

# P190- APLICAÇÃO DE CHP EM USUÁRIOS DO SEGMENTO COMERCIAL E RESIDENCIAL

Bruno Anici<sup>1</sup> & Humberto Farina<sup>2</sup>

1 Comgás Companhia de Gás de São Paulo

2 IN Prediais Inovações em Engenharia

**Resumo** - A tendência de aplicação das tecnologias de microcogeração cresce de acordo com o avanço do cenário das mudanças climáticas que se agrava com o passar do tempo, sendo uma alternativa de uso eficiente da energia, gerada e consumida no próprio consumidor. O CHP opera basicamente como um gerador de energia elétrica com recuperadores de calor no sistema de arrefecimento e no escape dos gases, fornecendo energia elétrica e térmica ao consumidor, sendo maior a eficiência quanto melhor é o aproveitamento desses insumos na edificação. Nesse contexto, a aplicação é avaliada e validada pelo ponto de vista técnico e econômico, com a instalação de um micro CHP de 25kW elétricos conectados a uma academia em São Paulo, com a geração de 38kW térmicos para a geração de calor para a manutenção de temperatura das piscinas e aquecimento de água para as duchas dos vestiários.

Palavras-chave: combined heating and power (CHP); eficiência energética, geração de energia distribuída; microcogeração.

## Introdução

O CHP é um aparelho composto basicamente por um gerador de energia elétrica a gás com a funcionalidade de recuperação de calor resultante da sua operação para atividades de uso da energia térmica no consumidor. São encontrados no mercado os dois modelos de CHP, aquele que operam em ilha e os que operam exclusivamente sincronizados à rede pública.

A situação mais comum para a aplicação de microCHP, (geração de até 50 kW, pelas normas internacionais) é aquela que opera sincronizada a rede pública, gerando energia elétrica de acordo com a necessidade de energia térmica do consumidor, considerando ou não a possibilidade de exportação da energia elétrica excedente. Essa operação conduz para máquinas que em tese não precisariam ter tecnologia para suportar transientes no consumo.

Ocorrerá a máxima eficiência do sistema quando toda a produção de energia é aproveitada, a eletricidade é consumida ou vendida e a energia térmica absorvida pelo consumidor.

Verifica-se que os aparelhos CHP possuem tecnologia para que o controle da geração de energia elétrica possa perseguir a curva de demanda do consumidor, evitando-se nessa situação a exportação da energia para a rede pública se não permitido pela concessionária local. Nesses casos são aplicados inversores de frequência para o sincronismo e o controle de tensão e frequência.

A Figura 1 exemplifica a curva de demanda da academia em que foi realizada a pesquisa, observando-se sua grande uniformidade devido aos consumos de equipamentos, iluminação e ar condicionado nos horários de funcionamento.

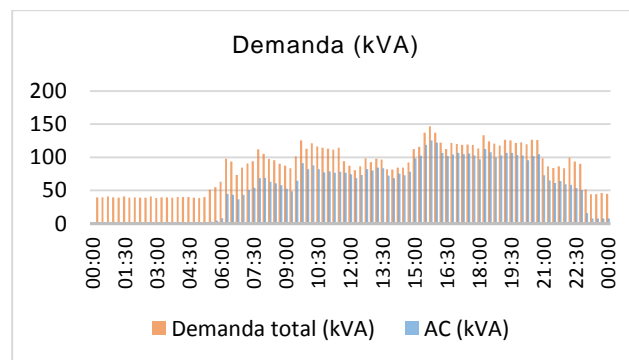


Figura 1 – Curva de demanda Academia-SP

O consumidor comercial tem perfis de demanda térmica e elétrica muito variáveis de acordo com a sua atividade, revelando oportunidades quando há consumo de energia térmica simultaneamente ao uso da energia elétrica, que é o caso de uma academia.

### Desenvolvimento

Preliminarmente ao início dos trabalhos de implantação foram realizadas pesquisas sobre tipos de micro CHP e de fabricantes disponíveis para a execução do projeto piloto. De acordo com o escopo do projeto, definiu-se que seriam testadas duas configurações: uma comercial para o emprego de micro CHP acima de 20kW e outra residencial para emprego de micro CHP de 1kW.

No entanto, devido a não disponibilidade para o desenvolvimento da pesquisa dos fabricantes de micro CHP para residências, optou-se em abordar a aplicação comercial, utilizando academias de ginástica e natação. Sendo o conteúdo da pesquisa para residencial desenvolvido de forma conceitual.

Para as academias escolhidas (Bioritmo Moema e Bodytech Vila Olímpia) foram realizadas estimativas de consumo de energia térmica horárias, baseadas na frequência de alunos e nas condições das instalações existentes. As estimativas para cenários de maior necessidade térmica (inverno) levaram a uma demanda térmica de base de 60 a 70kWth para manter as piscinas atendidas pelo CHP, o que representa a geração elétrica de 40 a 47 kWe.

Com a estimativa de demanda realizada e a disponibilidade dos fornecedores no momento da pesquisa, propôs-se a aquisição de dois CHP de 25kWe da YANMAR, destinados para o projeto.

Foram realizadas reuniões com os responsáveis das academias definindo-se um cronograma de implantação envolvendo os serviços e os fornecedores próprios de cada empresa.

#### A) Implantação Bioritmo Moema

O processo de implantação ocorreu em três meses, sendo o primeiro mês com o

desenvolvimento dos projetos e definições das responsabilidades dos colaboradores e fornecedores. Foram realizadas reuniões com especialistas da Comgás e da Eletropaulo para assegurar a possibilidade de conexão do CHP às redes e assegurar também que o aparelho e a instalação estivessem de acordo com os requisitos técnicos exigidos por cada concessionária.

O projeto e obra foram conduzidos de maneira que a academia não tivesse suas atividades interrompidas, incluindo equipamentos em paralelo aos equipamentos dos processos de aquecimento originais.

Previu-se a inclusão de um sistema de monitoramento remoto dos parâmetros do sistema, para que fosse possível a avaliação do comportamento da academia e consumos de energia. Foram previstos os seguintes pontos de monitoramento:

- Consumo de gás do CHP e do sistema de aquecimento de água;
- Consumo elétrico (kWh) da entrada de energia e geração do CHP;
- Diferença de temperatura da linha de aquecimento do reservatório térmico do CHP e vazão na linha de aquecimento;
- Diferença de temperatura da linha de aquecimento da piscina e vazão na linha de aquecimento da piscina;
- Temperatura da piscina na sucção da bomba e do reservatório térmico do CHP.
- Acionamento e desligamento remoto do aquecimento da piscina pelo CHP;
- Acionamento e desligamento remoto do aquecimento da água para as duchas pelo CHP.

Os dados são armazenados em servidor externo, com backup ou serviço de nuvem, possibilitando a exportação dos dados em formato .xls. As medições devem ser horárias e o sistema deve permitir o monitoramento 24 horas. O sistema é disponível via internet pela ferramenta de gerenciamento remoto.

#### B) Funcionamento do sistema

Enquanto o CHP gera energia elétrica para a academia, o calor do aparelho é transferido para dois circuitos de troca térmica, um primeiro para o aquecimento da piscina semiolímpica acionado pela operação de duas bombas e o segundo para o aquecimento da água para banho, acionado pela operação de outras duas

bombas. Esses circuitos foram automatizados segundo os horários de pico da academia, com o objetivo de se verificar o reflexo da operação na eficiência do sistema mensalmente.

### C) Desempenho do Sistema

O sistema foi configurado para gerar 25kWe/38kWth constante, operando 24 horas diárias ininterruptas, sendo monitorado por 7 meses (março a setembro de 2016):

Durante a operação do sistema, os usuários das duchas perceberam alterações de temperatura o que provocou desconfortos, destacaram-se as seguintes situações:

- Constatou-se que a válvula misturadora do sistema poderia ter baixo desempenho em trabalhar com a água quente a 75°C gerada. Imediatamente, o sistema foi regulado a gerar água a no máximo 65°C;

- O desempenho térmico do sistema e o novo equilíbrio de pressões trouxe uma necessidade de menores aberturas dos registros de água quente o que faz ser possível uma dificuldade de ajuste. Essa dificuldade é potencializada pelo estado dos registros de pressão de água quente, que podem se encontrarem com maior desgaste devido à forma de operação original;

Os usuários da piscina no período noturno reclamaram do fluxo de água quente proveniente dos jatos de retorno do sistema de aquecimento. Os jatos atingem o rosto de quem chega à extremidade quente da piscina. Constatou-se que a temperatura da água de retorno do sistema atingiu aproximadamente 38°C, devido ao ganho médio de 8,3°C de temperatura no aquecimento. Essa situação pôde ser sanada com a alteração da vazão da bomba, diminuindo o acréscimo de temperatura no retorno da piscina.

### D) Economia e viabilidade econômica

O desempenho do sistema é variável devido às condições externas (clima, disponibilidade de energia elétrica, qualidade do abastecimento do gás) e da forma de operação do sistema.

As interrupções no fornecimento de energia elétrica e térmica causam falhas do CHP, forma identificadas necessidades de regulagem de pressão da rede de gás,

instalação de filtro, reforço no aterramento, instalação de no-break para o controlador.

Além disso, o direcionamento da energia térmica gerada pelo aparelho pode causar maior ou menor eficiência, sendo necessário utilizá-la ao máximo para o melhor desempenho econômico.

Dos resultados colhidos, agosto de 2016 pode ser apresentado como um desempenho bom, esperado para a aplicação, conforme figura 2, em que se obteve uma economia de R\$ 5.931,26, nesse caso ainda com uma tarifa de gás de geração de energia. A economia é maior com a qualificação de cogeração do sistema, quando a tarifa de gás ainda será menor.

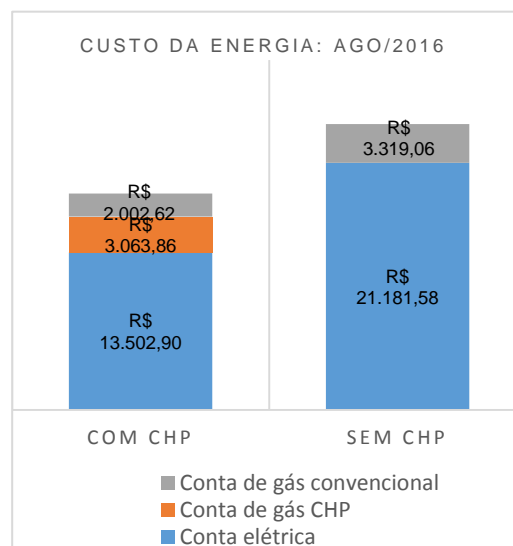


Figura 2 – Economia do Sistema Ago/2016

Realizou-se uma análise de viabilidade econômica para um período de 10 anos e foram empregadas as informações de eficiência do sistema, os consumos médios e equipamentos utilizados. Foram consideradas as premissas para o estudo: instalação em 2 meses; custo de capital próprio: 14% a.a.; taxa de desconto: 17% a.a.; taxa de financiamento de 14% a.a.; inflação conforme IPCA; geração de energia térmica e elétrica constante; O&M de R\$ 25/MWh.mês e R\$ 4.000/ano; Valor total: R\$ 483.000,00; diferida Comgás: R\$ 80.000,00; impostos sobre tarifas de energia elétrica: 25% (PIS/PASEP, COFINS, COSIP, ICMS); tarifa de cogeração.

O projeto apresentou viabilidade econômica com *pay-back* descontado para um período de 6,8 anos, considerando simplificações na instalação e ajustes no

---

preço de aquisição. Cabe salientar que o sistema terá maior potencial de retorno quanto menores e simplificados forem o custo e tempo de instalação.

### **Bibliografia**

COMGAS. P190- Aplicação de CHP em Usuários do Segmento Comercial e Residencial. São Paulo, 2016.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. *Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica*. Cadernos temáticos ANEEL. Brasília, 28 p, 2014.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Resolução Normativa nº 414*. 2010.

BIANCHI M., PASCALE A., MELINO F. Performance analysis of an integrated CHP system with thermal and Electric Energy Storage for residential application. *Applied Energy* 112. p. 928–938, 2013.

BIANCHI M., PASCALE A., SPINA P. Guidelines for residential micro-CHP systems design. *Applied Energy* 97. p. 673–685, 2012.

CALMAC. California Public Utilities Commission. *Embedded Energy in Water Studies - Study 3: End-use Water Demand Profiles*. Aquacraft, 2011.

CALMAC. California Public Utilities Commission. *Multifamily central domestic hot water distribution systems*. Heschong Mahone Group, 2013.

HAWKES A.D., LEACH, M.A. Cost-effective operating strategy for residential micro-combined heat and power. *Science Direct - Energy* 32 p. 711–723, 2005.

IEA - International Energy Agency. *Combined Heating and Power: Evaluating the benefits of greater global investment*. 2008.

IEA/ECBCS. *Specifications for Modelling Fuel Cell and Combustion-Based Residential Cogeneration Devices within Whole-Building Simulation Programs*. 2007.

KOIV, T.; MIKOLAL, A.; TOODE A. Design Flow Rates and Consumption Profiles in Educational, Office Buildings and Shopping

Centers. Smart Grid and Renewable Energy, p. 287-296, 2013. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.4236/sgre.2013.43035>> Acesso em 1 set 2016.

NAHB Research Center, Inc. *REVIEW OF RESIDENTIAL ELECTRICAL ENERGY USE DATA*, 2001.

NREL- National Renewable Energy Laboratory. *Development of Standardized Domestic Hot Water Event Schedules for Residential Buildings*. Conference Paper NREL/CP-550-40874, 2008.

NREL-National Renewable Energy Laboratory. *Renewable Electricity Futures Study*. HAND, M.M.. 2012.

PRADO R. e GONÇALVES O. Water heating through electric shower and energy demand. *Energy and Buildings* 29. p. 77-82, 1998.

REMP - Residential Energy Monitoring Program. *Proof of Concept Residential Energy Monitoring Program: Final Report*. Australia, 2012.

REN H., Gao R. Economic and environmental evaluation of micro CHP systems with different operating modes for residential buildings in Japan. *Energy and Buildings* 42, p. 853–861, 2010.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Catalog of CHP technologies: section 2 technology characterization – reciprocating internal combustion engines*. [S.I.].

US Environmental Protection Agency. *Combined Heat and Power Partnership*. 2014.

YANMAR. *Micro cogeneration CP25WE*. Technical Book. Japão, Second Edition, 2014.