

**OBTENÇÃO DOS GRÁFICOS DAS EQUAÇÕES DE DESEMPENHO DE UMA UNIDADE EXTERNA DE
UM CONDICIONADOR DE AR COM VAZÃO DE REFRIGERANTE VARIÁVEL**

Régis Altafini Machado – machadoaxe@gmail.com

Paulo Otto Beyer – paulo.beyer@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Mecânica,
www.mecanica.ufrgs.br

S1 – Sistemas de Ar Condicionado e Aquecimento

Resumo. Este documento apresenta o resultado de uma simulação energética de um prédio de escritórios em Porto Alegre, através do programa simulador EnergyPlus, aplicando um equipamento de ar condicionado de vazão de refrigerante variável (VRF) comercial. O resultado da simulação mostrou que a potência obtida da unidade externa foi de 68.000 W, então foi selecionado um equipamento de ar condicionado comercial (unidade externa) com potência de 71.000 W. Através das tabelas do fabricante e do ajuste de curvas são encontradas as equações de desempenho do equipamento externo comercial, seus coeficientes e seus gráficos. Estas equações de desempenho são os fatores modificadores das capacidades (resfriamento e aquecimento) e os fatores modificadores das taxas de energia elétrica de entrada (resfriamento e aquecimento). Esses fatores modificadores são fundamentais para o conhecimento e entendimento da tecnologia VRF que apresenta características, tais como: redução do consumo de energia, alta eficiência, redução dos níveis de ruído, variação da rotação do compressor e uso de válvula de expansão eletrônica.

Palavras-chave: Simulação Energética; VRF; Equações de Desempenho; Consumo de Energia.

1. INTRODUÇÃO

É feito um estudo sobre a análise da distribuição do consumo energético no Brasil que revela que seu parque edificado é atualmente o segundo maior consumidor de eletricidade, consumindo 42% da oferta nacional (Procel, 2012). A definição de um edifício energeticamente eficiente é aquele que mantendo o conforto ambiental e a qualidade do ar consome menos energia elétrica, reduzindo os impactos ambientais e sócio econômicos (Inatomi, 2008). A simulação foi feita em um escritório na cidade de Porto Alegre, RS, onde o arquivo climático desta cidade é um dado de entrada no programa. Neste contexto são obtidas equações de desempenho de um sistema de ar condicionado comercial de vazão de refrigerante variável, através do ajuste de suas curvas, a partir de tabelas do fabricante onde os dados resultantes são validados através de uma comparação dos resultados da simulação do ar condicionado comercial com os resultados obtidos da simulação de um equipamento de vazão de refrigerante variável de um arquivo exemplo do programa simulador.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Carotenuto (2009) verificou que o sistema de ar condicionado VRF teve uma resposta mais flexível e mais sensível às cargas de resfriamento durante o período de funcionamento em relação às máquinas de ar condicionado de janela. Constatou o recurso do sistema VRF de acompanhar a evolução da carga térmica de resfriamento com um maior rendimento operacional em relação ao ar condicionado de janela. Além disso, o coeficiente de desempenho (COP) do sistema de vazão de refrigerante variável manteve-se muito mais alto que o COP do ar condicionado de janela.

Bathia (2013) comenta que a tecnologia VRF permite excepcional eficiência de cargas parciais. Como a maioria dos sistemas de ar condicionado (HVAC) usam suas horas de operação entre 30 – 70% de sua máxima capacidade, o coeficiente de desempenho (COP) do VRF é muito alto, a eficiência energética sazonal destes sistemas é excelente.

Pozza (2011) menciona que a variação da abertura da válvula de expansão eletrônica (VEE) oscila em torno de 92%, enquanto que com a variação de 50 e 100% da fração de carga térmica, a frequência do compressor oscila em torno de 30%. Chega-se a conclusão de que o principal parâmetro de controle em um sistema VRF é abertura da VEE em carga parcial.

Fadzli e Saleh (2013) observaram que os sistemas de ar condicionado VRF permitem que as unidades internas sejam operadas em cargas térmicas diferentes, ou em diferentes temperaturas reguladas no termostato.

Araujo (2011) descreve que a tubulação de sistemas VRF, pode ter elevado comprimento e desnível de linha, e ter ramificações livres, favorecendo a um arranjo flexível (comprimento da tubulação de até 175m, desnível vertical máxi-

mo de 50m e até 30m de distância entre as unidades internas). Comenta também, quanto vantajosa é a utilização de compressores tipo scroll mais eficientes e variadores de frequência (inverters) na economia de energia.

3. SISTEMA DE AR CONDICIONADO DE VAZÃO DE REFRIGERANTE VARIÁVEL (VRF)

Neste trabalho foi utilizada uma unidade externa VRF comercial, modelo RXYQ26PAHY1. Utilizou-se o catálogo técnico fornecido pelo fabricante, (Daikin, 2012) que fornece os dados necessários para o ajuste das equações de desempenho e obtenção dos coeficientes.

3.1 Regiões de baixa, alta temperaturas externas e equação limite

A figura 1 apresenta os gráficos de taxa de capacidade de resfriamento (superior) e taxa de energia elétrica de entrada (inferior) para o resfriamento de uma unidade externa VRF. No gráfico superior existem duas regiões separadas pelos círculos verdes. A região da esquerda é a capacidade de resfriamento função da baixa temperatura externa (baixa tbs), enquanto que a região da direita é a capacidade de resfriamento função da alta temperatura externa (alta tbs). A região intermediária (círculos verdes) é a equação limite. A equação limite é uma equação linear, quadrática ou cúbica, definindo a temperatura externa como uma função da temperatura de bulbo úmido interna para o resfriamento, (LBNL, EnergyPlus Engineering Reference, 2013). As regiões de baixa temperatura externa, alta temperatura externa e equação limite também estão presentes no gráfico inferior (taxa de energia elétrica de entrada para o resfriamento). A equação taxa de capacidade de resfriamento é uma equação bi quadrática, usando a temperatura de bulbo úmido interna e a temperatura de bulbo seco externa como as duas variáveis independentes.

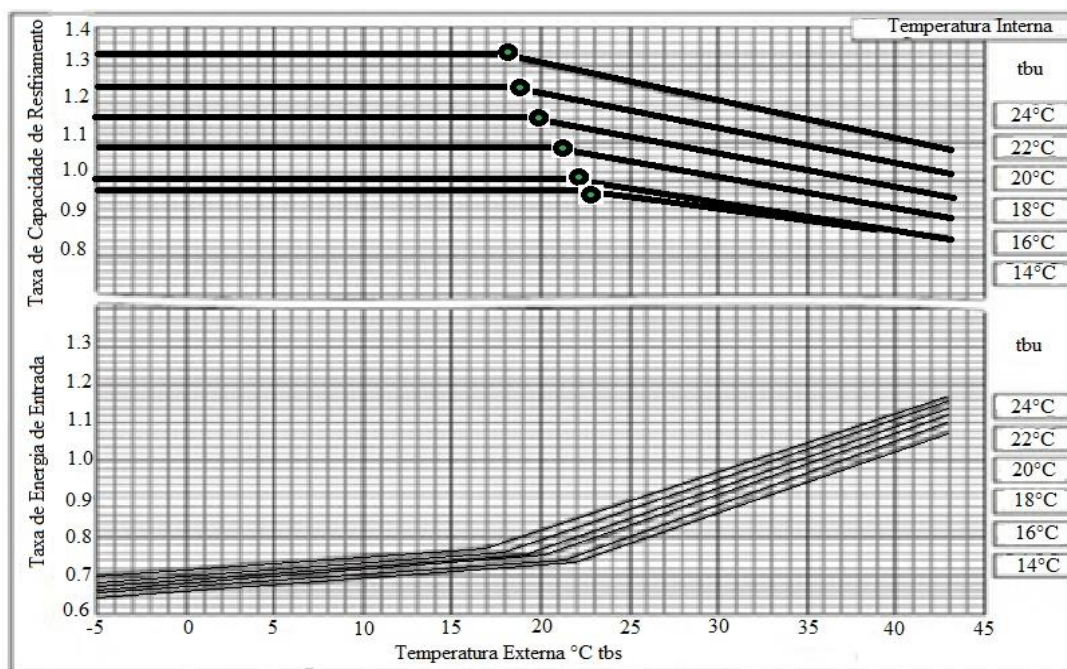


Figura 1. Dados do fabricante: gráficos de desempenho de resfriamento (Raustad, 2012)

Para a unidade externa, modelo RXYQ26PAHY1, os gráficos foram obtidos com dados de tabela de desempenho do fabricante. A figura 2 mostra os dados de tabela do fabricante para a capacidade de resfriamento e energia elétrica para o resfriamento. Nota-se as regiões de baixa e alta temperatura, sendo que a transição entre estas (os pontos onde as curvas mudam de direção) é a equação limite.

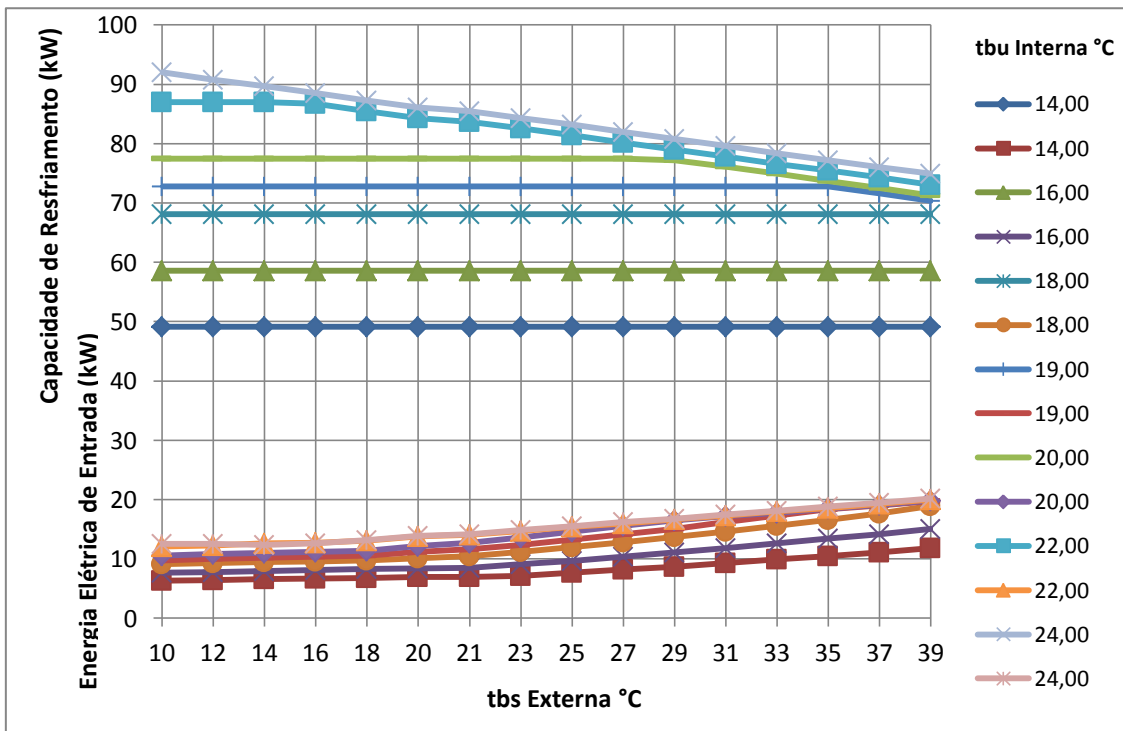


Figura 2. Taxas de capacidade e energia elétrica de entrada para o resfriamento da unidade externa do fabricante

A figura 3 mostra os dados de tabela do fabricante para a capacidade de aquecimento e energia elétrica para o aquecimento. Aqui também se tem regiões de baixa temperatura externa, alta temperatura externa e equação limite.

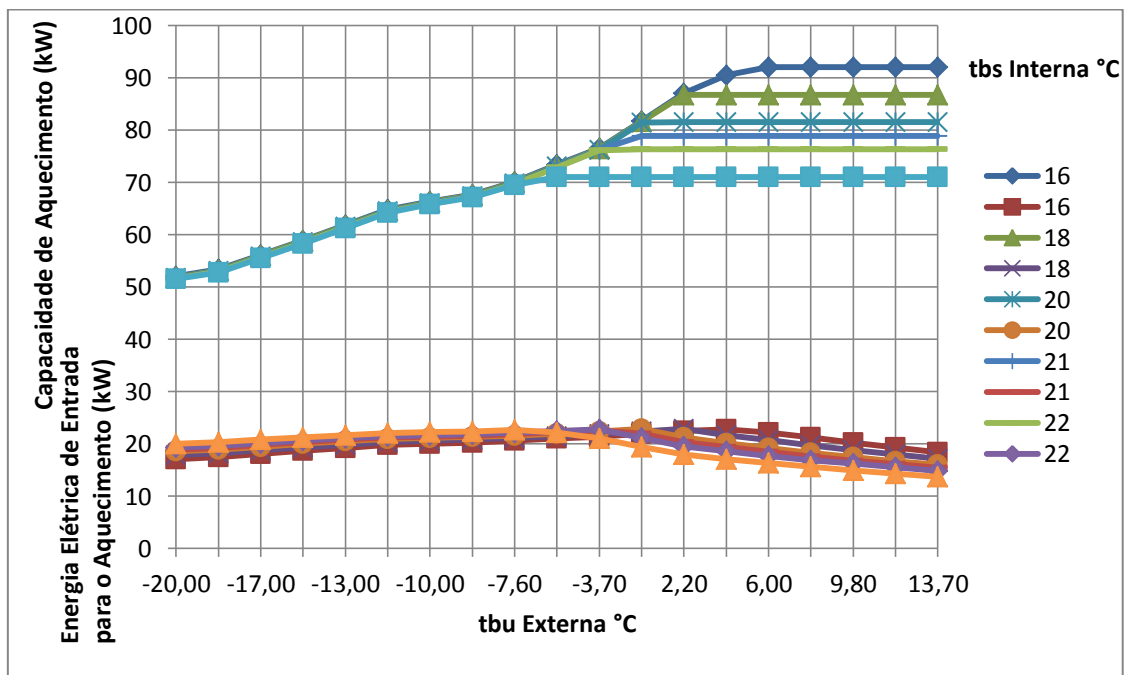


Figura 3. Taxas de capacidade e energia elétrica de entrada para o aquecimento da unidade externa do fabricante

3.2 Fatores modificadores da capacidade de resfriamento para a baixa e alta temperaturas externas

A partir daqui os gráficos dos fatores modificadores, tanto para resfriamento, quanto para aquecimento são todos normalizados (valores de capacidade e taxa de energia elétrica de entrada divididos pela condição nominal).

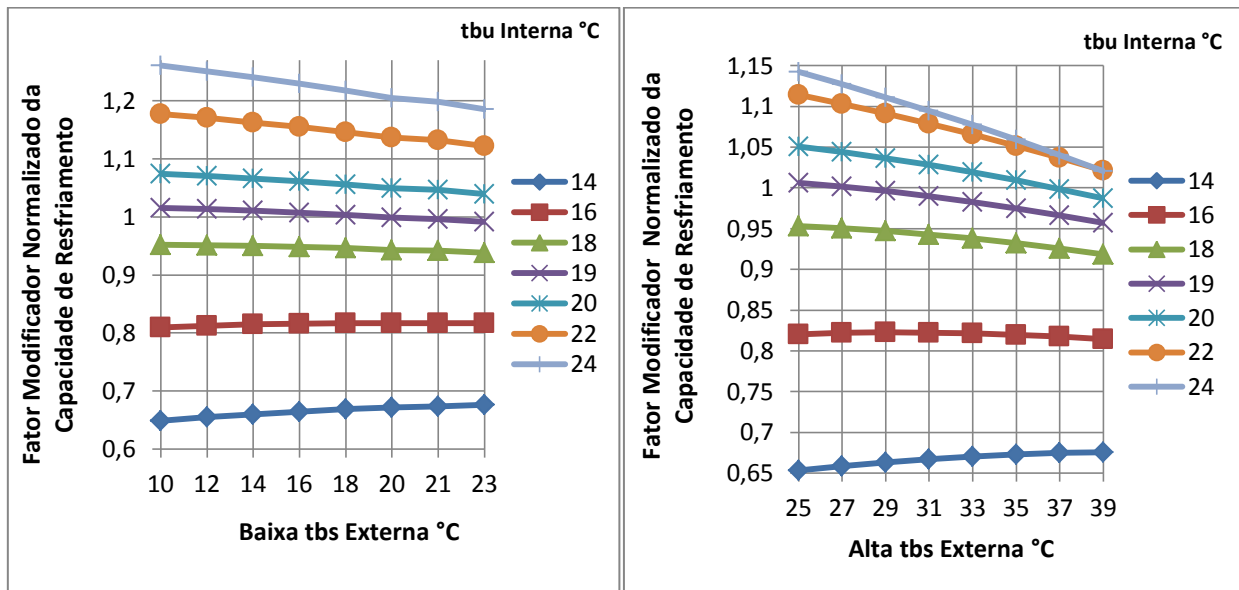


Figura 4. Fatores modificadores da capacidade para o resfriamento função da baixa e alta temperaturas externas

3.3 Equação limite da capacidade de resfriamento

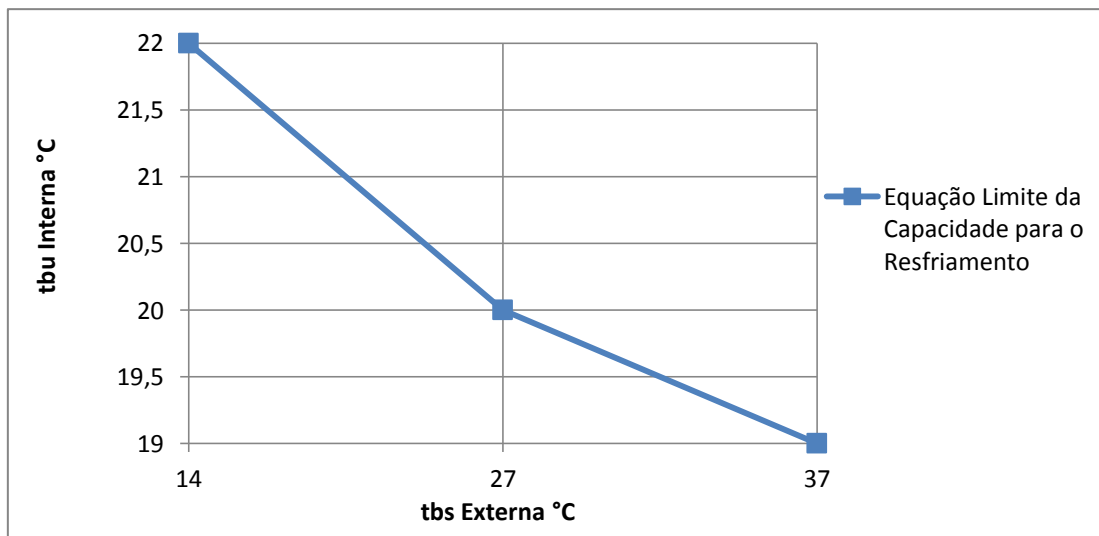


Figura 5. Equação limite da capacidade para o resfriamento

3.4 Fatores modificadores da taxa de energia elétrica de entrada para o resfriamento funções da baixa e alta temperaturas externas

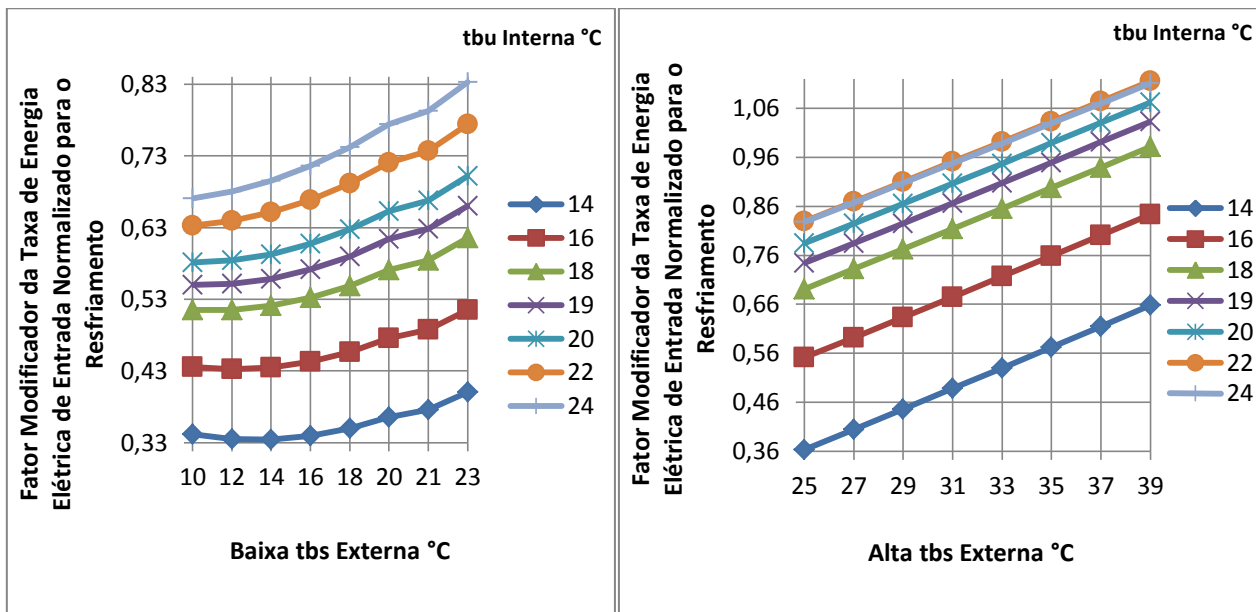


Figura 6. Fatores modificadores da energia elétrica de entrada para o resfriamento função da baixa e alta temperaturas externas

3.5 Equação limite da taxa de energia elétrica de entrada de resfriamento

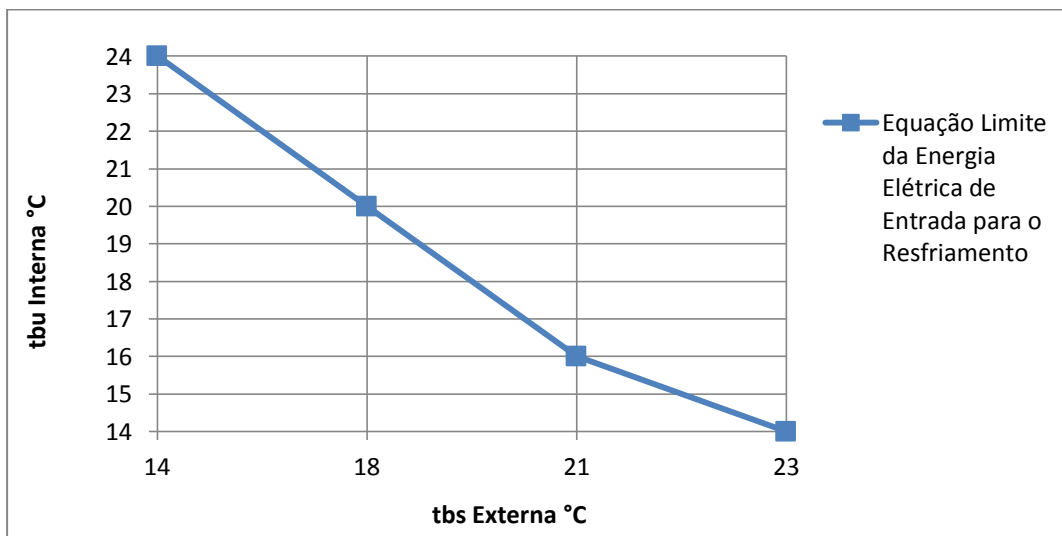


Figura 7. Equação limite da taxa de energia elétrica de entrada para o resfriamento

3.6 Fatores modificadores da capacidade de aquecimento função da baixa e alta temperaturas externas

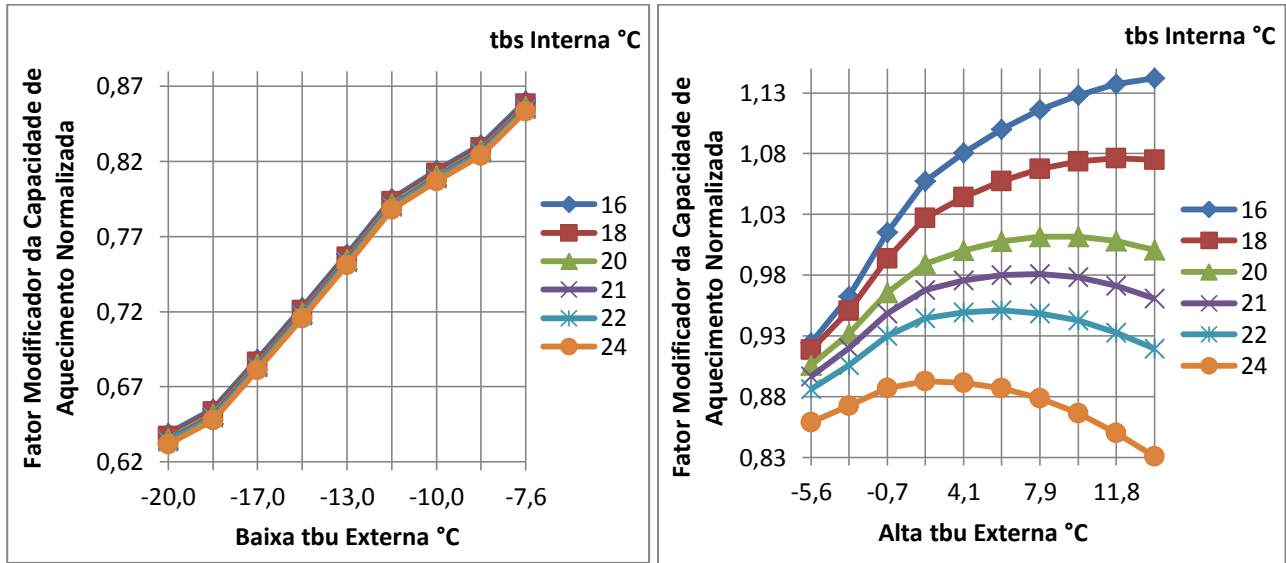


Figura 8. Fatores modificadores da capacidade de aquecimento função da baixa e alta temperaturas externas

3.7 Equação limite da capacidade de aquecimento

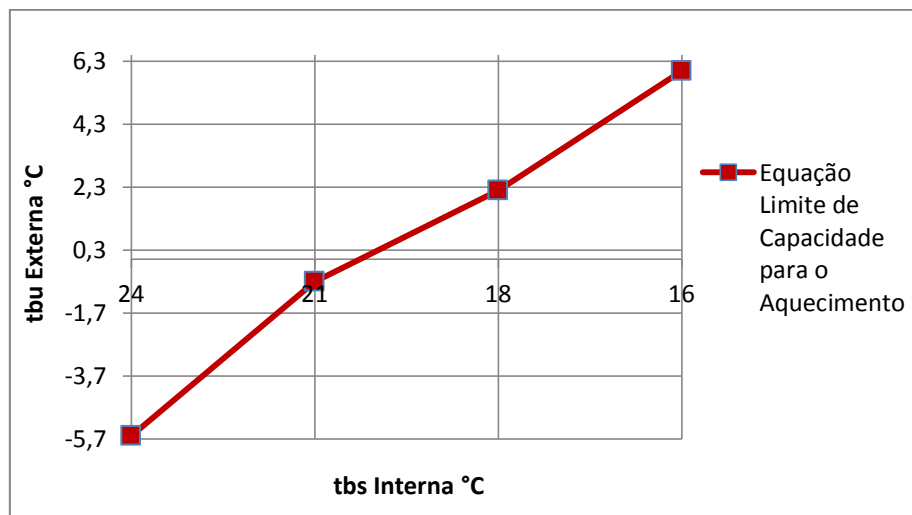


Figura 9. Equação limite da capacidade de aquecimento

3.8 Fatores modificadores da taxa de energia elétrica de entrada para o aquecimento função da baixa e alta temperaturas externa

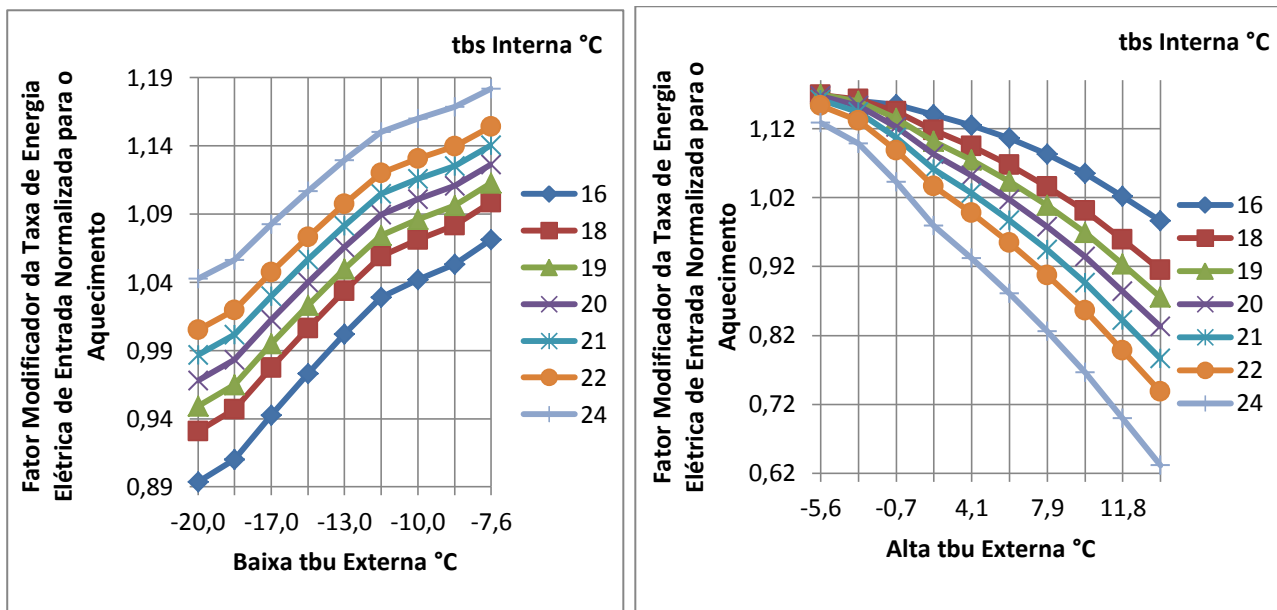


Figura 10. Fatores modificadores da energia elétrica de entrada para o aquecimento função da baixa e alta temperaturas externas

3.9 Equação limite da taxa de energia elétrica de entrada para o aquecimento

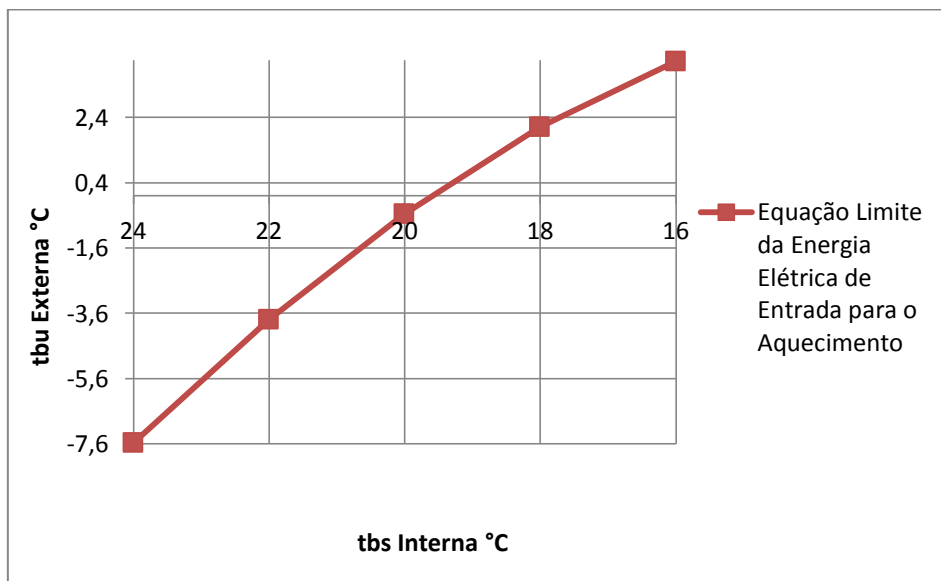


Figura 11. Equação limite da energia elétrica de entrada para o aquecimento

4 CONCLUSÕES

As equações de desempenho ajustadas para a unidade externa reproduzem o desempenho da máquina de ar-condicionado real em função da variação dos estados termodinâmicos dos ambientes externo e interno.

Os resultados obtidos com a utilização das equações de desempenho da máquina VRF real, através do modelo proposto para simulação do ar condicionado com fluxo de refrigerante variável, estão coerentes com os resultados encontrados em estudos citados na literatura.

As simulações realizadas no EnergyPlus, utilizando as equações de desempenho, ajustadas com dados fornecidos pelo fabricante, permitiram o dimensionamento de um novo sistema de climatização, o mais próximo da realidade, proposto para a edificação existente.

A simulação computacional auxilia na especificação dos equipamentos condicionadores de ar através do cálculo das potências dos mesmos, evitando superdimensionamentos e adequando essas potências às cargas térmicas solicitadas em cada zona.

Os gráficos obtidos para as regiões de baixa temperatura externa, equação limite e alta temperatura externa do equipamento comercial aproximam-se do modelo proposto na figura 1 para o resfriamento.

No caso do aquecimento mesmo não dispo de um modelo como no caso de resfriamento (Figura 1), os gráficos de aproximaram-se do gráfico da figura 3 (comercial).

Observa-se que em ambas as operações de resfriamento e aquecimento as curvas de baixa temperatura externa terminam próximas onde iniciam as curvas de alta temperatura externa do equipamento comercial.

Então, conclui-se que o comportamento dos gráficos das equações de desempenho de uma unidade externa VRF comercial, que representam os fatores modificadores da capacidade e da energia elétrica de entrada, função da baixa temperatura externa, função da alta temperatura externa e equação limite para o resfriamento e aquecimento, aproximam-se do modelo presente na literatura referenciada (LBNL, 2013).

5 REFERÊNCIAS

- Araujo, A. M. P. C., 2011, Modernização de Sistemas de Climatização de Andares de Edifício Comercial Antigo no Rio de Janeiro com Base no Conforto Térmico dos Ocupantes, Monografia de Conclusão do Curso de Pós Graduação em Edifícios Sustentáveis, Universidade Católica de Petrópolis, Rio de Janeiro.
- Bathia, A, 2013, HVAC Variable Refrigerant Flow Systems, Course N°: M03-014, Continuing Education and Development, Inc. New York, USA. Disponível em: <<http://www.engineering.com/>>. Acesso em: 30 jul. 2013.
- Carotenuto, A. R. S., 2009, Análise do Desempenho Termoenergético de um Prédio Histórico de Elevada Inércia Térmica, Dissertação para obtenção do Título de Mestre em Engenharia, PROMEC, UFRGS.
- DAIKIN AC (AMERICAS), INC., 2012, Engineering Data VRV III - General Information, EDUS 391004 - Ma, Carrollton, USA.
- Fadzli, M. and Saleh, M., 2013, Active Improvement of Air Conditioning System Energy Consumption with Adaptive Thermal Comfort Approach, MSc(R) thesis, University of Glasgow, Glasgow, Scotland.
- Inatomi, T. A. H., 2008, Análise da Eficiência Energética do Sistema de Condicionamento de Ar com Distribuição pelo Piso em Ambiente de Escritório, na Cidade de São Paulo, Utilizando o Modelo Computacional Energyplus, Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, USP.
- Lawrence Berkley National Laboratory, EnergyPlus Engineering Reference, 2013 – The Reference to Energy Plus Calculations, US Department Of Energy, USA.
- Pozza, F., 2011, Análise Térmica e Energética de uma Edificação Residencial Climatizada com Sistema de Vazão de Refrigerante Variável - VRF, Dissertação para obtenção do Título de Mestre em Engenharia, PROMEC, UFRGS.
- PROCEL, 2013, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, ELETROBRÁS. Disponível em <<http://www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp>>. Acesso em 30 de junho de 2013.
- Raustad, R., 2012, Creating Performance Curves for Variable Refrigerant Flow Heat Pumps in EnergyPlus, Florida Solar Energy Center, Research Institute of the University of Central Florida.

GRAPHICS OBTAINED FROM EQUATIONS OF PERFORMANCE OF AN AIR CONDITIONER EXTERNAL UNIT WITH VARIABLE REFRIGERANT FLOW

Summary. *This document presents the results of an energy simulation of an office building in Porto Alegre through the EnergyPlus simulation program, applying a commercial air conditioner variable refrigerant flow (VRF). The simulation result showed that the power obtained from the outdoor unit was 68,000 W, then was selected the commercial air conditioning equipment (outdoor unit) with a power of 71,000 W. Through the manufacturer and the curve fitting equations tables are found performance of the commercial external equipment, their coefficients and their graphs. These equations are the performance capabilities of modifying factors (cooling and heating) and modifying factors of the exchange energy input (cooling and heating). These modifying factors are key to the knowledge and understanding of VRF technology that offers features such as: reduction of energy consumption, high efficiency, reduced noise levels, varying the compressor speed and the use of electronic expansion valve.*

Key words: Energy Simulation; VRF; Performance Equations; Power Consumption.