

P230: Kits de Transferência Térmica para CHPs Ciclo 2017/2018

Marina Silva Machado¹; Claudio Azer Maluf²

¹ Comgás – Companhia de Gás de São Paulo.

² Innovatori Consultoria em Engenharia

Resumo – O CHP é uma aplicação para o gás natural que apresenta potencial de eficiência energética (somados os rendimentos elétrico e térmico) bastante elevado. Por isto, e pelo fato de ser uma aplicação capaz de deslocar o consumo de energia elétrica (total ou parcialmente), transferindo-o para o GN, a utilização de ambas as formas de energia em seu máximo grau de eficiência é de extrema importância, afinal, esta eficiência, inerente ao uso, é o principal pilar de sustentação da aplicação. Ademais, o subaproveitamento da energia térmica incorre, conseqüentemente, em subaproveitamento da energia elétrica. Tal sistema, entretanto, ainda é uma solução pouco conhecida e não dominada. Seu dimensionamento exige estudo detalhado e específico, consoante com a aplicação em que se insere, incluindo mapeamento de cargas elétricas e térmicas e respectiva correlação destas cargas entre si e em função do tempo.

Em linha com tal cenário, este projeto visa a elaboração de metodologia para, inicialmente, verificar a aderência da “solução CHP”, frente determinado conjunto de características de utilização e, na sequência, verificar qual o modelo de equipamento que mais se adequa à essas características. Outro objetivo do projeto é a definição de metodologia para projeto de sistemas hidráulicos para aproveitamento de energia térmica em CHPs. Como resultado, foram criados kits de transferência térmica, transformando um sistema, normalmente complexo, de difícil entendimento e de instalação complexa, em um produto encapsulado, pré-montado e de fácil instalação em campo. Por fim, foi objeto do trabalho a criação de um aplicativo *mobile* através do qual o usuário pode executar estudo de viabilidade técnica e financeira de um sistema de cogeração, bem como selecionar o kit de transferência térmica apropriado para o caso.

Palavras-chave: cogeração; CHP; transferência térmica; app; desenvolvimento de produto, eficiência energética.

Objetivos e Metas

Os objetivos deste projeto de pesquisa e desenvolvimento são:

- Tornar o CHP mais amigável, através da transformação de “sistema” em “produto encapsulado”;
- Aumentar o grau de conhecimento à respeito do CHP e suas necessidades e especificidades de instalação.

Para tanto, as metas do projeto são:

- Sistematização do processo de dimensionamento e seleção de CHPs, baseado nas possíveis utilizações térmicas, através de mapas de carga;
- Sistematização do processo de dimensionamento, seleção e criação de arranjo hidráulico, envolvendo os diversos componentes;
- Criação de kits, encapsulando os diversos componentes hidráulicos/hidráulicos, externos ao CHP, porém necessários para que seja possível o uso da energia térmica gerada – transformação deste arranjo em um produto, com o conceito “plug&play”;
- Criação de ferramenta: aplicativo mobile app multiplataforma para auxílio do dimensionamento e seleção do CHP, assim como do kit encapsulado e respectivos componentes;
- Realização de workshop para divulgação do conhecimento sistematizado.

Desenvolvimento

A pesquisa foi desenvolvida em três etapas e cada uma delas visava o atingimento de metas específicas. A seguir, serão descritas, de forma resumida, cada uma destas etapas.

A. Criação dos Kits de Transferência Térmica

A primeira etapa do desenvolvimento dos kits de transferência térmica para CHPs foi a definição do escopo a ser atendido pela solução. Isto passou pela definição dos tipos de demanda térmica a serem atendidas, pelos modelos/potências dos CHPs a serem abrangidos pela solução, bem como para o número de

demandas térmicas a serem atendidas por um mesmo kit. Definidas essas premissas, a etapa seguinte foi a determinação do modo de operação pretendido para o sistema. O que se levou em conta nesta etapa foi, basicamente, a simplicidade da solução, sem, entretanto, negligenciamento da qualidade da troca térmica e da possibilidade de ajuste e controle de vazões e temperaturas no sistema.

Os principais balizadores e definições do processo de desenvolvimento dos kits foram os seguintes:

- Kits para atendimento de uma ou duas demandas térmicas;
- Tipos de demandas térmicas consideradas: água quente de uso sanitário; aquecimento de piscina;
- Não haverá montagem de trocadores de calor em série entre si, e nem em série com dissipador de calor;
- Sempre que possível, será evitado o atendimento concomitante de duas demandas térmicas, portanto, sempre que possível, deve-se determinar a ordem de prioridade de atendimento. A exceção fica por conta de aplicação da energia térmica para suprimento de duas centrais térmicas de água quente de uso sanitário, quando não é possível a priorização de um sistema em detrimento do outro.

Para a concepção dos kits, foram consideradas as diferentes tarefas a serem atendidas por estes sistemas. Os seguintes tipos de tarefas foram consideradas:

- Segurança no uso do calor;
- Transferência de calor;
- Controle do processo.

Assim, foram levantados os tipos de componentes hidráulicos e hidráulicos necessários para atendimento aos requisitos do produto. No que diz respeito à segurança, os seguintes itens foram definidos:

- Purgador de ar;
- Grupo de enchimento com desconector;
- Filtro Y;
- Vaso de expansão;
- Válvula de segurança (alívio);

Os itens referentes à transferência de calor que compõem os kits são:

- Trocador de calor de placas brasadas;

- Motobomba de circuito primário;
- Motobomba(s) de circuito secundário.

No que diz respeito aos dispositivos para ajuste e controle do processo de transferência de calor, considerou-se os seguintes:

- Válvula de três vias motorizada – furação L;
- Válvula de três vias motorizada – furação T;
- Transmissores de temperatura tipo PT100;
- Transmissores de pressão;
- Válvulas de esfera;
- Válvulas de esfera com retenção incorporada.

Os arranjos para os kits foram definidos conforme definição de tipologia, utilizando-se, para tanto, o seguinte conjunto de parâmetros:

- O CHP possui dissipador de calor incorporado?
- O kit terá conexão para dissipador externo, para o caso de operação pela demanda elétrica?
- O CHP possui motobomba de circuito primário incorporada? Se sim, de velocidade fixa ou variável?
- Quantas aplicações térmicas o CHP deverá atender?
- Quais as aplicações térmicas que o CHP deverá atender?

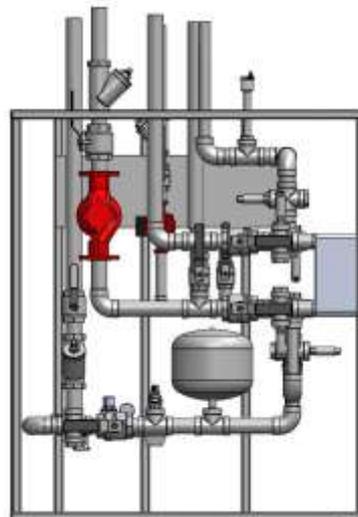
Com base nestes parâmetros, foram definidas 18 diferentes tipologias de kits de transferência térmica:

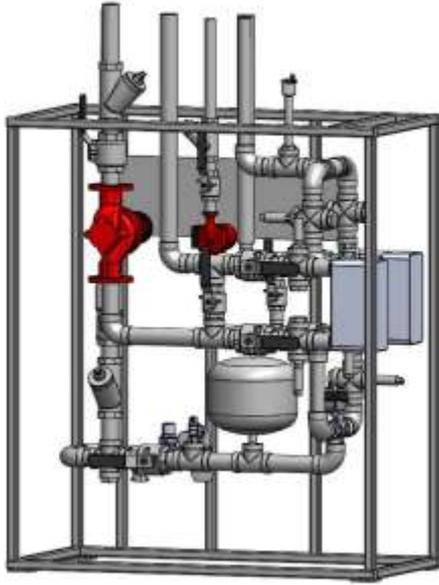
- Tipologia A0: Kit sem conexão para dissipador de calor, com motobomba de circuito primário, para atendimento a uma demanda térmica;
- Tipologia B0: Kit sem conexão para dissipador de calor, sem motobomba de circuito primário, para atendimento a uma demanda térmica, com motobomba de secundário de velocidade fixa não controlada pelo controlador interno do CHP;
- Tipologia C0: Kit sem conexão para dissipador de calor, sem motobomba de circuito primário, para atendimento a uma demanda térmica, com motobomba de secundário de velocidade variável, controlada pelo controlador interno do CHP;
- Tipologia A1: Kit sem conexão para dissipador de calor, com motobomba de circuito primário, para atendimento a duas demandas térmicas, exceto “duas piscinas”;
- Tipologia B1: Kit sem conexão para dissipador de calor, sem motobomba de circuito primário, para atendimento a duas demandas térmicas, exceto “duas piscinas”, para uso com CHPs com bomba primária de velocidade fixa;
- Tipologia C1: Kit sem conexão para dissipador de calor, sem motobomba de circuito primário, para atendimento a duas demandas térmicas, exceto “duas piscinas”, para uso com CHPs com bomba primária de velocidade variável;
- Tipologia A2: Kit sem conexão para dissipador de calor, com motobomba de circuito primário, para atendimento de duas demandas térmicas do tipo “piscina”, através de um único trocador de calor e válvula de três vias motorizada no secundário;
- Tipologia B2: Kit sem conexão para dissipador de calor, sem motobomba de circuito primário, para atendimento de duas demandas térmicas do tipo “piscina”, através de um único trocador de calor e válvula de três vias motorizada no secundário;
- Tipologia C2: Kit sem conexão para dissipador de calor, sem motobomba de circuito primário, para atendimento de duas demandas térmicas do tipo “piscina”, através de um único trocador de calor e válvula de três vias motorizada no secundário, para uso com CHPs com bomba primária de velocidade variável;

- Tipologia A3: Kit com conexão para dissipador de calor, com motobomba de circuito primário, para atendimento a uma demanda térmica;
- Tipologia B3: Kit com conexão para dissipador de calor, sem motobomba de circuito primário, para atendimento a uma demanda térmica;
- Tipologia C3: Kit com conexão para dissipador de calor, sem motobomba de circuito primário, para atendimento a uma demanda térmica, para uso com CHPs com bomba primária de velocidade variável;
- Tipologia A4: Kit com conexão para dissipador de calor, com motobomba de circuito primário, para atendimento a duas demandas térmicas;
- Tipologia B4: Kit com conexão para dissipador de calor, sem motobomba de circuito primário, para atendimento a duas demandas térmicas;
- Tipologia C4: Kit com conexão para dissipador de calor, sem motobomba de circuito primário, para atendimento a duas demandas térmicas, para uso com CHPs com bomba primária de velocidade variável;
- Tipologia A5: Kit com conexão para dissipador de calor, com motobomba de circuito primário, para atendimento a duas demandas térmicas do tipo piscina, através de um trocador de calor e válvula de três vias motorizada no secundário;
- Tipologia B5: Kit com conexão para dissipador de calor, sem motobomba de circuito primário, para atendimento a duas demandas térmicas do tipo piscina, através de um trocador de calor e válvula de três vias motorizada no secundário;
- Tipologia C5: Kit com conexão para dissipador de calor, sem motobomba de circuito primário, para atendimento a duas demandas térmicas do tipo piscina, através de um trocador de calor e válvula de três vias motorizada no secundário, para utilização com CHPs com controlador de bombas secundárias.

Definidas todas as tipologias, foi criada uma rotina para seleção de cada um dos componentes, em cada um dos circuitos (primário, secundário). Como cada componente imputa ao circuito uma determinada resistência ao fluxo (perda de carga), a motobomba é o último componente a ser selecionado, pois ela deve atender ao ponto de funcionamento “vazão x pressão” ideal para a eficiência da troca térmica.

Após selecionados todos os componentes para todas as possibilidades de kits, passou-se para a etapa de modelamento em 3D. A seguir, exemplo de um dos tipos de kits modelados:





B. Criação do Índice de Aderência

O índice de aderência foi construído no âmbito deste projeto de pesquisa e desenvolvimento. Trata-se de um indicador que visa abranger mais do que apenas o grau de eficiência de um CHP, mas, também, o grau de eficiência deste inserido no local de uso, assim como o grau de adequação de um determinado modelo para uma determinada situação de demanda, sem sobras, nem faltas.

Para o desenvolvimento deste índice, foram consideradas três parcelas, combinadas na seguinte fórmula:

$$I.A. = \left\{ \left[\frac{(Parcela1 \times 2) + (Parcela2 \times 1)}{3} \right] - Parcela3 \right\} \times 100$$

Onde:

- **Parcela 1: Razão de Tempo de Operação:**

Nesta parcela, o que se procura medir é a razão entre o tempo (h/dia) durante o qual o CHP permanece em operação, frente ao máximo tempo (teórico) disponível para operação (24h/dia). Aqui, quanto maior for o tempo de operação, maior a pontuação parcial, pois, entende-se, se o CHP pode permanecer ligado, imagina-se, exista demandas térmica e elétrica para serem supridas. O peso desta parcela é 2.

$$Parcela1 = \frac{\text{Tempo Real Operação}}{24h}$$

- **Parcela 2: Razão de Atendimento Térmico:**

Esta parcela é a razão entre a energia térmica produzida pelo CHP e a energia térmica total demanda pela instalação. Ela mostra qual é a capacidade que um CHP tem em atender à uma dada demanda. Quanto maior for esta razão, mais alinhado o equipamento está em relação à uma dada instalação. Valores maiores do que 1, entretanto, denotam superdimensionamento térmico, entretanto, quando isto ocorrer, o "teto" desta razão será assumido como igual a 1. O peso desta parcela é 1.

$$Parcela2 = \frac{\text{Prod. Térmica CHP}}{\text{Dem. Térmica Total}}$$

- **Parcela 3: Energia Térmica Dissipada**

Esta parcela é, talvez, a mais importante componente do indicador de aderência. Ela trata da quantidade de energia térmica que eventualmente é produzida pelo CHP, porém não utilizada em algum processo. Trata-se, portanto, de desperdício de energia. Considerando-se que o ponto chave de um CHP é justamente o alto rendimento global, que é obtido justamente da somatória das parcelas de energia térmica e elétrica produzidas, quando se dissipa parte do calor, o princípio mesmo da existência do CHP se perde.

A abordagem adotada é a de penalização da nota combinada entre as parcelas 1 e 2, proporcional à quantidade de energia térmica não aproveitada. Dessa forma, tomando-se como exemplo o caso em que a nota combinada das parcelas 1 e 2 seja 80, porém, que haja desperdício de energia térmica (dissipação) de 20%. Neste caso, serão descontados 20 pontos da nota prévia, e o índice de aderência, que poderia ser 80, passa a ser 60.

$$Parcela3 = \left[\frac{(E.Térmica Produzida - E.Térmica Utilizada)}{E.Térmica Utilizada} \right]$$

Observações:

- Parcela 3 só pode assumir valores entre 0,00 e 0,50. Para resultantes superiores a 0,50, adotar limite de 0,50;
- Parcelas 1 e 2 combinadas (após aplicação dos pesos, inclusive) só podem assumir valores entre 0,50 e 1,00. Para valores inferiores a 0,50, adotar limite inferior de 0,50.
- Índice de Aderência final (após multiplicação por 100) só pode assumir valores entre 0,00 e 100,00.

Faixas de Classificação do Índice de Aderência:

Após determinado o valor de índice de aderência de uma determinada instalação, com um determinado CHP, pode-se, então, classificar a instalação, conforme pontuação, nos seguintes níveis:

Classes de Índice de Aderência (I.A.):

- I.A. ≥ 90 : Excelente;
- $90 > I.A. \geq 80$: Muito Bom;
- $80 > I.A. \geq 70$: Bom;
- $70 > I.A. \geq 60$: Regular;
- $60 > I.A. \geq 50$: Ruim;
- I.A. < 50 : Muito Ruim.

C. Criação do Aplicativo Mobile

Parte do escopo deste trabalho de pesquisa e desenvolvimento é a criação de um aplicativo para utilização em dispositivos móveis (smartphones), para seleção do CHP, estudo de viabilidade financeira e técnica e seleção do kit de transferência de calor compatível com o CHP selecionado. O uso do app acelera os estudos técnicos e também diversos processos comerciais, facilitando o trabalho do usuário e permitindo o acesso à diversas informações fundamentais para a análise de possíveis soluções envolvendo o uso de CHPs, inclusive no que tange à compatibilidade da solução com as especificidades de uma determinada instalação e à escolha apropriada do sistema para suprimento de determinada demanda.

A seguir, é feito um detalhamento das funcionalidades do aplicativo e, na sequência, é mostrada a sequência de telas (storyboard) para o aplicativo.

Funcionalidades do Aplicativo:

O aplicativo desenvolvido é estruturado de forma a permitir uma ampla análise do uso do CHP para um dado perfil de utilização. A ideia é permitir ao profissional – técnico/comercia – de geração distribuída, uma análise abrangente do potencial da solução para as condições de cada cliente. Para que isto seja possível, o estudo deve abranger aspectos financeiros e técnicos, por isso, formatou-se o app com os seguintes menus principais:

- Viabilidade Financeira;
- Estudo de Viabilidade Técnica: Indicadores (relacionados ao enquadramento na ANEEL como “Cogeração Qualificada” e relacionados à aderência ampla da solução às condições de demanda e uso locais);
- Seleção do Kit de Transferência Térmica.

Storyboard do Aplicativo:





Resultados

Muito embora o caminho para o desenvolvimento deste projeto tenha sido árduo e mais sinuoso do que o esperado, os resultados obtidos foram muito satisfatórios. Todos os objetivos e metas estipuladas no desenvolvimento do plano de trabalho foram alcançados e, em determinados aspectos o escopo abrangido foi além do inicialmente planejado.

Os principais destaques do projeto são:

- Criação de uma metodologia de desenvolvimento de projeto de kits de transferência térmica para uso em CHPs, a qual possibilitou, de fato, a transformação de um sistema complexo em um produto mais amigável e, agora, muito bem detalhado;
- Criação de metodologia para o uso do calor em CHPs, levando-se em conta questões específicas do Brasil, como, por exemplo, a disponibilidade de componentes hidrônicos no mercado local, a necessidade de buscar-se a otimização dos custos e a facilitação da logística na compra de componentes;
- Definição de tipologia de operação para o uso do calor bastante simples e efetiva, reduzindo-se o número de componentes e simplificando a lógica de controle do sistema;
- Criação de um indicador de aderência para verificação do nível de compatibilidade de um determinado CHP ao local e às condições específicas de demandas elétrica e térmica. O indicador de aderência criado, neste aspecto, é muito mais efetivo do que os indicadores utilizados para a verificação de enquadramento de um dado sistema de cogeração enquanto “cogeração qualificada”, perante a ANEEL;
- Tipificação, criação e detalhamento de diversos kits de transferência térmica compactos, pré-montados, os quais, acredita-se, facilitarão em muito as etapas de orçamentação, projeto e instalação dos sistemas;
- A existência dos kits, por si só, remove a questão da incerteza, por parte dos instaladores hidráulicos, sobre o trabalho a ser executado. Além disso, barateia a instalação e reduz drasticamente o tempo de execução;
- O aplicativo móvel desenvolvido vai bem além do que constava no escopo inicial deste trabalho: Além de permitir a seleção do CHP e do kit de transferência térmica, o app permite que seja feita uma análise financeira completa, e trás indicadores de eficiência energética e de aderência de um determinado sistema, quando analisado de forma conjunta com as condições de demanda do local de utilização pretendido. Tais parâmetros permitem ao usuário uma seleção de equipamento muito mais afinada com os anseios do cliente em prospecção, além de acelerar o processo de negociação, através do fornecimento de informações técnicas claras e precisas, em curto espaço de tempo.

Continuidade da Pesquisa

Acredita-se, a tipologia adotada para o uso do calor produzido por CHPs, dadas as limitações técnicas e financeiras encontradas no mercado brasileiro, está totalmente aderente às necessidades de uso e do controle do uso da energia térmica. Um possível desdobramento para este trabalho de pesquisa é, a medida que o mercado de CHPs se desenvolva localmente, e a medida que novos players ingressem no mercado, o uso de componentes hidrônicos hoje inviáveis, tanto pelo alto custo, como pela baixa disponibilidade, possam ser utilizados mais amplamente. Isto abriria espaço para a criação de tipologias ainda mais eficientes do que a atual.

Outra vertente para a continuidade da pesquisa seria o abarcamento de outras marcas e modelos de CHPs que venham a ser comercializados futuramente no mercado local. De qualquer forma, a metodologia aqui desenvolvida, entende-se, é amplamente extensível à equipamentos outros que não aqueles diretamente abordados neste trabalho.

Por fim, o estudo de sistema eletrônico para controle do CHP, operando conforme demanda térmica, dado que grande parte dos CHPs comercializados atualmente no mercado brasileiro, sobretudo os mais acessíveis, não possui qualquer tipo de controle integrado da energia térmica gerada, é, talvez, a mais importante linha de pesquisa derivada deste trabalho.

Conclusão

O desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, mais do que atender ao objetivo da criação de kits de transferência térmica, permitiu a criação de uma metodologia de desenvolvimento do projeto de sistema hidrônico para o uso do calor gerado em CHPs. A criação de um indicador capaz de mostrar o grau de adequação da adoção da cogeração em um determinado local e, mais do que isso, o grau de adequação de um CHP em específico às condições locais, trará, certamente, um avanço no mercado de mini e micro cogeração local.

A realização desta pesquisa, acredita-se, é um passo inicial para a sistematização de informações técnicas a respeito do tema o que, em última análise, é vital para o crescimento do uso destes sistemas no Brasil.