
PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA QUEIMA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

GALBIATI, Janaína Kimura¹
GALLO, Carlos Alberto²
LAVANHOLI, Maria das Graças D. Prado³

Recebido em: 2009.12.03

Aprovado em: 2010.03.04

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278-319

RESUMO: São apresentadas referências sobre a cogeração de energia elétrica a partir do vapor resultante da queima de bagaço da cana-de-açúcar. Durante muito tempo, este subproduto foi considerado como um problema para o meio ambiente, mas, atualmente, está cada vez mais relacionado a uma das principais alternativas para a solução energética brasileira, que já prevê escassez de energia elétrica para os próximos anos. Os estudos apontam que a atual capacidade de geração de energia elétrica do país não irá suportar o crescimento econômico, além da existência de problemas no clima, em que estiagens severas podem provocar um novo risco de racionamento, o que poderia causar perdas no setor industrial. O Brasil, no entanto, conta com uma grande expansão do setor sucroalcooleiro, e este já dispõe de capacidade de geração de agroenergia. De acordo com alguns estudos, o setor pode suprir até 15% da demanda energética do país, ultrapassando o equivalente ao dobro da geração da hidrelétrica de Itaipu. Analisa-se que o setor privado precisa de auxílio técnico e financeiro para a criação destas termoelétricas.

Palavras chave: Cogeração. Biomassa. Bagaço. Cana-de-açúcar.

SUMMARY: It presents references above the cogeneration of electric power within the vapor resulting from she burns of cane bagasse. For very long time this byproduct was considerate like a problem about to the middle environment but, actually, is, more and more, related to from the principal alternatives for solution energetic Brazilian, what already she foresees scarcity of electric power about to the neighbors years. The studies annotation what the actual capacity of generation of electric power of the country she won't go support the growth economic, beyond from existence of problems into the climate, what drought severes can provoke a new risk of ration, the one to could cause losses into the sector industry. The Brazil, however, account with only a big expansion of the sucroalcooleiro sector, and this already it shoots of capacity of generation of agroenergy. According to some studies, the sector can you furnish but also 15% from energetic demand of the country, overtaking the equivalent the double of generation from Itaipu hydroelectric. It was analyzed that the private sector need of aid technical and financial for the creation of these termoelétricas.

Keywords: Cogeneration. Biomass. Cane bagasse. Sugarcane.

INTRODUÇÃO

O termo biomassa engloba a matéria vegetal oriunda da fotossíntese e os seus derivados, tais como: resíduos florestais e agrícolas, resíduos animais e a matéria orgânica contida nos resíduos industriais, domésticos, municipais, entre outros. Estes materiais contêm energia química provinda da transformação energética da radiação solar. Essa energia química

¹ Pós-Graduada em Gestão Agroindustrial Sucroalcooleira, da Universidade de Rio Verde (FESURV).

² Professor do curso de Engenharia Mecatrônica da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia.

³ Professora do Curso de Agronomia da Faculdade Dr. Francisco Maeda da Fundação Educacional de Ituverava – FAFRAM/FE.

pode ser liberada diretamente por combustão ou pode ser convertida, através de outros processos, em fontes energéticas mais adequadas. Ao contrário das fontes fósseis de energia, como o petróleo e o carvão mineral, a biomassa é renovável em curto intervalo de tempo. A renovação da biomassa ocorre através da decomposição ou a queima de matéria orgânica provocando a liberação de gás carbônico na atmosfera. As plantas, através da fotossíntese, transformam o gás carbônico e a água em hidratos de carbono, liberando oxigênio. Dessa forma, o uso adequado da biomassa não altera a composição média da atmosfera ao longo do tempo.

BIOMASSA E A PRODUÇÃO DE ENERGIA

O uso do fogo foi uma das primeiras formas para a utilização da biomassa pelo homem, para a obtenção de energia. A madeira foi, por muito tempo, a principal fonte energética utilizada, ao lado de óleos vegetais e animais, em menor escala. A Revolução Industrial marcou o auge da importância do consumo da biomassa, com o uso de lenha na indústria siderúrgica, além de sua aplicação nos transportes (OLIVEIRA, 2007).

De acordo com o Banco Mundial, 50% a 60% da energia nos países em desenvolvimento vêm da biomassa, e metade da população mundial cozinha com madeira. A geração de energia por queima da madeira cresceu de 200 megawatts em 1980 para 7.800 megawatts atualmente (BALEOTTI, 2007).

O Brasil tem desenvolvido tecnologia há vários anos para a utilização da biomassa como fonte geradora de energia, abrindo postos de trabalho e com muito pouco recurso financeiro. Foi no setor de transportes que ocorreram alguns empreendimentos brasileiros, marcando o uso da biomassa. Dos anos de 1920 até os primeiros anos da década seguinte, período da crise decorrente da Primeira Guerra Mundial, compostos de álcool, éter etílico e óleo de mamona foram produzidos como substitutos da gasolina, com relativo sucesso (DECICINO, 2008).

A utilização intensa de combustíveis de origem não renovável, para fins energéticos, tem sido apontada como a principal causa para o aumento da concentração de gases poluentes na atmosfera, com conseqüentes mudanças climáticas nos últimos anos. Assim, as fontes renováveis de energia vêm ganhando destaque diante das discussões globais para controle e/ou estabilização das concentrações de gases na atmosfera (OLIVEIRA, 2007).

Os sistemas de cogeração, que permitem produzir simultaneamente energia elétrica e calor útil, configuram a tecnologia mais racional para a utilização de combustíveis. Este é o caso das indústrias sucroalcooleiras e de papel e celulose, que além de demandar potência

elétrica e térmica, dispõem de combustíveis residuais que se integram de modo favorável ao processo de cogeração. A cogeração é usada em grande escala no mundo, inclusive com incentivos de governos e distribuidoras de energia (SZMERCSENYI, 1979).

A produção elétrica nas usinas de açúcar e álcool em sistemas de cogeração, que usam o bagaço de cana como combustível, é uma prática tradicional deste segmento em todo o mundo. O que diferencia seu uso é a eficiência com que o potencial do bagaço de cana é aproveitado. A geração de energia elétrica por biomassa da cana deve crescer com vigor nos próximos anos na matriz energética do Brasil (CORRÊA NETO, 2001).

As potencialidades da biomassa da cana, amplamente discutidas pelo setor sucroalcooleiro, ganharam maior destaque nacional a partir de novembro de 2007, quando a Petrobrás se viu obrigada a limitar temporariamente a entrega de gás às distribuidoras para direcionar o produto à geração de energia das usinas a gás natural; os reservatórios das hidrelétricas apresentaram níveis próximos à margem de segurança (BALEOTTI, 2007).

CONTEXTO ATUAL DO SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO

Atualmente, o país encontra-se em pleno crescimento em todas as áreas. Assim, é necessária uma infraestrutura básica para esse fim, dentre eles o fornecimento de grande quantidade de energia elétrica. O consumo de energia elétrica fechou o ano de 2005 com alta de 4,6% e a demanda ficou em 335.411 GWh (gigawatts-hora). No ano seguinte, 2006, houve alta com demanda de 357.529 GWh (gigawatts-hora). Em 2007, o consumo de energia elétrica fechou o ano com crescimento de 5,4% sobre 2006, com demanda de 376.905 GWh (gigawatts-hora). Para 2008, as previsões indicavam que o consumo deveria atingir 396.500 GWh (gigawatts-hora), significando uma expansão de 5,2%, ritmo próximo ao observado em 2007. Espera-se que o comércio siga liderando o crescimento da demanda de energia elétrica, segundo dados divulgados pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética, 2008).

Nos próximos anos, o Brasil passará por um grande processo de crescimento do consumo energético. O País tem instalado, atualmente, cerca de 100.000 mW e a demanda de energia crescerá aproximadamente 5% ao ano, segundo dados da consultoria Koblitz, empresa especializada em engenharia de sistemas elétricos (BALEOTTI, 2007).

O crescente aumento do consumo de energia demonstrou a necessidade de um planejamento estratégico para promover uma maior diversificação da matriz energética brasileira, hoje ainda altamente dependente da hidroeletricidade (FIOMARI, 2008).

COGERAÇÃO DE ENERGIA

Pode-se definir cogeração como sendo a produção conjunta de trabalho mecânico e calor utilizável a partir da queima do mesmo combustível. O trabalho mecânico é em geral usado para acionar um gerador elétrico, mas poderá ter outras finalidades. O calor é quase sempre utilizado para geração de vapor para processo, ou água quente para aquecimento (ZANETTI, 2006).

As usinas termelétricas convencionais, queimando combustíveis fósseis, têm uma eficiência térmica da ordem de 30 a 40%, isto é, só estas porcentagens da energia contida no combustível são transformadas em energia elétrica. Em uma unidade de cogeração, a energia que seria perdida em forma de calor, seja na exaustão ou na condensação do vapor, é aproveitada para prover calor a um processo, ou aquecimento de ambientes fazendo com que uma instalação de cogeração possa ter eficiência térmica de até 85% (CORRÊA NETO, 2001).

Além de dar melhor uso à energia do combustível, com a cogeração reduz-se o impacto ambiental, especialmente quanto às emissões gasosas. Ao lado destas vantagens econômicas e ecológicas, há alguns pontos negativos na cogeração. Como o vapor e a água quente não podem ser levados a longas distâncias, deverão existir, localmente, demandas para suas produções, sem o que, a eficiência térmica global do processo, ficará prejudicada. Por estes motivos, a energia elétrica tem, geralmente, um peso maior do que o calor, e as avaliações econômicas de uma instalação têm que levar estes fatos em consideração (SOUZA, 2000).

A seleção, avaliação e eventual implementação de uma instalação de cogeração são tarefas complexas, que pressupõem um conhecimento detalhado das demandas de calor e eletricidade, e seus respectivos custos. Provavelmente cada instalação terá mais de uma solução, todas exigindo estudos minuciosos dos aspectos técnicos e econômicos para que a melhor dentre elas seja selecionada (SOUZA, 2000).

Contudo, os sistemas de cogeração têm sido bastante incentivados por muitos países, chegando atualmente a representar cerca de 7% do total de energia produzida mundialmente, e mais de 40% da energia gerada em alguns países da Europa. E ainda, os EUA e a União Européia têm metas para dobrar o montante de energia gerada por sistemas de cogeração até 2010 (OLIVEIRA, 2007).

Benefícios da cogeração

Cogeração é um meio de cortar custos de energia e emissões de poluentes para o meio ambiente, já que cogeração é um meio mais eficiente de produção de energia. Desde que

cogeração é uma forma de produção local de energia, perdas de energia na transmissão são evitadas e, com isso, pode-se ter um meio de distribuir energia com melhor custo/benefício em relação às longas extensões. E, devido ao fato de serem menores do que as plantas de geração convencionais, os sistemas de cogeração possuem maior flexibilidade e confiabilidade (COELHO, 2000).

São muitos os benefícios da cogeração, descritos a seguir, sendo que alguns são devidos à alta eficiência dos sistemas de cogeração, enquanto outros se referem às próprias vantagens da geração descentralizada de energia (CORRÊA NETO, 2001).

Menor tempo de construção - Em mercados de eletricidade os contratos são feitos geralmente para menos de cinco anos à frente. Desde que, grandes plantas de geração levam tipicamente três anos para serem construídas, é muito difícil de encontrarem compradores para estas plantas ou de estimar o preço da eletricidade para daqui cinco anos. Então, proprietários de grandes plantas sofrem grandes riscos de mercado e preço quando constroem tais plantas. Sistemas de geração de menor porte são construídos entre quatro e dez meses e eles podem, também, obter o retorno do investimento em menor tempo, em relação às grandes plantas. Também é muito difícil estimar a demanda de energia após mais de cinco anos à frente, desde que o crescimento econômico pode flutuar consideravelmente. Se as decisões de investimento são feitas muito cedo, os erros na estimativa de crescimento podem causar supercapacidade ou incapacidade de geração.

Melhor flexibilidade. A demanda de energia muda a toda hora durante o dia. Isso requer que se tenha a capacidade de controlar a produção de energia para corresponder com a demanda. Isso é muito difícil de realizar no caso de grandes plantas de geração, que foram tipicamente planejadas para operar em uma carga de produção que só pode ser controlada numa base diária. Desta forma, têm-se grandes perdas de energia. No entanto, pequenas plantas de geração apresentam capacidade de atender à demanda bastante flexível. Estes sistemas podem ser iniciados em segundos e seus níveis de saída podem ser mudados a cada hora, de acordo com a demanda dos consumidores industriais ou da rede nacional.

Melhor confiabilidade. Um grande número de pequenas plantas de geração, também significa melhor confiabilidade do sistema. Pequenas plantas de geração, geralmente, têm maior disponibilidade, tipicamente entre 90% e 95%, em relação a plantas maiores, que apresentam disponibilidade entre 75% e 90%, dependendo do tipo. Isto se dá pelo fato de pequenos sistemas de geração ser simples e possuírem menos componentes do que sistemas maiores. Pequenas plantas de geração descentralizadas podem também ser estrategicamente utilizadas para assegurar o suprimento local de eletricidade de importantes funções públicas, durante um black-out na rede de transmissão tradicional.

Menor emissão de poluentes. Os atuais tipos de instalações de cogeração alcançam uma redução de emissão de CO₂ em torno de 30%, em comparação com geração de estações de queima de carvão (termoelétrica movidas a carvão), e cerca de 10% em comparação com turbinas a gás de ciclo combinado (autogeração a gás natural).

Desvantagens da cogeração

Como desvantagens da cogeração podem ser citadas as seguintes (COELHO, 2000):

- Maior complexidade no planejamento e na operação do sistema elétrico;
- Maior complexidade nos procedimentos e na realização de manutenções, inclusive nas medidas de segurança a serem tomadas;
- Maior complexidade administrativa, contratual e comercial;
- Maiores dificuldades de coordenação das atividades;
- Em certos casos, diminuição do fator de utilização das instalações das concessionárias de distribuição, o que tende a provocar o aumento do preço médio de fornecimento.

Para o produtor independente, a interligação à rede acarreta, obviamente, certa redução de autonomia, por não poder mais agir visando apenas a maximização do próprio benefício, nos casos em que possa ser prejudicado o benefício global de todos os usuários (COELHO, 2000).

A cogeração no setor sucroalcooleiro

Do ponto de vista energético, as usinas sempre produziram um grande volume de bagaço, tornando-se um grande transtorno quanto à disposição deste bagaço na natureza. Diante deste fato, as usinas instalaram ao longo dos anos, modelos que consomem todo esse subproduto sem deixar nada sobrar. Dessa forma, evita-se o consumo de combustíveis externos e se dispõe do bagaço produzido (ZANETTI, 2006).

O processo produtivo nas destilarias de etanol tem como insumos energéticos primários a energia térmica, na forma de calor, e energia mecânica para acionamentos diversos. As necessidades energéticas do processo são atendidas com a geração e distribuição de vapor, tendo como combustível básico o bagaço, resultante do processamento da cana-de-açúcar. O vapor gerado nas caldeiras fornece o calor de processo, o trabalho mecânico em turbinas de processo e em turbinas para geração de energia elétrica. O acionamento dos diversos equipamentos é feito através de turbinas a vapor e de motores elétricos (SOUZA, 2000).

As destilarias são praticamente autônomas, em termos do atendimento de suas necessidades energéticas, sendo pequena a parcela de energia elétrica consumida da rede das

distribuidoras locais ao longo do ano, predominantemente nos períodos da entressafra (FIOMARI, 2008).

No ciclo a vapor, o bagaço proveniente da seção de extração, com umidade da ordem de 50%, alimenta a fornalha das caldeiras. A pressão de geração do vapor é predominantemente da ordem de 1,8 MPa nas destilarias anexas e 2,0 MPa nas destilarias autônomas. Deve-se ressaltar aqui, que as caldeiras ou geradores de vapor, foram por muitos anos tratados como incineradores de bagaço devido à necessidade, na época, de se descartar este resíduo. O vapor primário produzido é empregado diretamente para o acionamento de equipamentos através de turbinas a vapor, normalmente de simples estágio e contrapressão, entre eles os picadores, os desfibradores, os ternos da moenda, a bomba de alimentação da caldeira e os geradores de energia elétrica. O vapor de contrapressão proveniente das turbinas, chamado de vapor de escape, tem a pressão em torno de 0,25 MPa e é utilizado no processo produtivo propriamente dito, fornecendo o calor necessário (CORRÊA NETO, 2001).

O setor sucroalcooleiro demonstra disposição para assumir a responsabilidade de ajudar o Brasil a garantir o suprimento de energia elétrica para o ritmo de crescimento que o país vem apresentando. O setor pode contribuir muito para a produção de energia elétrica para comercialização, através da expansão de seus sistemas de cogeração. No entanto, para que isto ocorra devem, necessariamente, serem utilizadas tecnologias mais avançadas e que permitam um melhor aproveitamento energético do combustível (BALEOTTI, 2007).

No Brasil, o setor sucroalcooleiro está descobrindo dois novos significados para os produtos resultantes da colheita e do processamento da cana-de-açúcar. Cada muda de cana plantada no país não é mais apenas o início da produção de açúcar e álcool, da terra também brota energia elétrica. Antes resíduos de destinação inconveniente, a palha e o bagaço estão se tornando sinônimos de dinheiro para as usinas. E sinônimos de solução para um problema iminente, ou pelo menos, provável no Brasil, evidenciado recentemente com a crise do gás (OLIVEIRA, 2007).

Com a possibilidade de falta de gás natural, os consumidores de energia, carros e indústrias, ficaram preocupados e o debate sobre a possibilidade de novo racionamento de energia, como aconteceu em 2001, foi retomado. Naquele ano, a falta de planejamento governamental e a estiagem obrigaram a adoção de um programa de economia do insumo no Brasil (BALEOTTI, 2007).

CUSTOS E INVESTIMENTOS

Para produzir energia e suprir a demanda do mercado, porém, é necessário que o setor

invista mais em novas tecnologias: equipamentos de cogeração, como caldeiras de alta pressão e turbinas a vapor com grande capacidade e eficiência (CORRÊA NETO, 2001).

Segundo cálculos, o aproveitamento das oportunidades de geração de energia com bagaço de cana, demanda aportes R\$ 36,7 bilhões. O uso da palha consumirá mais recursos: R\$ 37,9 bilhões. No total, serão necessários R\$ 74,7 bilhões (BALEOTTI, 2007).

As reivindicações centrais envolvem soluções para atual dificuldade de acesso e conexão direta na rede de transmissão das usinas às redes elétricas, maior agilidade no processo de licenciamento ambiental e a maior valorização de preços à energia cogorada (ZANETTI, 2006).

Todos os problemas já foram expostos ao governo, que anunciou a realização de um leilão especial de contratação de bioeletricidade para os anos de 2010, 2011 e 2012. “O total a ser contratado não foi divulgado, mas pode atingir três mil MW”, estima Mário Veiga (BALEOTTI, 2007).

Para alguns especialistas, os volumes serão vendidos de acordo com o atendimento aos outros estímulos solicitados ao governo (EPE, 2008).

Sánchez Prieto et al. (2001) também apresentaram uma outra análise de custo energético do sistema de cogeração aplicado em uma usina. Porém, neste estudo é enfatizada a metodologia para a determinação experimental da eficiência do sistema, permitindo a determinação do consumo de bagaço de cana da caldeira. Além disso, cada equipamento foi tratado separadamente, de forma que os balanços de massa e energia foram feitos para cada componente do sistema térmico.

Jaguaribe et al. (2004) discutiram um caso real de investimento na ampliação do sistema de cogeração de energia em uma indústria sucroalcooleira paraibana, considerando o preço sazonal do bagaço, os custos de geração de energia e levando em conta um período de dez anos. Com o novo parque de cogeração, a indústria se tornou autosuficiente em energia, dispondo de 21.240 MWh para comercialização, com uma potência média de exportação de 4.000 kW. Todavia, após a análise econômica efetuada, verificou-se que a melhor opção seria manter a planta na forma original e vender o bagaço a R\$ 26,00 por tonelada.

ESTUDOS SOBRE O SISTEMA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA

Barreda Del Campo et al. (1998) estudaram o sistema de cogeração de uma usina sucroalcooleira que fornece excedentes de energia para a rede elétrica. Foram calculados, além das propriedades termodinâmicas dos diferentes fluxos do sistema, os balanços de massa e energia elétrica. Além disso, eles realizaram uma comparação das eficiências de primeira e segunda lei, mostrando a utilidade desta última na avaliação de um sistema real e sua

importância para decisão de melhorias das plantas térmicas, ao evidenciar os equipamentos de maiores irreversibilidades e, conseqüentemente, a perda de oportunidades de geração de energia elétrica.

No âmbito das viabilidades técnica e econômica, Corrêa Neto (2001) avaliou projetos de geração de energia elétrica utilizando como combustível o bagaço, a palha e as pontas da cana-de-açúcar, como opção complementar à expansão do sistema elétrico brasileiro. A tecnologia analisada foi de geração termelétrica com ciclo combinado, operando em cogeração, integrado a sistemas de gaseificação de biomassa para a produção de gás combustível, com e sem adição de gás natural. A análise econômica foi feita através da modelagem e construção de curvas de economicidade do projeto baseadas nos preços da energia elétrica, do gás natural e nos custos da biomassa.

Por outro lado, o custo energético do sistema de cogeração foi analisado por Sánchez Prieto et. al. (2001) partindo de dados obtidos em uma usina açucareira que tem toda sua demanda de potência e energia térmica satisfeita pelo próprio sistema. Neste trabalho, os autores incluíram a determinação das irreversibilidades e das eficiências da segunda lei da termodinâmica, salientando a importância destas eficiências para as decisões sobre possíveis alterações do sistema, tanto para melhoria na planta térmica, como no sentido de atender os requisitos necessários estabelecidos pela ANEEL para a qualificação de centrais cogeneradoras para a venda de energia.

Por outro lado, o uso de energia dentro da própria usina também deve ser reavaliado. Assim, Lobo et al. (2002) analisaram os processos de extração de açúcares da cana em duas empresas sucroalcooleiras que usam turbinas de contrapressão para fornecer trabalho, sendo o vapor de contrapressão utilizado como energia térmica de processo. Uma das empresas emprega grandes turbo geradores de múltiplos estágios, que operam com entrada de vapor a 3,0 MPa e 330°C, para cogerar energia elétrica para motores elétricos que acionam as moendas, picadores e desfibradores. Já na outra empresa, o acionamento das máquinas é realizado diretamente por pequenas turbinas de simples estágio operando com vapor a 2,0 MPa e 290°C. Foi verificado que a empresa que utiliza energia elétrica cogerada, com turbinas maiores para acionar as máquinas, chega a economizar 65 % do bagaço gasto para moer uma tonelada de cana quando comparada com a empresa que utiliza várias turbinas menores e menos eficientes. Os autores concluíram que, com o uso mais racional do bagaço gerando vapor em temperaturas e pressões maiores, obtém-se uma grande economia de bagaço, que tanto pode ser comercializado in natura, ou ser usado para cogeração de excedentes de eletricidade.

Considerando um estudo da Usina Santa Adélia, que recentemente ampliou sua geração própria, passando a comercializar sua eletricidade excedente com a CPFL, Brighenti (2003) apresentou e analisou os diversos requisitos necessários para que haja uma integração confiável e segura dos sistemas de geração a partir de biomassa (especificamente cogeração com bagaço de cana) ao sistema elétrico de potência. Foram levantadas e analisadas as barreiras técnicas, legislativas, econômicas e ambientais que, em conjunto, determinam a integração do cogrador, sendo dada ênfase especial à parte técnica da interligação, analisando o impacto que a inserção dos produtores independentes pode causar no sistema elétrico e o que precisaria ser feito para a interligação com a concessionária.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cogeração de energia elétrica através do bagaço da cana-de-açúcar tem uma série de benefícios, tais como: o aproveitamento do resíduo, sua disponibilização em grande quantidade, o fácil processamento, o baixo custo se comparado com a construção de hidrelétricas que causam enorme degradação ambiental. Há ainda que se considerar que o país está em crescente ascensão no setor, com construção de inúmeras usinas sucroalcooleiras, que tem como subproduto, o bagaço que servirá para a geração de energia bem no período de escassez das chuvas, quando os reservatórios das hidrelétricas estão com baixo nível. E para isso, o setor precisa de incentivos financeiros do poder público, para assim evitar problemas ambientais, sociais e econômicos.

Em virtude de o homem vir utilizando suas fontes de energia de maneira irracional, fez com que as reservas que vem sendo exploradas há décadas estejam se esgotando. A sociedade necessita considerar o uso de formas renováveis de energia, assim como formas menos poluentes, uma vez que o planeta vem experimentando um aquecimento global significativo durante as últimas décadas.

Quanto ao Brasil, para poder acompanhar o crescimento econômico, o qual reflete em um aumento do consumo de energia, o setor governo precisa estimular o aumento na geração de eletricidade de maneira mais efetiva e eficiente. Com a privatização da geração de energia, o estado deixou de investir no setor e este investimento deve ser realizado pelas empresas geradoras.

As respostas às questões levantadas a respeito da disponibilidade de oferta de energia suficiente para, no futuro, impulsionar o crescimento econômico do país e garantir o atendimento para toda população, e para que estas fontes de energia tenham um impacto positivo no meio ambiente, devem ser apoiadas em tecnologias mais eficientes e menos

poluentes a fim de utilizar-se de forma mais racional as possíveis fontes de energia conhecidas pelo homem.

Assim, os sistemas de cogeração aparecem, ao mesmo tempo, como uma solução imediata para a crise atual de energia vivida pelo Brasil e como uma solução para os problemas ambientais e sociais advindos dos setores energéticos, que são o aquecimento global e o fornecimento de energia sustentável.

REFERÊNCIAS

BALEOTTI, LUIZ. O lixo que vira luz. **Revista Alcoolbrás**, São Paulo, v. 133, p. 34-41, nov./dez. 2007.

BARREDA DEL CAMPO et al. Análises energética e exergética do sistema de cogeração da usina Vale do Rosário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS TÉRMICAS, 7, 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 1998. p. 307-312. v. 1.

BRIGHENTI, C.R.F., **Integração do cogrador de energia do setor sucroalcooleiro com sistema elétrico**. 2003. 169f. Dissertação (Mestrado em Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) – Universidade de São Paulo.

COELHO, S. T. et al. **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**. Brasília: Dupligráfica, 2000.

CORRÊA NETO, V. **Análise de viabilidade da cogeração de energia elétrica em ciclo combinado com gaseificação de biomassa de cana-de-açúcar e gás natural**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DECICINO, R. **Material orgânico pode ser combustível**. Disponível em: <http://educacao.uol.com.br/geografia/ult1694u392.jhtm>. Acessado em: 11 nov. 2008.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: EPE, 2008.

FIOMARI, M.C. et al. **Análise termodinâmica e termoeconômica de uma usina sucroalcooleira que produz excedente de energia para comercialização**. NUPLN - Núcleo de Planejamento Energético, Geração e Cogeração de Energia; UNESP. Ilha Solteira. 2008.

JAGUARIBE, E.F. et al. Vender bagaço ou comercializar a energia gerada pela cogeração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS TÉRMICAS, 10, 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2004. p. 12.

LOBO, P.C. et al. Análise Comparativa de Sistemas de Cogeração Usados em Duas Diferentes Plantas Sucroalcooleiras. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 2, 2002, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2002. p. 10.

OLIVEIRA, J. G. **Perspectivas para a cogeração do bagaço de cana-de-açúcar: potencial do mercado de carbono do setor sucroalcooleiro paulista**. 2007. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Carlos.

SÁNCHEZ PRIETO, M.G.S., CARRIL, T.P., NEBRA, S.A. Análise do custo exerético do sistema de geração de vapor da usina Cruz Alta. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 16, 2001, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2001. p. 196-205. v. 4.

SOUZA, Z. J.; BURNQUIST, H. L. O potencial de cogeração sucroalcooleiro. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, abr. 2000.

SZMERCSÁNYI, T. **O planejamento da agroindústria canavieira no Brasil (1930-75)**. São Paulo: Hucitec, 1979. 540 p.

ZANETTI, A.A.; OLIVEIRA JUNIOR, S. **Avaliação comparativa de sistemas de cogeração com utilização de bagaço de cana-de-açúcar e gás natural**. Disponível em: http://www.poli.usp.br/d/pme2599/2006/Artigos/Art_TCC_020_2006.pdf. Acessado em 23 nov. 2008.