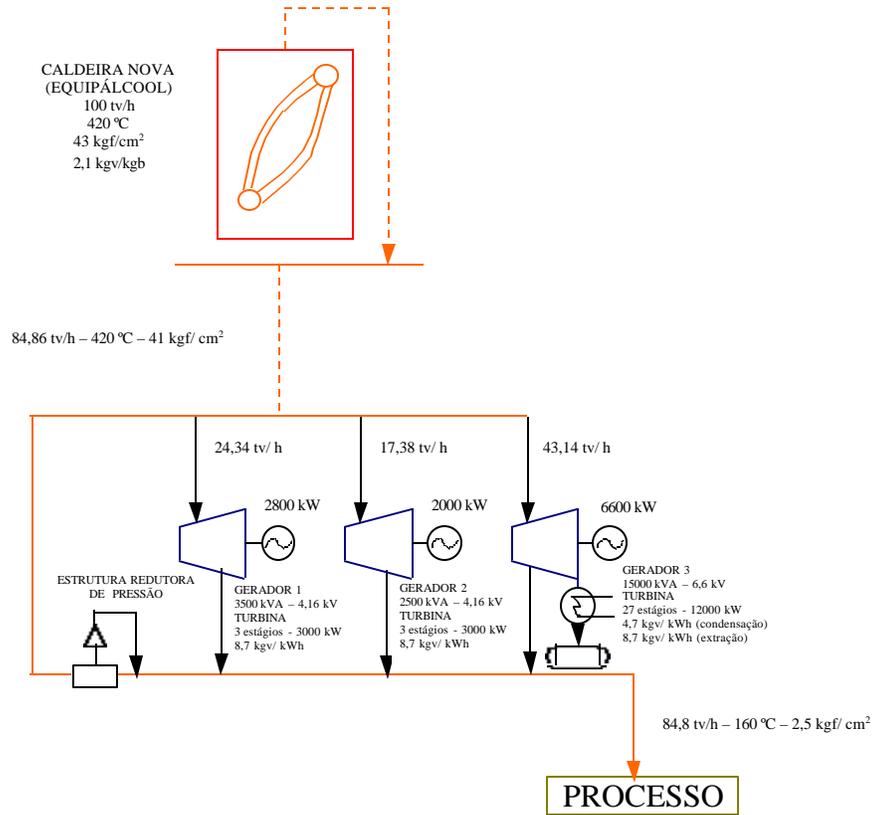


Figura 2 - Esquema do novo sistema de cogeração

### 3.2.1.2 Energia Gerada Pelas Máquinas de Contrapressão e de Condensação

A potência média total gerada pelas duas máquinas de contrapressão será dada por:

$$P_{g_T} = P_{g_1} + P_{g_2} \quad (8)$$

Logo,  $P_{g_T} = 4.800 \text{ kW}$ .

Em consequência, a energia gerada por estas máquinas,  $E_{CP}$ , é dada pelo produto de  $P_{g_T}$  pelo número total de horas ( $N_T$ ), isto é, 5.548 h, o que produz,  $E_{CP} = 26.630 \text{ MWh}$ .

Já no caso da máquina de condensação, a energia gerada,  $E_{CN}$ , é calculada pela expressão:

$$E_{CN} = (P_{CD} + P_{ext}) \cdot N_T \quad (9)$$

Onde  $P_{CD}$  é a potência média gerada pelo módulo de condensação, determinada pela expressão:

$$P_{CD} = \frac{V_{CD}}{C_{e_{cond}}} \quad (10)$$

resultando  $P_{CD} = 5.300 \text{ kW}$ , e  $P_{ext}$  é a potência fornecida pelo módulo de extração, que é dada por:

$$P_{ext} = \frac{C_{vt3}}{C_{e_{cp}}} \quad (11)$$

desta forma temos  $2.100 \text{ kW}$ . Isto torna  $E_{CN} = 41.055 \text{ MWh}$ .

### 3.2.1.3 Energia Total Produzida Durante a Safra, $E_T$

A partir da adição de  $E_{CN}$  e  $E_{CP}$ , se tem  $E_T$ , a energia total produzida, ou seja,  $E_T = 67.686 \text{ MWh}$ .

### 3.2.1.4 Energia Disponível Para a Venda Gerada na Safra

Sabendo que a demanda média da indústria é de  $5.100 \text{ kW}$ , e que o tempo total de moagem é de  $5.548$  horas, a energia média consumida na safra por esta indústria,  $E_{FS}$ , é igual a  $28.295 \text{ MWh}$ . Supondo que a demanda parasita do novo gerador é de  $5\%$ , o consumo médio parasita, avaliado a partir da potência média gerada pela máquina de condensação, é  $P_{m_c} = P_{CD} + P_{ext}$ , e pode-se calcular o consumo parasita de energia,  $E_p$ , por:

$$E_p = P_{m_c} \cdot 0,05 \cdot N_T \quad (12)$$

que resulta em  $E_p = 2.053 \text{ MWh}$ .

A partir da Eq. (13), abaixo, pode-se determinar a energia disponível para a venda,  $E_D$ , na safra,

$$E_D = E_T - E_{FS} - E_p \quad (13)$$

que em termos numéricos monta a  $37.338 \text{ MWh}$ , por safra.

### 3.2.1.5 Energia Disponível Para a Venda, Produzida na Entressafra

Durante a entressafra, a configuração do processo muda. Os cinquenta dias, em média, de atividades neste período, necessitam de uma menor demanda de vapor e de potência consumida<sup>1</sup>. Neste período a turbina de condensação fica inativa (por falta de bagaço), funcionando apenas as duas outras turbinas, fornecendo  $4.800 \text{ kW}$  conjuntamente, conforme pode ser observado na Fig. (3).

Considerando que a potência consumida na destilaria, na entressafra, é de  $1.800 \text{ kW}$ , deduz-se que a energia total consumida neste período,  $E_{TE}$  é de  $2.160 \text{ MWh}$ . Sabendo-se, por outro lado, que a energia gerada nesse período, pelas máquinas de contrapressão,  $E_{CE}$ , é dado por uma expressão semelhante a Eq. (9), onde o número de dias é  $50$ , o que resulta  $E_{CE} = 5.760 \text{ MWh}$ , a energia disponível para a venda na entressafra é dada por

$$E_{DE} = E_{CE} - E_{TE}, \quad (14)$$

ou seja,  $E_{DE} = 3.600 \text{ MWh}$ .

---

<sup>1</sup> São consumidos cerca de  $12 \text{ tv/h}$  a menos que durante a safra para o reprocessamento do melaço e do álcool hidratado, com uma demanda elétrica média na fabrica de  $1.800 \text{ kW}$  contra os  $5.100 \text{ kW}$  requeridos na safra.

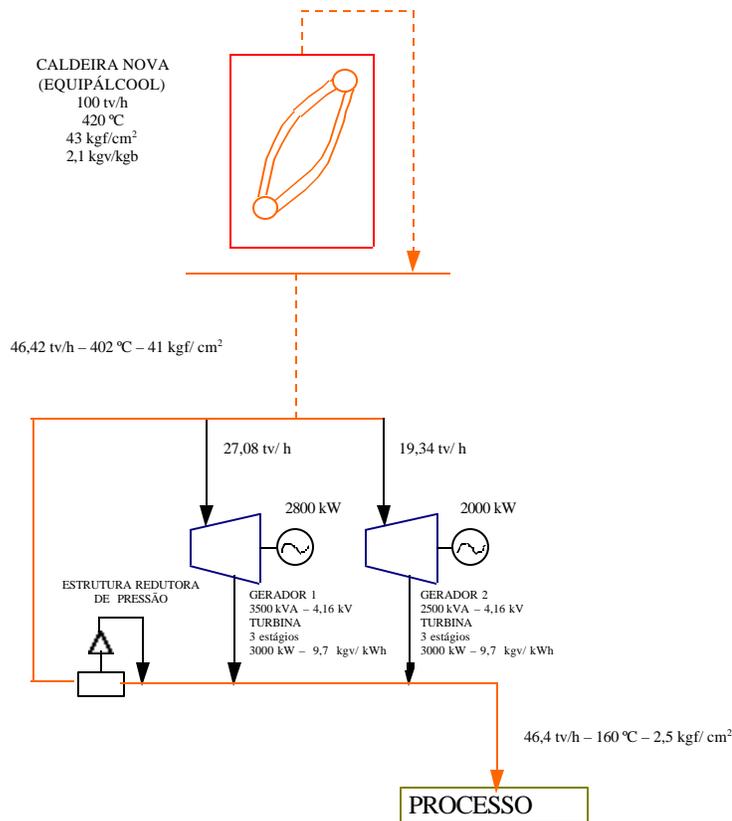


Figura 3 - Esquema do sistema de cogeração durante a entressafra

### 3.2.1.5 Energia Exportada

Por energia exportada, deve-se entender a energia excedente, gerada pela indústria, e que é vendida a uma concessionária, prática esta que vem sendo estimulada pelo Governo Brasileiro.

A soma das Eqs. (13) e (14) determina a energia total excedente produzida durante todo o ano pela destilaria,  $E_{ET}$  ou seja,

$$E_{ET} = E_D + E_{DE}, \quad (15)$$

que em termos numéricos resulta em  $E_{ET} = 40.938$  MWh

### 3.2.1.6 Potência Exportada

Dois outros parâmetros úteis nas considerações técnicas e econômicas na geração de energia são as potências de exportação na safra,  $P_{EXS}$ , e na entressafra,  $P_{EXES}$ , determinadas dividindo-se, respectivamente, as Eqs. (13) e (14), pelo número de horas trabalhadas nos períodos correspondentes. Dessa forma:  $P_{EXS} = 6.730$  kW e  $P_{EXES} = 3.000$  kW.

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÃO

Antes de se implantar o novo sistema de cogeração, explorou-se ao máximo a capacidade de moagem. Assim, a massa de cana moída, por safra, passou na safra 99/00 de 672.000 t, para 768.000 t,

mantendo-se uma média horária de aproximadamente 150 tc/h. Em consequência, o total de bagaço atingirá, na próxima safra, 245.760 t, dos quais, como foi mostrado acima, 26.286 t serão destinados a geração das 46 tv/h, necessários nos cinquenta dias de re-processamento do melaço e do álcool hidratado, 500 t irão para estocagem e 153.230 t para a geração das 58 tv/h, requeridas pelo processo de destilação durante a safra. Restarão, então, cerca de 65.744 t. Esta quantidade produzirá 24,88 tv/h, que será consumido pela máquina de condensação, para fornecer cerca de 5.300 kW. De fato, a escolha de uma turbina de condensação se deu, por ser este tipo mais apropriado na geração de eletricidade, aproveitando melhor a disponibilidade energética do vapor, resultando em grande economia no consumo de vapor por MWh gerado. Observando a Fig. (2), verifica-se que as 58 tv/h destinadas ao processo irão gerar 6.900 kW nos estágios de contrapressão das três turbinas instaladas. Verifica-se, ainda, que a turbina de condensação estará gerando abaixo da sua capacidade nominal, de 12 MW. Isto ocorre em virtude da limitação da capacidade de extração dos ternos de moenda. Assim, a quantidade de bagaço é insuficiente para gerar vapor a ser consumido pelo estágio de condensação.

Pode-se verificar que a utilização da nova caldeira, não apenas garantirá uma economia acima de 24% no consumo de vapor, com relação à atual, mas também possibilitará uma redução de 5% no consumo de bagaço, por tonelada de vapor gerado.

No cálculo da energia produzida durante a entressafra, a turbina de condensação não foi levada em conta. Isto ocorreu porque naquele período se necessita de uma menor demanda de vapor e de potência consumida, preferindo-se deixar aquela turbina de condensação inativa. Na verdade, dado ao planejamento feito, naquela altura não deve haver mais bagaço para gerar vapor a ser utilizado na turbina de condensação, permanecendo, pois, em funcionamento, apenas, as duas outras turbinas fornecendo 4.800 kW conjuntamente.

Constatou-se que o déficit atual de eletricidade na destilaria é de 300 kW. Por essa razão, a indústria paga cerca de R\$ 120.000,00 à concessionária. A busca da auto-suficiência energética, como já foi mencionada, foi imaginada de forma a se dispor ao final, de uma energia excedente que deve ser comercializada. Todavia, para tanto, será investido cerca de R\$ 6.000.000,00 (seis milhões de Reais). Antes, de se tomar a decisão de desembolsar tal quantia foi solicitado um levantamento de custos da ampliação da caldeira, de forma a que se pudesse dispor do vapor necessário para a geração da energia que falta à empresa. O custo desta ampliação foi orçado em R\$ 300.000,00, ou seja 20 vezes menos do que na opção escolhida. Mesmo assim, tendo em vista a limitada capacidade de produção e a baixa disponibilidade da energia do vapor, em relação à caldeira nova, o aumento da planta de cogeração com a opção da reforma da caldeira foi descartada. Ainda analisando-se unicamente do ponto de vista financeiro, se constata que o potencial anual de exportação de energia é da ordem de 40.938 MWh, com uma média horária de exportação de eletricidade de 6.730 kW na safra e de 3.000 kW na entressafra. Dado o valor normativo para venda de energia produzida por uma termelétrica de biomassa ser 89,86 R\$/MWh, (Aneel, 2001), pode-se conseguir com a energia excedente uma receita adicional da ordem de três milhões e seiscientos mil reais. Assim, através de uma análise grosseira poder-se-ia concluir que o capital investido poderia ser amortizado em cerca de dois anos de operação desta planta. Todavia, o excedente de 65.744 t de bagaço, consumido para gerar essa energia, vendido a R\$ 26,00 (vinte seis Reais) por tonelada<sup>2</sup>, poderia auferir uma receita anual de cerca de R\$ 1.700.000,00. Incluindo os juros bancários para o investimento de R\$ 6.000.000,00 e outros emolumentos, os custos de manutenção e de operação do novo equipamento, o aumento de despesas com pessoal, os dispêndios com a retificação da eletricidade gerada, e a ociosidade da caldeira existente, o lucro com a venda de eletricidade, não é tão óbvia assim. Por sua vez, o preço da eletricidade tende a se elevar, enquanto a variação no preço do bagaço é mais errática.

## 5. REFERÊNCIAS

---

<sup>2</sup> No ano de 2001 a tonelada de bagaço chegou a ser vendida por R\$ 42,00.

Camargo, Carlos Augusto de, 1990, “Conservação de Energia na Indústria do Açúcar e Álcool: manual de recomendações”, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo.

Equipalcool, 2001, Proposta Técnica/Comercial.

Faires, Virgil Moring, 1966. “Termodinâmica”, Ed. Livro Técnico , 4º ed., Rio de Janeiro.

Hugot, Emile, 1969, “Manual da Engenharia Açucareira”, Ed. Mestre Jou, Vol. 2, São Paulo.

Japungu Agroindustrial S/A, 2001, Relatório geral da safra e comparativo de safras: 00/01.

Resolução da ANEEL nº 22/2001, Valor Normativo.

## **TERMOCOECONOMIC STUDY OF THE INCREASE IN CAPACITY OF A COGENERATION SYSTEM IN A SUGAR CANE ALCOHOL DISTILLERY**

### **Emerson Freitas Jaguaribe**

DTM/CT – Campus I da UFPB – 58059 900. João Pessoa – PB – Brasil

[ejaguaribe@uol.com.br](mailto:ejaguaribe@uol.com.br)

### **Pio Caetano Lobo**

IEM/DME – EFEI – Cx. Postal 50 – 37500 903. Itajubá – MG – Brasil

[pclobo@iem.efei.br](mailto:pclobo@iem.efei.br)

### **José Rodrigues de Lima Neto**

Japungu Agroindustrial S. A., Fazenda Japungu s/n – 58300 000. Santa Rita – PB – Brasil

[jrneto@netwaybbs.com.br](mailto:jrneto@netwaybbs.com.br)

### **Wilson Luciano de Souza**

DTM/CT – Campus I da UFPB – 58059 900. João Pessoa – PB – Brasil

[wilsonphd@bol.com.br](mailto:wilsonphd@bol.com.br)

### **Felipe Augusto Araruna da Rocha**

DTM/CT – Campus I da UFPB – 58059 900. João Pessoa – PB – Brasil

[felipear@zipmail.com.br](mailto:felipear@zipmail.com.br)

**Abstract:** *This publication analyses the electricity cogeneration system that partly meets the requirements of a sugarcane alcohol distillery as well as a modification to take advantage of an unused turbogenerator to make the distillery not only self-sufficient but also generate surpluses of electricity for sale to the utility. During the season 672,000 tons of cane are milled, producing 215,000 tons of bagasse. Two back-pressure turbogenerators with inlet at 31 kgf/cm<sup>2</sup> and 340 °C generate 6,000 kVA, or 4,800 kWh, for the industry and the agro village, and the supplying the distillery with 58 tonnes of steam per hour. The company wishes to enlarge the installed steam generation capacity to meet the current demand of 5,100 kWh. The value stipulated for the bagasse in this study was US\$ 9.50 per ton. In order to use the existing boiler in an attached sugar factory to be installed, it was decided to acquire a new boiler with a nominal steam flow of 100 tonnes/h operating at 84.86 tonnes/h, at 43 kgf/cm<sup>2</sup> pressure and 420 °C temperature. In the new configuration the two back-pressure turbogenerators already in operation, will be complemented by the third condensing/extraction turbogenerator, to augment present steam supply. These modifications will allow the sale of 37,338 MWh surplus electricity in season, and 3,600 MWh during the off season.*

**Keywords:** *sugarcane bagasse, expanding an electricity cogeneration system, sugarcane distillery.*