

P223: O Uso de GAHPs para o Aquecimento de Água de Uso Sanitário e Piscinas – Ciclo 2017/2018

Marina S. Machado¹; Claudio Azer Maluf²; Lucas O.S.Campos²

1 - Comgás

2 - Innovatori

Resumo: O intuito deste trabalho é a aferição do desempenho energético do GAHP (do inglês *gas absorption heat pump*) aplicado como sistema de aquecimento de água de piscinas, ou em centrais de água de uso sanitário, comparando tal desempenho com o das bombas de calor elétricas sob as mesmas condições de aplicação. A metodologia utilizada foi a análise de dados coletados através de instrumentação em campo de uma piscina semi-olímpica, previamente aquecida através do sistema elétrico. Neste local, foram instalados quatro GAHPs, de forma que ambos os tipos de sistemas de aquecimento pudessem ser avaliados. Para a aplicação “água quente de uso sanitário”, foram utilizados dados da operação de central de aquecimento de um hotel, coletados em pesquisa instrumentada anteriormente realizada. Com estes dados estimou-se, por extrapolação, o desempenho do GAHP para tal aplicação. Os coeficientes de performance médios para os sistemas foram: COP-GAHP_Piscina@23°C= 1,2174; COP-BC_Piscina@27,3= 3,729; COP-GAHP_AQUS*19°C= 1,117; COP-BC_AQUS@19°C= 2,10.

Palavras-chave: bomba de calor; bomba de calor por absorção a gás; GAHP

Introdução

As bombas de calor elétricas fazem forte concorrência aos sistemas de aquecimento a gás natural, seja para aquecimento de água de uso sanitário, seja para piscinas. Isto ocorre tanto no segmento comercial como no residencial. Os sistemas de aquecimento convencionais a gás natural, no que diz respeito à eficiência energética, não competem em condições de igualdade com as bombas de calor elétricas, muito embora possam levar vantagem em outros quesitos, com destaque para aqueles relacionados à confiabilidade e continuidade do serviço os quais, todavia, normalmente são colocados em segundo plano, dando-se enorme destaque ao custo operacional, o qual deriva da combinação da eficiência energética com o valor da tarifa do insumo energético.

O conhecimento das condições e limites de operação, necessidades de infraestrutura e, sobretudo, do desempenho de novas tecnologias para o aquecimento de água, enfatizando aquelas que tem, como principal característica, o alto grau de eficiência energética é, portanto, imprescindível.

Neste âmbito, o projeto propõe a instalação e testes instrumentados de bombas de calor por absorção a gás natural – GAHPs (do inglês *“gas absorption heat pump”*) - para aquecimento de água de piscinas, em

condições reais de utilização, comparando o desempenho destas com o das bombas de calor elétricas, já existentes no local tomado como piloto para a pesquisa. Quanto à aplicação dos GAHPs para aquecimento de água de uso sanitário, os resultados de desempenho para tal aplicação serão oriundos de extrapolação dos dados coletados para a aplicação em piscinas, com base em dados reais de uma central de aquecimento instrumentada em pesquisa anteriormente desenvolvida.

Desenvolvimento

Inicialmente, foram definidas as características desejáveis, ou mesmo mandatórias, para os GAHPs a serem adquiridos e testados, levando-se em consideração a compatibilidade de cada uma das opções aventadas com as características locais. O quesito mais relevante neste processo de seleção foi a frequência da máquina. Diversos fabricantes, por atenderem apenas aos mercados europeu ou asiático, possuem modelos que operam em frequência de 50Hz. Este quesito, por si só, eliminou todas as possibilidades, exceto um fabricante. A Robur, por também comercializar máquinas nos Estados Unidos, Canadá, e mesmo na América do Sul, possui máquinas que operam

em frequência de 60Hz, portanto, foi a solução adotada.

Uma vez definida a marca e modelo de GAHP a ser testado, com a ajuda das equipes de Engenharia e Comercial da Comgás, foi selecionado um cliente cujas características da piscina existente no local se enquadravam dentro dos critérios pré-estabelecidos, dentre os quais, destacam-se a pré-existência de bombas de calor elétricas e as dimensões da piscina.

Foi firmado um contrato de cooperação entre Comgás e o cliente – a Kainágua, academia de natação – e, a partir daí, desenvolveu-se o projeto, conforme será detalhado nas seções subsequentes.

A. Metodologia

A metodologia adotada para a realização deste trabalho de pesquisa foi a instrumentação de campo, em ambiente real e em condições naturais de utilização, de uma piscina semi-olímpica, em ambiente fechado, de forma que os dados adquiridos por meio de registradores eletrônicos permitissem a comparação, quantitativa e qualitativa, do desempenho de GAHPs e de bombas de calor elétricas submetidas ao mesmo grupo de condições.

Foram instalados, para tanto, além dos *data loggers*, transmissores de temperatura da água e do ar, transmissores de umidade relativa e de velocidade do ar, de pressão do gás natural, medidores volumétricos de vazão de GN e de água, além de medidores de consumo de energia elétrica. Os registros foram tomados a cada 15 segundos, durante um intervalo de, até o momento, 45 dias consecutivos. Durante este intervalo, ambos os tipos de sistemas de aquecimento foram utilizados, sempre de forma isolada, de modo a permitir o registro de desempenho de cada um deles, ainda que não se pudesse garantir condições microclimáticas idênticas.

As variáveis monitoradas permitiram o levantamento de indicadores dos mais diversos tipos. Abaixo, são listadas as classes de indicadores levantados através do monitoramento, tratamento e análise das referidas variáveis:

- Indicadores climáticos;
- Indicadores de consumo energético por sistema e por insumo;
- Indicador de tempo e estado de operação por sistema;
- Indicador do grau de limpeza do meio filtrante da piscina;

- Indicadores de diagnóstico dos sistemas;
- Fluxos de calor por parte em cada sistema;
- Indicadores de rendimento por sistema (COP; GUE; HSPF);
- Rendimento de troca térmica;
- Correlações entre clima e consumo energético;
- Correlações entre clima e rendimento (COP; GUE).

Abaixo, imagens dos GAHPs instalados no local, assim como dos registradores de dados e parte da instrumentação.



Figura 1 – GAHPs instalados no local piloto e parte dos transmissores de temperatura.



Figura 2 – Sistema de aquisição de dados implementado.

Para a aplicação de aquecimento de água de uso sanitário, a metodologia adotada foi diferente: Foi utilizada uma base de dados levantada durante trabalho de pesquisa anterior, realizado em um hotel em São Paulo, onde uma central de água quente de uso sanitário recebeu extensiva instrumentação para avaliação das características de uso da água quente, bem como do desempenho do referido sistema. Estes dados serviram, portanto, para delinear um perfil de demanda, bem como das temperaturas de entrada e saída da água quente do reservatório, informações essenciais e intimamente relacionadas à eficiência do GAHP. Tendo, portanto, premissas plausíveis de operação para um sistema de aquecimento de água de uso sanitário, foram então extrapolados os dados de desempenho das máquinas operando para o de aquecimento de piscina, de modo que, como resultado, foram obtidos, de forma indireta, os coeficientes de eficiência da máquina para a referida aplicação.

B. Tratamento dos Dados e Extração de Resultados

Para a extração de resultados que permitissem a avaliação do desempenho dos sistemas, e conseqüente comparação entre estes sistemas, em termos qualitativos e quantitativos, a primeira e mais importante etapa foi a de identificação das variáveis fundamentais. Após a identificação destas variáveis, a etapa seguinte consistiu da especificação dos respectivos instrumentos e posicionamento destes na instalação piloto. Uma vez obtidos os dados corretos e no intervalo de tempo correto através do uso de data loggers, estes dados foram enviados diariamente, através da internet, a um servidor. De posse destes dados, foi desenvolvido uma rotina de programação em MatLab, incluindo as seguintes etapas:

- Tratamento de dados: consiste na criação de parâmetros capazes de identificar e remover (ou neutralizar) dados incoerentes com o conjunto, de forma a garantir a qualidade da análise dos dados propriamente dita;
- Criação das equações, através da combinação de variáveis monitoradas, para extração dos indicadores;
- Construção de relatórios automáticos de análise dos sistemas nos seguintes períodos: dia; semana; total. Estes relatórios permitem a análise isolada ou comparada dos sistemas, assim

como o diagnóstico de anomalias nos sistemas, ou na infraestrutura hidráulica em que se inserem, servindo inclusive de alerta para atividades de manutenção como, por exemplo, a limpeza do filtro da piscina.

Como última etapa, os relatórios de análise dos sistemas são, então, disponibilizados em uma página da internet.

Principais Resultados

Considerando-se a extensa quantidade de dados e indicadores levantados nesta pesquisa, este documento não pretende abranger toda a gama de resultados encontrados. A ideia aqui é, portanto, mostrar de maneira resumida, alguns dos resultados mais relevantes. A tabela abaixo mostra o comportamento de consumo dos insumos energéticos envolvidos na operação de ambos os sistemas.

As tabelas a seguir comparam os coeficientes de performance dos GAHPs e das bombas de calor elétricas, operando para aquecimento de piscina e para aquecimento de água de uso sanitário, respectivamente.

APLICAÇÃO: AQUECIMENTO DE PISCINAS										
Desempenho Energético Médio dos Sistemas:								Relações de Desempenho		
ID:	Sistema:	Temp. Amb./Ref.	GUE Bruto	Rendim. Troc. Calor	GUE Líq.	COP Líq.	HSPF Bruto	HSPF Líquido	(1)	(2)
(1)	GAHPs Sistema Indireto, com Troc. de Placas	23°C	1,345	0,9618	1,2935	1,2174	4,5893	4,1539	(1)	1 3,0631
(2)	Bombas de Calor Elétricas	27,3°C	N/A	N/A	N/A	3,729	N/A	12,7242	(2)	0,3265 1

APLICAÇÃO: AQUECIMENTO DE ÁGUA DE USO SANITÁRIO						
Desempenho Energético dos Sistemas:			Rel. Desempenho Energético:			
ID:	Sistema:	COP Líq. Global, ou Rend. Líq. Global @ 20°C:	(1)	(2)	(3)	
(1)	Conjugado, com Aquecedores de Passagem a GN Convencionais, Eletrônicos	0,6376	(1)	1	0,3036	0,5853
(2)	Conjugado, com Bombas de Calor Elétricas	2,1	(2)	3,2936	1	0,5187
(3)	Conjugado, com GAHPs em Sistema Indireto, com Apoio por Aquecedores de Passagem a GN Convencionais, Eletrônicos	1,0893	(3)	1,7084	1,9278	1

Conclusões

O desempenho dos GAHPs foi, na prática, muito próximo do desempenho teórico. Um leve desvio a menor (7,45%) foi verificado e, provavelmente, poderia ser anulado através do uso do sistema de controle integrado para as 4 máquinas. Quanto ao desempenho das bombas de calor, os resultados obtidos estão consideravelmente abaixo dos dados de catálogo, e abaixo inclusive do valor médio adotado como premissa no início deste trabalho de pesquisa.