



XVI CONBRAVA - CONGRESSO BRASILEIRO DE REFRIGERAÇÃO, AR-CONDICIONADO, VENTILAÇÃO, AQUECIMENTO E TRATAMENTO DO AR
São Paulo Expo - 10 a 13 de setembro de 2019

Análise experimental do desempenho de um protótipo de refrigeração por compressão mecânica para conservação de alimentos através do uso de dispositivos de expansão Termostática e eletrônica

Sérgio da Silva Franco, Jorge Recarte Henríquez Guerrero; Alvaro Antonio Ochoa Villa, José Ângelo Peixoto da Costa, Kilvio Alessandro Ferraz, Jacek Stanislaw Michewicz, Rodrigo Emanuel Oliveira, Edywin Gabriel Carvalho de Oliveira, Tiago Luis Araujo de Lima

RESUMO

Neste trabalho será apresentada uma análise experimental comparativa de um protótipo de refrigeração por compressão mecânica utilizando dois tipos de dispositivos de expansão; eletrônica e Termostática. Adicionalmente, a comparação energética do protótipo de refrigeração é um estudo que visa avaliar o comportamento da eficiência energética quando o sistema é operado em determinada carga térmica. O protótipo é um sistema de refrigeração destinado à conservação de alimentos que utiliza como fluido refrigerante o R404A com capacidade máxima nominal de 1kW. O protótipo desenvolvido foi instrumentado e conta com a medição de vários parâmetros tais como; temperatura e pressões que são monitorados através de um supervisor automatizado. A carga térmica imposta ao sistema é simulada de forma controlada através de resistências elétricas submersas em um tanque de aquecimento de água que se interliga ao evaporador do protótipo. O evaporador é do tipo serpentina submersa dentro de um tanque térmico. A unidade condensadora é do tipo compressor hermético acoplado a um trocador de calor do tipo colméia. O protótipo pode utilizar o dispositivo de expansão Termostática ou eletrônica. Os experimentos foram conduzidos através da avaliação da carga térmica introduzida, sendo comparados os seguintes parâmetros; calor dissipado pelo condensador e calor absorvido pelo evaporador, consumo de energia elétrica do compressor, e o índice de eficiência de energia (EER).

Palavras-chave: Válvula de expansão eletrônica. Eficiência energética. Refrigeração por compressão mecânica de vapor, EER.

ABSTRACT

In this study will present a comparative experimental analysis of a mechanical compression refrigeration prototype using two types of expansion devices; electronic and Thermostatic. In addition, the energy comparison of the refrigeration prototype is a study aimed at evaluating the energy efficiency behavior when the system is operated at a given thermal load. The prototype is a refrigeration system for food storage that uses as refrigerant the R404A with a maximum nominal capacity of 1kW. The developed prototype was instrumented and counts on the measurement of several parameters such as; temperatures, pressures, flows that are monitored through an automated supervisor. The thermal load imposed on the system is simulated in a controlled manner by electric resistances submerged in a water heating tank that interconnects to the prototype evaporator. The evaporator is of the serpentine type submerged inside a thermal tank. The condenser unit is of the hermetic compressor type coupled to a honeycomb type heat exchanger. The prototype can use the thermostatic or electronic expansion device. The experiments were conducted by evaluation the thermal load introduced, comparing the following parameters; heat dissipated by the condenser and heat absorbed by the evaporator, electric energy consumption of the compressor, and the Energy Efficiency Ratio (EER).

Key words: Electronic expansion valve. Energy efficiency. Refrigeration by mechanical compression of vapor, EER.

1 INTRODUÇÃO

A refrigeração está vinculada aos processos de climatização e conservação de produtos através dos processos de conforto térmico e refrigeração propriamente dita, onde são utilizados diferentes tipos de fluidos refrigerantes sintéticos, naturais e blends como o R404A para a diminuição da temperatura. Estes sistemas de refrigeração têm como fator importante o controle da vazão e das condições de pressão e temperatura a partir das cargas térmicas aplicadas ao sistema, como exemplo, a conservação de peixe, assim como é mostrado em Terehovics et al. (2018).

Os sistemas industriais de refrigeração têm um papel importante no desenvolvimento geral da sociedade já que o correto manuseio de alimentos, congelamento e conservação de alimentos, além de manter as condições essenciais dos produtos de forma adequada, permite a geração de empregos (Ladha-Sabur et al., 2019).

Direcionado às atenções a novas configurações para a redução de consumo elétrico da conservação de alimentos, Efstratiadi et al. (2019) apresentaram um modelo que simula a operação de um sistema de refrigeração existente em um supermercado, onde foi verificado que o sistema refrigerado com água tem o potencial de reduzir o consumo elétrico de sistemas de refrigeração em até um fator de 5 quando as temperaturas externas são altas. No geral, a operação anual indica que a alternativa resfriada a água usa 3% menos eletricidade do que a abordagem refrigerada a ar.

A válvula de expansão eletrônica está crescendo no mercado e tem mostrado em estudos comparativo com dispositivo de expansão fixo como tubo capilar ser mais eficiente, ou seja, o coeficiente de desempenho (COP) do sistema de refrigeração com válvula de expansão eletrônica é maior. Já em estudo comparativo da válvula de expansão eletrônica com a válvula de expansão termostática, a válvula de expansão eletrônica mostrou melhor desempenho com economia de energia e controle fino do superaquecimento (Costa, 2014; Lago, 2016). O termo COP é freqüentemente utilizado para medir o desempenho do equipamento em relação à potência energética, mostrando a eficiência energética dos equipamentos (tais como; bomba de calor), sendo utilizado regiões que possui sistemas de aquecimento e refrigeração devido a variação climática, enquanto o EER (índice de eficiência energética) mostra a relação do calor absorvido no evaporador em relação ao consumo energético, voltado as relações comparativas de eficiência nos evaporadores em sistemas para resfriamento.

A necessidade de aperfeiçoar os sistemas de controle e operação em sistemas de refrigeração (comercial e industrial) tem sido estudada por vários autores, com o intuito de maximizar a capacidade frigorífica e redução do consumo energético, e assim, atingir maiores COP ao longo do processo (Tassou et al., 2010; Louzada et al., 2017; Bista et al. 2018). Portanto, este

trabalho apresenta uma análise comparativa de um protótipo de refrigeração por compressão mecânica utilizando dois tipos de dispositivos de expansão; eletrônica e Termostática visando avaliar o comportamento da eficiência energética quando o sistema é operado a determinada carga térmica utilizando o R404A como fluido refrigerante em baixa temperatura de evaporação.

2 DESCRIÇÃO DO PROTÓTIPO DE REFRIGERAÇÃO

O sistema de refrigeração utilizado neste estudo é um protótipo que foi dimensionado, construído e testado através do desenvolvimento do projeto Edital Universal - 402323/2016-5. Este protótipo experimental de refrigeração consta de vários componentes, tais como; uma unidade condensadora (condensador e compressor hermético), tanque de líquido, acumulador de sucção, visor de líquido, sistema de evaporação (serpentina e cooler), dispositivo de expansão (Termostática e eletrônica), bomba de circulação, resistência elétrica, tanque de armazenamento de fluido quente, sistema supervisor, sensores de temperatura e pressão, tal como se mostra na Figura 1. A capacidade nominal do protótipo é de 1 KW de refrigeração que utiliza R404A como fluido de refrigerante e no circuito secundário água/etilenoglicol como fluido de trabalho.

Figura 1- a. Protótipo de Refrigeração. b. Unidade Condensadora.



2.1 Dimensionamento da unidade condensadora e serpentina

A unidade condensadora mostrada na Figura 1b foi a TCB- 4040-E marca Elgin para baixa temperatura de evaporação com faixa de aplicação com o fluido refrigerante R404A de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, com capacidade frigorífica de 980 Kcal/h com compressor alternativo hermético quando a temperatura de evaporação é $-23,3^{\circ}\text{C}$ e apresenta uma condensação forçada a ar. O sistema possui um acumulador de sucção e tanque de líquido. Este componente foi selecionado visando a conservação de alimentos, assim como a viabilidade comercial do protótipo de refrigeração no mercado.

A serpentina mostrada na Figura 2a foi feita construída experimental com 8 metros de tubo de cobre de $3/8''$ de diâmetro e $3/16''$ de espessura em formato helicoidal com o intuito de ser submersa no cooler de capacidade para 48 litros que contém o fluido secundário a ser refrigerado.

Figura 2 – a. Serpentina de evaporação. b. Circuito Secundário do protótipo de refrigeração



2.2 Montagem hidráulica do circuito secundário

O circuito secundário, Figura 2b, foi montado utilizando uma bomba centrífuga usada em máquina de lavar roupas com vazão em torno de 14 L/min e 35 W de potência, um tanque em aço adaptado e isolado com capacidade de 11 litros onde possui uma resistência inserida de 620W de potência, que será utilizada com simulador da carga térmica do produto, válvulas para manutenção, Cooler de 48 litros e tubulação de $\frac{3}{4}$, sensores de temperatura com cabo de poliéster termoplástico e isolamento individual instalados na entrada e saída da solução, dentro do Cooler na solução e no começo da serpentina. O Cooler, tanque e tubulações foram isolados com espuma elastomérica.

2.3 Sensores e instrumentos de Medição do protótipo

O protótipo de refrigeração possui sensores de temperatura do tipo NTC SB41 da *FullGauge* com cabo de poliéster termoplástico e isolamento individual com range de temperatura de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ instalados para medição das temperaturas: de descarga do compressor, sucção, linha de líquido, ambiente, entrada e saída da solução no Cooler, início da serpentina e solução. Transdutores de pressão SB69 da *Fullgauge* de 0 a 200 psi e de 0 a 500 psi, produzidos em aço inox com operação em $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, possui conexão de $\frac{1}{4}$ " SAE macho para tubo flangeado, tem sinal de saída em tensão 0,5 a 4,5 Vdc e em corrente de 4 a 20mA.

Os instrumentos de aquisição de dados utilizados foram: o PCT 3001 da *Fullgauge* que possui 6 entradas para sensores de temperatura e 4 para transdutores de pressão, VX950 com o HMI que além de ter 3 entradas para sensores de temperatura e uma de pressão, que funciona como drive da válvula de expansão eletrônica, sendo a temperatura e pressão usadas no sistema de controle de abertura da válvula. Além disto, também é monitorado o consumo de energia elétrica através do *Energy Log Plus* da *Fullgauge*.

2.4 Sistema supervisorio do Protótipo de refrigeração

Para sistema de supervisorio foi escolhido o software “*Sitrad Pro*” da Fullgauge que tem compatibilidade com os equipamentos de medição instalados e tem a possibilidade de gerenciamento a distância com coleta de dados e geração de gráficos.

2.5 Funcionamento do Protótipo de refrigeração

O Protótipo tem uma válvula solenóide para recolhimento, tipo “*pump down*”, e no acionamento do mesmo, a válvula é energizada e, em função do aumento da pressão a unidade condensadora funciona refrigerando a serpentina dentro do “*Cooler*”, com o fluido secundário, solução de etilenoglicol a 50% para evitar congelamento (Medeiros; Barbosa; Fontes; 2010). Esta solução é bombeada recirculando através do cooler e um tanque com uma resistência elétrica para simulação de carga térmica. Os parâmetros coletados, tais como; temperaturas, pressão, tensão, corrente, frequência e consumo energético, através do monitoramento e por meio da instrumentação embarcada no protótipo de refrigeração.

3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

O experimento foi configurado para refrigerar a solução de etilenoglicol com temperatura inicial de 20°C até o set point de -8°C e histerese de 3°C com simulação de carga térmica através de uma resistência elétrica imersa na solução, figuras 2 e 3. A bomba de circulação da solução mantém uma vazão constante entre o Cooler (45,4 litros) e o tanque (12,3 litros) a qual é aquecida pela resistência. Os ensaios foram divididos em dois períodos; antes de atingir (carga plena) o “*setpoint*” e após do “*setpoint*” (Carga parcial). Isto foi realizado com intuito de fazer o comparativo da eficiência da válvula de expansão eletrônica e a válvula de expansão termostática.

Os ensaios foram divididos em duas partes para verificar o comportamento energético em função do dispositivo de expansão utilizado, neste caso, um sistema de válvula termostática e outro sistema de válvula eletrônica. As equações (1) à (3) foram utilizadas para quantificar os calores absorvidos pelo sistema, energia consumida pelo compressor e o Índice de Eficiência de Energia “*Energy Efficiency Ratio*”

$$Q_x = m_x c p_x \Delta T_x \quad (1)$$

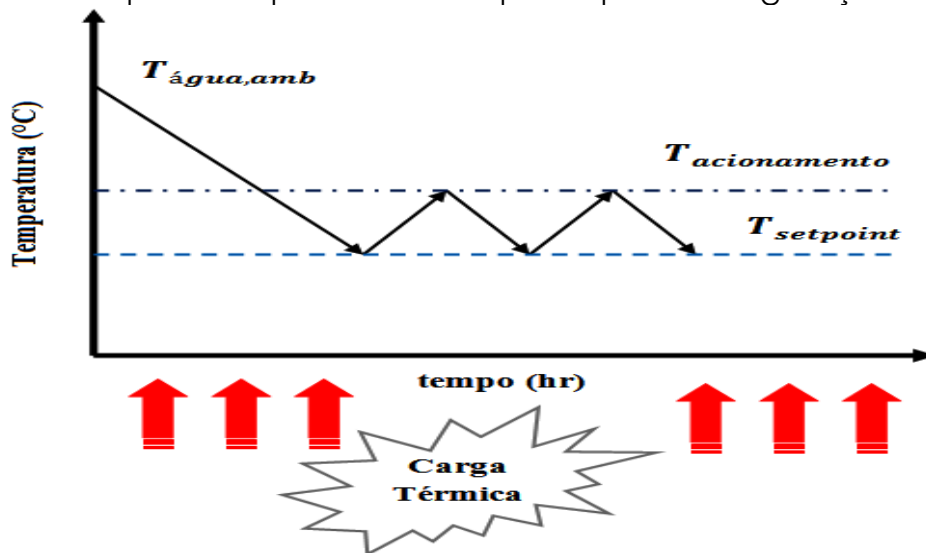
$$CE = Pot_x \cdot tempo_{ope} \quad (2)$$

$$EER = \frac{\text{Calor absorvido evaporador}}{\text{Consumo elétrico do compressor}} \quad (3)$$

Sendo; Q , m , cp , ΔT , CE , Pot , $tempo$, representem o calor total, massa da solução, calor específico, diferença de temperatura, consumo energético, potência elétrica consumida e tempo, respectivamente.

Os ensaios foram realizados com o intuito de coletar os valores dos parâmetros energéticos no tempo (condição transiente), tais como; pressão, temperatura da solução, consumo elétrico gasto pelo sistema de refrigeração e o simulador da carga térmica do produto, neste caso, resistência elétrica. A figura 4 mostra um esquema dos ensaios realizados de forma dinâmica no protótipo de refrigeração remota.

Figura 4 – Esquema experimental do protótipo de refrigeração remota



3.1 Procedimento de determinação do EER antes de atingir o “set point” (Carga Plena)

Esta primeira parte, é direcionada à verificação dinâmica energética do dispositivo de expansão à resposta da perturbação do sistema. Inicialmente, o sistema é colocado em operação (sistema de refrigeração e simulador de carga térmica – 100% do valor da resistência elétrica), considerando a temperatura da solução com valor ambiente de 20°C. Neste caso, o sistema é monitorado até atingir o valor de “setpoint” de -3°C. Durante este período são coletados os valores de temperatura, pressão, e abertura do dispositivo de expansão, além dos valores de temperatura da solução do circuito secundário, utilizando como simulador de carga do produto do sistema de refrigeração. Neste procedimento o protótipo de refrigeração remota opera a carga plena, ou seja, retirando a carga térmica contida na solução, calor ganho pela transmissão das paredes, assim como o calor dissipado pela resistência elétrica em tempo real.

3.2 Procedimento de determinação do EER após de atingir o “set point” (Carga parcial)

Esta segunda parte, é direcionada à verificação dinâmica energética do dispositivo de expansão à resposta da perturbação do sistema inerente ao desligamento do compressor quando é atingido o “setpoint” inicial. O ensaio começa quando a temperatura começa a aumentar, desde o “setpoint” (-3°C) até o valor de religamento do compressor, ao redor de 0°C. Neste

procedimento o protótipo de refrigeração remota opera a carga parcial, ou seja, retirando exclusivamente, ao calor ganho pela transmissão das paredes e a carga térmica devido ao calor dissipado pela resistência elétrica em tempo real.

A ideia é verificar o consumo energético gasto durante toda a operação transiente pelos sistema de refrigeração e periféricos quando são utilizados os dois tipos de dispositivos de expansão.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta seção esta direcionada à apresentação dos resultados energéticos do protótipo de refrigeração remota utilizando dois dispositivos de expansão (Válvula termostática e eletrônica). A temperatura do laboratório onde esta localizado o protótipo de refrigeração foi mantida a temperatura ambiente, ou seja, durante este período, o sistema de climatização não foi ligado. Isto foi realizado com o intuito de não influenciar a dissipação de calor do protótipo com o meio externo.

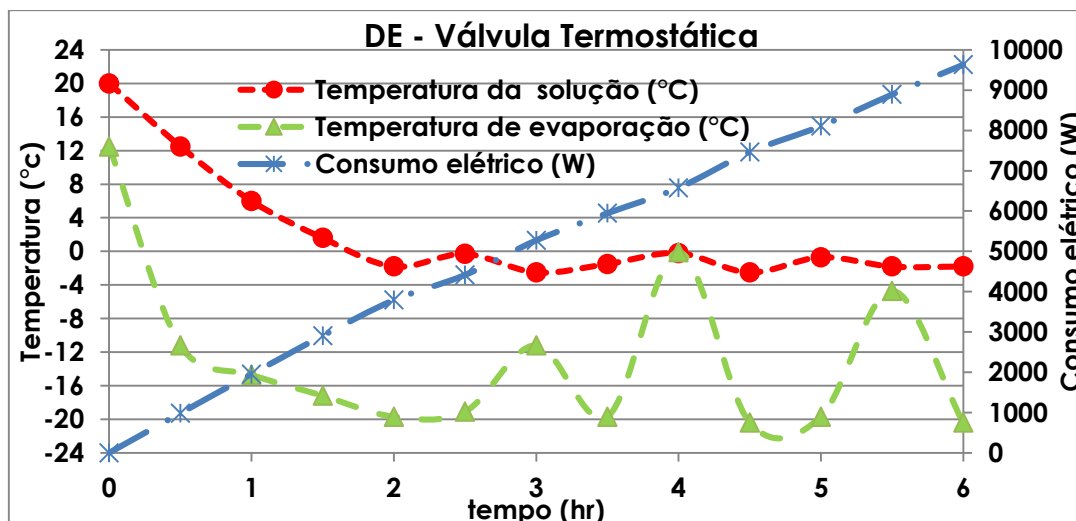
Inicialmente, são apresentados os resultados de cada dispositivo de expansão, e posteriormente, é apresentada uma comparação dos resultados de calor absorvido, consumo elétrico gasto pelo sistema de compressão do protótipo, tempo de resposta da válvula, e EER do sistema.

4.1 Análise Energética do protótipo de refrigeração utilizando a válvula termostática como dispositivo de expansão

Utilizando a válvula termostática como dispositivo de expansão no sistema de refrigeração os resultados foram vinculados ao tempo de resposta do equipamento para atingir o “*setpoint*” (-3°C). A Figura 5 mostra o comportamento das temperaturas de evaporação do fluido refrigerante e da solução de água e etilenoglicol, assim como o consumo elétrico consumido pelo sistema de compressão, utilizando a válvula termostática como dispositivo de expansão. Isto foi realizado, verificando o tempo de resposta até atingir o *setpoint* e o consumo energético utilizando uma bomba de recirculação de 35 W e um simulador de produto, através de um conjunto de resistência elétrica de 620W.

Na figura 5, pode-se observar a evolução da temperatura da solução ao longo do tempo de execução do experimento, variando inicialmente de 20°C até o ponto de “*setpoint*” -3°C com uma duração de aproximadamente duas horas e meia, onde ocorre o desligamento do compressor. Esta mesma tendência pode ser observada na temperatura de evaporação, sendo este fenômeno referido ao estágio de carga plena do protótipo de refrigeração onde o sistema é acionado para retirar a carga térmica fornecida pelo conjunto de resistência, calor transmitido pelas paredes do cooler e a carga inerente à redução da temperatura da solução.

Figura 5 – Comportamento energético do protótipo de refrigeração remota em função do tempo de operação utilizando a válvula termostática.



Na segunda parte da experimentação, carga parcial, a evolução da temperatura da solução começa um período cíclico em função do desligamento e ligamento do compressor devido à automação do “setpoint”. Esta variação é rápida com duração aproximada de 14 minutos por ciclo. O consumo elétrico acumulado nas seis horas média de experimentação foi de aproximadamente 9600 W.

4.2 Análise Energética do protótipo de refrigeração utilizando a válvula eletrônica como dispositivo de expansão

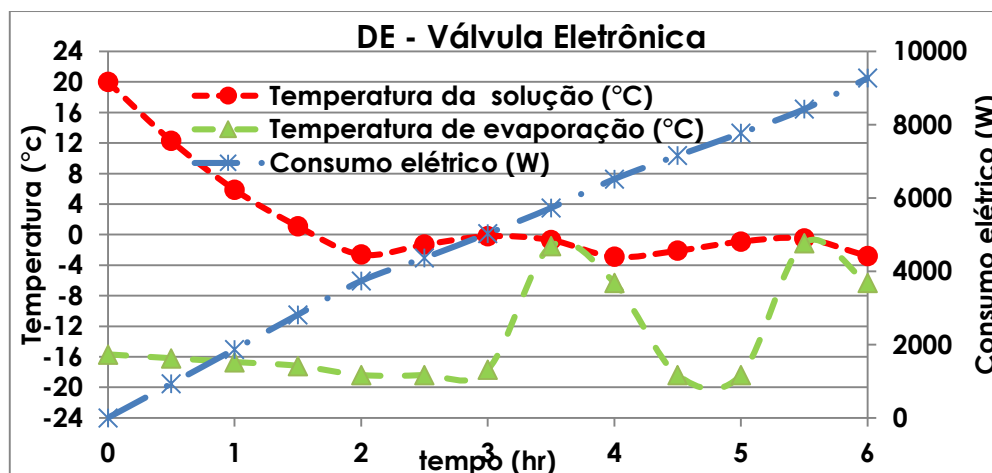
Utilizando a válvula eletrônica como dispositivo de expansão no sistema de refrigeração os resultados foram diferenciados, especificamente do tempo de resposta do equipamento para atingir o regime permanente e o “setpoint” (-3°C). A Figura 6 mostra o comportamento das temperaturas de evaporação do fluido refrigerante e da solução de água e etilenoglicol, assim como o consumo elétrico consumido pelo sistema de compressão, utilizando a válvula eletrônica como dispositivo de expansão. Isto foi realizado verificando o tempo de resposta até atingir o “setpoint” e o consumo energético utilizando uma bomba de recirculação de 35 W e um simulador de produto, através de um conjunto de resistência elétrica de 620W.

No caso do uso da válvula eletrônica, pode ser observada na Figura 6, a evolução da temperatura da solução ao longo do tempo de execução do experimento, no mesmo modo que no ensaio executado com a válvula termostática, porém com duração um pouco menor de aproximadamente duas horas, o que levou a um menor consumo elétrico acumulado com valor aproximado de 9000 W para as seis horas, levando à elevação do EER.

Na mesma forma, esta tendência foi observada também na temperatura de evaporação, no cenário de carga plena do protótipo de refrigeração. Na segunda parte da experimentação, carga parcial, a evolução da temperatura da solução teve um melhor comportamento, em termos de consumo elétrico e, portanto, de eficiência energética, levando à obtenção

de um EER de 1,64 com um aumento em referência ao uso da válvula termostática de aproximadamente 20%.

Figura 6 – Comportamento energético do protótipo de refrigeração remota em função do tempo de operação utilizando a válvula eletrônica.



É importante destacar, que este dispositivo de expansão eletrônico permite a calibração em tempo real para as diferentes condições de operação, e principalmente, a adaptação para as cargas parciais, condição comum, onde os sistemas de refrigeração operam a maior parte.

4.3 Análise Comparativa Energética do protótipo de refrigeração utilizando os dispositivos de expansão - válvula termostática e válvula eletrônica

A Tabela 1 mostra uma análise comparativa do desempenho do protótipo de refrigeração remota utilizando ambos os dispositivos de expansão.

A análise dinâmica do protótipo de refrigeração remota, considerando carga plena, mostrou que a eficiência energética com o uso da válvula de expansão termostática foi menor que com o uso da válvula eletrônica, em função dos EERs, com valores de 1,06 e 1,09 respectivamente. Além disto, o tempo de resposta do protótipo de refrigeração, quando se utilizou a válvula eletrônica foi menor ao tempo gasto pela válvula termostática. Apesar do excelente resultado, ainda a calibração da válvula eletrônica foi configurada, porém não foi otimizada para o ponto de operação de maior eficiência, ao contrário da válvula termostática que foi configurada e otimizada para o fornecimento de melhor eficiência. Este fato não inviabiliza os resultados já que o sistema operou com um bom rendimento, assim como pode ser observado na literatura (Antunes et al., 2011).

Tabela 1 – Análise comparativa do desempenho do protótipo de refrigeração remota em função dos dispositivos de expansão utilizados

Parâmetros	Válvula Termostática - VT		Válvula Eletrônica - VE	
	Antes Setpoint (Carga Plena)	Após Setpoint (Carga Parcial)	Antes Setpoint (Carga Plena)	Após Setpoint (Carga Parcial)

Ambiente Externo (°C)	28,90	28,90	29,30	29,30
Tempo de resposta (hr)	2,18	0,23	2,07	0,23
Calor Absorvido (kW/hr)	1,28	1,06	1,32	1,15
Consumo Elétrico (kW/hr)	1,21	0,78	1,21	0,70
EER (-)	1,06	1,36	1,09	1,64

Para o caso de carga parcial, a análise dinâmica do protótipo de refrigeração remota, mostrou que a eficiência energética com o uso do dispositivo de expansão eletrônica foi de 20% maior ao rendimento oferecido pelo dispositivo de expansão termostática, em função dos EERs, com valores de 1,64 e 1,35 respectivamente. Porém, os valores de EERs em cargas parciais, em ordem de grandeza, foram superiores (aproximadamente de 28 a 50%) que no período inicial devido à melhor eficiência do equipamento, após a modulação da abertura da válvula de expansão eletrônica, onde, para essas condições houve uma queda na pressão de condensação, conseguindo um melhor desempenho (Sattaret al.,2007).

5 CONCLUSÕES

Foi dimensionado e construído um protótipo de refrigeração remota que utiliza R404A com fluido de trabalho para o estudo e análise do desempenho energético a carga plena e parcial, utilizando um circuito secundário como simulador de carga térmica de produtos, com a flexibilidade de operá-la com dois tipos de dispositivos de expansão (termostática e eletrônica).

Em diversos estudos, sabe-se que a maior parte do tempo de operação dos sistemas de refrigeração se encontram a cargas parciais, com isso o controle modulado da válvula de expansão eletrônica teria levado amplamente uma melhor eficiência.

Os resultados do protótipo de refrigeração remota a carga parcial, mostraram que o rendimento energético, baseado no EER, com o uso do dispositivo de expansão eletrônica foi melhor ao rendimento oferecido pelo dispositivo de expansão termostática. O acréscimo relativo deste rendimento energético (EER) em função da operação dinâmica do protótipo foi de aproximadamente de 28 a 50% maior ao encontrado em carga plena do sistema. Isto está vinculado à melhor eficiência do equipamento, após a modulação da abertura da válvula de expansão eletrônica, onde, para essas condições houve uma queda na pressão de condensação, conseguindo um melhor desempenho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa - Universal 402323/2016-5 e também à FACEPE/Cnpq pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa APQ-0151-3.05/14. Os autores agradecem ao IFPE pelas instalações e estrutura para executar o projeto, e também ao PPGEM/UFPE pela capacitação do mestrado do primeiro autor. Os autores agradecem ao

Eng. Fabiano Oliveira e a empresa Fullgauge Controls pela colaboração parcial dos componentes de instrumentação e controle do sistema.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, A.H.P.; FILHO, E.P.B.; MENDOZA, O.S.H. Análise experimental de um sistema de refrigeração comercial operado com r22 e o hidrocarboneto r1270. *Ciência & Engenharia*, v. 20, n. 1, p. 1-10, 2011. ISSN 1983-4071.
- BISTA, S.; HOSSEINI, S.E.; OWENS, E.; PHILLIPS, G. Performance improvement and energy consumption reduction in refrigeration systems using phase change material (PCM). *Applied Thermal Engineering*, v. 142, n. 1, p. 723-735, 2018. ISSN 13594311. Doi: 10.1016/j.applthermaleng.2018.07.068.
- COSTA, F.N. Análise Comparativa da Válvula de Expansão Eletrônica e do Tubo Capilar em Sistemas de Refrigeração. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2014.
- EFSTRATIADI, M.; ACHA, S.; SHAH, N.; MARKIDES, C.N. Analysis of fish refrigeration electricity consumption. *Energy*, v. 174, n. 1, p. 1133-1144, 2018. ISSN 03605442. Doi: 10.1016/j.energy.2019.03.004.
- LADHA-SABUR, A.; BAKALIS, S.; FRYER, P.J.; LOPEZ-QUIROGA, E. Mapping energy consumption in food manufacturing. *Trends in Food Science & Technology*, v. 86, n. 1, p. 270-280, 2019. ISSN 09242244. Doi: 10.1016/j.tifs.2019.02.034.
- LAGO, T.G.S. Estudo Experimental e Controle de um Sistema de Refrigeração com Compressor de Velocidade Variável e Válvula de Expansão Eletrônica. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2016.
- LOUZADA, M.L.C.; LEVY, R.B.; MARTINS, A.P.B.; CLARO, R.M.; STELE, E.M.; VERLY, E.J.; CAFIERO, C.; MONTEIRO, C.A. Validating the usage of household food acquisition surveys to assess the consumption of ultra-processed foods: Evidence from Brazil. *Food Policy*, v. 72, n. 1, p. 112-120, 2018. ISSN 13594311. Doi: 10.1016/j.foodpol.2017.08.017.
- MEDEIROS, P.S.G.; BARBOSA, C.R.F.; FONTES, F.A.O. Propriedades Termofísicas de Fluidos Secundários à Base de Álcool para Termoacumulação. *HOLOS*, v. 4, n. 26, p. 74-87, 2010. ISSN 1807-1600 Doi: 10.15628/holos.2010.413
- LANGDE, AKASH.; MOHSIN, M.; MAHEBOOB, S.; AHEMAD, T. Performance Investigation of Domestic Refrigerator Using Pure Hydrocarbons. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, v. 1, n. 1, p. 66-69, 2014. ISSN 2278-1684
- TASSOU, S.A.; LEWIS, J.S.; GE, Y.T.; HADAWAY, A.; CHAER, I. Performance improvement and energy consumption reduction in refrigeration systems using phase change material (PCM). *Applied Thermal Engineering*, v. 30, n. 4, p. 263-276, 2018. ISSN 13594311. Doi: 10.1016/j.applthermaleng.2009.09.001.
- TEREHOVICS, E.; SOLOHA, R.; VEIDENBERGS, I.; BLUBERGA, D. Analysis of fish refrigeration electricity consumption. *Energy Procedia*, v. 147, n. 1, p. 649-653, 2018. ISSN 18766102. Doi: 10.1016/j.egypro.2018.07.084.