

# SIMULAÇÃO DE UMA BOMBA DE CALOR COM CONDENSADOR EM CONTRACORRENTE PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA<sup>1</sup>

Carlos Vinicius da CRUZ MACHADO<sup>2</sup>, Guido de Souza DAMASCENO<sup>3</sup>

**RESUMO:** Apresenta-se um estudo obtido por simulação em computador, de uma bomba de calor, em regime permanente, para aquecimento de água residencial. Um programa de simulação de bombas de calor ar/ar foi modificado para incluir uma rotina computacional capaz de modelar um condensador refrigerante/água, de tubos concêntricos em contracorrente. A sensibilidade do modelo quanto a diferentes dimensões dos componentes e várias condições de operação permite afirmar que o programa modificado é capaz de prever as tendências de desempenho do sistema, se apresentando como uma ferramenta útil para o desenvolvimento e otimização do projeto de uma bomba de calor para aquecimento de água.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bomba de calor, aquecimento de água, energia, simulação

**ABSTRACT:** An air to air heat pump computer program was modified to simulate a heat pump system for residential water heating, under steady state conditions. For that purpose a computer model of a counter flow concentric-tube condenser was developed and included in the program. The sensitivity of the model to different dimensions of the components and various operating conditions lead to the conclusion that the modified program is capable of predicting trends on the system performance, being a useful tool for designing and optimizing a heat pump for water heating.

**KEYWORDS:** Heat pump, water heating, energy, simulation

**INTRODUÇÃO:** O uso de resistências elétricas, entre outros dispositivos, para aquecimento de água em residências é uma das causas da má distribuição da demanda de eletricidade. Assim, o uso de bombas de calor para aquecimento de água residencial se apresenta como uma opção das mais interessantes, tanto em termos de conservação de energia como também para reduzir a demanda de pico (Geller et al., 1988). O desenvolvimento de um produto torna-se muito dispendioso se depender apenas de experimentos em laboratório. Programas de simulação em computador permitem verificar o efeito de mudanças de projeto no desempenho final do sistema completo (Stoecker, 1989). Neste trabalho avaliou-se a sensibilidade do programa de simulação de bombas de calor, HPSIM modificado, a variações nas características físicas dos principais componentes e nas condições de operação da bomba de calor.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O programa HPSIM, desenvolvido por Domanski e Didion (1983) para simular bombas de calor ar/ar foi modificado, com a inclusão de uma rotina

---

<sup>1</sup>Parte da dissertação de mestrado apresentada pelo primeiro autor à UFV.

<sup>2</sup>M.S. em Engenharia Agrícola, Professor da Escola Preparatória de Cadetes do Ar, Divisão de Ensino, R. Santos Dumont 149, 36200-000, Barbacena-MG, Fone (032) 331.7119.

<sup>3</sup>PhD, Professor Titular do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa-UFV, 36571-000, Viçosa-MG, Fone (031) 899.1927, E-mail gdamasc@mail.ufv.br.

computacional implementada para modelar um condensador refrigerante/água em contracorrente. Este programa foi explorado para verificar a sua sensibilidade quanto ao nível de aquecimento da água, à variação da área do condensador e características físicas do tubo capilar usado como válvula de expansão do ciclo. Com exceção do condensador foram utilizadas as características técnicas e geométricas de um protótipo desenvolvido por Gomes (1995).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Com a inclusão do novo modelo de condensador ao programa HPSIM, pode-se avaliar a performance de uma bomba de calor para aquecimento de água. O efeito do nível de aquecimento da água, ao passar pelo condensador, no desempenho do sistema foi avaliado considerando-se uma temperatura fixa de 20 °C na entrada do trocador, enquanto variou-se a temperatura de saída desde 22 °C até 50 °C. Os resultados são mostrados na Figura 1, onde foram plotados a capacidade, o consumo de energia e o coeficiente de performance (COP) em função da diferença de temperatura da água. Pode-se observar uma pequena redução na capacidade da bomba de calor e um aumento no consumo de energia elétrica com o aumento da diferença de temperatura da água e como resultado uma diminuição nos valores do COP (razão entre a capacidade do sistema e o consumo de energia). O efeito da área de troca de calor no condensador é apresentado na Figura 2, onde se pode observar que com o aumento do número de tubos, a capacidade aumenta enquanto que o consumo de energia elétrica diminui, com um conseqüente aumento o COP. Mudanças na queda de pressão provocadas pela válvula de expansão são apresentadas na Figura 3. Nesta figura pode-se observar a variação do coeficiente de performance com o diâmetro e o comprimento do tubo capilar. Pode-se notar que o aumento da restrição (pela redução do diâmetro ou aumento do comprimento do tubo capilar) resulta em melhor desempenho do sistema, com o crescimento dos valores do COP.

**CONCLUSÕES:** Os resultados obtidos com as simulações em computador demonstraram que o programa HPSIM modificado permite verificar o efeito de alterações em parâmetros do sistema sobre o seu desempenho. Pode-se observar que o aumento da temperatura de fonte quente implica em queda do desempenho do sistema, como esperado. Verificou-se, também, que variações individuais na área de troca de calor do condensador e na queda de pressão através da válvula de expansão pode levar a ganhos significativos nos valores do coeficiente de performance.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- DOMANSKI, P., DIDION, D. **Computer modeling of the vapor compression cycle with constant flow area expansion device.** Washington, D.C.: National Bureau of Standards, 147p. 1983.
- GELLER, H.S., GOLDENBERG, J., MOREIRA, J.R., HUKAI, R., SCARPINELLA, C., YSOHIZAWA, M. Electricity Conservation in Brazil; Potential and Progress. **Energy**, v.6, n.13, p.469-483, 1988.
- GOMES, F.C. **Estudo técnico e econômico de uma bomba de calor, a eletricidade, para aquecimento de água residencial.** Viçosa, MG. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de viçosa, 60p. 1995.

STOECKER, W.F. **Design of Thermal Systems.** Singapore: McGraw-Hill Book Company, 563p 1989.

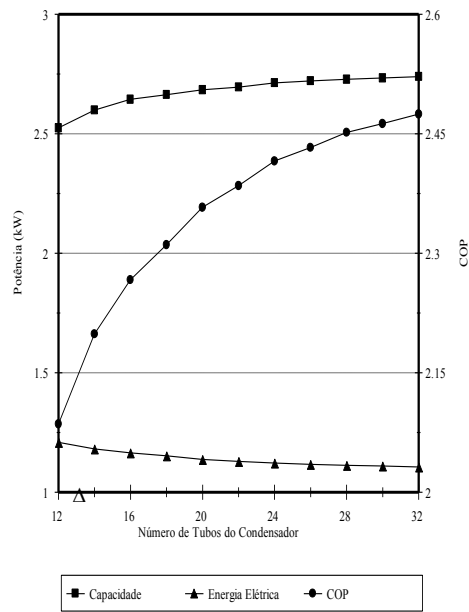


FIGURA 1. Efeito do nível de aquecimento da água no desempenho do sistema para uma temperatura inicial fixa igual a 20 °C.

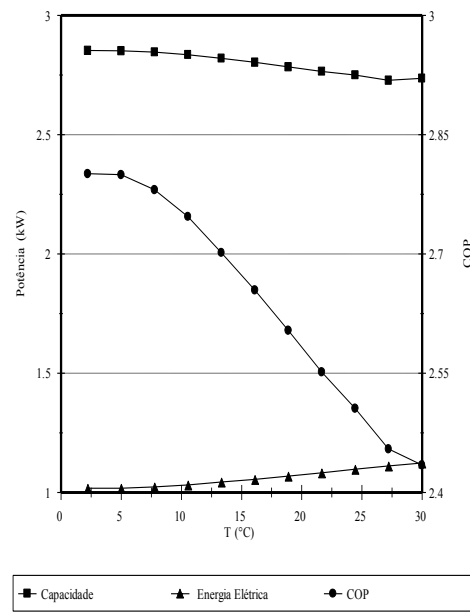


FIGURA 2. Efeito da variação da área do condensador no desempenho da bomba de

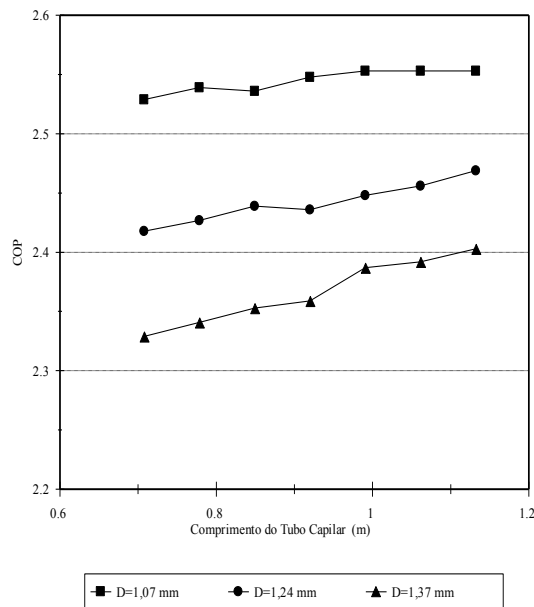


FIGURA 3. Efeito da variação do comprimento e do diâmetro do tubo capilar no