

## COGERAÇÃO DE ENERGIA UMA VISÃO GERAL

Douglas Henrique Sattin<sup>1</sup>

Vicente de Lima Gongora<sup>1</sup>

**Resumo:** A cogeração de energia consiste em um método de reaproveitar os desperdícios de energia derivada de processos como, por exemplo: turbina a gás, turbina a vapor, microturbinas, ciclos combinados ou através da conversão de energia como nas pilhas de combustível. Compreende-se através desse estudo o significado de cada método, abordando suas principais vantagens e desvantagens com o objetivo de mostrar e informar os benefícios dessas tecnologias. Pois a correto entendimento desses métodos vem proporcionar uma visão diferente para o consumo e reaproveitamento de energia, tendo como resultado uma maior sustentabilidade para todo o processo.

**Palavras-chave:** Reaproveitamento de energia. Tipos de sistemas de cogeração. Vantagens/desvantagens da cogeração.

## COGENERATION ENERGY AN OVERVIEW

**Abstract:** The cogeneration power consists in a method of reusing waste energy derived from processes such as: gas turbine, steam turbine, microturbine, combined cycles or by converting the energy as fuel cells. It is understood through this study the meaning of each method, analyzing their main advantages and disadvantages in order to inform and show the benefits of these technologies. For a proper understanding of these methods is to provide a different view for consumption and reuse of energy, resulting in greater sustainability for the whole process.

**Key-words:** Reuse energy. Types of cogeneration systems. Advantages / disadvantages of cogeneration.

---

<sup>1</sup> PÓS GRADUADO em Automação Industrial pela Faculdade de Tecnologia SENAI/SC, Florianópolis, dsattin@gmail.com

## **1 INTRODUÇÃO**

A tecnologia de cogeração de energia tem se tornado um mecanismo útil para prover o reaproveitamento do desperdício de energia gerado em processos industriais. No qual, apresenta características de operação que diferem daquelas de geradores dedicados em que o objetivo é gerar energia elétrica somente.

A cogeração em si é uma forma de reaproveitamento do desperdício de energia de processos térmicos, como as turbinas a vapor e as turbinas a gás, e também através de outras formas que possibilitam o aumento do rendimento energético de seus processos.

Assim, essa pesquisa tem como objetivo geral levantar dados relativos a alguns sistemas de cogeração, buscando a partir de uma revisão bibliográfica mostrar suas principais características.

Tendo como justificativa para sua elaboração a geração de informação e um melhor esclarecimento a respeito do tema, entretanto, busca-se também difundir os benefícios e vantagens da sua utilização nos dias de hoje.

## **2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A pesquisa foi elaborada através de um levantamento bibliográfico usando como fontes livros, artigos científicos, dissertações e sites especializados.

Onde se buscou analisar e entender melhor os procedimentos da cogeração de energia em seus diversos meios, comparando e anotando sistematicamente os dados, com a finalidade de proporcionar novos conhecimentos para estudos futuros.

## **3 COGERAÇÃO DE ENERGIA**

A cogeração se apresenta como um sistema de energia que através da combinação de energia térmica, elétrica ou mecânica extraídos da mesma fonte, e tem por objetivo uma solução para economia de energia elétrica.

De acordo com Castro (2008, p.6),

---

<sup>1</sup> Prof. Dr., Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina, vicente.gongora@sistemafiep.org.br

Os sistemas de cogeração classificam-se de acordo com o tipo de máquina térmica que os equipam. Como máquinas térmicas são usadas, tradicionalmente, motores alternativos (de explosão – ciclo Otto ou de compressão interna – ciclo Diesel) ou turbinas (a gás ou a vapor) e, mais recentemente, micro-turbinas e pilhas de combustível.

Em virtude da enorme variedade de tipos de combustíveis que podem ser aproveitados de alguma maneira para processo de cogeração, desde combustíveis fósseis a biomassa, citam-se abaixo alguns exemplos de acordo com Brasil (2005, p. 8), os combustíveis fósseis e de biomassa mais comuns são:

Fósseis:

- Sólidos: carvão, turfa;
- Líquidos: derivados de petróleo tais como gasolina, óleo combustível, óleo diesel, querosene;
- Gasosos: gás natural, gás de refinaria, gás de coqueria etc.

Biomassa:

- Sólidos: lenha, bagaço de cana, casca de arroz, cavaco de madeira etc.
- Líquidos: biodiesel, álcool, licor negro (resíduo da produção de celulose);
- gasosos: resultante da decomposição de lixo orgânico ou esgoto sanitário, ou da gaseificação do bagaço de cana.

Cada tipo de cogeração de energia pode ser empregado em diversos tipos de processos na indústria e também para provimento de autoprodução, cabendo ao executor definir e avaliar as possibilidades de quais equipamentos a seu dispor melhor se adequam para esse fim.

#### **4 TIPOS DE SISTEMAS DE COGERAÇÃO**

Conceitualmente a utilização dos sistemas de cogeração é separada de acordo com a sequência na forma de utilização da energia.

Os sistemas são basicamente separados em dois grupos, "*topping cycle*" e "*bottoming cycle*".

No modelo *topping cycle* o combustível é utilizado primeiramente para produzir energia elétrica ou mecânica, em seguida, a energia térmica, que é o subproduto do ciclo pode ser utilizada para satisfazer outros processos de calor ou que tenham exigências térmicas tornando-se um dos principais métodos de cogeração.

“As instalações do tipo *topping* são mais usuais e consistem na produção de energia elétrica antes da demanda térmica ser utilizada em um determinado processo” (JUNIOR, 2008, p.9).

Conforme a figura 1, “a cogeração ao produzir trabalho e calor úteis, reduz as perdas de energia e permite abastecer a demanda térmica e elétrica com quase o mesmo combustível, sendo assim, o sistema *topping* é o mais utilizado na maioria dos casos” (MARTINS, 2006, p.25).

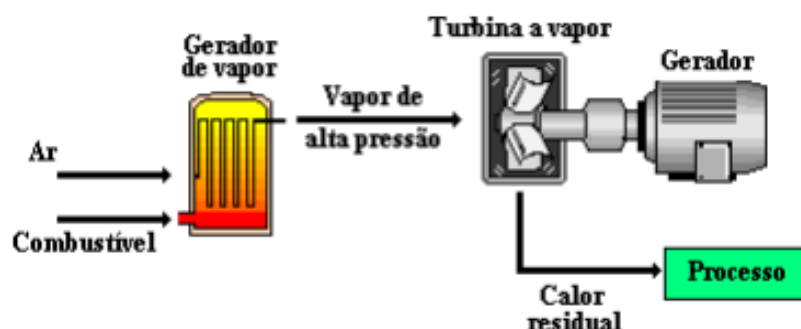
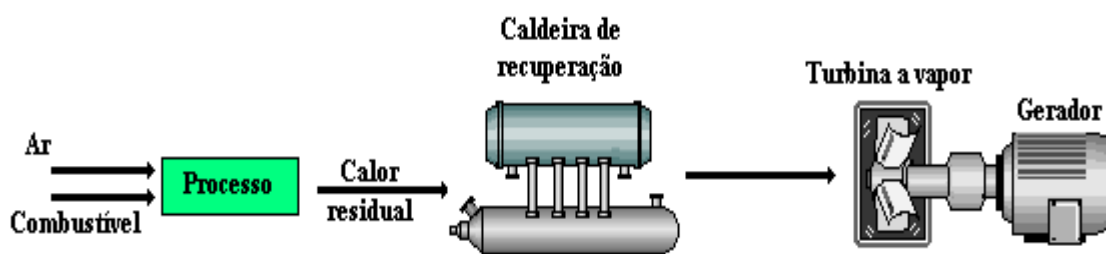


Figura 1- Ciclo Topping  
Fonte: Martins (2006, p.25)

No modelo *bottoming cycle* o combustível é primeiramente utilizado para produzir energia térmica de alta temperatura, podendo ser utilizada em um forno ou outro processo industrial. Já o calor rejeitado após ser recuperado é utilizado para geração de outro tipo de energia.

No entanto “as instalações *bottoming* são de emprego mais restrito, pois o calor rejeitado em processos industriais está em níveis de temperatura relativamente baixos



para produção de potência, uma vez que a geração elétrica está situada após o processo”. (JUNIOR, 2008, p.9). Conforme a Figura 2.

Figura 2 - Ciclo *Bottoming*  
 Fonte: Martins (2006, p.26)

Também “geralmente esse tipo de sistema é utilizado apenas quando se gera uma quantidade elevada de calor residual sob elevadas temperaturas, como nos casos de fornos cerâmicos e plantas metalúrgicas”. (MARTINS, 2006, p.26)

Essas são as configurações usuais a serem empregadas de acordo com as necessidades elétricas e térmicas de cada aplicação.

#### **4.1 TURBINAS A VAPOR**

A turbina a vapor é uma máquina térmica que utiliza o vapor produzido para movimentar as palhetas de um rotor, gerando energia mecânica que pode ser utilizada para movimentar uma máquina, um compressor ou um gerador elétrico.

É utilizado como uma opção de cogeração de energia que de acordo com Junior (2008 p.10),

O emprego de turbinas a vapor é a opção de tecnologia mais difundida em indústrias e em sistemas de rede de calor. O vapor produzido em caldeiras é utilizado no acionamento de turbinas a vapor para geração de potência e o vapor do escape é empregado como calor de processo.

O funcionamento do processo turbina “ocorre pela expansão do vapor de alta pressão, proveniente de uma caldeira convencional. Porém, o vapor proveniente das turbinas é de baixa ou média pressão, sendo utilizado em processos que necessitam de um baixo nível de temperatura”. (MARTINS, 2006, p.33).

A aplicabilidade e o ganho na utilização da turbina a vapor para os processos industriais através do reaproveitamento do excedente de vapor para geração de energia

contribuem para diminuição dos gastos com energia elétrica que proporciona maior sustentabilidade para o investidor dessa tecnologia.

Tem se entre as principais indústrias que utilizam essa tecnologia a de pasta de papel, refinação de petróleo e química pesada, etc.

Contudo, há vantagens e desvantagens na utilização das turbinas a vapor, conforme demonstra Castro (2008, p. 7):

Vantagens:

- Rendimento global elevado;
- Operação com diversos tipos de combustíveis;
- Grandes quantidades de calor disponíveis;
- Vida útil e confiabilidade elevada;
- Vapor a alta pressão.

Desvantagens:

- Arranque lento;
- Rendimento elétrico baixo.

Assim, mesmo com algumas desvantagens em relação à utilização da turbina a vapor para cogeração de energia é viável que seja utilizável nos processos industriais, pois devido a suas vantagens se torna uma opção compensável para as empresas.

## **4.2 TURBINAS A GÁS**

As turbinas a gás também como as turbinas a vapor são máquinas térmicas, que no caso da turbina a gás realizam a conversão da energia de um combustível em potência de propulsão, potência de eixo ou potência elétrica. Fazendo parte desse conceito à turbina a gás, pressuriza o gás fazendo girar a turbina.

Em todas as turbinas a gás o motor através da queima do combustível que pode ser propano, gás natural, querosene de aviação entre outros, o calor gerado expande o ar, e o deslocamento em alta velocidade desse ar quente aciona a turbina. “É formada

basicamente por três elementos: compressor, câmara de combustão e a turbina propriamente dita.” (MARTINS, 2006, p.30).

Devido à facilidade em sua elaboração e fácil análise, esse método na avaliação de Junior (2008, p.11),

A cogeração com turbina a gás é uma tecnologia que tem despertado grande interesse, uma vez que possui uma boa capacidade de expansão modular, simplicidade na implantação, menor tempo de comissionamento, investimento reduzido e alto fator de disponibilidade.

Após o processo de combustão, o reaproveitamento dos gases liberados pelo escapamento que estão em alta temperatura, pode ser utilizado em processos térmicos, para produção de vapor ou água quente, utilizando-se uma caldeira de recuperação, ou como comburente em queimadores de caldeiras, garantido assim um maior rendimento do sistema.

O que proporciona a possível aplicação em sistemas de secagem de estufas, fornos de metalúrgicas entre outros que necessitem de calor.

Contudo, há vantagens e desvantagens na utilização das turbinas a gás, conforme demonstra Castro (2008, p. 7):

Vantagens:

- Confiabilidade elevada;
- Baixa emissão de poluentes;
- Calor a temperaturas elevadas (500-600°C);
- Não necessita de refrigeração.

Desvantagens:

- Operação com gás a alta pressão;
- Rendimento reduzido com carga parcial;
- Potência de saída diminui com o aumento da temperatura ambiente;
- Ineficiente em processos com pouca necessidade térmica.

Assim por suas características de operação torna-se mais uma opção de tecnologia de cogeração a estar disponível no mercado visando sempre à economia de energia elétrica.

### **4.3 MICROTURBINAS**

As microturbinas derivam do mesmo princípio de funcionamento das turbinas a gases, onde após a queima do combustível, essa energia se transformada em energia mecânica podendo ser aproveitadas para produção de energia elétrica, etc.

A maioria dos modelos de microturbinas deriva de motores desenvolvidos diretamente das indústrias aeronáuticas e de automóveis.

Conforme descreve Gomes (2001, p. 1),

Microturbinas são geradores de energia que têm o mesmo princípio fundamental que as turbinas a gás industriais de circuito aberto, porém com várias características típicas, as quais são: operação com rotação variável (acima de 110.000 rpm), gerador de corrente contínua (operando com um conversor DC/AC), a turbina e o gerador estão no mesmo eixo (não possuem caixa de transmissão) e sistema de recuperação de gases de exaustão (típico das microturbinas de maior eficiência).

O princípio de funcionamento da microturbina baseia-se no fato de que parte da energia gerada pela turbina é utilizada para mover o compressor, já que ambos estão conectados ao mesmo eixo girante conforme demonstra a figura 3.

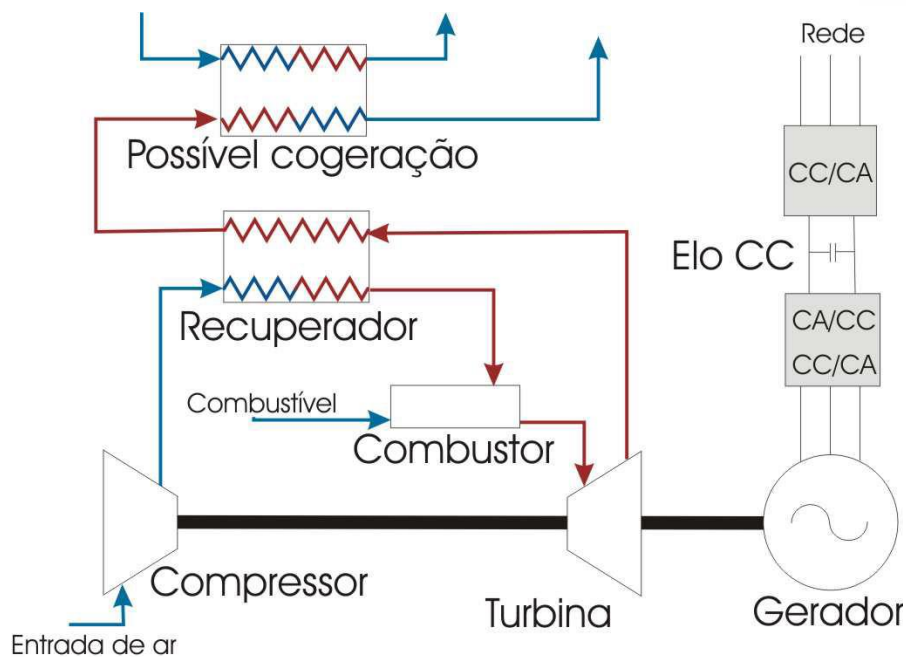


Figura 3 – Esquema de Funcionamento de uma Microturbina.

Fonte: Bona (2005, p.4)

A aplicação desse método de cogeração vem se desenvolvendo ao longo dos anos, e conforme abordagem de Castro (2008, p. 7), podem-se demonstrar algumas de suas vantagens e desvantagens.

Vantagens:

- Dimensões compactas;
- Peso reduzido;
- Baixa emissão de poluentes;
- Não necessita de refrigeração.

Desvantagens:

- Custo elevado;
- Baixa produção de calor;
- Tecnologia em maturação.

As microturbinas devido as suas características por serem um sistema compacto alcançam rendimentos satisfatórios, e devido ao nível de calor obtido se configura como mais uma excelente opção de sistema de cogeração de energia.

#### 4.4 PILHAS DE COMBUSTÍVEL

Dentre os diversos tipos de sistemas de cogeração de energia podemos destacar as pilhas de combustível, são dispositivos que convertem a energia química diretamente em energia elétrica e térmica, possuindo uma operação contínua devido à alimentação constante de um combustível.

De acordo com Castro (2008, p.23),

As pilhas de combustível são, de certo modo, semelhantes às conhecidas baterias, no sentido em que ambas geram energia em corrente contínua através de um processo eletroquímico, sem combustão, nem transformação intermédia em energia mecânica.

De uma maneira simples a pilha de combustível funciona quando o hidrogênio reage com o oxigênio na presença de um eletrólito e produz água, enquanto, ao mesmo tempo, um potencial eletroquímico é desenvolvido, o que faz gerar um fluxo de uma corrente elétrica no circuito.

As estruturas das células de combustíveis são similares, segundo Amado (2007, p.3),

Uma pilha consiste de dois eletrodos, separados por um eletrólito e conectados eletricamente a um circuito externo. Os eletrodos são expostos a um combustível ou a um oxidante, por ex., os gases hidrogênio e oxigênio, respectivamente. Os eletrodos devem ter permeabilidade ao gás ou líquido a ser utilizado, ou seja, ter uma estrutura porosa, uma vez que a corrente elétrica gerada pela pilha é proporcional à área útil dos eletrodos. A difusão do gás na estrutura porosa dos eletrodos é complexa e requer considerável otimização para aplicação prática.

Conforme a figura 4 abaixo, demonstra-se o funcionamento de uma pilha de combustível.

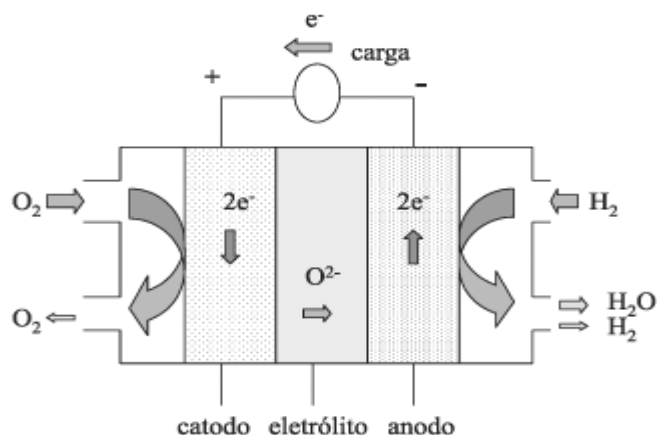


Figura 4- Desenho esquemático de uma pilha a combustível de hidrogênio/oxigênio do tipo óxido sólido.

Fonte: Amado (2007, p.3)

Várias classificações de pilhas de combustível têm aparecido na literatura durante os anos, sendo as principais especificadas segundo Cobas (2006, p.35):

- AFC: pilha combustível alcalina;
- PEMFC: pilha de combustível membrana polimérica;
- PAFC: pilha de combustível ácido fosfórico;
- MCFC: pilha de combustível carbonato fundido;
- SOFC: pilha de combustível Óxido sólido.

Conforme a tabela 1, o tipo de pilha é definido de acordo com o eletrólito.

Nome	Eletrólito	Íon Transportado	Temperatura de operação (°C)
AFC	Alcalino: Solução de KOH (líquido)	OH <sup>-</sup>	70-250
PEMFC	Polímero Ácido fluorosulfonato tipo Nafion (sólido)	H <sup>+</sup>	80-120
PAFC	Ácido fosfórico H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (líquido)	H <sup>+</sup>	200

MCFC	Carbonato fundido de K ou Na (líquido)	$\text{CO}_3^-$	600-700
SOFC	Óxido metálico sólido, tipicamente Zircônio estabilizado YSZ (sólido)	$\text{O}^-$	650-1000

Tabela 1: das principais características das pilhas de combustíveis.

Fonte: Cobas (2006, p.35)

Contudo, há vantagens e desvantagens na utilização das pilhas de combustível, conforme demonstra Castro (2008, p. 7):

Vantagens:

- Baixas emissões de poluentes;
- Ruídos baixos;
- Não tem peças rotativas;
- Sistemas Modulares.

Desvantagens:

- Custos elevados;
- Confiabilidade incerta;
- Tecnologia em Maturação;
- Em alguns casos necessidade de pré-processamento dos combustíveis.

Essa tecnologia representa uma alternativa para conversão de energia no futuro, pois está em fase de expansão, ao contrário dos outros métodos de cogeração como turbinas a gás e turbinas a vapor que já se encontram em um estágio avançado de desenvolvimento.

#### 4.5 CICLOS COMBINADO

O intuito da utilização do ciclo combinado é justamente unir o lado positivo de dois processos termodinâmicos permitindo assim aumentar o rendimento e a eficácia global da cogeração.

Uma das combinações atuais que se utiliza desse método é a junção do sistema de cogeração com turbina a gás com o sistema de cogeração com turbina a vapor que são projetados de modo a se complementarem no qual se exemplifica os ciclos *Rankine* que utiliza o calor resultante da queima de combustível para gerar vapor através de uma caldeira ou gerador de vapor, que individualmente não tem um rendimento tão elevado e o ciclo *Brayton* que utiliza a turbina a gás associada a uma caldeira de recuperação calor para gerar trabalho tendo um rendimento médio.

No entanto a união dos ciclos *Rankine* e *Brayton* tem o objetivo de obter um rendimento superior aos ciclos separadamente conforme a figura 5.

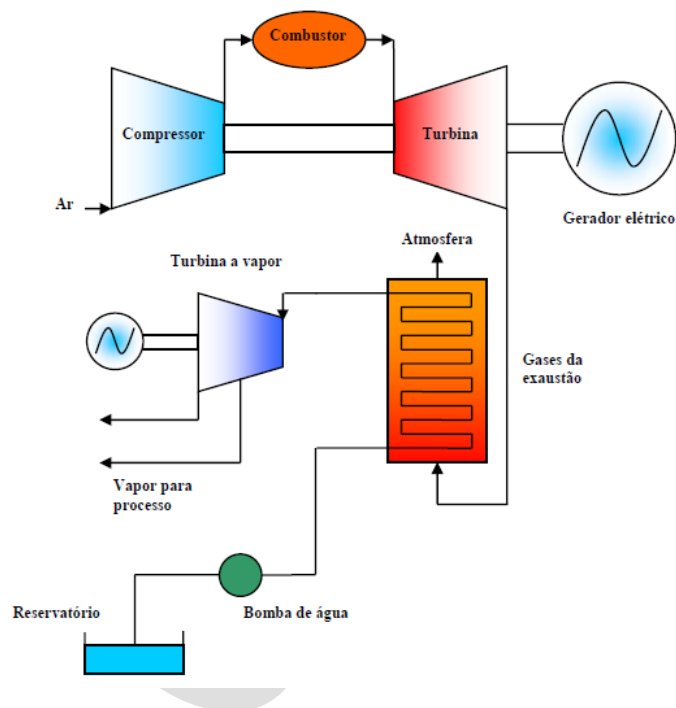


Figura 5- Ciclo Combinado com cogeração.

Fonte: Kalatalo (2004, p.23)

“O ciclo combinado tem uma eficiência térmica maior que a dos ciclos *Rankine* e *Brayton* separadamente. Este tipo de cogeração é a melhor opção para as aplicações na quais a demanda de eletricidade é superior a demanda de vapor”. (KATALATO, 2004, p.13).

Uma característica construtiva importante do ciclo combinado é sua construção modular, ou seja, as turbinas a gás são instaladas primeiras e começam a produzir energia elétrica e gerando retorno financeiro. Posteriormente é instalada a turbina a vapor com respectivas caldeiras de recuperação.

Contudo, há vantagens e desvantagens na utilização do ciclo combinado, conforme demonstra Castro (2008, p. 7):

Vantagens:

- Alta eficiência térmica;
- Capacidade de ser construído em módulos;
- Possibilidade de operação somente da turbina a gás e a turbina a vapor ociosa;
- Queima de combustível menos nobre;
- Unidades de menor porte;

Desvantagens:

- Maior custo de investimento;
- Operação mais complicada.

Os sistemas de ciclo combinado apresentam varias opções de arranjo visando à produção de calor e eletricidade. Em comparação com as outras tecnologias essa permite, de uma maneira geral, uma maior extração de potência por unidade de calor.

#### **4.6 SETORES COM VOCAÇÃO PARA APLICAÇÃO DE COGERAÇÃO**

Em principio, a cogeração é aplicável nas suas mais variadas formas e processos, tendo seus principais setores para utilização as indústrias, setores de comercio e serviços e também para a área residencial.

Segundo Cogen (2013) algumas das principais aplicações são:

- a) Setor Industrial – Calor de Processo – Produção de Vapor : indústria química, petroquímica e farmacêutica; indústria de alimentos e bebidas; indústria de papel e celulose; indústria têxtil.
- b) Setor Industrial – Aquecimento Direto – Forno Alta Temperatura : indústria de vidro; indústria de cimento; siderúrgica.
- c) Setor de Comercio e Serviços – ar-condicionado central, aquecimento de água:  
shopping center; centros comerciais; supermercado; hotel; hospital;  
lavanderia e tinturaria; clubes desportivos.
- d) Setor Sucroenergético – Bioeletricidade: usinas de açúcar e etanol que cogeram energia elétrica a partir do bagaço da cana de açúcar e também da sua palha e pontas.

A diversidade dos setores aptos para aplicação de cogeração de energia se configura como grande oportunidade de investimentos futuros, visando à economia de energia e a sustentabilidade da cadeia produtiva.

## **5 CONCLUSÃO**

Esse estudo teve por objetivo avaliar e demonstrar diferentes tecnologias de cogeração de energia elétrica, visando especificar suas principais características além de suas vantagens e desvantagens que visa incentivar o aumento do uso dessa tecnologia em nosso país, contribuindo para uma melhor eficiência energética sempre voltada para a preservação ambiental.

Sendo assim, a implantação de um sistema de cogeração significa necessariamente uma mudança substancial do consumidor, ele pode deixar de ser um comprador de energia elétrica para ser um vendedor desta e passar a consumir algum tipo de combustível como gás natural entre outros, lembrando que os preços dos insumos e a demanda impactam diretamente nos cálculos de viabilidade econômica do investimento.

Os sistemas de cogeração de pequeno porte poderiam ser aplicados a vários setores do país, inclusive no residencial, se não fosse à existência de algumas barreiras como a resistência das concessionárias de energia quanto aos valores pagos pela exportação do excedente de eletricidade, o que em alguns casos gera custos superiores ao retorno econômico da geração.

Lembrando também que existem diversos decretos, leis, portarias e resoluções que estão ligados diretamente a cogeração e ao setor elétrico brasileiro.

Contudo este trabalho é uma contribuição inicial nesse vasto campo da cogeração de energia que vai além do que foi aqui exposto, deixando como sugestão para trabalhos futuros estudar separadamente cada tipo de cogeração para uma avaliação mais detalhada de cada uma com o objetivo de entender melhor suas aplicações.

## REFERÊNCIAS

AMADO, R.S. et.al. **Pilhas a combustível de óxido sólido: materiais, componentes e configurações**. Departamento de Química Inorgânica UFRJ, Rio de Janeiro, v. 30, n.1, jan./fev. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422007000100031](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000100031)> Acesso em: 22 junho 2013.

BRASIL, N. P. **Apostila de Cogeração**. 2005. 35f. Universidade Federal Fluminense - UFF, 2005. Disponível em: <[http://www.professores.uff.br/dulcemar/Doc\\_PDF/Apostila\\_Cogeracao\\_Otima.pdf](http://www.professores.uff.br/dulcemar/Doc_PDF/Apostila_Cogeracao_Otima.pdf)> Acesso em: 22 junho 2013.

BONA, F. S. D. **As microturbinas e a geração distribuída**. 2005. 10f. Tese (Mestrando em Engenharia Elétrica) - Universidade de Campinas - UNICAMP, 2005. Disponível em: <<http://www.demic.fee.unicamp.br/~siqueira/IE327/Trabalho%2053.pdf>> Acesso em: 15 junho 2013.

CASTRO, R. M. G. **Energias Renováveis e Produção Descentralizada** - Edição 1.2 – Universidade Técnica de Lisboa, 2008. Disponível em: <[http://horabsurda.org/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/Introducao\\_a\\_Cogeracao.pdf](http://horabsurda.org/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/Introducao_a_Cogeracao.pdf)>. Acesso em: 23 abril 2013.

COBAS, V. R. M. **Análise de sistemas híbridos com células a combustível de óxido sólido e microturbinas a gás**. 2006. 138f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Itajubá, 2006. Disponível em: <<http://juno.unifei.edu.br/bim/0030171.pdf>> Acesso em: 21 março 2013.

COGEN – **Associação da Indústria de Cogeração de Energia**. São Paulo. Disponível em: <[http://www.cogensp.org.br/cog\\_aplica.asp](http://www.cogensp.org.br/cog_aplica.asp)> Acesso em: 22 junho 2013.

DANTAS, F.et. al. **Avaliação de modelos de sistemas de cogeração de energia utilizando gás natural para médias e pequenas empresas**. In: 2º Congresso Brasileiro

de P&D em Petróleo e Gás, 2003, Rio de Janeiro. Disponível em:  
<<http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/2/8057.pdf>> Acesso em: 21 março 2013.

GOMES, E. E.B.et.al. **Aspectos econômicos e ambientais da aplicação de microturbinas a gás natural na geração distribuída** In: 1º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás UFRN – SBQ Regional RN, 2001, Natal. Disponível em <[http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/1/Artigos/AE/AE\\_001.pdf](http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/1/Artigos/AE/AE_001.pdf)> Acesso em: 22 junho 2013.

JUNIOR, G. S. S. **Análise da influência de um compensador estático de reativos na operação de sistema elétrico industrial com cogeração**. 2008. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Maranhão, 2008. Disponível em: < [http://www.tedebc.ufma.br/tde\\_arquivos/10/TDE-2008-05-07T171002Z139/Publico/Gilson%20Soares%20da%20Silva%20Junior.pdf](http://www.tedebc.ufma.br/tde_arquivos/10/TDE-2008-05-07T171002Z139/Publico/Gilson%20Soares%20da%20Silva%20Junior.pdf) > Acesso em: 21 março 2013.

KALATALO, D. N. **Análise Exegética de Ciclos Combinados**. 2004. 120f. Dissertação (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade de Brasília, 2004. Disponível em: < [http://bdm.bce.unb.br/bitstream/10483/941/1/2004\\_DiegoNevesKalatalo.pdf](http://bdm.bce.unb.br/bitstream/10483/941/1/2004_DiegoNevesKalatalo.pdf)> Acesso em: 22 junho 2013.

MARTINS, L. S. **Geração de através de Biomassa**. 2006. 83f. Dissertação (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2006. Disponível em: < [http://www2.ele.ufes.br/~projgrad/documentos/PG2005\\_2/lydimillasantostmartins.pdf](http://www2.ele.ufes.br/~projgrad/documentos/PG2005_2/lydimillasantostmartins.pdf)> Acesso em: 21 março 2013.

MENESES, E. L. **O uso de turbinas a gás para geração de energia elétrica em plataformas**. 2011. 48f. Dissertação (Graduação em Tecnologia em Construção Naval) –

Centro Universitário Estadual da Zona Oeste - UEZO, 2011. Disponível em: <  
<http://www.uezo.rj.gov.br/tccs/capi/ErnaniMeneses.pdf>> Acesso em: 22 junho 2013.

e-TEC