

PROJETO DE CLIMATIZAÇÃO DE UM EDIFÍCIO COMERCIAL

NASCIMENTO, Janaina Lima do¹

PEREIRA, Danielly Siqueira²

SANTANA, Kleber (orientador)³

RESUMO

Este artigo apresenta de forma sucinta uma metodologia quantitativa para realização de levantamentos de dados concretos através do cálculo de carga térmica, para a implantação de condicionador de ar em um prédio comercial da cidade de Manaus, Amazonas. De 04 andares com uma área total de 2000 m². O principal objetivo é propor um projeto de climatização para substituição do sistema de refrigeração existente, Chiller, para um sistema chamado VRF (Fluxo de Gás Refrigerante Variável) para a redução de consumo de energia elétrica e conforto térmico dos trabalhadores e clientes de um prédio comercial, baseado através do cálculo de carga térmica de cada ambiente conforme as especificações técnicas da norma técnica NBR 16401-1: 2008 para identificação do tipo e capacidade do condicionador de ar mais adequado para a climatização do mesmo.

Palavras-chave: Metodologia quantitativa. Cálculo. Carga Térmica. Consumo de Energia. Conforto. VRF.

¹ Graduanda em Engenharia Mecânica no Centro Universitário do Norte–E-mail: jana.jldn@yahoo.com.br

² Graduanda em Engenharia Mecânica no Centro Universitário do Norte–E-mail: danielly.siqueira96@gmail.com

³ Mestre em Engenharia de Produção na Universidade Federal do Amazonas – E-mail: ksantana@ksaengenharia.com.br

DESIGN OF CLIMATIZATION OF A COMMERCIAL BUILDING

ABSTRACT

This article presents a quantitative methodology for the performance of concrete data surveys through the calculation of thermal load for the implantation of conditioners of a commercial product of the city of Manaus, Amazonas. Of 04 floors with a total area of 2000 m². The main objective is an air conditioning project to replace the existing refrigeration system for a system called VRF (Variable Refrigerant Gas Flow) for the saving of electricity and thermal comfort of the workers and customers of a commercial building, based through the calculation to the earth condition from the environment according to technical standard NBR 16401-1: 2008 for capacity identification and air conditioning more suitable for air conditioning.

Keywords: Quantitative methodology. Calculation. Thermal load. Energy consumption. Comfort. VRF.

1. INTRODUÇÃO

Hoje em dia é difícil imaginarmos prédios comerciais sem os sistemas de condicionadores de ar, eles estão presentes em edifícios de grande a pequeno porte, residências, comércios e indústrias. A utilização dos sistemas de refrigeração é indispensável, seja para o conforto térmico como para aplicações comerciais. Esse segmento vem crescendo a cada ano e, como consequência, cresce também o consumo de energia elétrica, o que implica em novas pesquisas para produção de equipamentos que possam ser mais econômicos e que possam ser ecologicamente corretos.

Segundo Dossat (2004), a refrigeração é definida como o ramo da ciência que trata dos processos de redução e conservação da temperatura de um espaço ou material, abaixo da temperatura do ambiente circundante.

A busca pela eficiência energética em edifício é um dos fatores primordiais para a redução do custo com energia elétrica e dentro desse contexto, a climatização para conforto térmico é um dos fatores de maior demanda elétrica para esse recurso. Carotenuto, 2009, afirma que os maiores responsáveis pelo consumo de energia em um prédio são os equipamentos, logo atrás está o sistema de iluminação e o sistema de climatização. Segundo o GCCEE-PROCEL (2017), no Brasil o segmento de edificações, tanto no poder público e no privado é um dos maiores consumidores de energia elétrica, sendo responsável por aproximadamente 50% total do consumo elétrico do país. Alguns estudos técnicos e econômicos mostram que grande parte da energia é desperdiçada pelos sistemas de condicionamento de ar, por apresentarem uma série de ineficiências (CHUMIOQUE, 2004).

Motivado por estas questões, este trabalho fará um comparativo entre sistema de climatização, aplicados em um Edifício comercial no centro da cidade de Manaus, o primeiro sistema do tipo água gelada (Chiller) a princípio utilizado no espaço como sistema primário para atender toda a edificação, possui sistema de refrigeração subdimensionado, seja por questões econômicas ou falta de planejamento e já consolidados no mercado e com vários anos de aplicações com um sistema VRF (Vazão de Refrigerante Variável) que vem evoluindo no mercado por sua facilidade de instalação e menor consumo energético, com isso realizando comparativos entre o custo de consumo de energia elétrica entre os dois sistemas. Assim apresentar um projeto voltado para a redução do consumo e custo de energia elétrica dos sistemas, bem como o conforto térmico adequado para os ocupantes do recinto climatizado e uma breve comparação entre os dois sistemas.

2. OBJETIVO

O principal objetivo é propor um projeto de climatização para substituição do sistema de refrigeração existente CHILLER, para um sistema chamado de VRF, e fazer a comparação entre os dois sistemas, com o intuito de reduzir o consumo de energia elétrica e melhorar o conforto térmico dos trabalhadores e clientes de um prédio comercial, baseado através do cálculo de carga térmica de cada ambiente, conforme as especificações técnicas da norma técnica NBR 16401-1: 2008 para identificação do tipo e capacidade do condicionador de ar mais adequado para a climatização das dependências do Prédio.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na história humana, o clima é um importante fator a ser considerado, pois desde o início o ser humano buscava formas para se proteger do frio e do calor, buscando o conforto térmico e o bem-estar. O corpo humano se adapta às condições climáticas, porém não se pode esquecer que há outros fatores que contribuem para a sensação de conforto. No clima urbano, é perceptível a ação de outros agentes, como poluição, a verticalização, a indústria, o trânsito, que podem interferir no clima de determinado local.

No Brasil, o clima é bem diversificado, e como o objeto de estudo está localizado na cidade de Manaus, cujo clima é tropical úmido, a demanda por equipamentos que proporcionem conforto térmico é maior. O conforto térmico é definido de acordo com características de cada indivíduo, como a idade, a fisiologia e a atividade a ser exercida e é "o termo que denomina a sensação de bem-estar e satisfação do ser humano na percepção da temperatura do ambiente" (CAMPANHOLA et al., 2014).

Há formas para se alcançar o conforto térmico, por meios externos, pela vestimenta e as condições do ar ambiente, e artificiais através da climatização, utilizando equipamentos de ar condicionado. Em prédios residenciais e comerciais, é mais comum a utilização de sistemas tipo CHILLER, por água gelada ou absorção, e o Fluxo de Refrigerante Variável, mais conhecido como VRF.

3.1 CHILLER a água gelada

O CHILLER é um sistema de expansão indireta, ou seja, o sistema de refrigeração resfria o fluido secundário (água ou outro fluido em caso de temperaturas abaixo de 0 °C) que

circula no sistema de água gelada com a utilização de bombas, e o fluido secundário resfria o processo final (MMA, 2017).

Pode ser classificado pelo tipo de compressor e a condensação. Pelo compressor pode ser scroll, centrífugo ou parafuso. Pela condensação, pode ser condensação a água ou a ar. Como o objeto de estudo é um CHILLER a água, vamos focar nessa classificação. Segundo Lins & Caiafa (2016), o sistema central de água gelada pode ser subdividido em dois tipos. O primário, em que o fluido passa pelo resfriador e o secundário, em que o fluido passa pelo prédio após a saída do CHILLER, e então voltar em seguida para o sistema primário, fechando o ciclo.

3.1.1 Condensação a água

O CHILLER de condensação a água utilizam a água e o fluido refrigerante, em que o fluido “perde” calor para a água no condensador. A torre de resfriamento tem como função resfriar a água, trocando calor com o ambiente. Assim, a água gelada chega até o fluido e o esfria, e o fluido vai até a válvula de expansão.

3.1.2 Componentes

FAN COIL

Os FAN COILS são unidades por onde o ar passa por um tratamento para chegar ao ambiente. Possuem cinco componentes: o primeiro consiste em uma caixa para que mistura o ar que retorna do ambiente com o ar externo. Após esse processo, o ar passa pelo segundo componente, uma serpentina de resfriamento, em que está a água gelada do CHILLER, responsável por resfriar o ar. O terceiro componente é um umidificador, que a depender das condições de umidade relativa, umidifica o ar. O quarto componente aquece o ar, se for preciso. E o quinto componente é o ventilador que “sopra” o ar para o ambiente.

TUBULAÇÃO

De acordo com Fujimori (2018), a tubulação do sistema deve ser semelhante a tubulação de um sistema de vapor, pois da mesma forma que o vapor deve perder o mínimo de calor possível, a água gelada deve ganhar o mínimo possível durante o transporte. Como o processo precisa de certos parâmetros de temperatura para funcionar adequadamente, é necessário que a tubulação esteja em conformidade. Para isso, é utilizado o isolamento na tubulação de ida, já que na volta não é necessário, pois a água já ganha calor no processo.

BOMBAS

As bombas são responsáveis por fazer a água circular por todo o sistema. Geralmente, são utilizadas de 4 a 6 bombas, incluindo as reservas. No sistema, há três funções, as primárias, secundárias e de condensação. A bomba primária deve succionar e bombear a água do prédio para a evaporadora, onde será resfriada e haverá a troca de calor com o fluido. A bomba secundária jogará essa água para o resto do sistema. A bomba de condensação é responsável por circular a água da condensadora para a torre de resfriamento, e que depois volta para a evaporadores.

TORRE DE RESFRIAMENTO

Como o próprio nome diz, é responsável por resfriar a água aquecida que provem do condensador. Essa água entra pela parte superior da torre e lá o ventilador, que movimenta o ar externo, auxilia na troca de calor. A água cai na bacia e retorna para a condensadora, onde reinicia o ciclo.

3.2 Sistema VRF

O VRF é classificado como um sistema central em que o conjunto de unidades de tratamento de ar de expansão direta, geralmente instaladas dentro do ambiente a que servem (designadas unidades internas), cada uma operada e controlada independentemente das demais, é suprida em fluido refrigerante líquido em vazão variável (VRF) por uma unidade condensadora central, instalada externamente (designada unidade externa), (ABNT, 2008).

Segundo BOENO (2010), esse sistema é comparado ao Split convencional, pois ambos possuem expansão direta e contam com uma unidade condensadora e evapora. Porém são sistemas que possuem limitações bem diferentes. Enquanto o VRF pode possuir várias unidades evaporadoras conectadas a uma condensadora, o Split trabalha apenas na relação 1 para 1, ou seja, uma condensadora para uma evaporadora.

De acordo com Machado (2014), “outro ponto interessante é o fato da tecnologia de vazão de refrigerante variável operar com aumento, ou a diminuição, da capacidade de rotação do compressor, através do uso de variadores de frequência (inverter), visando obter economia no consumo de energia elétrica e mantendo as condições satisfatórias de conforto térmico”.

3.2.1 Componentes

UNIDADE EXTERNA DOS SISTEMAS VRF (CONDENSADORES)

Os condensadores em um sistema VRF, classificados pela sua capacidade, podem ser modulares ou não modulares. Os não modulares são geralmente identificados no mercado com o prefixo Mini. Portanto, temos então o VRF ou Condensadores Modulares e o Mini VRF ou Condensadores Não-Modulares.

UNIDADE INTERNA DOS SISTEMAS VRF (EVAPORADORES)

A unidade interna, de acordo com as necessidades estéticas e funcionais, podem ser expostas, ocultas, para uso com dutos, piso, parede etc.

FILIAIS DOS SISTEMAS VRF (DERIVADORES)

Há 2 tipos principais de filiais e um distribuidor de caixas que é uma ramificação de 4 filiais integradas em uma caixa. Ramificação é usada para demonstrar a conexão que permite que o caminho do tubo do sistema esteja indicado para a unidade interna correspondente. As ramificações são elementos importantes em um sistema VRF e essenciais para instalação, para que qualquer fabricante possa validar a garantia do equipamento VRF.

CONTROLES DOS SISTEMAS VRF

Existe uma grande variedade de controle para sistemas VRF; desde o mais simples até integrações com sistemas de gerenciamento de edifícios de cada marca de equipamento VRF ou com terceiros através de protocolos de comunicação. Para aplicações normais, há um controle individual ou grupo (vários evaporadores gerenciados por um único termostato), sendo com ou sem fio, bem como centralizados no mesmo controle, ou em uma tela touch screen ou em computador.

3.3 Coeficiente de Performance (COP)

O Coeficiente de performance (COP) é o fator que indica o rendimento do equipamento de refrigeração, é o produto da relação entre a capacidade de refrigeração do mesmo e a potência de trabalho do aparelho, em W (watts). O resultado é um valor adimensional. Quanto maior o COP, maior será o rendimento do equipamento e o seu consumo de energia (PROCEL EPP, 2011).

$$COP = \frac{\text{Capacidade de refrigeração (W)}}{\text{Potência de Trabalho (W)}} \quad (1)$$

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo tem como objeto um edifício comercial de quatro andares com 2000 m², localizado no centro da cidade de Manaus-AM, o funcionamento deste edifício é de 12 horas de segunda a sábado. O edifício comercial usado para escritórios e salas comerciais, possui em cada andar 12 salas, sendo uma sala usada para sala de máquinas, e o primeiro somente com 5 salas, atendendo em média 120 pessoas, o sistema atual utilizado é a água gelada da YORK com capacidade 125 TR (Tonelada de Refrigerante).

A metodologia utilizada para os cálculos de carga térmica dos ambientes do edifício comercial foi baseada na ABNT NBR 16401-1: 2008- Instalações de Ar-Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Projetos das instalações.

Para o sistema CHILLER de 125 TR foram utilizados os manuais técnicos do fabricante YORK YLAA AIR-COOLED SCROLL CHILLER (2017), três bombas modelo WEGW22, 12 FAN COIL de 13,5 cv em cada motor, e a planilha de cálculo simplificado de carga térmica do prof. Dr. Luiz Carlos Martinelli Junior. Para definir o sistema VRF, utilizou-se o catálogo técnico de sistemas VRF da Marca Hitachi linha SET FREE Σ (2017).

4.1 CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA

Os Edifícios são construídos de forma a proporcionar um ambiente interno seguro e confortável, independentemente das condições externas, um projeto pode ser considerado satisfatório se propiciar a manutenção condições internas favoráveis e econômicas e essas características influenciam diretamente na capacidade do equipamento e na energia necessária para sua operação, entretanto, as condições externas de temperatura e humidade podem variar ultrapassando a capacidade de adaptação do corpo, exigindo assim um controle das condições internas de modo a proporcionar um ambiente sadio e confortável. A carga térmica é a denominação de conjunto de efeitos quando atuando no ar de um determinado recinto, elevam sua temperatura e umidade no caso de verão, ou as reduzem no caso de inverno CRUZ (2004).

Para o cálculo de carga térmica utilizou-se a planilha de cálculo simplificado de carga térmica do Prof. Dr. Martinelli para fazer o dimensionamento de carga térmica para cada andar. Esta planilha é baseada em certos parâmetros que influenciam no conforto térmico do ambiente, tais como: janelas de insolação, janelas de transmissão, paredes externas e internas, portas ou vãos para áreas não condicionadas, teto, piso, número de pessoas, e fontes de calor

emitidas através de aparelhos. Estes parâmetros são inseridos na planilha e multiplicados de acordo com o fator indicado, a partir de então, todos os valores são somados e multiplicados pelo fator geográfico referente à cidade de Manaus, e é obtida a carga térmica total.

De acordo com o gráfico 1, o terceiro andar é o que tem maior carga térmica, por ser o último andar, e receber insolação direta. O primeiro e o segundo andar, por estarem entre andares, e por serem projetados com o mesmo número de salas e mesma atividade, têm os valores de carga térmicas semelhantes. No térreo estão localizadas quatro lojas que exercem atividades diferentes.

4.2 Tarifa de Energia Elétrica

Os dados da tarifa de energia elétrica foram fornecidos pela concessionária de energia baseada na resolução ANEEL: 2.337 de 31/10/2017, com vigência de 01/11/2017 a 31/10/2018. Considerou-se para os cálculos o valor de R\$ 0,64 (sessenta e quatro centavos de real), em rede de alta tensão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo o quadro 1, Carga térmica dos andares do prédio, o mesmo está subdimensionado, pois o CHILLER de 125 TR não atende às necessidades do edifício durante o funcionamento de 12 horas, pode-se observar que o aumento do consumo de energia elétrica é maior, devido os diversos componentes e elementos que acompanham o CHILLER durante o funcionamento do local.

5.1 Consumo de Energia Elétrica

Após o cálculo da planilha, realizou-se o cálculo de consumo de energia elétrica, de acordo com a equação:

$$\text{Consumo} = \text{Potência (kW)} * h * \text{mês} = 386,76 * 12 * 20 = 92.822,4 \text{ kWh/mês} \quad (2)$$

Sendo a potência total do sistema, a quantidades de horas trabalhadas e os dias do mês. A potência do sistema foi obtida através da potência dos compressores, cada um com 27,5 TR. O funcionamento do edifício foi considerado de 6 horas da manhã até 18 horas da tarde, de segunda a sábado, o horário comercial da cidade de Manaus.

Multiplicando o valor do consumo de energia pela tarifa da concessionária de energia, temos o consumo mensal em reais:

$$\text{Custo mensal} = \text{Consumo} * \text{tarifa} = 92.822,4 * 0,64 = R\$59.406,33 \quad (3)$$

Para suprir a carga térmica exigida, de acordo com o catálogo do fornecedor, utilizaremos uma combinação de 3 VRF, sendo que 2 são da marca Hitachi modelo RAS24FSNS(5/7)B – 66 HP de capacidade de resfriamento 184 kW e COP de 3,77, e 1 da mesma marca modelo RAS22FSNS(5/7)B – 44 HP de capacidade de resfriamento 122 kW e COP de 3,71.

Segundo o catálogo técnico, o sistema VRF gera uma economia de aproximadamente 39% em relação a sistemas de ar-condicionado convencionais, além de alcançar alta eficiência energética, por causa do melhor desempenho do compressor e otimização do sistema do ciclo refrigerante.

$$\text{Consumo} = \text{Potência (kW)} * h * \text{mês} = 131,243 * 12 * 20 = 31,498,32 \text{ kWh/mês} \quad (4)$$

$$\text{Custo mensal} = \text{Consumo} * \text{tarifa} = 31.498,32 * 0,64 = R\$20.158,92 \quad (5)$$

5.2 Comparação dos Sistemas CHILLER a água gelada e VRF

As vantagens do CHILLER são:

- A facilidade de distribuição, uma vez que os FAN COILS estão dispostos pela edificação nos andares, e através deles o ar frio é transmitido aos ambientes, por meio de dutos;
- A disposição dos FAN COILS na edificação e a sua quantidade, o que torna flexível a localização da central de água gelada;
- Possui um espaço menor para construção;
- Possui maior tempo de vida útil e pouca manutenção, pois não há outros componentes móveis a não ser as bombas hidráulicas;

Porém, as desvantagens são:

- O maior consumo energético por causa dos componentes como bombas, FAN COILS entre outros;

- A manutenção do sistema, por ser especializada, é muito mais cara;
- Os circuitos de água gelada precisam de altas vazões de água para fazer a transferência de calor;
- O consumo de água é muito maior, devido a evaporação na torre de resfriamento;
- Por ser um sistema complexo, os operadores devem ser especializados;
- A dificuldade de controlar a temperatura dos FAN COILS.

Vantagens do VRF

- O sistema, por não possuir muitos componentes extras que consomem mais energia, como o caso do CHILLER, tem menor consumo de energia;
- A vazão de fluido refrigerante varia em cada evaporador de acordo com a demanda do ambiente;
- O compressor está na unidade externa e se adapta a carga, além de possuir controle de capacidade, o que economiza energia;
- Os compressores têm poucas partes móveis e baixo nível de ruído e vibração
- Os compressores são geometricamente construídos para evitar vazamentos de fluidos;
- É um sistema que se adapta a qualquer mudança na estrutura, por exemplo, na expansão do edifício e mudanças na arquitetura, pois as unidades são articuladas e expostas;
- O VRF é um sistema de expansão direta, com menos equipamentos e requer menos manutenção;

Desvantagens do VRF

- Vida útil menor que a do CHILLER
- Requer softwares específicos do fabricante e possui eletrônica mais sofisticada, necessitando de operadores com treinamento específico;
- O VRF precisa de sistema de ar exterior auxiliar, com custos adicionais à instalação;
- As linhas de fluido refrigerante devem estar conectadas às unidades internas e respectivos evaporadores, com maior probabilidade de vazamento de fluido;
- Como as unidades internas produzem água condensada, e por ser um sistema de muitas evaporadoras, é necessário um sistema de drenagem dessa água;
- O óleo dos compressores se acumula, por isso necessita parar para recolher o excesso.

Conforme apresentado, fica claro que o sistema de VRF é muito mais vantajoso, devido o sistema utilizar menos equipamentos e ser mais produtivo o que faz com que exista uma redução no consumo de energia elétrica trazendo para os empreendedores do local um custo/benefício e um conforto térmico para seus clientes e funcionários.

6. CONCLUSÃO

Portanto, os resultados encontrados através da carga térmica nos mostraram no quadro 1, para atender a necessidade do prédio comercial em relação ao processo de resfriamento do mesmo. Há somente a necessidade de implantar um sistema de VRF, como foi apresentado no quadro 3, pois além de ser um sistema de expansão ele traz um custo /benefício principalmente na redução de consumo de energia elétrica e nas manutenções preventivas e corretivas, objetivando o conforto térmico dos funcionários e clientes e diminuição dos aspectos ambientais dos resíduos gerados minimizando os impactos ambientais tais, como no equipamento que está sendo apresentado neste artigo. Conforme análise do processo, identificamos que o sistema de água que é fornecido ao chiller tem o poder de capacidade maior do que um produto de ar condicionado convencional. Tendo em vista que o custo/benefício tem um retorno positivo ao proprietário, tais como as normas que regem o sistema de ar condicionado exemplo “Renovação de ar em sistema climatizado”

A escolha por um sistema de VRF pode apresentar elevados custos iniciais, porém a economia de energia elétrica será garantida pela maior eficiência do equipamento e pela maior facilidade de acesso aos equipamentos durante operação e manutenção. Sabe-se que equipamentos individuais são mais suscetíveis a limpeza, manutenção e controle de acionamento.

REFERÊNCIAS

Ar condicionado: guia prático sobre sistemas de água gelada / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudança do Clima e Florestas, Departamento de Monitoramento, Apoio e Fomento de Ações em Mudança do Clima. – Brasília, DF: MMA, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16401/2008. **Instalações de Ar-Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários**. Rio de Janeiro, 2008.

CAMPANHOLA, F. P.; MICHELS, A.; MARTINS, G. M. **Avaliação de sistemas de condicionamento de ar para salas de prédio público**. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, 2014.

CAROTENUTO, A. R.; **Análise do desempenho termoenergético de um prédio histórico de elevada inércia térmica**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

CHAVES, F. A. **Estudo e Projeto de Climatização da Escola Estadual Professor Roberto dos Santos Vieira**. 2017. 64 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual do Amazonas, Manaus, 2017.

CHUMIOQUE, J, J, R. **Simulação de um sistema de refrigeração com termoacumulação operando em regime transiente**. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro PUC, Departamento de Engenharia Mecânica. Rio de Janeiro, 2004.

CORRÊA, B. W. **Análise da Viabilidade Técnica de Instalação de um Sistema de Condicionamento de Ar com Variação de Fluxo de Refrigerante (VRF/VRV) para uma Unidade da Universidade Federal do Rio de Janeiro na cidade de Macaé**. 2013. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica DEM / POLI / UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.

DA ROSA, F. A. **Estudo Comparativo Entre Sistemas de Climatização em um Teatro Através de Simulação Computacional**. 2015. 15 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

DOSSAT, ROY J. **Princípios de Refrigeração**. Hemus, 2004.

Fujimori, N.A.S., **Dimensionamento do sistema de água gelada e vapor da área de utilidades de uma fábrica de sucos**. 2018. 70p. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

HITACHI, “Catálogo técnico, Sistemas VRF Hitachi SET FREE Σ”, emissão agosto 2017.

LINS, Júlia Naves; CAIAFA, Vanessa de Souza Lima. **Desenvolvimento de uma metodologia para aplicação de retrofit em sistema de água gelada**. 2016.

MARTINELLI. **Carga Térmica: Planilha de Cálculo Simplificado**. Disponível em: <http://www.martinelli.eng.br/ebooks.htm>. Acesso em: Novembro, 2018.

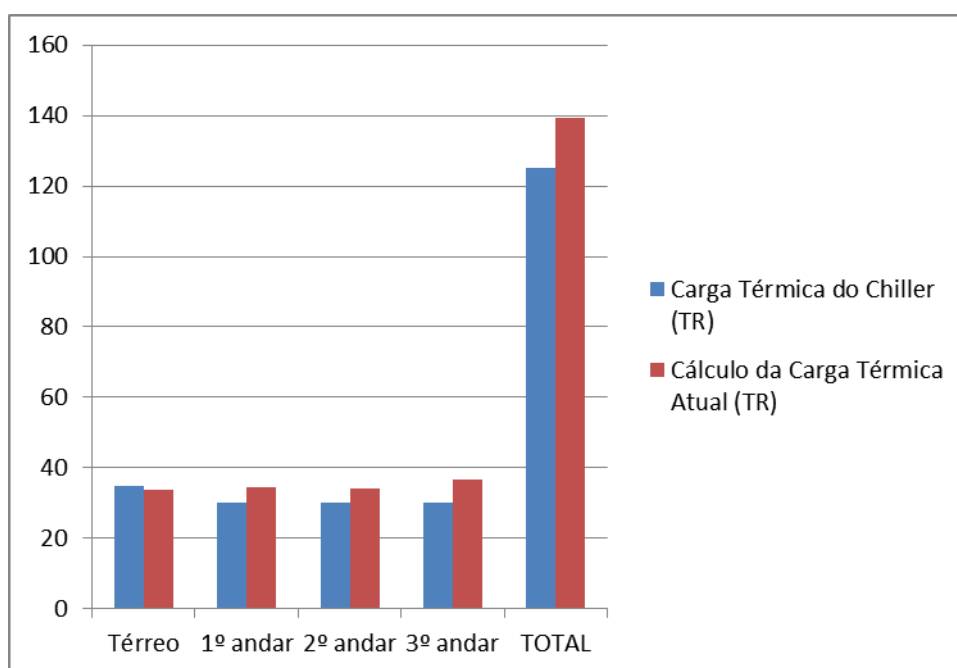
SOUZA, W. B. **Comparação entre Dois Sistemas de Ar Condicionado para Prédio Histórico**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, 2010.

YORK, “**Catálogo técnico, MODEL YLAA AIR-COOLED SCROLL CHILLERS WITH BRAZED PLATE HEAT EXCHANGERS STYLE B**”, emissão fevereiro 2017.

ANEXOS

Andar	Carga Térmica do Chiller (TR)	Cálculo da Carga Térmica Atual (TR)
Térreo	35	33,76
1º andar	30	34,64
2º andar	30	34,31
3º andar	30	36,53
TOTAL	125	139,24

Fonte: **As autoras**. Quadro 1: Carga Térmica dos andares do prédio.



Fonte: **As autoras**. Gráfico 1 – Carga Térmica

 Eletrobras Distribuição Amazonas				Tarifas de energia elétrica do Grupo "A" Resolução ANEEL: 2.337 de 31/10/2017 Vigência: 01/11/2017 a 31/10/2018						
BANDEIRA VERDE										
				Ponta		Fora Ponta		Desconto (%)		
A3 69 KV HORÁRIA AZUL Alta Tensão	Industrial / Comercial	Consumo	kWh	0,648413 * 0,486310	0,446026 * 0,334520	-				
		Demanda	kW	17,706666 * 13,280000	19,133333 * 14,350000					
	Serviço Público	Consumo	kWh	0,551151 * 0,413363	0,379122 * 0,284342	15				
		Demanda	kW	15,050666 * 11,288000	16,263333 * 12,197500					
	Poder Público	Consumo	kWh	0,648413 * 0,486310	0,446026 * 0,334520	-				
		Demanda	kW	17,706666 * 13,280000	19,133333 * 14,350000					
	* tarifa sem tributos									
	Tributos que compõem as tarifas:				PIS/PASEP: 0% ; COFINS 0% ; e ICMS: 25%					

Fonte: Tarifas – Eletrobrás Distribuição Amazonas - Amazonas Energia. 2017-2018