

ANÁLISE COMPARATIVA DA VÁLVULA DE EXPANSÃO ELETRÔNICA E DO TUBO CAPILAR EM
SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

Fernando Costa Nascimento – fernandocosta@fem.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, www.fem.unicamp.br

Luiz Felipe Mendes de Moura – felipe@fem.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, www.fem.unicamp.br

Kamal Abdel Radi Ismail – kamal@fem.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, www.fem.unicamp.br

S4 – Componentes e equipamentos de Ar condicionado

Resumo. O uso da refrigeração tem tido forte crescimento nos últimos anos, promovendo diversos estudos que buscam a melhoria destes sistemas. No presente estudo analisa-se a eficiência de um sistema de refrigeração com o tubo capilar e válvula de expansão eletrônica como dispositivo de expansão. Parâmetros importantes como temperaturas de evaporação e condensação, pressão de evaporação e condensação, carga térmica no evaporador, grau de superaquecimento na saída do evaporador e coeficiente de desempenho (COP), são analisados. A bancada experimental é composta por dois circuitos; o circuito principal, dotado de uma unidade condensadora hermética, evaporador e dispositivos de expansão enquanto a unidade secundária possui uma bomba para circulação de um fluido secundário (álcool etílico), um trocador de calor e um fancoil. A potência consumida no processo de compressão, bem como a potência fornecida ao compressor e a eficiência global do compressor com tubo capilar e com a válvula de expansão eletrônica foram investigados. Foi também desenvolvida uma análise de eficiência energética no compressor. Pôde-se verificar que para o sistema em questão, a válvula de expansão eletrônica mostrou ser mais eficiente para todas as condições propostas do que o tubo capilar.

Palavras-chave: Válvula de Expansão Eletrônica, Tubo Capilar, Sistema de Compressão a Vapor.

1. INTRODUÇÃO

A refrigeração é um processo de transferência de calor de um meio ou uma substância de uma temperatura mais baixa para uma temperatura mais elevada. Normalmente o calor flui de um meio mais quente para um meio mais frio. Para obter o processo inverso, faz-se necessário a utilização de sistemas frigoríficos. Atualmente a refrigeração e a climatização são bastante necessárias aos seres humanos, seja para conservar produtos congelados ou resfriados, transporte e processamento de alimentos, controle de temperatura em laboratórios e hospitais, indústrias químicas e processos, e também para o conforto humano. Dado o intenso crescimento deste segmento, questões ambientais como a destruição da camada de ozônio, seguido da crescente preocupação com o racionamento energético, tornam-se necessários estudos que otimizem tais sistemas. Devido à necessidade de melhorar os processos mecânicos e termodinâmicos de sistemas de refrigeração, surgiu um crescente interesse do controle dos parâmetros envolvidos no processo e na redução do consumo de energia. As técnicas de instrumentação e controle oferecem confiabilidade aos processos, melhorando a supervisão dos parâmetros envolvidos e possibilitando redução dos custos energéticos e melhorias na eficiência.

O funcionamento dos sistemas atuais de refrigeração são projetados para atuar com capacidade máxima independente das variações das cargas térmicas. O dispositivo de expansão é um componente essencial num sistema de refrigeração por compressão de vapor, pois é responsável por promover a queda de pressão de condensação até a pressão de evaporação e controlar a vazão de fluido refrigerante que chega ao evaporador. Diversos estudos tem sido desenvolvidos visando melhores desempenhos em sistemas de refrigeração. Questões energéticas também contribuem fortemente para o avanço dos estudos nessa área, uma vez que a economia e o racionamento energético tem tido importância cada vez maior. Através deste trabalho, busca-se dar uma parcela de contribuição para este tema bastante relevante para os dias atuais.

A bancada experimental de testes foi instrumentada com sensores de temperatura, pressão e vazão volumétrica simbolizada pelas letras T, P e V, respectivamente. É composta por dois subsistemas: subsistema primário e subsistema secundário. O subsistema primário é dotado dos seguintes componentes: uma unidade condensadora (constituída de um compressor hermético monofásico e um condensador com ventilação forçada de ar), um evaporador e dispositivo de expansão (tubo capilar e VEE). Pelo subsistema primário circula o fluido refrigerante R-22. O subsistema secundário possui uma bomba para circulação do fluido secundário (álcool etílico), um trocador de calor (evaporador) e um fancoil. Um esquema da bancada é mostrado na Fig. 1.

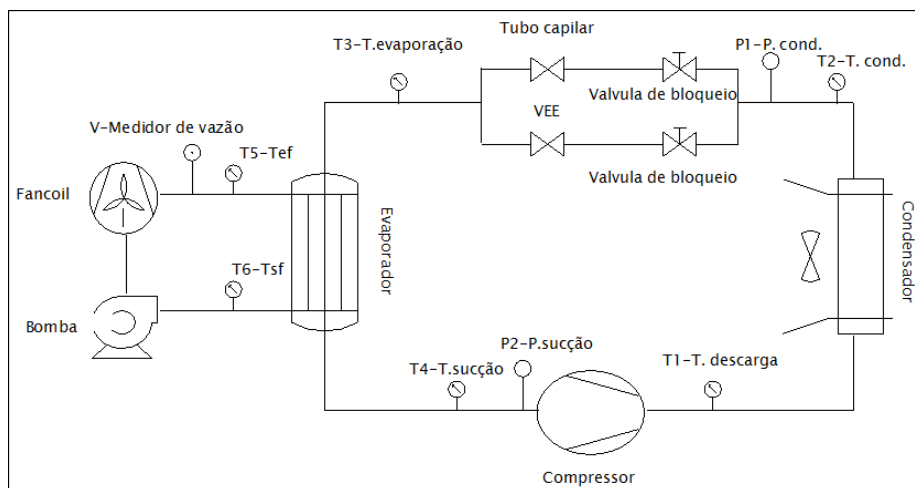


Figura 1. Descrição da bancada experimental.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A busca por técnicas de controle em sistemas frigoríficos objetivando melhores rendimentos eletromecânicos e térmicos tem crescido nos dias atuais e vem sendo realizada de várias maneiras, como a utilização de novos métodos de degelo, sub-resfriamento, uso de micro controladores e inversores de frequência, projeto e dimensionamento de tubulações, utilização de válvula de expansão eletrônica como dispositivo de expansão e sistema de armazenamento de gelo são alguns dos métodos mais comumente empregados.

O sistema de refrigeração por compressão de vapor é composto por quatro componentes básicos: compressor, condensador, dispositivo de expansão e evaporador. O fluido refrigerante é o responsável pelo processo de retirada de calor de um ambiente transferindo-o a outro ambiente. A Fig. 2 mostra o esquema básico de um ciclo de refrigeração padrão por compressão de vapor.

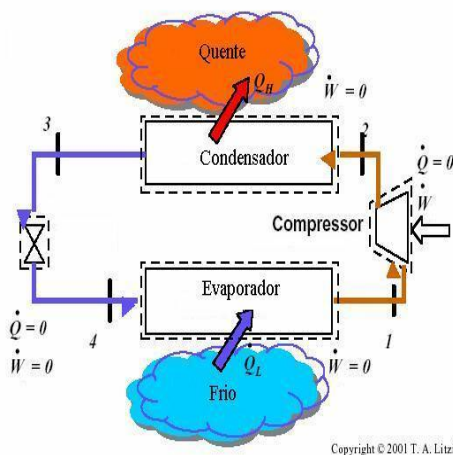


Figura 2. Ciclo padrão de refrigeração por compressão de vapor.

No ciclo de refrigeração por compressão de vapor o elemento de expansão regula a vazão de fluido refrigerante que entra no evaporador e reduz a pressão do refrigerante desde a pressão de condensação até a pressão de evaporação. Válvulas de expansão termostática, válvulas de expansão a pressão constante, tubos capilares e válvulas de expansão eletrônicas são os principais tipos de dispositivos usados atualmente. O tubo capilar é um elemento de expansão que não se ajusta às variações das condições de operação do sistema, em relação à condição nominal. Na ocorrência de tais variações o próprio sistema tende a ajustar-se, fazendo-o sempre com redução do COP. As válvulas de expansão eletrônica aumentam ou diminuem a área de passagem de refrigerante, em resposta às condições de operação do sistema. Bem mais complexa que o tubo capilar, possuem partes móveis e custo relativamente altos.

O superaquecimento na saída do evaporador garante que o fluido refrigerante retorna ao compressor no estado de vapor superaquecido a baixa pressão e que sua temperatura seja suficiente para suprir o resfriamento do conjunto mecânico.

nico e elétrico, evitando que a temperatura de descarga do compressor, atinja valores acima da temperatura de carbonização do óleo.

A válvula de expansão eletrônica utilizada foi da fabricante Danfoss, modelo ETS- 6, 034G5100. É uma VEE leve e compacta, com intercambialidade para todos os refrigerantes comuns. Para o emprego da VEE descrita acima foi utilizada uma placa microprocessada para controle com as seguintes características:

- Bornes para as saídas para o acionamento do motor de passo da válvula de expansão (5 vias);
- Três sensores de temperatura do tipo NTC 10K, faixa de operação de -50°C a 75°C , resolução de $0,1^{\circ}\text{C}$;
- Pressostato (utilizando transdutor SB69-200 A) 0 a 200 PSI/ 0 a 13.8 BAR;
- Display dedicado baseado em 4 displays de 7 segmentos, 3 leds de status (refrigeração, ventilador e degelo), 2 leds para indicação de escala Celsius e Fahrenheit;
- Numero de passos de 0% aberto (0 V) a 100% aberto (3V);
- Numero de pulso por segundo (0 a 999).

2.1 Sistema de aquisição de dados

O sistema de aquisição de dados (DAQ) é responsável pelo controle da aquisição dos dados permitindo ao usuário monitorar, comandar e mensurar o processo de aquisição de dados. Os DAQ's armazenam os sinais obtidos em forma de arquivos, permitindo sua consulta a qualquer momento. Estes programas permitem a visualização e edição de dados. Também permitem a geração de relatórios e outros documentos impressos.

A aquisição de sinais foi realizada pelo registrador Field Logger da NOVUS AUTOMATION. É um equipamento de aquisição e registro de variáveis analógicas. Opera como um registrador eletrônico de dados, armazenando as informações adquiridas em sua memória interna para análise posterior. Opera também como um módulo remoto de medição em tempo real, que não possui memória interna e adquire as informações e transmite para um sistema supervisor.

O processamento e monitoramento de dados foi realizado utilizando-se um computador com processador intel Core i3 560, 2.93 GHz, RAM 2GB. A interface entre o usuário e o hardware de aquisição de dados é feita em forma de gráficos disponível no próprio sistema DAQ *Field Chart Novus*.

2.2 Medidas de grandezas

Termopares tipo T, termômetros de resistência, sensores de pressão e medidores de vazão foram instalados em pontos estratégicos, para a obtenção das grandezas úteis para avaliação dos parâmetros do ciclo frigorífico.

Ao relatarmos o resultado de uma grandeza física, faz-se necessário uma indicação quantitativa da qualidade dos resultados. A incerteza de medição é utilizada nesse contexto como atributo para determinar a qualidade de um sistema de medição. A incerteza do resultado de uma medida exprime a falta de conhecimento associado à grandeza a ser medida. O resultado da medida de uma grandeza física é somente uma aproximação do valor da grandeza medida devido à incerteza proveniente dos erros aleatórios e da correção deficiente do resultado devido aos erros sistemáticos.

Os termopares e os termômetros de resistência foram calibrados e suas incertezas variaram entre 0.25°C a 0.30°C . As incertezas dos transdutores de pressão são de 0.01V e 0.02V.

2.3 Dimensionamento do tubo capilar

O comprimento e o diâmetro do tubo capilar são parâmetros difíceis de dimensionar por métodos diretos ou fórmulas prontas, pois é necessário encontrar o ponto de equilíbrio correspondente à temperatura de evaporação. A determinação dos parâmetros, em muitos casos, é alcançada por testes experimentais.

O método utilizado para o dimensionamento do tubo capilar da bancada experimental de testes foi experimental, onde utilizou-se como ponto de referência para o dimensionamento do tubo capilar o programa *Dancap Version 1.0*. Trata-se de um programa disponibilizado pela *Danfoss*, onde de posse do tipo de fluido refrigerante, capacidade frigorífica do compressor, temperatura de evaporação, temperatura de condensação e superaquecimento, pode-se estimar uma ampla faixa de valores de diâmetro interno e comprimento do tubo capilar. Para o presente trabalho fez-se uso do tubo capilar com 1.78 m de comprimento e 1.35 mm de diâmetro interno.

2.4 Parâmetros do sistema de refrigeração por compressão de vapor

Os cálculos dos parâmetros foram realizados com a manipulação das grandezas físicas obtidas pelos sensores, transdutores e medidores de vazão, aplicando-se as propriedades termodinâmicas do fluido refrigerante a modelos matemáticos disponíveis na literatura, obteve-se a determinação dos parâmetros não mensuráveis do sistema: coeficiente de desempenho (COP), vazão mássica de R-22, potência de compressão e a carga térmica no evaporador. Os parâmetros avaliados foram a carga térmica no evaporador, a vazão mássica de fluido primário, o coeficiente de desempenho (COP) e a eficiência global de compressão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o desenvolvimento dos ensaios experimentais foi necessário atingir as condições de regime, fato este que ocorreu aguardando o funcionamento do circuito por um tempo médio de 30 min. Após a estabilização das medidas dos sensores de temperatura, pressão e vazão de fluido secundário, os dados do sistema foram coletados.

3.1 Testes com o tubo capilar

Oito testes experimentais foram conduzidos, aumentando-se progressivamente a carga térmica no evaporador. As entalpias necessárias para a obtenção do coeficiente de desempenho, carga térmica do evaporador e potência de compressão foram obtidas pelo programa *Coolpack*. O coeficiente de desempenho, a carga térmica do evaporador e a potência de compressão do sistema frigorífico foram calculadas no algoritmo desenvolvido no software MATLAB. Foram desprezadas as perdas de carga no evaporador, condensador, linha de sucção e na linha de líquido e levados em consideração somente os valores do superaquecimento na linha de sucção e o grau de sub-resfriamento na linha de líquido.

3.1.1 Análise da temperatura de evaporação e condensação

Verificou-se o aumento da temperatura de evaporação com o aumento da carga térmica no evaporador e foi verificado que a temperatura de condensação, embora tenha aumentado progressivamente, manteve-se em valores desejáveis, contribuindo para a elevação da carga térmica no evaporador, Fig. 3.

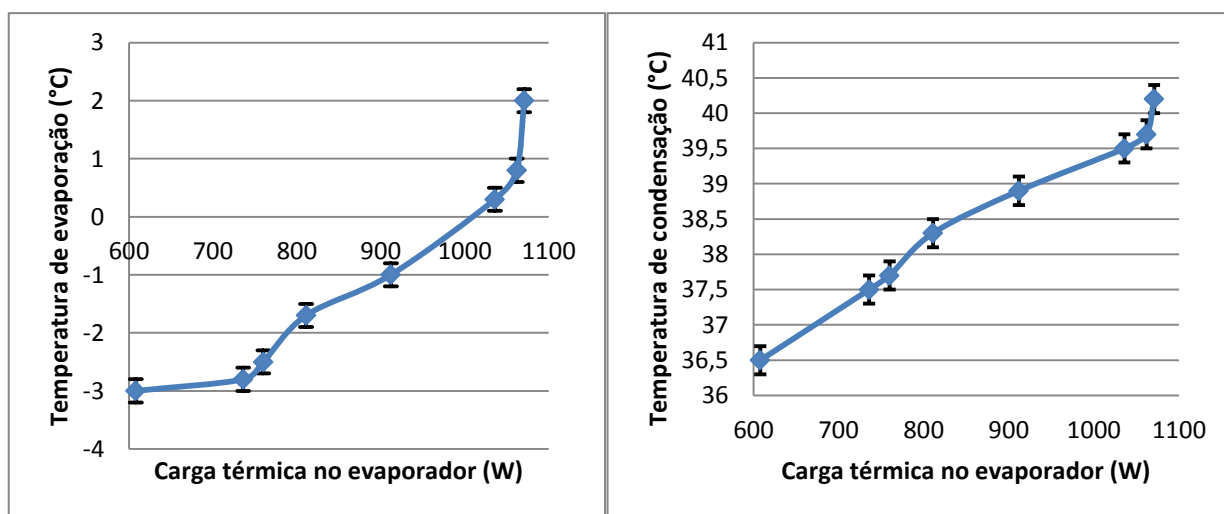


Figura 3. Temperatura de evaporação e temperatura de condensação em função da carga térmica.

3.1.2 Análise do grau de superaquecimento

Com o aumento da carga térmica no evaporador, observou-se um aumento contínuo no grau de superaquecimento. O superaquecimento proposto para o sistema com tubo capilar só foi atingido para as cargas térmicas elevadas, condições próximas das nominais para a qual o tubo capilar foi dimensionado, Fig. 4.

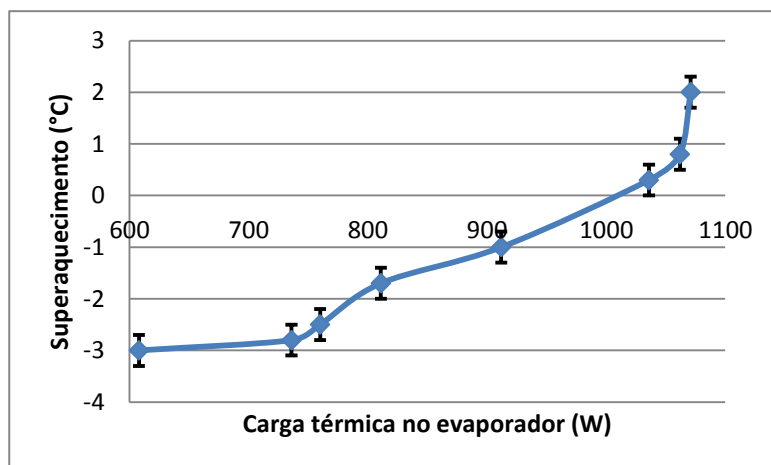


Figura 4. Superaquecimento em função da carga térmica para o tubo capilar.

3.1.3 Análise da carga térmica no evaporador sobre o COP

Com o aumento da carga térmica no evaporador foi observado um aumento no COP, Fig. 5. Este fato ocorreu devido a alguns parâmetros que influenciam o desempenho do ciclo de refrigeração por compressão de vapor, como o grau de superaquecimento, grau de sub-resfriamento a temperatura de evaporação e a temperatura de condensação.

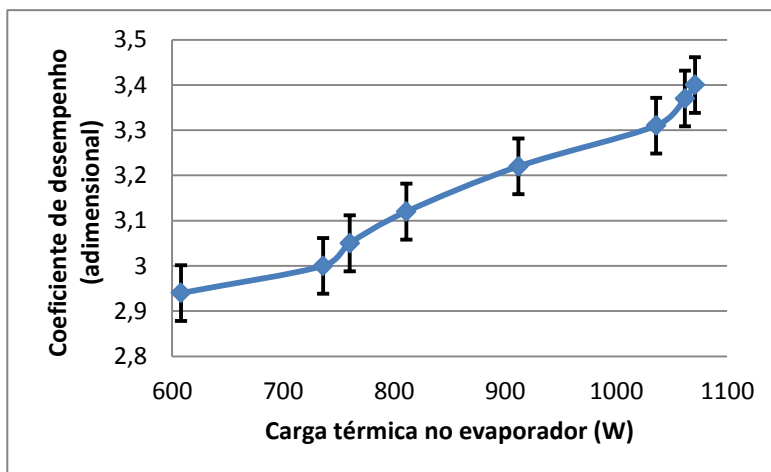


Figura 5. Análise do COP em função da carga térmica para o tubo capilar.

3.1.4 Análise da eficiência global do compressor

A potência consumida no compressor se elevou com o aumento da carga térmica no evaporador, Fig. 6. O crescimento da eficiência global do compressor é explicado pelo aumento progressivo na potência de compressão com o consequente aumento da potência elétrica consumida pelo compressor.

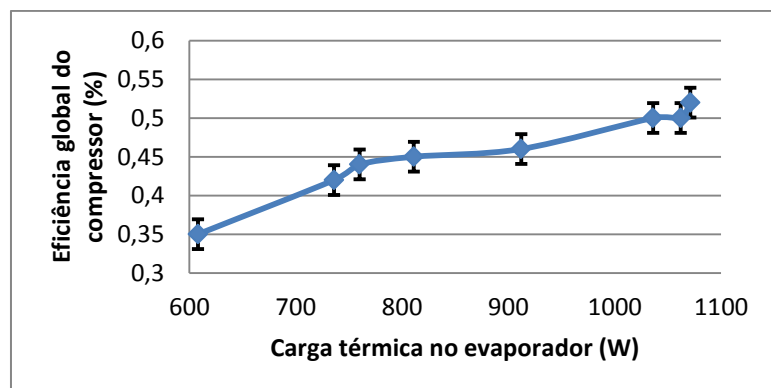


Figura 6. Eficiência total do compressor.

3.2 Testes com a válvula de expansão eletrônica (VEE)

Análise semelhante ao tubo capilar foi desenvolvida para a válvula de expansão eletrônica. Fazendo-se uso do controlador da válvula de expansão eletrônica, manteve-se o grau de superaquecimento constante de 5°C para diferentes cargas térmicas. A abertura da válvula de expansão eletrônica variou entre 30% e 70%.

3.2.1 Análise da temperatura de evaporação e condensação

O incremento na temperatura de evaporação ocorreu devido à abertura do orifício na VEE que promoveu maior vazão mássica de fluido refrigerante. Para se ajustar à demanda de carga térmica mantendo o mesmo grau de superaquecimento foi necessário a abertura do orifício da VEE permitindo uma maior passagem de fluido refrigerante e como consequência acarretou o aumento do valor de temperatura de evaporação. O mesmo motivo pode ser atribuído ao incremento na temperatura de condensação, Fig. 7.

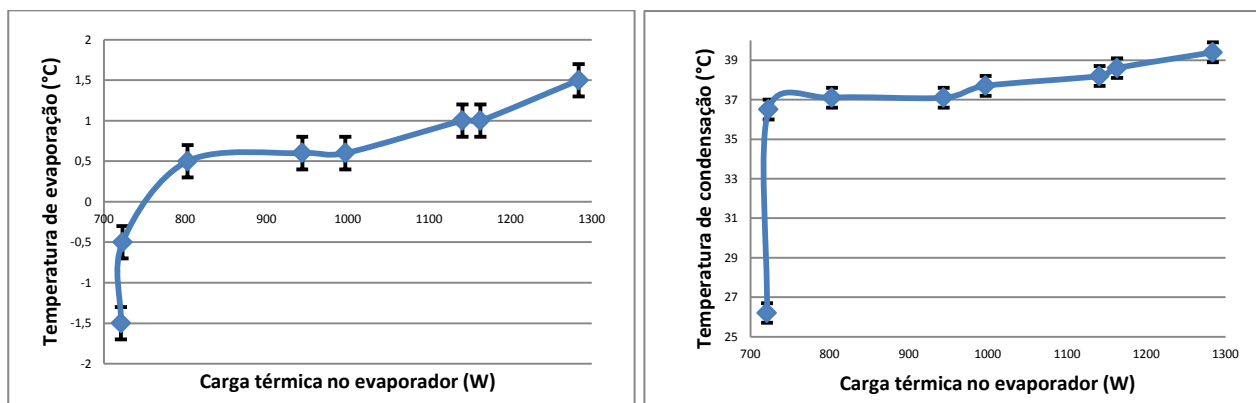


Figura 7. Temperatura de evaporação e temperatura de condensação.

3.2.2 Análise da carga térmica no evaporador sobre COP

A temperatura de evaporação, a temperatura de condensação, a carga térmica no evaporador, e o grau de sub-resfriamento, apresentaram as mesmas tendências que as apresentadas no tubo capilar. Estes parâmetros contribuíram para a elevação da carga térmica no evaporador e o aumento do COP, Fig. 8.

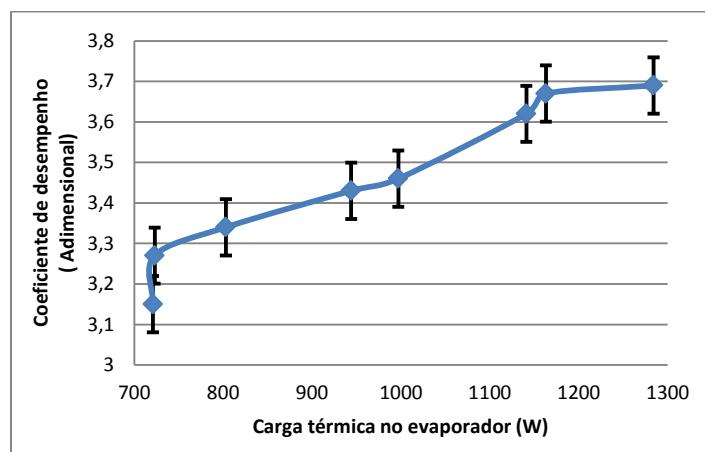


Figura 8. COP em função da carga térmica do evaporador.

3.2.3 Análise da eficiência global do compressor

Observou-se o aumento na potência de compressão com o aumento na carga térmica no evaporador. Para suprir esta demanda foi necessário maior potência elétrica consumida pelo compressor. A VEE alcançou maiores valores de carga térmica, fato este que contribuiu para o aumento da potência de compressão e da energia fornecida ao compressor, aumentando assim a eficiência global de compressão Fig. 9.

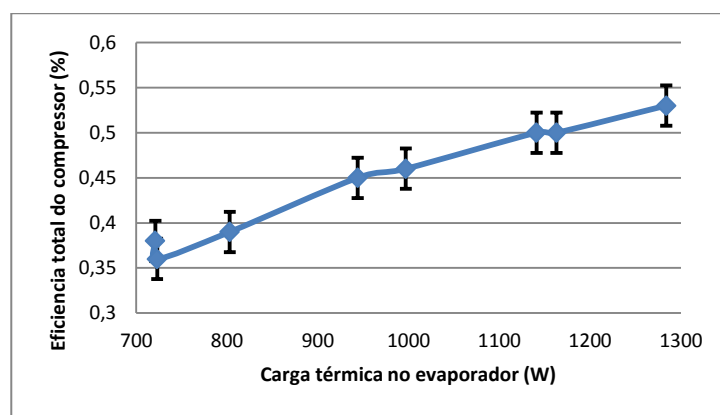


Figura 9. Eficiência total do compressor.

3.3 Análise comparativa tubo capilar-VEE

A bancada experimental de ensaios foi submetida às mesmas condições para o tubo capilar e para a VEE. As mesmas variações da velocidade do *fancoil* impostas ao sistema utilizando o tubo capilar foram reproduzidas para a VEE. Usando a carga térmica como parâmetro de análise, fez-se o estudo comparativo entre o tubo capilar e a VEE. Cabe ressaltar que embora os valores das cargas térmicas não coincidam ponto a ponto, as curvas obtidas mostraram as tendências de cada variável para os dois dispositivos.

3.3.1 Temperatura de evaporação e temperatura de condensação

As cargas térmicas obtidas no evaporador com a VEE foram na maior parte dos testes experimentais superiores às cargas térmicas obtidas com o tubo capilar, o que explica os maiores valores de temperaturas de evaporação encontrados para a VEE. As temperaturas de condensação atingidas para o tubo capilar foram sempre superiores às temperaturas de condensação atingidas para a VEE, não diferindo muito uma em relação à outra, Fig.10.

Algumas diferenças evidentes entre o tubo capilar e a VEE foram as estabilidades das temperaturas na VEE. Valores mais elevados e próximos das condições nominais de funcionamento foram encontrados para a VEE. No tubo capilar as temperaturas de evaporação ficaram dentro das condições nominais de funcionamento somente para as cargas térmicas mais elevadas, condições para o qual o tubo capilar foi dimensionado.

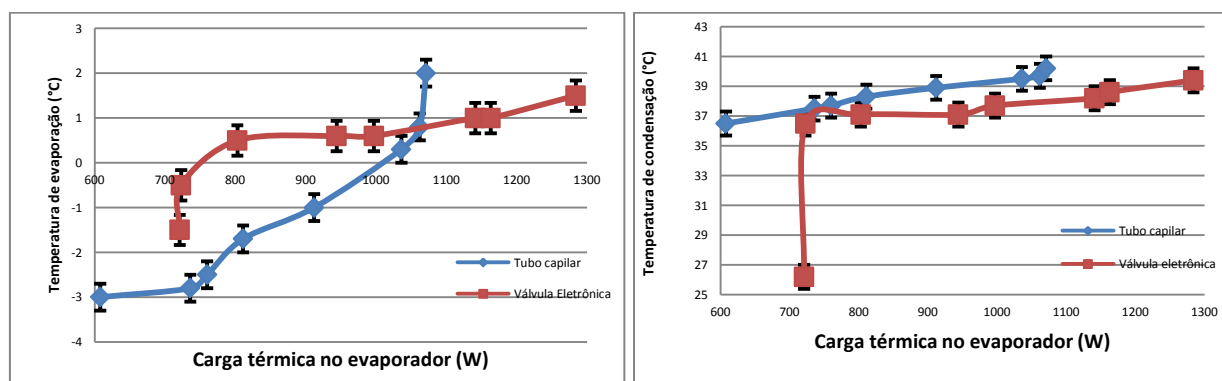


Figura 10. Temperatura de evaporação e condensação no tubo capilar e na VEE.

3.3.2 Coeficiente de desempenho (COP)

Vários parâmetros exerceram influência no desempenho do ciclo de refrigeração por compressão de vapor. Pode-se observar pela Fig. 11 que na VEE o COP foi sempre superior ao COP obtido com o tubo capilar. Pode-se atribuir este resultado ao fato de a temperatura de evaporação na VEE, em todos os ensaios experimentais ter sido sempre superiores às temperaturas obtidas no tubo capilar. Outro fato que contribui para maiores coeficiente de desempenho na VEE foi o grau de superaquecimento. Na VEE o grau de superaquecimento manteve-se em valores ideais e constantes, fato este que não ocorreu no tubo capilar.

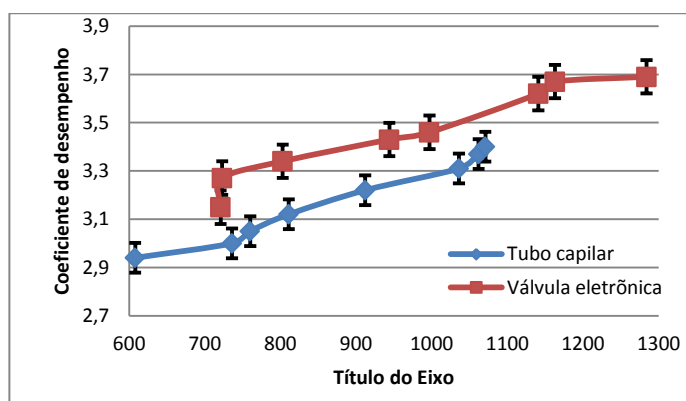


Figura 11. COP no tubo capilar e na VEE.

3.3.3 Eficiência global de compressão

A eficiência global do compressor no tubo capilar e na VEE é mostrada na Fig. 12, onde se pode verificar o aumento da eficiência em função carga térmica do evaporador. A eficiência global de compressão ocorreu em função da potência de compressão e da potência consumida no compressor. As potências de compressão atingidas na VEE foram maiores que as potências de compressão atingidas no tubo capilar. O mesmo aconteceu com a potência consumida no compressor para os ensaios experimentais, fato esse que contribuiu para o aumento da eficiência total do compressor.

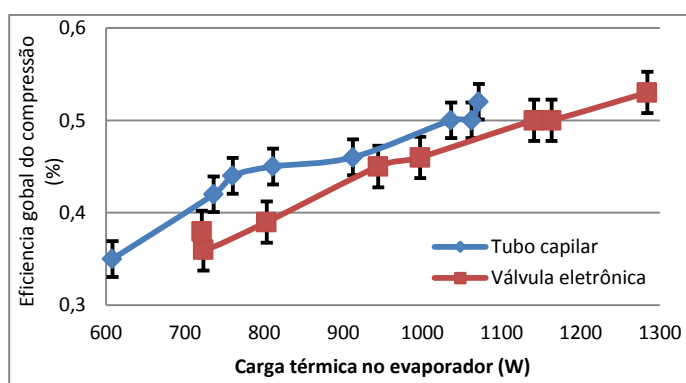


Figura 12. Eficiência total de compressão

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi investigado um sistema de refrigeração por compressão de vapor dotado de válvula de expansão eletrônica como dispositivo de expansão. Para tanto, utilizou-se como referência o mesmo sistema com tubo capilar. Os parâmetros de análise foram a temperatura de evaporação, temperatura de condensação, a carga térmica no evaporador, a potência de compressão, a potência elétrica do compressor, a eficiência global do compressor e o Coeficiente de desempenho (COP).

Para sistemas que utilizam elementos de expansão com dimensões fixas (tubo capilar), somente é possível atingir as condições ótimas, manipulando-se a carga de fluido refrigerante e a variação da velocidade do compressor. No presente trabalho a velocidade do compressor foi constante, logo as condições ótimas foram encontradas adicionando fluido refrigerante ao sistema. O sistema com o tubo capilar mostrou a melhor performance (COP = 3,39) com a carga térmica no evaporador de 1071 W, grau de sub-resfriamento de 3,9 °C e o grau de superaquecimento de 5,2°C.

Na VEE foi observado valores mais estáveis e mais elevados para as temperaturas de evaporação, o que contribuiu para o alcance de maiores valores da carga térmica no evaporador e maiores valores do coeficiente de desempenho. Para as temperaturas de condensação, não foi observado diferenças significativas entre a VEE e o tubo capilar.

O COP na VEE foi sempre superior ao COP encontrado no tubo capilar. Este resultado ocorreu devido em grande medida as cargas térmicas alcançados na VEE, que foram maiores às cargas térmicas obtidas no tubo capilar. Diversos fatores são atribuídos aos elevados valores das cargas térmicas, dentre as quais, a que tem maior peso, pode-se des-

tacar as temperaturas de evaporação. Outro fator que contribuiu para as elevadas cargas térmicas na VEE, e como consequência altos valores do COP, foi o grau de superaquecimento. Pode-se observar para o tubo capilar que os graus de superaquecimento atingidos nos ensaios experimentais foram reduzidos, fazendo-se a exceção para os valores de cargas térmicas elevadas. Isto mostra a limitação do tubo capilar. O tubo capilar foi dimensionado para uma única faixa de operação (carga máxima). Fora dessa faixa de operação demonstrou sua ineficiência para se ajustar às situações propostas. Os valores do grau de superaquecimento foram aumentados gradativamente até atingir o grau de superaquecimento desejado (5°C).

Pode-se observar pelos resultados mostrados anteriormente que a VEE ajusta-se às demandas térmicas, mantendo o grau de superaquecimento desejado. No proposto trabalho assumiu-se o grau de superaquecimento desejado de (5°C), onde este grau de superaquecimento foi obtido para todas as variações de carga térmica na VEE.

Para a VEE o coeficiente de desempenho máximo ($COP = 3,69$), também foi encontrado para a maior carga térmica no evaporador (1284 W). O grau de sub-resfriamento para esta carga térmica foi de 2.9°C e o grau de superaquecimento de 5.2°C. A potência de compressão obtida para esta variação de carga térmica foi máxima (347 W). A despeito da elevada potência de compressão o COP foi máximo devido à elevada carga térmica obtida no evaporador.

A potência consumida no compressor para o tubo capilar e para a VEE não demonstraram diferenças significativas, embora a potência consumida no compressor para a VEE, foi ligeiramente superior à potencia consumida no compressor para a VEE. Como já comentado, umas principais vantagens da VEE é a economia de energia, fato que não ocorreu neste trabalho. Este resultado mostrou que a válvula de expansão eletrônica, em termos de consumo energético, é mais eficiente com compressores de rotação variável, onde a velocidade do compressor ajusta-se às aberturas adquiridas na VEE e para cargas térmicas transientes em sistemas de grande porte. Esta única desvantagem não elimina as outras vantagens adquiridas com a VEE.

5 REFERÊNCIAS

- Antunes, A. H. P, **Análise experimental da eficiência energética de um sistema de refrigeração automatizado utilizando R-22 e propileno como fluido refrigerante**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia-MG, 2011.
- Carvajal, F. F. A, **Implementação de uma bancada de ensaios para análise de estratégias de controle de sistemas de refrigeração de ar condicionado**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas-SP, 2004.
- Dossat, R, **Princípios de refrigeração**. HEMUS, 1991.
- ELGIN, **Boletim técnico, Calculando superaquecimento e subresfriamento**, Trimestral, edição, 08/08.
- Garcia, **Avaliação teórico experimental de um controle adaptativo para um sistema de refrigeração**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Uberlândia MG, 2010.
- Hariharan N, **Parameter estimation of dynamic Air- conditioning component models using limited sensor data**. Master Dissertation, Graduate Studies of Texas University, EUA, 2010.
- Kamal A. R. Ismail, **Técnicas de medidas e instrumentação**, Terceira edição, Campinas-SP, 2009.
- Koury R. N. N, **Modelagem numérica de uma máquina frigorífica de compressão de vapor**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, SP, 1998.
- Paixão, L. C. **Estudo numérico e experimental da solidificação em torno de um cilindro com e sem o uso de promotor de turbulência**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2009.
- Paz A. J. G, **Análise de desempenho do tubo capilar num sistema de refrigeração de pequeno porte com variação do compressor**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, MG, 2010.
- Pottker, G, **Análise do efeito combinado de compressores e expansores de ação variável sobre o desempenho de sistemas de refrigeração**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina SC, 2006.
- Silva S. A, **Desenvolvimento de uma válvula de expansão comandada por um microcomputador**. Dissertação de mestrado Universidade Federal de Uberlândia MG, 2009
- Tebchirani. T, L, **Análise termodinâmica experimental de um sistema de ar condicionado Split utilizando um trocador de calor linha de sucção/linha de líquido**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, PR, 2011.
- Melo C, **Análise comparativa entre um tubo capilar e uma válvula de expansão eletrônica num sistema doméstico de refrigeração**. Proceedings of the 10th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering-ENCIT 2004.
- Koury R. N. N, **Modelagem numérica de uma máquina frigorífica de compressão de vapor**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, SP, 1998.
- Lauand C. A, **Manual prático de geladeiras, Refrigeração Industrial e Residencial**, São Paulo, SP, 2004.
- Mesquita N, **Documentos do projecto, redução do consumo energético de um equipamento de frio**, FEUP, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Lisboa, Portugal, 2009.
- Tassou S. A., Qureshi T. Q., **Performance of a variable-speed inverter motor drive for refrigeration applications**. Computing & Control Engineering Journal, 5(4): 193-199, 1994.
- STOECKER, W. F.; SAIZ JABARDO, J. M. **Refrigeração Industrial**. 2ª edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ELETRONIC EXPANSION VALVE AND CAPILLARY TUBE FOR REFRIGERATION SYSTEMS

Abstract. *The use of refrigeration has had strong growth in recent years, promoting several studies that seek to improve these systems. In the present study we examine the efficiency of a refrigeration system with capillary tube and electronic expansion valve as an expansion device. Important parameters such as evaporation and condensation temperatures and evaporation and condensation pressure, thermal load on the evaporator, the degree of superheat at the evaporator outlet and the coefficient of performance (COP) are analyzed. The experimental bench consists of two circuits; the primary circuit, provided with a hermetic condensing unit, evaporator and expansion device while the secondary unit has a pump for circulating a secondary fluid (ethyl alcohol), a heat exchanger, and a fan coil. The power consumed in the compression process, and the power supplied to the compressor and the overall efficiency of the compressor with the capillary tube and the electronic expansion valve were investigated. It has also developed an energy efficiency analysis in the compressor. It was verified that for the system in question, the electronic expansion valve has proved to be more efficient for all the proposed terms of the capillary tube.*

Key words: Valve Electronic Expansion, Capillary Tube, Compression System Steam.