

SIMULAÇÃO DO CONDENSADOR DE UMA BOMBA DE CALOR PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA¹

Carlos Vinicius da CRUZ MACHADO², Guido de Souza DAMASCENO³

RESUMO: Desenvolveu-se uma rotina computacional para simular um trocador de calor de tubos concêntricos, em contracorrente, para operar como condensador em uma bomba de calor ar/água. Uma abordagem de tubo por tubo foi adotada na modelagem que permite determinar detalhadamente o comportamento dos fluidos (refrigerante e água) ao longo do condensador. Foi então incorporada a um programa de simulação de bombas de calor ar/ar, demonstrando ser capaz de prever todas as condições de operação em cada tubo do condensador e verificar o efeito de alterações em parâmetros de construção do trocador sobre o ciclo termodinâmico do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Trocador de calor, bomba de calor, simulação

ABSTRACT: A computer routine was developed to simulate a counterflow concentric tube heat exchanger to operate as the condenser in an air/water heat pump. A tube by tube approach was adopted in the modeling to obtain detailed information on the behavior of the fluids (refrigerant and water) along the condenser. It was then incorporated to an air/air heat pump simulation program, which demonstrated to be able to predict all the operating conditions for each tube of the condenser and to verify the effect of changing the heat exchanger parameters on the performance of the thermodynamic cycle of the system.

KEYWORDS: Heat exchanger, heat pump, simulation

INTRODUÇÃO: O uso de bombas de calor para o aquecimento de água pode reduzir o consumo de eletricidade em cerca de 70 %, quando comparado com sistemas convencionais a resistências elétricas (Gomes, 1995). O desenvolvimento de um novo equipamento torna-se muito dispendioso se depender apenas de experimentos em laboratório, por isto, é de interesse obter-se programas de simulação em computador que permitam verificar o efeito de mudanças de projeto no desempenho final do sistema completo. Em uma bomba de calor ar/água o condensador, que entrega calor (energia útil) para a água desempenha um papel da maior importância no sistema.

MATERIAL E MÉTODOS: Partindo das equações de conservação e princípios básicos da transferência de calor, desenvolveu-se uma rotina computacional para simular um condensador de tubos concêntricos, refrigerante/água em contracorrente. Esta rotina foi

¹Parte da dissertação de mestrado apresentada pelo primeiro autor à UFV.

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

³PhD, 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.

então incorporada ao programa de simulação de bombas de calor, HPSIM, desenvolvido por Domanski e Didion (1983) e modificado por Damasceno (1989). O modelo físico-matemático considera o condensador como um conjunto de tubos colocados em série. Nesta configuração, cada tubo é considerado individualmente como um trocador de calor, cujos parâmetros de entrada e saída, obtidos pelo método da efetividade, são utilizados como condições de entrada para o tubo seguinte. A lógica de convergência do programa envolve um processo iterativo até que as condições de entrada e saída para o condensador (refrigerante e água) sejam alcançadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Uma vez dimensionado um trocador de calor, para operar como condensador na bomba de calor foram feitas simulações para verificar a coerência dos resultados e o efeito de variações de tamanho e condições de operação no desempenho do sistema. A Figura 1 mostra temperaturas do refrigerante e da água em cada tubo, ao longo do condensador. Os parâmetros de entrada foram a temperatura do refrigerante chegando no tubo de número 1 (71 °C) e a temperatura da água saindo desse tubo (50 °C). Pode-se observar o resfriamento acentuado do refrigerante nos tubos onde ocorre uma única fase (vapor, tubos de 1 a 5 e líquido, tubos de 22 a 24). Nos outros tubos, de 6 a 21, ocorre a mudança de fase e a temperatura do refrigerante é aquela de saturação para a pressão local. A água entra no condensador pelo último tubo (24) se aquecendo continuamente até a saída no primeiro tubo à temperatura especificada. A taxa de troca de calor e a efetividade são apresentadas na Figura 2. Pode-se observar de forma evidente e coerente as diferenças existentes nas três regiões com escoamentos distintos. Pode-se notar também o efeito do coeficiente de transferência de calor no lado do refrigerante, e da diferença de temperatura entre os fluidos na taxa de troca de calor. A Figura 3 mostra o efeito da área do condensador (número de tubos) no ciclo termodinâmico da bomba de calor relativamente às curvas de saturação do refrigerante. Nota-se que com o aumento do número de tubos tem-se uma redução na pressão de condensação e, portanto, menor queda de pressão no dispositivo de expansão, que é acompanhada por um aumento no sub-resfriamento do refrigerante. Estas mudanças no ciclo indicam uma melhoria no desempenho do sistema, como resultado do aumento do número de tubos no condensador.

CONCLUSÕES: O novo modelo de condensador, incorporado ao programa principal HPSIM, permite verificar em detalhes, tubo a tubo, os efeitos de alterações em parâmetros de projeto sobre o desempenho da bomba de calor para aquecimento de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- DAMASCENO, G.S. **Interrelationship of charge, operating conditions, and type of expansion device on an air/air heat pump system.** West Lafayette: PhD Thesis-Purdue University, 239p. 1989.
- DOMANSKI, P., DIDION, D. **Computer modelling of the vapor compression cycle with constant flow area expansion device.** Washington, D.C.: National Bureau of Standards, 147p. 1983.

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.

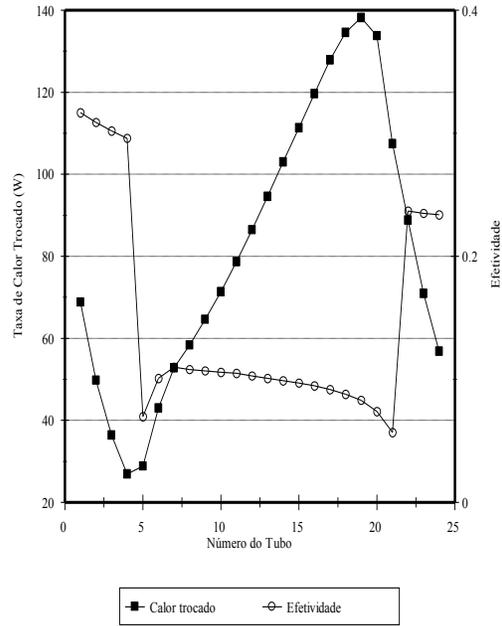
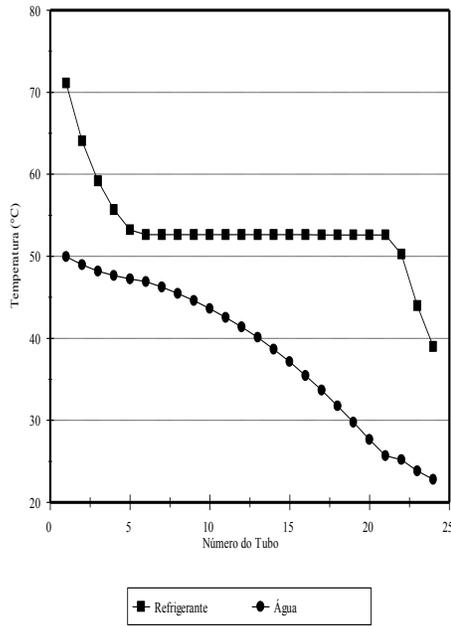


Figura 1. Perfil de temperaturas no condensador

Figura 2. Calor trocado e efetividade em cada tubo do condensador

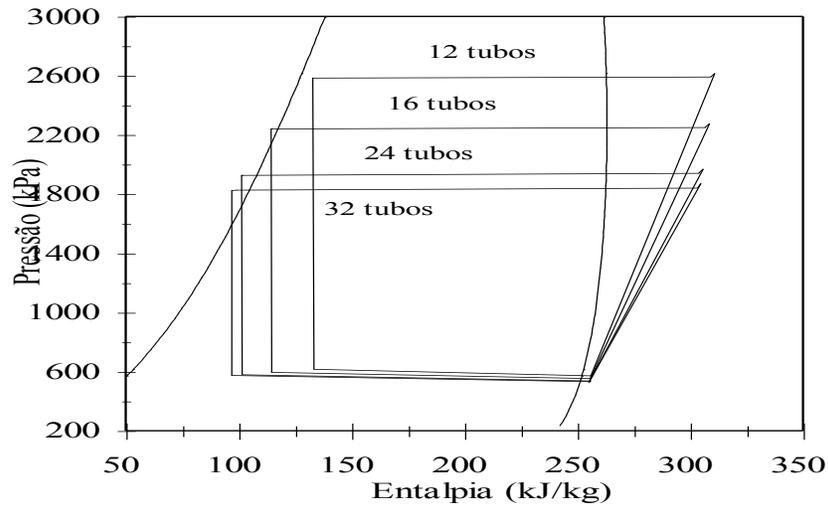


Figura 3. Efeito da área do condensador no ciclo termodinâmico da bomba de calor