

AVALIAÇÃO DE MODELOS DE SISTEMAS DE COGERAÇÃO DE ENERGIA UTILIZANDO GÁS NATURAL PARA MÉDIAS E PEQUENAS EMPRESAS

Fabrizio Dantas, Márcio Guimarães, Maria Elizabeth Morales, Maurício Henriques

Instituto Nacional de Tecnologia – INT – Av. Venezuela, 82 – Centro – 20081-310 – Rio Janeiro – RJ
e-mail: mariaeli@int.gov.br

Resumo

No atual período de incertezas na geração e transmissão de energia elétrica no Brasil, a utilização dos sistemas de cogeração com uso de gás natural, tornou-se uma grande oportunidade econômica, estratégica e tecnológica, para as pequenas e médias empresas, considerando a extensão e perspectivas de expansão da rede de distribuição de gás natural.

O aumento das tarifas, associada à perspectiva de retomada do crescimento econômico e à incerteza quanto a expansão da oferta de eletricidade, faz com que a cogeração comece a ser avaliada como uma solução economicamente viável para o fornecimento de energia e garantia de operação das empresas.

Foram realizados estudos de viabilidade técnica e econômica da implementação de sistemas de cogeração, procurando apontar as configurações mais adequadas para aplicação em pequenas e médias empresas que demandam simultaneamente energia mecânica, frio, calor e eletricidade, geralmente, em pequena escala (potência elétrica ou mecânica até 10.000 kW). Foram avaliados os setores de cerâmica vermelha e laticínios, por não empregarem, tradicionalmente, processos produtivos de tecnologia complexa e por não disporem de equipes especializadas na condução das suas operações e manutenção das instalações e equipamentos, constituindo um caso extremo. O estudo conclui que a cogeração de energia não apenas mostrou-se viável, mas também obteve resultados excepcionais nos setores de cerâmica vermelha e laticínios, onde, além de se obter um prazo de retorno interessante (2,9 e 3,4 anos respectivamente), pode-se implementar o sistema com recursos relativamente baixos, em torno de R\$ 1.500,00 por kW de geração.

Palavras-Chave: Energia, Gás Natural, Cogeração

Abstract

In the current period of uncertainty related to the generation and transmission of electric energy in Brazil, the use of cogeneration systems (combined heat and power, CHP) fed with natural gas, became a great economic, strategic and technological opportunity, for small and medium sized companies, once considered the extension and perspective of expansion of the natural gas distribution network.

The increase of the tariffs, associated to the perspective of resuming economical growth and doubts about the growth of electricity generation installed base, the cogeneration starts to be evaluated as a economically viable solution for the supply of energy and the guarantee of operation of the companies.

Technical and economical appraisals have been conducted for the implementation of cogeneration systems, in order to determine suitable configurations for small and medium sized companies that simultaneously demand mechanical energy, cold, heat and electricity, usually, in small scale (electrical or mechanical power up to 10,000 kW). The red brick and dairy industrial sectors had been studied, taking into account that these sectors do not use, traditionally, high technology productive processes as well as do not employ specialized teams for the conduction of its operations and maintenance of the installations and equipment, what makes these studies become the analysis of extreme cases.

This study concludes that the cogeneration of energy not only revealed viable, but got exceptional results in the sectors of red bricks and dairy, with short payback (2.9 and 3.4 years, respectively) and relatively low investment cost, around R\$ 1,500.00 per kW of generation.

Keywords: Energy, Natural Gas, Cogeneration.

1. Introdução

Após os choques do petróleo ocorridos na década de 70, foi necessário buscar formas de reduzir o consumo e depender menos do petróleo importado. Assim, os países deram maior impulso ao desenvolvimento dos modelos de cogeração, através dos quais se faz simultaneamente, a geração de trabalho (energia elétrica ou mecânica) e calor (energia térmica) a partir de um único combustível, que pode ser o gás natural, o carvão, os derivados do petróleo, ou a biomassa (DANTAS, 2000).

Com a privatização do sistema elétrico e o aumento das tarifas de eletricidade, associado a expansão das linhas de transporte e distribuição de gás natural, a cogeração alimentada por este combustível começa a ser avaliada como uma solução economicamente viável para o fornecimento de energia e a garantia de operação das empresas brasileiras.

Este trabalho analisa a viabilidade técnica e econômica, apontando os modelos mais adequados, para aplicação da cogeração nos setores de cerâmica vermelha e laticínios.

Estes setores tradicionalmente não empregam processos produtivos de grande tecnologia e também não possuem equipe especializada na condução das suas operações e manutenção das instalações e equipamentos.

2. Sistemas de Cogeração

SMITH (1980) revisou que, historicamente, a cogeração de energia surgiu com o aparecimento das primeiras centrais industriais geradoras de energia elétrica, as quais utilizavam caldeiras capazes de suprir não apenas as necessidades da turbina, mas também toda ou parte da demanda de vapor da fábrica. Estas unidades de cogeração, segundo GUIMARÃES (1999), proliferaram até meados da década de 40, quando o abastecimento de eletricidade oriundo das grandes centrais hidroelétricas e termelétricas passou a ser confiável e de custo relativamente baixo, desestimulando a maioria dos cogeneradores.

A crescente preocupação com a redução das emissões atmosféricas oriundas da queima de combustíveis fósseis, voltou a dar incentivo à utilização do processo em todo o mundo, devido a que a cogeração de energia, em comparação com a geração isolada das formas energéticas, pode chegar, a 40% de redução das emissões.

Cogeração de Energia na Pequena e Média Empresa

Segundo o IBGE, são classificadas como empresas de pequeno porte aquelas que possuem entre 30 e 99 empregados, possuindo as de médio porte entre 100 e 500 empregados. Sistemas de cogeração compatíveis com a maioria destas empresas, possuem potência elétrica ou mecânica até 10.000 kW. Neste estudo concentramo-nos em sistemas até cerca de 1.000 kW. STRATCHAN (2000), indica que esta é a faixa de versões comerciais para grupos geradores de motores à explosão, empregada para geração de eletricidade autônoma e de emergência, em virtude de seu baixo investimento inicial, alta eficiência, moderados custos de O&M e manutenção realizada no local. Este é o motivo pelo qual este tipo de gerador de energia será preferencialmente utilizado nas simulações deste estudo (STEMAC, 2000).

Uma peculiaridade deste tipo de empresa no Brasil, é a pequena intensidade no emprego de tecnologia no processo e gestão do negócio, bem como o uso de mão de obra não especializada, sem departamentos de engenharia e manutenção bem estruturados, quando existentes. Tanto em termos quantitativos como qualitativos, a demanda de energia nestes consumidores difere bastante dos cogeneradores tradicionais (grandes indústrias dos setores de papel e celulose, siderurgia, químico, petroquímico, petróleo e sucroalcooleiro), trazendo novos desafios e com estas novas tecnologias e conceitos (DANTAS 2000). Algumas empresas de médio porte necessitam de frio, para condicionamento de ar ambiental ou conservação alimentar.

A tecnologia disponível para cogeração no âmbito dos setores e porte das empresas analisadas, é a dos motores à explosão de ciclo Otto, que apresentam potências comerciais a partir de 67 kW, desenvolvidos especificamente para operarem com gás natural, apresentando possibilidade de aproveitamento da energia térmica tanto dos gases de descarga como da parcela de energia rejeitada do bloco do motor, no sistema de arrefecimento. Estes equipamentos disponibilizam um fator de operação de até 95% do tempo disponível durante o ano (INT 2002). Esta característica permite um contrato de reserva de potência para emergências/paradas bastante reduzido para a empresa.

3. Metodologia do Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica

Para a simulação e análise do desempenho econômico da planta de cogeração a gás natural, utilizou-se uma metodologia inglesa (GPG227), modificada para refletir as características técnicas e econômicas do mercado de energia elétrica e gás natural brasileiro, bem como para levar em conta critérios baseados nos trabalhos de NOGUEIRA (1996) e MARIMON (2000), bem como outros aspectos definidos pelos autores (INT 2002). Um dos principais objetivos é determinar o tipo de dimensionamento do sistema, ou seja, se buscar-se-a “paridade térmica”, que suprirá a demanda de energia térmica da empresa, ou “paridade elétrica”, que atenderá toda a demanda de energia elétrica da empresa.

Para selecionar os modelos de cogeração mais adequados nos setores considerados, optou-se por realizar estudos de viabilidade técnica e econômica em uma empresa por setor, escolhidas de forma que suas características

fossem representativas do setor em questão. Um critério importante para a seleção da empresa foi a existência de demanda por calor no processo produtivo, de forma que, por exemplo, uma cerâmica sem secador (uso de secagem natural) não poderia ser considerada. Também é importante que a parte produtiva da empresa trabalhe o mais próximo possível de um regime de operação contínuo (8.760 h/ano), pois isto melhora o desempenho econômico da planta de cogeração.

Considerando os consumos de energia elétrica e térmica na empresa, é calculado o valor do fator adimensional α , que indica a relação entre eles. O fator β , também adimensional, é a relação entre a potência elétrica ou mecânica extraída do eixo da máquina térmica (kWe) e o calor útil disponibilizado (kWt), sendo, portanto, característico do modelo de cogeração adotado.

Em cada uma das empresas analisadas, foi utilizado como critério de seleção do modelo de cogeração, a minimização do prazo de retorno do investimento. O porte dos investimentos necessários e a condição econômica das empresas, leva-nos a considerar que um prazo de retorno de 5 anos pode ser considerado adequado. Prazos maiores do que este devem ser analisados com enfoque especial, em função de aspectos particulares da empresa e do processo produtivo envolvido. Cabe ressaltar que os cálculos utilizaram o mesmo valor da tarifa do gás natural aplicada às termelétricas, determinado pelo governo brasileiro, que é estendido pela Companhia Distribuidora de Gás do Estado do Rio de Janeiro (CEG), para os projetos de cogeração em sua área de concessão. Esta tarifa especial é 35% menor que a tarifa industrial para a classe de consumo das empresas analisadas.

4. Setor de Cerâmica Vermelha

Os estudos da aplicação de um sistema de cogeração neste setor foram baseados nos dados de consumo de energia elétrica e térmica e período de operação, disponível na empresa de cerâmica vermelha que foi analisada pelo INT para a identificação e implementação de medidas de economia de energia. A avaliação considerou uma empresa com fornecimento de energia elétrica na Tarifa Convencional. Na Tabela 1 observa-se os dados operacionais que definem uma empresa de Cerâmica Vermelha.

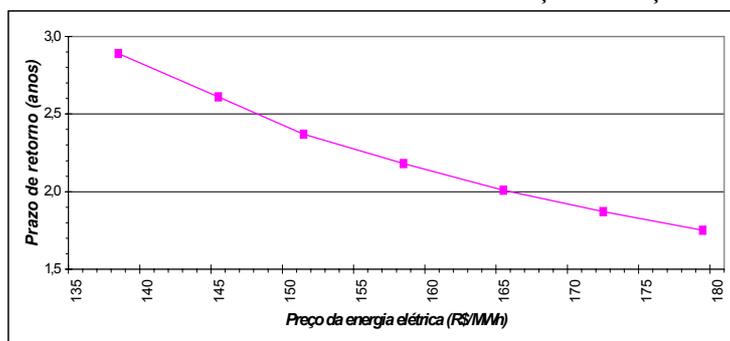
Tabela 1: Dados Operacionais da Indústria de Cerâmica Vermelha

Descrição	Unidade	Quantidade
Energia Térmica	kWh/mês	636.628
Energia Elétrica	kWh/mês	178.000
Economia Total	R\$/ ano	100.742
Investimento Previsto	R\$ 291.551,00	
Prazo de Retorno Estimado ("Pay Back")	2,9 anos – 35 meses	

Fonte: INT 2002

O sistema proposto e analisado para o setor de cerâmica vermelha foi de paridade elétrica, atendendo à demanda de base da empresa, que representa cerca de 80 % da energia elétrica consumida na suas operações. Como pode ser observado na tabela acima, o resultado é muito favorável à implantação de um sistema de cogeração na empresa. Para analisarmos o comportamento do prazo de retorno do investimento com relação ao preço da energia elétrica traçamos a curva de sensibilidade mostrada na Figura 1.

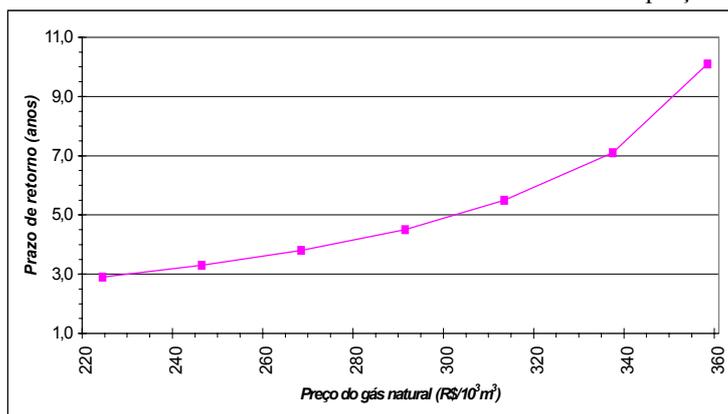
Figura 1: Curva de Sensibilidade do Prazo de Retorno em relação ao Preço da Energia Elétrica



Fonte: INT 2002

Podemos observar que o preço da energia elétrica tem relação direta com a redução do prazo de retorno do investimento. Como a tendência dos preços da energia é de aumento de valor em função das novas normas e das privatizações em andamento no setor elétrico brasileiro, podemos concluir que a viabilidade econômica da instalação de sistemas de cogeração estará em situação mais favorável, mesmo na hipótese de alteração do preço do gás natural para patamares de preços dentro da faixa de consumidor industrial, observado na Figura 2.

Figura 2: Indústria de Cerâmica Vermelha - curva de sensibilidade ao preço do gás natural



Fonte: INT 2002

5. Setor de Laticínios

O estudo da aplicação de um sistema de cogeração neste setor, foi baseado em uma indústria de laticínios analisada pelo INT, em cooperação com o trabalho de MARTINS (2000). Permanecem válidas as premissas usadas no setor de cerâmica vermelha. A empresa de laticínios também opera com fornecimento de energia elétrica na Tarifa Convencional. A Tabela 2 mostra os números que caracterizam a empresa eo sistema proposto.

Tabela 2: Dados da indústria de Laticínios

Descrição	Unidade	Quantidade
Energia Térmica	kWh/mês	85.509
Energia Elétrica	kWh/mês	80.220
Economia Total	R\$/ano	111.538
Investimento Previsto	R\$ 377.474,00	
Prazo de Retorno Estimado ("pay back")	3,4 anos – 41 meses	

Fonte: INT 2002

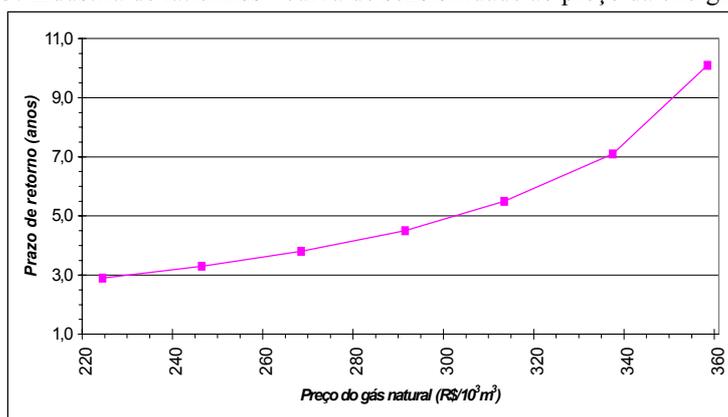
Para esta empresa foi determinado um fator α de 0,9382, indicando que podemos optar tanto por uma geração em paridade térmica como por paridade elétrica. A opção foi pela última, associando um grupo motogerador de energia elétrica e um motocompressor gerando frio para o processo de produção e câmaras frigoríficas. O sistema de geração de energia elétrica operaria 9 horas por dia e o sistema de motocompressor opera ininterruptamente.

Para a geração de energia elétrica, foi determinada a potência de base de 108 kW, escolhido motor que apresenta um fator β de 0,7152. Oferece um rendimento de 34,39 % na transformação elétrica e um rendimento de 48,09 % na parte térmica (aquecimento de água), o que vai proporcionar um rendimento total de 82,48 % no processo de cogeração. Para o sistema de frio da empresa, o motocompressor com potência média contínua de 145 kW e um calor aproveitado de 203 kW. O que se traduz num fator β de 0,7178. Representando um rendimento total de 82,47 %.

Para analisarmos o comportamento do prazo de retorno do investimento com relação ao preço da energia elétrica traçamos a curva de sensibilidade mostrada abaixo, na Figura 3.

Valem aqui os mesmos critérios para o setor de cerâmica vermelha onde se observa que o preço da energia elétrica tem relação direta com a redução do prazo de retorno do investimento. Mesmo com a alteração do preço do gás natural, com a incidência de reajustes da ordem de 60 %, o prazo de retorno permanece abaixo de 5 anos, quando associamos reajustes para o preço de energia elétrica da ordem de 30 %.

Figura 3: Indústria de laticínios - curva de sensibilidade ao preço da energia elétrica



Fonte: INT 2002

6. Barreiras e Oportunidades

Na Tabela 3 são relacionadas as principais barreiras à viabilização de sistemas de cogeração para empresas de pequeno e médio portes, bem como os principais incentivos/oportunidades relacionados a sua implementação.

Tabela 3: Barreiras e Oportunidades na Cogeração

Barreiras	Oportunidades
Preço do gás natural x preço da energia elétrica	Surgimento de regulamentação favorável e maior dinamismo do MAE
Dificuldades na venda de energia elétrica excedente	Mercado para empresas prestadoras de serviço especializado
Equipamentos importados e de investimento elevado	Confiabilidade de operação para a empresa para qualquer situação do sistema elétrico
Dificuldade de obtenção de financiamento	Redução de custos operacionais da empresa
Rede de distribuição de gás natural reduzida	Redução da demanda do sistema elétrico
Rendimento baixo quando não se aproveita o calor de baixa temperatura	Menor impacto ambiental que a geração em termelétricas

Fonte: INT 2002

No plano legal, estimularam-se os empreendimentos de cogeração com a emissão da resolução 021/00 da Agência Nacional de Energia Elétrica (qualificação de centrais cogedoras), a portaria 551/00 do Ministério de Minas e Energia e a resolução 056/01 do Grupo de Gestão da Crise de Energia. As duas últimas complementam-se, sinalizando a possibilidade de obter acesso as mesmas vantagens do Plano Prioritário de Termelétricas (garantia de fornecimento, tarifas reduzidas de gás e isenção do imposto de importação). Entretanto, a indefinição e demora na implementação destes dispositivos legais, por pouco não os inviabilizou por completo.

7. CONCLUSÕES

Como podemos observar pela apresentação dos casos acima estudados, a implementação de sistema de cogeração em empresas de pequeno e médio porte pode se apresentar como técnica e economicamente viável, desde que as empresas apresentem certas características operacionais, presentes nas empresas dos setores de cerâmica vermelha e laticínios, onde, além do uso intensivo da eletricidade, existe uma demanda permanente de energia térmica.

A análise das curvas de sensibilidade para o gás natural, demonstrou que é fundamental, afim de garantir a viabilidade do investimento, ter acesso a tarifas diferenciadas para o gás natural. Isto demonstra a importância, para a cogeração de energia no Brasil, dos dispositivos legais e regulatórios indicados no capítulo anterior.

A nacionalização da fabricação dos equipamentos geradores de energia elétrica/mecânica, permitiria uma redução nos valores dos investimentos, o que contribuiria para um maior interesse das empresas na implementação de sistemas de cogeração.

Outro ponto fundamental para consolidação e divulgação das vantagens que representam a implementação de sistemas de cogeração é a existência de financiamento acessível para as pequenas e médias empresas, com taxa de juros e exigências adequados para o porte dessas empresas.

Finalizando, uma rede de distribuição com garantia de fornecimento em quantidade e qualidade do gás natural, é condição fundamental para que se possa disseminar a implementação de projetos de sistemas de cogeração.

8. Referências

- DANTAS, F.S. (2000) Cogeração em Pequena Escala, CEFET/RJ, pós-graduação – monografia, Rio de Janeiro.
- GPG227 (1999) How to Appraise CHP, Good Practice Guide nº 227, Energy Efficiency in UK – Best Practice Program, United Kingdom Department for the Environment, Transport and the Regions
- GUIMARÃES, E. T. (1999) Sistemas de Cogeração, Cogerar Sistemas de Engenharia Ltda, artigo escrito para a Gasnet (<http://www.gasnet.com.br/>)
- INT (2002) Modelos de Sistemas de Cogeração de Energia com Gás Natural, Instituto Nacional de Tecnologia, estudo financiado com recursos da FINEP/CTPETRO
- MARIMON, I. L. (2000) Experiência em Plantas de Cogeração de Pequeno Porte, Guascor, artigo escrito para a Gasnet (<http://www.gasnet.com.br/>)
- MARTINS, P. C. P. (2000) Cogeração em Indústrias de Laticínios de Médio Porte, CEFET/RJ, pós-graduação – monografia, Rio de Janeiro
- NOGUEIRA, L. A. H. (1996) Metodologia para Estimar o Potencial Técnico e Econômico de Cogeração, EFEI, artigo para a revista Eletricidade Moderna, abril de 1996.
- SMITH, J. M., VAN NESS, H. C. (1980) Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química, 3ª edição, ed. Guanabara Dois
- STEMAC, LEYTON, E. (2000) catálogo de motores Walkesha e informações detalhadas
- STRACHAN, N. D., DOWLATABADI, H. (2000) The Adoption of a Decentralized Energy Technology: The Case of UK Engine Cogeneration, Carnegie Mellon University, international symposium “CHP: Energy Solutions for the 21st Century”, DOE, fevereiro de 2000, Washington