

**UNIVERSIDADE IGUAÇU
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

FABRICIO SOUTO CAMPOS DA SILVA

**AVALIAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO VRF E ÁGUA GELADA PARA UM CENTRO DE
DISTRIBUIÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE CIGARROS**

NOVA IGUAÇU - RJ

2020

FABRICIO SOUTO CAMPOS DA SILVA

**AVALIAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO VRF E ÁGUA GELADA
PARA UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE CIGARROS**

Monografia submetida ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade Iguaçu - UNIG, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.
Orientador: Prof. M.: Nelson Rodrigues Braga júnior

Nova Iguaçu - RJ

2020

S586a Silva, Fabricio Souto Campos da.

Avaliação entre os sistemas de refrigeração VRF e água gelada para um centro de distribuição de uma indústria de cigarros / Fabricio Souto Campos da Silva. - 2020.

131f. : il.

Graduação (Engenharia Mecânica). Universidade Iguaçu, Nova Iguaçu, 2020.

Bibliografia: f.: 83-84.

· 1. Refrigeração. 2. Evaporador. 3. Condensador.
4. Variable Refrigerant Flow (VRF). 5. Chiller. I. Título.

CDD 621.56

Fabricio Souto Campos da Silva

**AVALIAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO VRF E ÁGUA GELADA
PARA UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE CIGARROS**

Monografia submetida à Coordenação do
Curso de Engenharia Mecânica, da
Universidade Iguaçu - UNIG, com
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Data de aprovação: 25/06 /2020.

Banca Examinadora:

Presidente:

Professor M. Erick de Souza Marouço

Universidade Iguaçu – UNIG

1º. Examinador:

Professor Orientador M. Nelson Rodrigues Braga Junior

Universidade Iguaçu – UNIG

2º. Examinador:

Professor M. Jorge João Ferreira de Souza Junior

Universidade Iguaçu – UNIG

Dedicatória

Dedico esse trabalho aos meus familiares, principalmente meus pais, a minha noiva que também me apoiou e aos amigos que me deram apoio em todas as escolhas, e por sempre estarem ao meu lado, mesmo quando pensei em desistir, me incentivaram e me ajudaram a continuar.

Agradecimento

Primeiramente agradeço a Deus porque se não fosse a mão dele me sustentando até o fim eu não conseguiria, dedico esse trabalho e agradeço aos meus familiares que me incentivaram, motivaram e sempre me apoiaram em meio a tantas dificuldades e a não desistir, aos meus amigos que compartilharam comigo esses anos de graduação e me ajudavam quando pensei em desistir, proporcionando assim foco e garra na construção de toda minha trajetória na faculdade.

Agradeço aos meus professores e orientador pela paciência e pelos ensinamentos ao longo de todo o curso, onde aprendi muito e foi fundamental na minha formação profissional.

E não posso esquecer de agradecer também a minha noiva, que sempre me apoiou e se manteve ao meu lado nos momentos onde mais precisei.

RESUMO

Este projeto tem como objetivo, elaborar a implantação do sistema de climatização em um Centro de Distribuição de Cigarros com base na escolha de dois equipamentos bastante utilizados no mercado atualmente, o Sistema VRF (Variable Refrigerant Flow) e o Sistema Central Água Gelada (Chiller). Esta edificação está situada em uma região de clima quente no Rio de Janeiro e não possui um sistema capaz de climatizar os ambientes administrativos da edificação. Com isso, a execução do projeto se dá com o principal intuito de trazer um ambiente com melhor conforto térmico para os colaboradores desta empresa, melhorando assim o local de trabalho e a forma de se trabalhar. Para a resolução do projeto, além da realização de uma revisão bibliográfica com os principais fundamentos da refrigeração e ar condicionado, coletando maiores informações sobre o assunto, principalmente as informações necessárias para o cálculo de carga térmica que foi idealizado para cada ambiente, foi também utilizado um software chamado Energyplus, projetado especialmente para análises termoenergéticas de edificações. Foram utilizados os cálculos no sistema do Energyplus com base em todo o material disponibilizado pela ABNT NBR 16401 e 6401, além do auxílio do ASHRAE Handbook e entre outras fontes de normatização referência. Com base em todas as considerações realizadas ao longo do projeto, obtiveram-se todas as cargas térmicas das áreas em estudo da edificação o mais próximo e possível da realidade. Ao término do projeto, foi indicado o sistema, dentre os dois estudados, o que mais obteve qualidade e custo-benefício a partir de sua performance e eficiência, destacando através da realização de uma análise de tempo de retorno de investimento o sistema VRF como o sistema de maior potencial a ser escolhido.

Palavras-Chaves: Refrigeração; Evaporador; Condensador; VRF; Chiller.

ABSTRACT

This project aims to elaborate the implementation of the air conditioning system in a Cigarette Distribution Center based on the choice of two equipment widely used in the market today, the VRF (Variable Refrigerant Flow) System and the Central Cold Water System (Chiller). This building is located in a warm climate region in Rio de Janeiro and does not have a system capable of air conditioning the building's administrative environments. With this, the execution of the project takes place with the main intention of bringing an environment with better thermal comfort for the employees of this company, thus improving the workplace and the way of working. For the resolution of the project, in addition to conducting a bibliographic review with the main fundamentals of refrigeration and air conditioning, collecting more information on the subject, especially the information necessary for calculating the thermal load that was designed for each environment, it was also used a software called Energyplus, specially designed for thermoenergetic analysis of buildings. Calculations were used in the Energyplus system based on all the material made available by ABNT NBR 16401 and 6401, in addition to the assistance of ASHRAE and among other sources of reference standards. Based on all the considerations made during the project, all thermal loads of the areas under study of the building were obtained as close and as possible to reality. At the end of the project, it was indicated the system, among the two studied, which obtained the most quality and cost-benefit from its performance and efficiency, highlighting, through an analysis of payback, the VRF system as the system with the greatest potential to be chosen.

Keyword: Refrigeration; Evaporator; Condenser; VRF; Chiller.

LISTA DE SIGLAS

m: Metro;

m^2 : Metro Quadrado;

w: Watts;

U: Condutividade térmica do material por unidade de comprimento e unidade de área kcal/h.m². °C;(coeficiente global de transmissão de calor);

TBS: Temperatura de Bulbo Seco;

TBU: Temperatura de Bulbo Úmido;

T: Temperatura

ΔT_e : Diferença de temperatura

T_e : Temperatura do ambiente externo;

T_i : Temperatura do ambiente interno;

T_{sup} : Temperatura suprida pelo sistema;

T_z : Temperatura da zona;

C_z : Capacidade térmica da zona

C_p : Calor Específico do ar na zona;

m : Vazão massica

UE1: Umidade Absoluta da Zona Externa;

UE2: Umidade Absoluta da Zona Interna;

m^3/h : Metros Cúbicos por Hora;

l/s: Litros por Segundo;

TR: Tonelada de Refrigeração;

BTU: British Thermal Unit ("unidade térmica britânica");

MBH: Mil BTUs Hora;

TSA: Temperatura de saída da água

VRF: Variable Refrigerant Flow

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Dados climáticos de projeto | 47 |
| Tabela 2 - Materiais e suas propriedades térmicas | 48 |
| Tabela 3 - Materiais e suas propriedades térmicas | 49 |
| Tabela 4 - Material e suas propriedades térmicas | 49 |
| Tabela 5 - Material e suas propriedades térmicas | 49 |
| Tabela 6 - Materiais e suas propriedades térmicas | 49 |
| Tabela 7 - Material e sua propriedade térmica | 49 |
| Tabela 8 - Informações de ocupação e dissipação do 1º Pavimento | 54 |
| Tabela 9 - Informações de ocupação e dissipação do 2º Pavimento | 55 |
| Tabela 10 - Dissipação Térmica total de cada zona térmica | 56 |
| Tabela 11 - Vazão de Infiltração | 57 |
| Tabela 12 - Carga Sensível para escolha das Evaporadoras em cada Zona Térmica | |
| 60 | |
| Tabela 13–Complemento da tabela 12 – Umidade e Temperatura | 61 |
| Tabela 14 - Dimensionamento Total para escolha dos equipamentos 1º PAV | 62 |
| Tabela 15 - Dimensionamento Total para escolha dos equipamentos 2º PAV | 63 |
| Tabela 16 - Escolha das máquinas 1ºPAV. | 65 |
| Tabela 17 - Escolha das máquinas 2ºPAV | 65 |
| Tabela 18 - Escolha dos Evaporadores do sistema de água gelada 1º Pavimento | 67 |
| Tabela 19 - Escolha das Evaporadores do sistema de água gelada 2º Pavimento | 68 |
| Tabela 20 - Escolha das Unidades Externas para o 1º Pavimento | 69 |

| | |
|---|----|
| Tabela 21 - Escolha das Unidades Externas para o 2º Pavimento | 70 |
| Tabela 22 - Escolha das Unidades Externas para o 1º Pavimento | 72 |
| Tabela 23 - Escolha das Unidades Externas para o 2º Pavimento | 73 |
| Tabela 24 - Orçamento Sistema VRF 1º Pavimento | 74 |
| Tabela 25 - Orçamento Sistema VRF 2º Pavimento | 75 |
| Tabela 26 - Orçamento total sistema VRF | 75 |
| Tabela 27 - Orçamento Sistema Água Gelada 1º Pavimento | 76 |
| Tabela 28 - Orçamento Sistema Água Gelada 2º Pavimento | 77 |
| Tabela 29 - Orçamento total sistema central água gelada | 77 |
| Tabela 30 - Tarifas Light | 80 |
| Tabela 31 - Investimento x Retorno | 81 |
| Tabela 32 - Taxas de calor liberadas por pessoas | 85 |
| Tabela 33 - Valores para ocupação dos recintos | 86 |
| Tabela 34 - Taxas de calor quanto a Equipamentos Elétricos diversos | 86 |
| Tabela 35 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos | 87 |
| Tabela 36 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos | 87 |
| Tabela 37 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos | 88 |
| Tabela 38 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos | 88 |
| Tabela 39 - Taxas típicas de dissipação de calor pela iluminação | 89 |
| Tabela 40 - Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação | 90 |
| Tabela 41 - Absortância para radiação solar e emissividade | 91 |
| Tabela 42 - Propriedades térmicas dos materiais | 91 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 43 - Propriedades térmicas dos materiais (Continuação) | 92 |
| Tabela 44 - Infiltração de ar | 92 |
| Tabela 45 - Infiltração de ar (continuação) | 93 |
| Tabela 46 - Cargas Equipamentos Sala Elétrica | 100 |
| Tabela 47 - Cargas Equipamentos CPD | 100 |
| Tabela 48 - Cargas Equipamentos Staff Adm | 101 |
| Tabela 49 - Cargas Equipamentos Refeitório | 101 |
| Tabela 50 - Cargas Equipamentos Sala de Reunião | 101 |
| Tabela 51 - Cargas Equipamentos Recepção | 101 |
| Tabela 52 - Cargas Equipamentos Sala CCC | 102 |
| Tabela 53 - Cargas Equipamentos Sala DSC | 102 |
| Tabela 54 - Cargas Equipamentos Convivência | 102 |
| Tabela 55 - Cargas Equipamentos DSC 2 | 102 |
| Tabela 56 - Cargas Equipamentos Monitoramento 2 | 103 |
| Tabela 57 - Cargas Equipamentos Distribuição | 103 |
| Tabela 58 - Cargas Equipamentos Sala Médica 1 | 104 |
| Tabela 59 - Cargas Equipamentos Sala Médica 2 | 104 |
| Tabela 60 - Demanda de pico Sala de Convivência | 105 |
| Tabela 61 - Condições de pico para refrigeração da Sala de Convivência | 105 |
| Tabela 62 - Demanda de pico do Corredor | 106 |
| Tabela 63 - Condições de pico para refrigeração do Corredor | 106 |
| Tabela 64 - Demanda de pico do CPD CCC | 107 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 65 - Condições de pico para refrigeração do CPD CCC | 107 |
| Tabela 66 - Demanda de pico do CPD | 108 |
| Tabela 67 - Condições de pico para refrigeração do CPD | 108 |
| Tabela 68 - Demanda de pico da Sala DB | 109 |
| Tabela 69 - Condições de pico para refrigeração da Sala DB | 109 |
| Tabela 70 - Demanda de pico da Sala DC | 110 |
| Tabela 71 - Condições de pico para refrigeração da Sala DC | 110 |
| Tabela 72 - Demanda de pico da Sala DS | 111 |
| Tabela 73 - Condições de pico para refrigeração da Sala DS | 111 |
| Tabela 74 - Demanda de pico da Sala Derby | 112 |
| Tabela 75 - Condições de pico para refrigeração da Sala Derby | 112 |
| Tabela 76 - Demanda de pico da Área de Descanso | 113 |
| Tabela 77 - Condições de pico para refrigeração da Área de Descanso | 113 |
| Tabela 78 - Demanda de pico da Sala da Distribuição | 114 |
| Tabela 79 - Condições de pico para refrigeração da Sala da Distribuição | 114 |
| Tabela 80 - Demanda de pico do DSC | 115 |
| Tabela 81 - Condições de pico para refrigeração do DSC | 115 |
| Tabela 82 - Demanda de pico da Área da Escada | 116 |
| Tabela 83 - Condições de pico para refrigeração da Área da Escada | 116 |
| Tabela 84 - Demanda de pico da Sala Hollywood | 117 |
| Tabela 85 - Condições de pico para refrigeração da Sala Hollywood | 117 |
| Tabela 86 - Demanda de pico da Sala Kent | 118 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 87 - Condições de pico para refrigeração da Sala Kent | 118 |
| Tabela 88 - Demanda de pico Sala Lucky | 119 |
| Tabela 89 - Condições de pico para refrigeração da Sala Lucky | 119 |
| Tabela 90 - Demanda de pico da Sala Médica | 120 |
| Tabela 91 - Condições de pico para refrigeração da Sala Médica | 120 |
| Tabela 92 - Demanda de pico da Sala Minister | 121 |
| Tabela 93 - Condições de pico para refrigeração da Sala Minister | 121 |
| Tabela 94 - Demanda de pico da Sala de Monitoramento | 122 |
| Tabela 95 - Condições de pico para refrigeração da Sala de Monitoramento | 122 |
| Tabela 96 - Demanda de pico da Recepção | 123 |
| Tabela 97 - Condições de pico para refrigeração da Recepção | 123 |
| Tabela 98 - Demanda de pico do Refeitório | 124 |
| Tabela 99 - Condições de pico para refrigeração do Refeitório | 124 |
| Tabela 100 - Demanda de pico da CCC | 125 |
| Tabela 101 - Condições de pico para refrigeração da CCC | 125 |
| Tabela 102 - Demanda de pico da Sala Elétrica | 126 |
| Tabela 103 - Condições de pico para refrigeração da Sala Elétrica | 126 |
| Tabela 104 - Demanda de pico do Staff ADM | 127 |
| Tabela 105 - Condições de pico para refrigeração do Staff ADM | 127 |
| Tabela 106 - Demanda de pico da Sala Telepresence | 128 |
| Tabela 107 - Condições de pico para refrigeração da Sala Telepresence | 128 |
| Tabela 108 - Demanda de pico da Sala de Vendas | 129 |

Tabela 109 - Condições de pico para refrigeração da Sala de Vendas

129

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Equipamento de refrigeração de Jacob Perkins | 26 |
| Figura 2 - Equipamento de Refrigeração de James Harrison | 26 |
| Figura 3 - Tipo de Transferência de calor | 28 |
| Figura 4 - Carta Psicométrica Área Externa | 30 |
| Figura 5 - Carta Psicométrica Área Interna (Zonas Térmicas) | 31 |
| Figura 6 - Vista em corte de um compressor | 32 |
| Figura 7 - Condensador carcaça e tubo. | 33 |
| Figura 8 - Evaporador de serpentina aletada | 34 |
| Figura 9 - Ilustração Sistema VRF | 36 |
| Figura 10 - Sistema com Chiller de condensação a água. | 37 |
| Figura 11 - Sistema com Chiller de condensação a ar. | 37 |
| Figura 12 - Centro de Distribuição - Modelagem x Vista Real | 41 |
| Figura 13 - Planta Baixa 1º Pavimento | 42 |
| Figura 14 - Planta Baixa 2º Pavimento | 42 |
| Figura 15 - Modelagem Edifício | 44 |
| Figura 16 - Interface OpenStudio | 45 |
| Figura 17 - Temperatura Máxima de Bulbo seco | 47 |
| Figura 18–Ganhos de calor para o cálculo de refrigeração. | 48 |
| Figura 19 - Posição nascer do sol próximo das 07H | 50 |
| Figura 20 - Posição Pôr de Sol próximo das 18H | 50 |
| Figura 21 - Balanço de calor | 53 |

| | |
|--|-----|
| Figura 22 - Entalpia sensível e latente | 59 |
| Figura 23 - Catálogo de Unidades internas (Evaporadores) | 64 |
| Figura 24 - Fan Coil Wave FL | 66 |
| Figura 25 - Fancolete HFCF | 66 |
| Figura 26 - Representação dos equipamentos externos | 69 |
| Figura 27 - Representação Chiller a ar Trane modelo CGAD | 71 |
| Figura 28 - Especificações Evaporadores Trane | 93 |
| Figura 29 - Especificações Evaporadores Trane | 94 |
| Figura 30 - Especificações Evaporadores Trane | 94 |
| Figura 31 - Especificações Evaporadores Trane | 95 |
| Figura 32 - Especificações Evaporadores Trane | 95 |
| Figura 33 - Especificações Evaporadores Trane | 96 |
| Figura 34 - Especificações Condensadora VRF | 96 |
| Figura 35 - Especificações FanCoilWave FL | 97 |
| Figura 36 - Especificações Fancolete HFCF | 97 |
| Figura 37 - Especificações Fancolete HFCF | 98 |
| Figura 38 - Especificações Fancolete HFCF | 98 |
| Figura 39 - Especificações Fancolete HFCF | 98 |
| Figura 40 - Especificações Chiller Modelo CGAM | 99 |
| Figura 41 - Especificações Chiller Modelo CGAD | 99 |
| Figura 42 - Dados de Performance Chiller CGAD | 100 |
| Figura 43 - Cargas Equipamentos Salas DC/DS/DB | 104 |

Figura 44 - Contato com o fabricante Trane para orçamento do sistema VRF 130

Figura 45 - Contato com o fabricante Trane para orçamento Sistema água gelada 131

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise de Eficiência Energética entre os Sistemas de Refrigeração 80

Gráfico 2 - Payback do sistema VRF 82

SUMÁRIO

| | | |
|---------------|---|-----------|
| 1. | JUSTIFICATIVA | 20 |
| 2. | INTRODUÇÃO | 21 |
| 3. | METODOLOGIA | 23 |
| 4. | OBJETIVOS | 24 |
| 4.1. | OBJETIVO GERAL | 24 |
| 4.2. | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 24 |
| 5. | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 25 |
| 5.1. | ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO | 25 |
| 5.2. | CONCEITOS FUNDAMENTAIS SOBRE REFRIGERAÇÃO | 27 |
| 5.2.1. | Psicrometria | 28 |
| 5.2.1.1. | Carta Psicrométrica | 30 |
| 5.3. | SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO ABORDADOS | 31 |
| 5.3.1. | Equipamentos De Refrigeração | 31 |
| 5.3.2 | Sistemas de refrigeração abordados | 34 |
| 5.4. | VISÃO SOBRE GERENCIAMENTO DE PROJETO | 38 |
| 6. | DESENVOLVIMENTO | 40 |
| 6.1. | CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO | 40 |
| 6.1.1. | IDENTIFICAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO | 40 |
| 6.2. | ESTRUTURA DA EMPRESA | 41 |
| 6.3. | PROJETO DE DIMENSIONAMENTO | 43 |
| 6.3.1. | Programas De Simulação | 43 |
| 6.3.2. | Dados De Entrada Para O Cálculo De Carga Térmica | 45 |
| 6.3.2.1. | Arquivo Climático | 46 |
| 6.3.2.2. | Cargas Internas | 47 |

| | | |
|---|--------------------------------|------------|
| 6.3.2.3. | Vazão de Insuflamento | 59 |
| 7. | RESULTADOS E ANÁLISES | 62 |
| 7.1. | ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS | 63 |
| 7.1.1. | Unidades Internas | 63 |
| 7.1.2. | Unidades Externas | 68 |
| 7.2. | ORÇAMENTO | 73 |
| 7.3. | ANÁLISE COMPARATIVA E FACTÍVEL | 78 |
| 8. | CONCLUSÃO | 81 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 83 |
| APÊNDICE A – TABELAS ABNT NBR | | 85 |
| APÊNDICE B – CATÁLOGO TRANE UNIDADES INTERNAS E EXTERNAS | | 93 |
| APÊNDICE C – CARGAS DEVIDO EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS | | 100 |
| APÊNDICE D – DIMENSIONAMENTO TÉRMICO TOTAL POR ZONA | | 104 |
| APÊNDICE E – CONTATO COM o FORNECEDOR PARA ORÇAMENTOS | | 130 |
| 1. JUSTIFICATIVA | | |

Essa pesquisa tende a provar e justificar através dos procedimentos descritos pela norma ABNT NBR 16401 a real importância de um projeto de refrigeração antes da implementação de tal sistema em um determinado lugar, seja ele uma Indústria, um comércio ou até mesmo uma residência.

Diversos fatores devem ser estudados antes de qualquer tomada de decisão. Pontos importantes como a área, ambiente, número de pessoas, localização quanto a posição do sol entre outros fatores são levados em consideração dentro de um projeto de refrigeração.

Para tanto, as organizações precisam investir em um projeto ideal e adequado quanto sua estrutura, almejando sempre o melhor para economia da empresa, pois realizar a aquisição e a implementação de um sistema de refrigeração não é algo tão simples como parece. Gastos alarmantes podem vir a acontecer durante a fase de implementação, durante o uso e até mesmo em sua operação e manutenção. Com isso a importância de um projeto bem estruturado em cima da implementação de tal equipamento em um determinado ambiente é, de fato, crucial para qualquer organização. Gerando assim, através da engenharia, o que chamamos de "saving", que são de certa forma, uma economia gerada quando comparado com os diversos sistemas que podem ser implementados.

2. INTRODUÇÃO

Atualmente, nosso país vem sofrendo com o aumento desenfreado das altas taxas impostas pelas concessionárias de energia elétrica, gerando gastos que afetam diversos ramos, principalmente os de maior consumo elétrico como os comércios e indústrias. De acordo com Rosa (2015), os sistemas de refrigeração e climatização podem chegar a representar um gasto de aproximadamente 50% em uma edificação comercial, quando falamos de consumo elétrico. Gastos que em sua grande maioria dificultam a implementação de um projeto do sistema de refrigeração.

Muitos comércios, indústrias e/ou qualquer edificação a nível comercial estão se preocupando cada vez mais com o conforto térmico de seus colaboradores. Tais organizações utilizam da estratégia de que dispondo um ambiente climatizado, pode-se de fato, melhorar a atenção e qualidade no serviço prestado por seus colaboradores. E por ser, como já mencionado, ambientes comerciais e/ou administrativos são, geralmente, locais com um alto nível de funcionamento, possuindo diversos equipamentos elétricos, luzes e muita troca de calor devido ao grande fluxo de pessoas, gerando um elevado gasto energético. Havendo a necessidade de optar por sistemas mais eficientes dentre os sistemas de refrigeração.

Desta forma, os sistemas de refrigeração em sua totalidade necessitavam de uma adequação mediante os altos consumos energéticos, de modo que atendesse as necessidades do mercado atual com melhores índices de eficiência energética. Tendo a necessidade de criar novos equipamentos com melhores tecnologias, como são os casos dos VRFs e Central de Água Gelada, que são sistemas que possuem os melhores COP - Coeficientes de Desempenho quando comparado a outros sistemas, conforme mencionado por Cordeiro (2018). Todavia, é de suma importância a realização da comparação entre tais sistemas, com a finalidade de escolher o melhor sistema com menores custos energéticos, menores custos de manutenção e melhor desempenho.

A partir do momento em que uma Indústria ou qualquer comércio opta por implementar um sistema de refrigeração em seu ambiente de trabalho, tal entidade se depara com diversos tipos de incógnitas, como por exemplo, qual sistema colocar? determinado sistema atenderá minha necessidade? A manutenção do sistema escolhido é favorável? Tal sistema é o mais econômico em questão de consumo energético?

Para que as diversas perguntas e incógnitas que surgem durante a fase de implementação dos diversos tipos de sistemas sejam sanadas e devidamente respondidas, deve ser realizado previamente o Projeto de implementação do sistema de Refrigeração, de modo que no projeto seja feita a escolha correta do melhor sistema para tal solicitação e tudo dentro dos padrões da norma ABNT NBR 16401.

Através dessas informações, seguindo e tendo como base principal as normas ABNT NBR 16401 e 6401, esta pesquisa busca expor seu objetivo principal que é através do projeto de refrigeração, escolher dentre os principais sistemas no ramo e no atual cenário do país o melhor equipamento que atenda os ambientes de trabalho nas unidades administrativas de um Centro de Distribuição de uma Indústria de Cigarros.

Sendo mais específico o possível, serão realizados a comparação entre os sistemas VRFs e Água gelada (Chiller). Através do entendimento destes dois sistemas, a busca pelas informações como custos da implementação e após este, a sua manutenção, só assim tenderemos a concluir que tal equipamento será o escolhido para o determinado local em estudo.

3. METODOLOGIA

Esse estudo tem por finalidade realizar uma pesquisa aplicada, uma vez que utilizará conhecimento da pesquisa básica para resolver problemas.

Para um melhor tratamento dos objetivos e melhor apreciação desta pesquisa, observou-se que ela é classificada como pesquisa exploratória. Detectou-se também a necessidade da pesquisa bibliográfica no momento em que se fez uso de materiais já elaborados: Normas ABNT, livros, artigos científicos, revistas, documentos eletrônicos e encyclopédias na busca e alocação de conhecimento sobre o projeto de implementação de um sistema de Refrigeração como forma de facilitar a escolha do melhor sistema para o local em estudo, correlacionando tal conhecimento com abordagens já trabalhadas por outros autores.

A pesquisa assume como estudo de caso, sendo explicatória, por sua vez, proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito ou construindo hipóteses sobre ele através de principalmente do levantamento bibliográfico. Por ser um tipo de pesquisa muito específica, quase sempre ela assume a forma de um estudo de caso (GIL, 2008)

Como procedimentos, podemos citar a necessidade de pesquisa Bibliográfica, isso porque faremos uso de material já publicado, constituído principalmente de livros, também entendemos como um procedimento importante o estudo de caso como procedimento técnico. Tem-se como base para o resultado da pesquisa um caso em específico que poderá ser expandido futuramente.

A abordagem do tratamento da coleta de dados do estudo de caso será bibliográfica, uma vez que, a pesquisa bibliográfica implica em que os dados e informações necessárias para realização da pesquisa sejam obtidos a partir do apuramento de autores especializados através de livros, artigos científicos e revistas especializadas, entre outras fontes.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral apontar, através da utilização de um software específico baseado nas normas ABNT NBR 16401 e 6401, como a análise do projeto de implementação de um sistema de refrigeração auxilia ter um bom ambiente de trabalho refrigerado da maneira correta como forma de facilitar a escolha do melhor sistema de Refrigeração para o local em estudo, com a finalidade de estruturar os prós com menores custos devido a escolha correta do melhor sistema de Refrigeração para um Centro de Distribuição de uma indústria de Cigarros.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Verificar toda a estrutura e área a ser refrigerada;
- b) Realizar o cálculo de carga térmica;
- c) Comparar o melhor sistema de refrigeração, tanto economicamente quanto estruturalmente;
- d) Apontar os principais pontos positivos e negativos para cada sistema;
- e) Apresentar como resultado final o sistema ideal para o ambiente estudado.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1. ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO

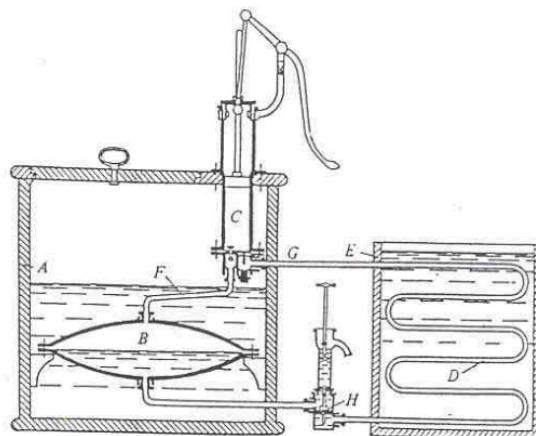
O uso da refrigeração representou um dos mais importantes avanços da civilização moderna. A possibilidade de guardar e distribuir alimentos e de viver e trabalhar em climas adversos deu às atividades humanas perspectivas muito maiores do que aquelas anteriormente possíveis. (Smith, 2003).

De acordo com Corrêa (2009), a prática da refrigeração é algo já usado a muitos anos e foi conseguida inicialmente pelo uso do gelo ou de misturas de sal e neve. Daí por diante diversas práticas e estudos vinculados a melhoria e inovação de um sistema de refrigeração foram iniciados até os primeiros projetos de refrigeração artificial surgirem.

O primeiro método de produção artificial de frio foi demonstrado na Escócia, na Universidade de Glasgow, em 1748, pelo professor William Cullen (1794-1872), que usou uma bomba para obter vácuo em um recipiente contendo éter etílico. O éter entrou em ebulição, absorvendo o calor do ar em sua volta e produzindo certa quantidade de gelo. Seu processo não teve aplicação prática imediata. Quase seis décadas depois, em 1805, o inventor norte americano Oliver Evans (1755-1819) projetou, mas nunca chegou a construir um sistema de refrigeração baseado na compressão de vapor, ao invés de usar soluções químicas e líquidos voláteis (Costa, 2011).

Uma das primeiras descrições que veio a ser realizado de forma completa de um equipamento de refrigeração, operando de maneira cíclica, foi idealizada por Jacob Perkins, em 1834 (British Patent 6662). O trabalho de Perkins não despertou tanto interesse diante da sociedade, pois não foi mencionado ou citado na literatura da época e permaneceu esquecido por aproximadamente 50 anos, até que uma outra pessoa, denominada Bramwell, descreveu o artigo para o *Journal of the Royal Society of Arts* (Costa, 2011). É apresentando na figura 1 abaixo, a representação da máquina criada por Perkins.

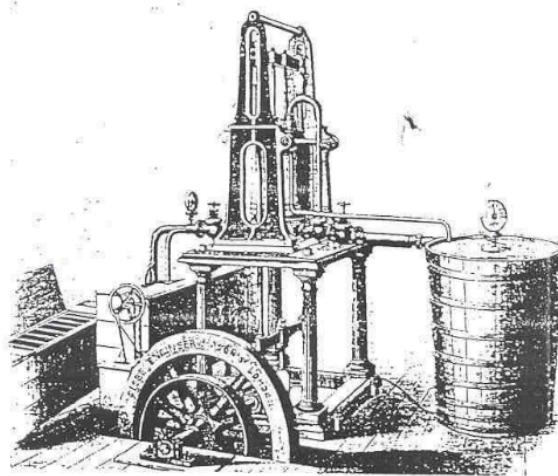
Figura 1 - Equipamento de refrigeração de Jacob Perkins



Fonte: Strobel (2020)

O principal responsável, de fato, por tornar o princípio de refrigeração por compressão mecânica em um equipamento real foi James Harrison (escocês, nascido em 1815 ou 1816). Não se sabe se Harrison conhecia ou não o trabalho de Perkins. Em 1856 e em 1857 obteve, respectivamente, as patentes britânicas 747 e 2362 (Strobel, 2020.) Abaixo, na figura 2, é apresentado o equipamento de James Harrison.

Figura 2 - Equipamento de Refrigeração de James Harrison



Fonte: Strobel (2020)

Em uma exibição internacional em Londres, ocorrida em 1862, o equipamento de Harrison, fabricado por Daniel Siebe, foi apresentado à sociedade daquela época.

Daí em diante, foram desenvolvidos diversos sistemas de produção de frio artificial e também vários tipos de gás refrigerante foram desenvolvidos e usados. Depois de muito esforço perdido em sistemas falidos, a engenharia da refrigeração recebeu uma contribuição decisiva. Devido a descoberta da eletricidade, que ocorreu no começo do século, por Thomas Edison, pode-se presenciar em 1918 o surgimento do primeiro refrigerador automático movido à eletricidade e com um pequeno motor. Quem fabricou o primeiro refrigerador em pequena escala foi Kelvinator Company, dos Estados Unidos. Mas só em 1928 que surgiram os gases refrigerantes fluorados, desenvolvidos por Sr. Thomas Midgely e esta substância demonstrou-se que não era tóxica, a partir daí a indústria de refrigeração desenvolveu-se a todo vapor, onde abrange os mais variados tipos de aplicação (Matos, s.d.).

5.2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS SOBRE REFRIGERAÇÃO

Antes de abordarmos sobre quaisquer tipos de assunto pertinente a esta pesquisa realizada, devemos ter um nível mínimo de entendimento sobre os diversos pontos e conceitos que tangem esta área da Refrigeração, como por exemplo:

- **Refrigeração**

Consiste no processo de retirar calor de um corpo ou espaço para reduzir sua temperatura e transferir este calor para um outro espaço ou corpo (Strobel,2020).

- **Isolamento Térmico**

O espaço refrigerado se encontra a temperatura abaixo do ambiente que o envolve. Para limitar o fluxo de calor para o interior do espaço refrigerado a um mínimo prático, é necessário isolar o espaço refrigerado utilizando um bom isolante térmico (Strobel,2020).

- **Agente Refrigerante**

É o corpo empregado como absorvedor de calor ou agente de resfriamento do espaço refrigerado. Exs.: Gelo, gelo seco (dióxido de carbono) e refrigerantes líquidos (Strobel,2020).

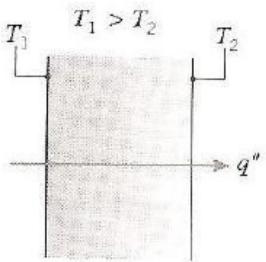
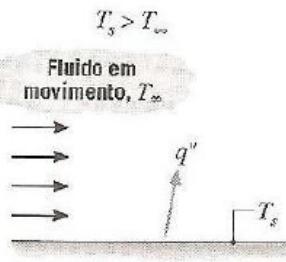
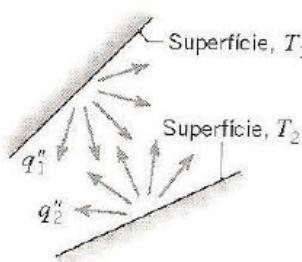
• Calor Latente e Calor Sensível

Calor Latente é o calor de evaporação ou condensação do vapor de água do ar, que produz uma variação do conteúdo de umidade do ar sem alteração de temperatura (NBR 16401). Enquanto Calor Sensível é o calor que produz uma variação da temperatura do ar sem alteração do conteúdo de umidade (NBR 16401).

• Transferência de Calor

Para a realização do cálculo da carga térmica, é de extrema importância o conhecimento dos princípios de transferência de calor. Calor é energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperaturas no espaço, INCROPERA (2008). Essa transferência de calor é dividida em três tipos: condução, convecção e radiação. A figura 3 mostra os três tipos de transferência de calor.

Figura 3 - Tipo de Transferência de calor

| Condução através de um sólido ou fluido estacionário | Convecção de uma superfície para um fluido em movimento | Troca líquida de calor por radiação entre duas superfícies |
|---|--|---|
|  <p>Condução através de um sólido ou fluido estacionário</p> |  <p>Convecção de uma superfície para um fluido em movimento</p> |  <p>Troca líquida de calor por radiação entre duas superfícies</p> |

Fonte: Campos (2010)

5.2.1. Psicrometria

De acordo com Pizzeti (1970), a psicrometria baseia-se no estudo das misturas de ar e de vapor de água. Nos sistemas de ar condicionado o ar não pode ser considerado seco, deve ser considerado uma mistura de ar e de vapor d'água, resultando daí a grande importância da psicrometria. Em alguns processos a água é removida do ar, enquanto em outros é adicionada.

Na elaboração de projetos, principalmente de condicionamento de ar, necessita-se de determinadas propriedades, que são denominadas propriedades psicrométricas. As propriedades psicrométricas, na maioria dos casos, são obtidas através de cartas. Estas cartas, denominadas diagramas ou cartas psicrométricas, relacionam várias grandezas que se consideram em instalações de ventilação e, principalmente, nas de ar condicionado (De Jesus,2002).

Como descrito por Campos (2010), segue abaixo as principais propriedades na psicrometria:

- a) **Umidade absoluta** – é definida como a razão entre a massa de vapor e a massa de ar seco.
- b) **Umidade relativa** – é definida como a relação entre a pressão parcial do vapor de água na mistura e a pressão de saturação correspondente à temperatura da mistura.
- c) **Entalpia específica do ar úmido** – a entalpia de uma mistura de gases é igual à soma das entalpias dos componentes da mistura. Assim, para o ar úmido, a entalpia é igual à soma das entalpias do ar seco e do vapor de água.
- d) **Volume específico do ar úmido** – é definido como a razão entre o volume da mistura em m^3 e a massa de ar seco em kg.
- e) **Temperatura de bulbo seco** – é a temperatura indicada por um termômetro comum, não exposto à radiação.
- f) **Temperatura de bulbo úmido** – Se o bulbo de um termômetro for coberto com uma mecha de algodão saturado com água, a sua temperatura descerá primeiro rapidamente e depois lentamente até atingir

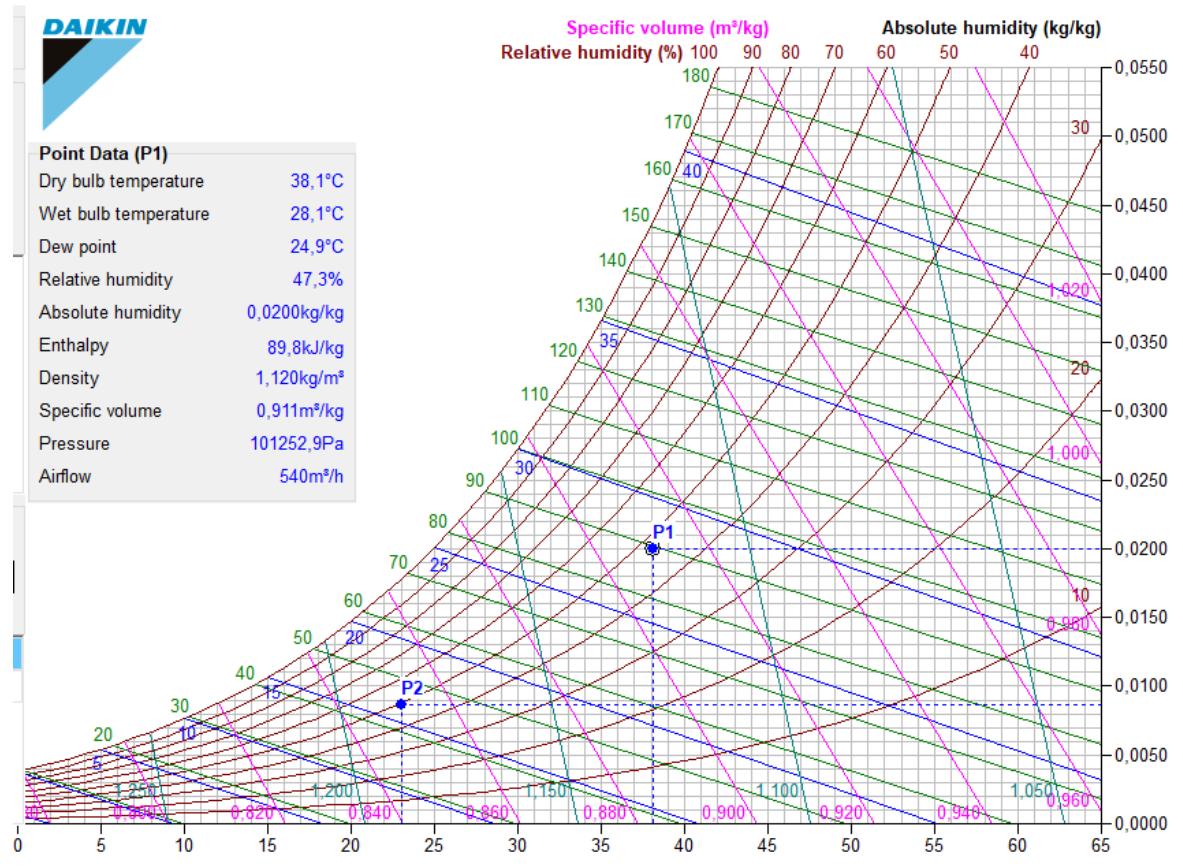
um ponto estacionário. A leitura neste ponto é chamada de temperatura de bulbo úmido do ar.

- g) **Temperatura de orvalho** – é a temperatura na qual o vapor de água se condensa, ou solidifica, quando resfriado a pressão e umidade absoluta constante.

5.2.1.1. Carta Psicrométrica

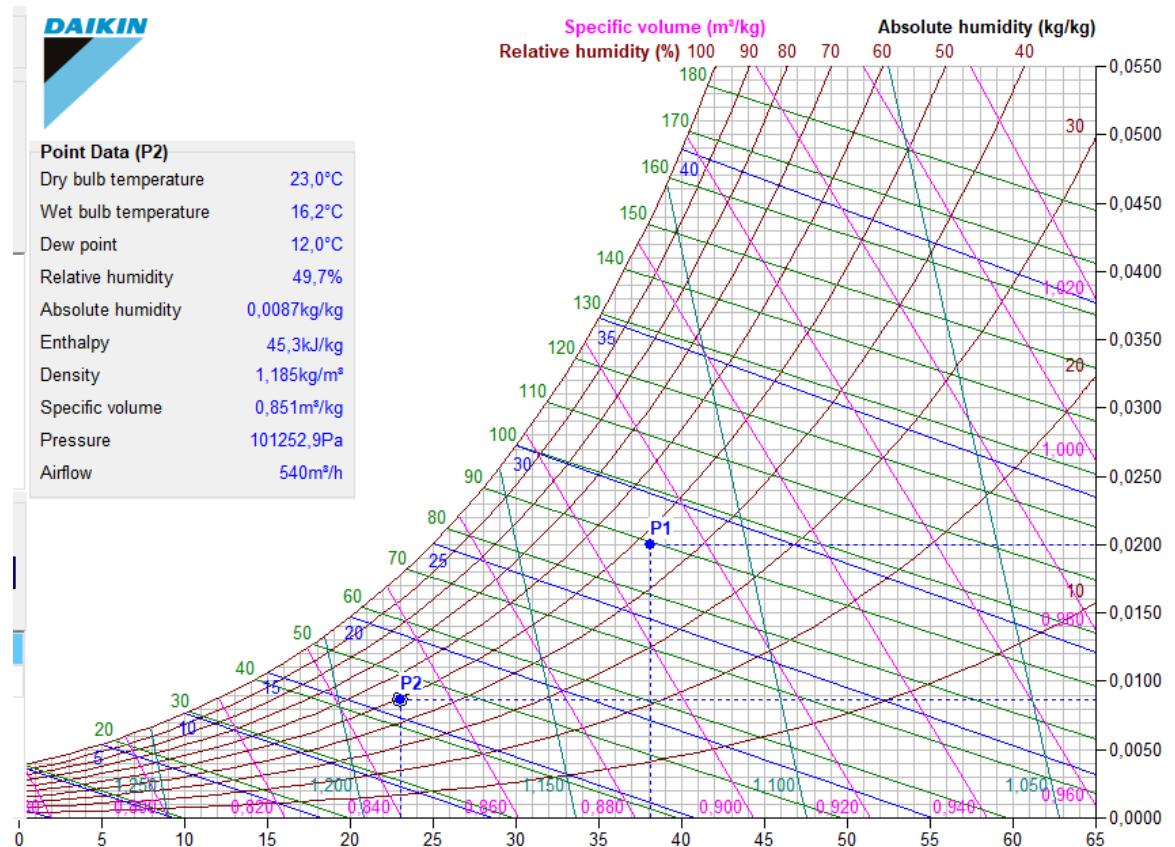
A carta psicrométrica é a representação gráfica dos parâmetros mencionados anteriormente, sendo de extrema importância para a visualização da zona de conforto térmico para o condicionamento do ar, e assim, definir o ciclo de ar condicionado (Campos, 2010). As figuras 4 e 5 apresentam exemplos das cartas psicrométricas do Rio de Janeiro com as informações mais próximas do local o possível, de modo a ser o mais preciso com as informações geradas pela carta psicrométrica, a fim de se ter uma maior confiabilidade no uso de tais informações.

Figura 4 - Carta Psicométrica Área Externa



Fonte: Próprio (2020)

Figura 5 - Carta Psicométrica Área Interna (Zonas Térmicas)



Fonte: Próprio (2020)

5.3. SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO ABORDADOS

Como já bem mencionado nos capítulos anteriores, atualmente possuímos uma vasta gama de sistemas e equipamentos de refrigeração, porém será destacado apenas os equipamentos que serão dimensionados no respectivo projeto.

4.2.1. Equipamentos De Refrigeração

Mesmo após conhecermos alguns conceitos básicos referentes ao ramo da refrigeração, para que adentremos no assunto, precisamos também conhecer os principais componentes que integram os sistemas de refrigeração. São eles:

a) Compressor

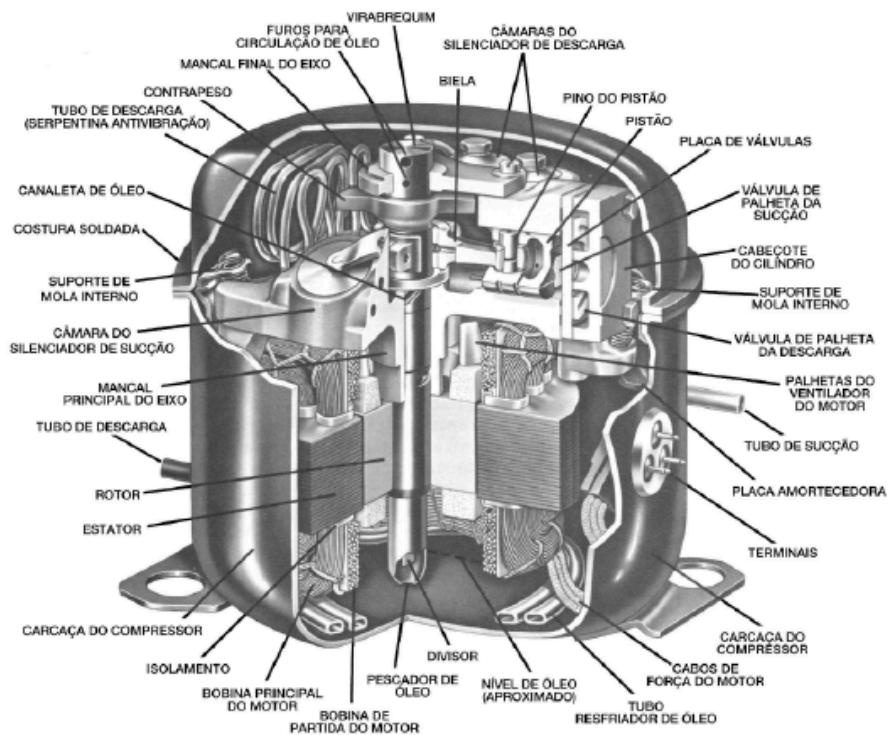
É a principal peça do ar-condicionado (e também a mais cara), sua função é receber e comprimir o fluido refrigerante vindo da evaporadora, elevando a pressão do gás e a temperatura nesse processo. Após deixar o compressor, o gás passa

novamente pelo condensador onde então é feita a troca de calor com o ambiente. (TAVEIRA, 2008).

De acordo com Carvalho (2009), os compressores podem ser classificados segundo sua forma de compressão podendo ser: alternativos, scroll, centrífugos, de parafuso e palhetas. São classificados também segundo a sua disposição: herméticos, semi-herméticos e abertos. Para a escolha do compressor, deve ser levado em consideração alguns fatores como: características do fluido refrigerante e potência teórica de compressão necessária para atender a carga térmica do ambiente a ser resfriado.

Na figura 6 é apresentado um compressor do tipo alternativo, com a identificação de seus principais componentes.

Figura 6 - Vista em corte de um compressor



Fonte: Miller (2014)

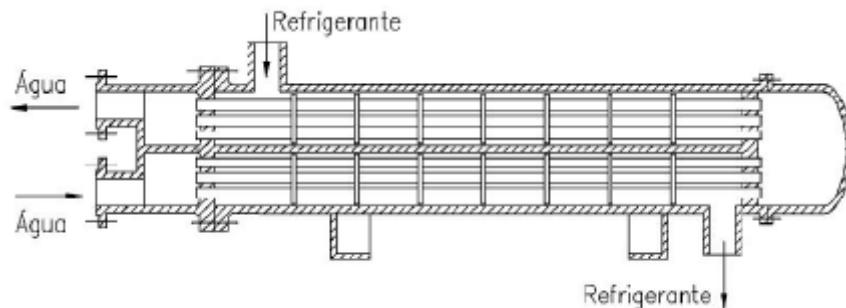
b) Condensador

Conforme explicado por Carvalho (2009), os condensadores possuem a função de condensar o fluido refrigerante que sai do compressor na forma de vapor superaquecido, transformando-o em líquido saturado ou comprimido na sua saída.

São trocadores de calor constituídos por serpentinas de tubos ou placas por onde passa o fluido refrigerante, permitindo a troca de calor entre o meio em que se encontra e o fluido refrigerante. Podendo ser classificados segundo o método a ser refrigerado que são os condensadores resfriados a ar ou a água e também pela sua disposição, como os condensadores de placa, carcaça e serpentina, carcaça e tubo, duplo tubo e evaporativos. A escolha do tipo de condensador depende de fatores como a temperatura de evaporação, temperatura de condensação, entre outros.

Na figura 7, abaixo, é apresentado o exemplo de um condensador carcaça e tubo.

Figura 7 - Condensador carcaça e tubo.



Fonte: Carvalho (2009)

c) Dispositivo De Expansão

Tais dispositivos, separam o lado de alta pressão do lado de baixa pressão do sistema de refrigeração. Atuam como um controlador de pressão, permitindo a passagem da quantidade correta de fluido refrigerante para o interior do evaporador. Podendo ser encontrada nos sistemas com os seguintes tipos: Válvula de expansão manual e Válvula de expansão automática (Miller, 2014).

d) Evaporador

Este equipamento é um trocador de calor, responsável pela remoção do calor do espaço que está sendo resfriado. Conforme o ar vai sendo resfriado, ele condensa vapor d'água, que deve ser drenado. Ele recebe fluido refrigerante frio, de baixa pressão vindo do dispositivo de expansão e através da absorção do calor de alguma substância, vaporiza-o em seu interior. Essa substância pode ser o ar, água, outro fluido ou até mesmo um sólido (Miller, 2014).

Segue abaixo na figura 8, um exemplo de serpentina aletada de um evaporador.

Figura 8 - Evaporador de serpentina aletada



Fonte: Miller (2014)

5.3.2 Sistemas de refrigeração abordados

Será descrito nos itens abaixo, uma breve explicação dos dois sistemas que serão estudados, dimensionados e, dependendo dos resultados, um deles será escolhido para a plena utilização. Porém antes de serem descritos, é muito importante o entendimento dos tipos de expansão do sistema, dos quais podem ser classificados como expansão *direta* ou *indireta*. De acordo com De Souza(2010), a expansão direta ocorre em sistemas onde o próprio fluido refrigerante realiza a troca

de calor com o ambiente, de forma contrária aos sistemas com expansão indireta, no qual o fluido refrigerante troca calor com outro fluido (normalmente água) e este trocará calor com o ambiente. Tendo ciência dessa diferenciação entre os tipos de sistemas de expansão, podemos seguir com a descrição dos sistemas de refrigeração.

a) VRF

O VRF é um tipo de sistema classificado como um sistema central, possuindo seu conjunto de unidades de tratamento de ar considerado um sistema de expansão direta. Cada unidade, também chamadas de evaporadores, que são as unidades internas, são controladas e operadas independentemente das demais, sendo suprido por fluido refrigerante líquido em vazão variável (VRF – Variable Refrigerant Flow) por uma unidade condensadora central, instalada externamente (designada unidade externa), (ABNT NBR 16401, 2008).

Este sistema é dotado de um compressor composto por um controlador por variador de frequência, que permite variar o fluxo refrigerante. Seu consumo é menor em relação aos outros sistemas, devido principalmente a sua constante mudança de frequência, que leva ao sistema não operar com 100% de sua potência (CORDEIRO, 2018).

Este sistema se diferencia dos demais pois pode possuir várias unidades evaporadoras conectadas a uma condensadora, tudo graças a uma automação presente em seu equipamento. Se destacando pela sua ecoeficiência de operação, baixo consumo elétrico, baixo nível de ruído (OLIVEIRA e MARTINS, 2004).

Segue abaixo, na figura 9, a ilustração do exemplo de operação em conjunto dos equipamentos VRF em um edifício, onde duas unidades condensadoras presentes na área externa suprem 10 unidades evaporadoras presentes na área interna do prédio.

Figura 9 - Ilustração Sistema VRF



Fonte: Cordeiro (2018)

b) Central Água gelada

De acordo com ABNT (2008), é um sistema central em que uma ou mais unidades de tratamento de ar, cada uma operada e controlada independentemente das demais, são supridas com água gelada (ou fluido térmico) produzido numa central frigorífica constituída por um ou mais grupos resfriadores de água e distribuída por bombas, em circuito fechado.

Este sistema pode apresentar maior eficiência em relação aos demais, entretanto é um sistema complexo, de alto custo de aquisição e de manutenção, se tornando atrativo apenas para grandes capacidades (CORDEIRO, 2018).

Alves (2013), descreve que o sistema Central de água gelada, também conhecido como CAG é dividido quanto ao seu tipo de condensação, podendo ser:

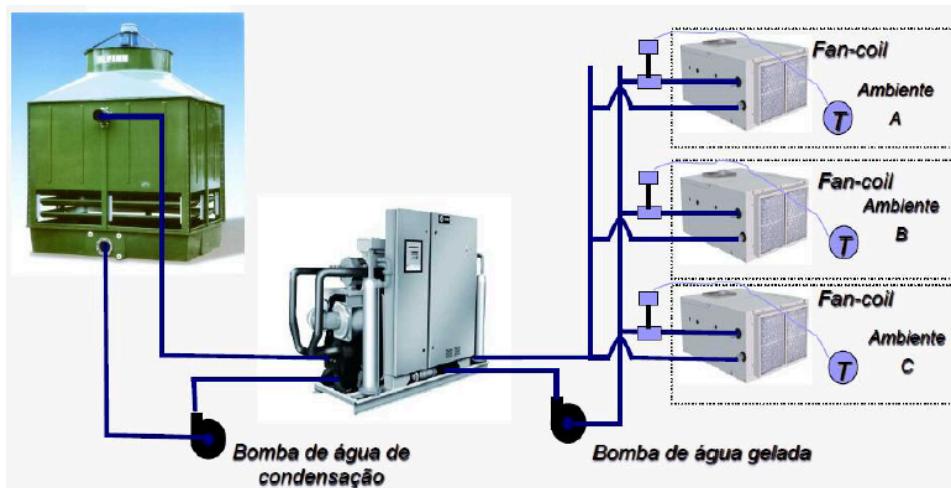
- Chiller de Condensação a ar;
- Chiller de Condensação a água.

Como descrito por Cordeiro (2018) e demonstrado na figura 10, o sistema de condensação a água é composto por torre de resfriamento de água, Chiller, bombas, tubulação de água gelada, FanCoil e válvulas. Diferentemente do Chiller por

condensação a ar que não necessita da torre de resfriamento e nem bomba de água de condensação. O Chiller é o equipamento responsável por resfriar a água que será utilizada para a refrigeração até uma temperatura de aproximadamente 8° Celsius. O FanCoil, por sua vez, é o evaporador que realizará a troca de calor da água gelada com o ar do ambiente a ser refrigerado.

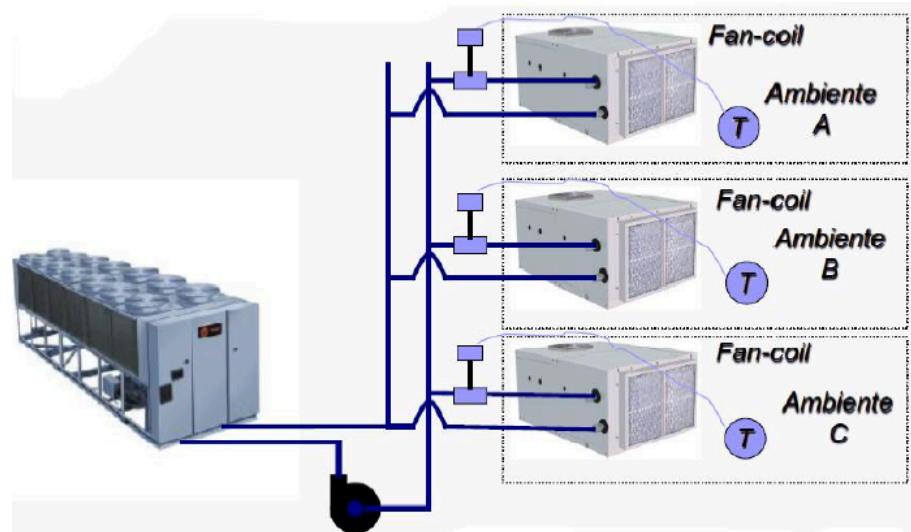
Seguem abaixo, nas figuras 10 e 11, exemplos de configuração dos sistemas Central água gelada, com condensação a água e condensação a ar.

Figura 10 - Sistema com Chiller de condensação a água.



Fonte: Alves (2013)

Figura 11 - Sistema com Chiller de condensação a ar.



Fonte: Alves (2013)

4.3. VISÃO SOBRE GERENCIAMENTO DE PROJETO

No Brasil, para muitos projetos dentro do campo da Engenharia Mecânica, tem-se como base fundamental as normas da ABNT NBRs, não diferente para a área de refrigeração existem hoje diversas normas que regem o assunto especificando de forma clara para os devidos projetistas, como se deve seguir determinadas diretrizes para um projeto voltado a tais assuntos. Segundo o PMBOK 2008 (Project Management Body of Knowledge), um guia com práticas em gerenciamento de projetos do PMA (Project Management Institute), um projeto é definido como um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. Tal projeto pode criar:

- Um produto que pode ser o item final ou um item componente de outro item;
- Uma capacidade de realizar um serviço ou serviços, como funções de negócios que dão suporte à produção ou à distribuição, ou;
- Um resultado, como por exemplo um produto ou um documento (ex.: um projeto de pesquisa).

A finalidade do gerenciamento de projetos é pôr em prática o plano de projeto, o que ocorre por meio da aplicação e da integração dos seguintes grupos de processos de gerenciamento: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento. Em síntese, um projeto bem-sucedido é aquele que alcançou suas metas, objetivos e propósitos e atingiu as expectativas das partes interessadas. Nesse sentido, produziu todas as entregas conforme planejado, foi executado de acordo com o cronograma e orçamento aprovados e foi entregue de acordo com todas as especificações de performance e de qualidade (do Vale, 2014).

Trazendo essas informações para o âmbito da área da Refrigeração já tendo todo o propósito definido, podemos assim então iniciar, ou seja, pôr em prática todo o estudo necessário para darmos início a toda elaboração dos conteúdos primordiais para a implementação do sistema de Refrigeração. Em seguida, será feito o

Planejamento, fase em que é planejado todo o tempo, atividades, ações desde o início ao fim do projeto, inclusive o levantamento de todo o custo necessário. Após esta, damos prosseguimento na execução, que como o próprio nome já diz, são executadas todas as ações que anteriormente foram planejadas. E com isso, é realizado um monitoramento para saber se, de fato, o que foi executado realmente cumpre com o que foi planejado. Tendo em vista que todas as etapas foram bem aceitadas pelo cliente e cumpriram com tal expectativa e planejamento, só resta o encerramento do projeto.

5. DESENVOLVIMENTO

6.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

6.1.1. Identificação da Organização

Esta indústria de cigarro, na qual está sendo realizado o estudo de caso, possui a mais complexa rede de distribuição de toda sua organização. Sua área de distribuição e logística não apenas serve como referência para as demais empresas do grupo, como também é considerada uma referência internacional para outras empresas em distribuição, pontualidade e acuracidade das entregas.

Sua expertise na área de distribuição é uma importante vantagem competitiva da Companhia. A organização atende diretamente cerca de 300 mil pontos de venda em mais de 5.500 mil municípios brasileiros – que representam aproximadamente 95% do total do país.

Para garantir que seja realizado o abastecimento de toda a sua base de varejos, a Companhia possui seis Regionais de Marketing e Centrais Integradas de Distribuição (CIDs), localizadas em Belo Horizonte (MG), Curitiba (PR), Porto Alegre (RS), Recife (PE), Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP) – esta última é a maior e mais moderna da América Latina no segmento de tabaco.

Completando a rede de abastecimento, possui 31 Centrais Operacionais de Distribuição (CODs) nas capitais e grandes cidades, além de dezenas de postos de abastecimento no interior do país. Ao todo, são 2.800 veículos e 3.500 colaboradores envolvidos nestas operações.

O vasto alcance por tal organização demanda um alto investimento em tecnologia, segurança e bem-estar dos colaboradores. Modernos sistemas de definição de rota, boas práticas de monitoramento e segurança, e ambientes climatizados e refrigerados trazendo conforto e comodidade para os colaboradores, por exemplo, são algumas das medidas que garantem o sucesso da distribuição desta Organização.

6.2. ESTRUTURA DA EMPRESA

Figura 12 - Centro de Distribuição - Modelagem x Vista Real



Fonte: Próprio (2020)

Para o site em questão, ou seja, a unidade que está sendo realizada tal estudo, é designada como Centro de Distribuição do Rio de Janeiro. Possui uma estrutura, em questão de área total equivalente a 12.000 m² (doze mil metros quadrados). Porém, grande parte desse espaço não é refrigerado, como por exemplo, o galpão ou estoque, onde ficam armazenados todos os paletes de tabacos e demais produtos da Organização.

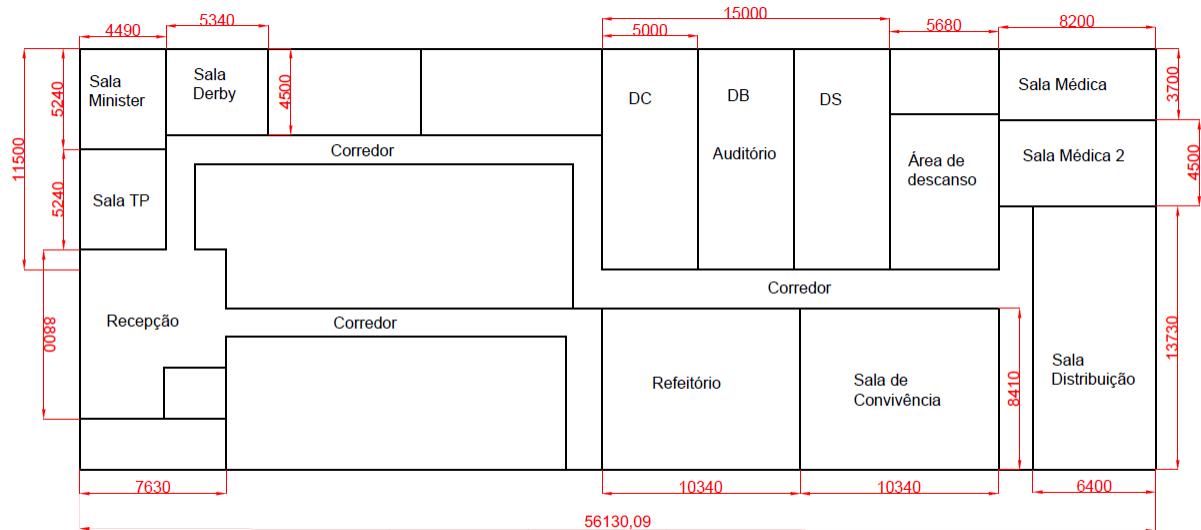
O sistema de refrigeração implementado no projeto para esta unidade, contempla todas as áreas administrativas, ou seja, todos os escritórios, corredores, recepção, salas de reunião entre outros lugares, como departamento médico, refeitório e sala de convivência, gerando num total de 26 áreas refrigeradas, que serão identificadas como zonas térmicas.

Para cada área, há um tipo de particularidade com relação a seu uso, por exemplo, existem áreas que necessitam do sistema de refrigeração, porém, não para o simples conforto térmico pessoal, mas sim para a refrigeração de equipamentos, como é o caso da sala elétrica (sala de NoBreaks) e sala do CPD.

O edifício em questão é dotado de dois pavimentos com áreas internas refrigeradas. O primeiro pavimento é constituído pelas áreas da Recepção, Sala de TP (Telepresence), Sala Minister, Sala Derby, Auditório (que são 3 salas compartilhadas com divisórias), Serviço Médico, Sala de Distribuição, Refeitório,

Sala de Convivência e os corredores de acesso a cada área, conforme apresentado abaixo na figura 13, constando a planta baixa do 1º Pavimento.

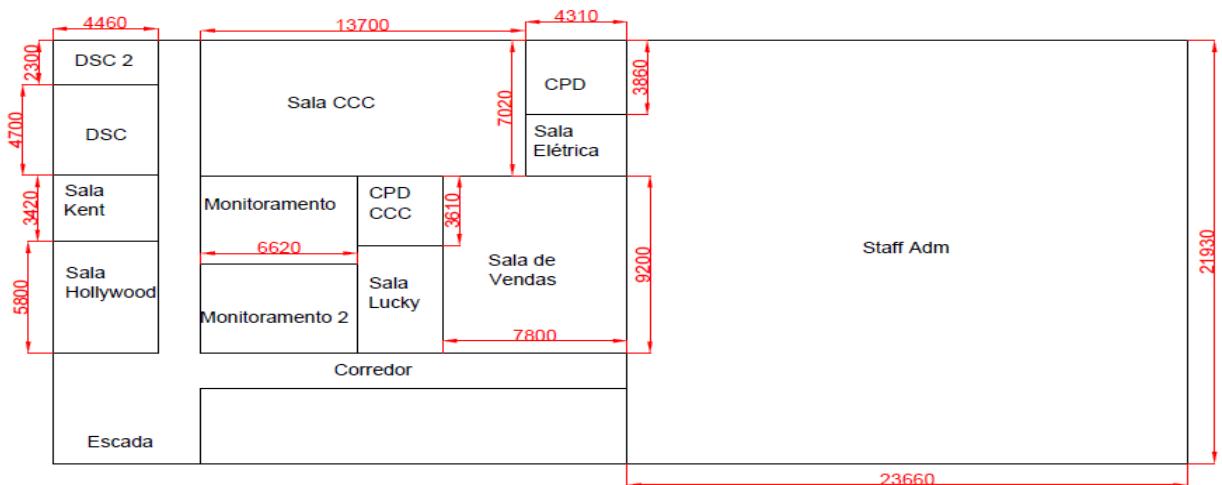
Figura 13 - Planta Baixa 1º Pavimento



Fonte: Próprio (2020)

Já para o segundo pavimento tem-se para dados de áreas, o Staff administrativo, Sala de Vendas, Salas dos CPDs, Sala DSC, Sala CCC, Sala Hollywood, Sala Lucky, Sala Kent, Sala CFTV e os corredores de acesso para cada área, conforme a Planta baixa do 2º Pavimento apresentada abaixo na figura 14.

Figura 14 - Planta Baixa 2º Pavimento



Fonte: Próprio (2020)

PROJETO DE DIMENSIONAMENTO

5.3.1. Programas De Simulação

a) Energyplus

Criado e desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), o EnergyPlus é um software de análise térmica e energética de edificações. É um programa open-source, ou seja, de graça e livre para uso, atualmente na versão 9.1.0.

Esta ferramenta permite avaliar todo o comportamento termo-energético de uma edificação por meio de parâmetros como, insolação, temperatura dos ambientes, fator de sombra, umidade relativa, fluxo de calor através das superfícies da edificação, carga térmica devida a ocupação e a equipamentos eletroeletrônicos. É capaz também de realizar uma avaliação mensal e anual do consumo energético da edificação, apresentando de forma individual os valores parciais de cada sistema envolvido no prédio, tal como ar-condicionado, equipamentos e iluminação.

Este software possui uma base de cálculo para resolução do balanço de calor da zona, que é apresentado pela seguinte equação diferencial ordinária:

$$C_z \frac{dT_z}{dt} = \sum_{i=1}^{N_{Si}} \dot{Q}_i + \sum_{i=1}^{N_{sup}} h_i A_i (T_{si} - T_z) + \sum_{i=1}^{N_{zonas}} \dot{m}_i c_p (T_{zi} - T_z) + \dot{m}_{inf} c_p (T_{\infty} - T_z) + \dot{m}_{sis} c_p (T_{sup} - T_z) \quad (6.1)$$

Onde:

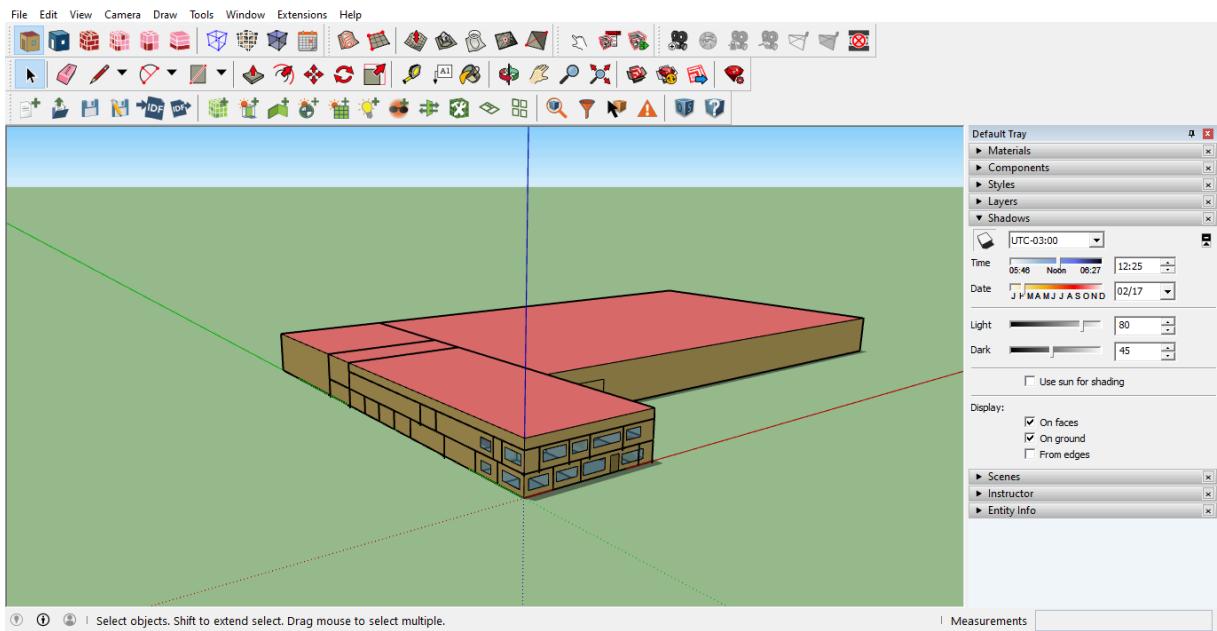
- $C_z \frac{dT_z}{dt}$ consiste na taxa de energia acumulada na zona térmica;
- $\sum_{i=1}^{N_{Si}} \dot{Q}_i$ equivale ao somatório das cargas internas do ambiente em estudo;

- $\sum_{i=1}^{Nsup} h_i A_i (T_{si} - T_z)$ refere-se a taxa de calor devido a convecção através das superfícies da zona térmica
- $\sum_{i=1}^{Nzonas} m_i C_p (T_{zi} - T_z)$ consiste no somatório das taxas de calor provenientes das outras zonas;
- $m_{inf} \inf C_p (T_{\infty} - T_z)$ refere-se a taxa de calor proveniente da infiltração de ar externo na zona;
- $m_{sis} C_p (T_{sup} - T_z)$ consiste na taxa de calor fornecida pelo sistema de ar-condicionado à zona, tudo em W.

b) Sketchup

É também utilizado mais um software para auxílio na confecção das zonas térmicas por meio da criação dos espaços/áreas modelando-as. Software desenvolvido originalmente pela At Last Software, é partir deste programa que é realizado a modelagem 3D para ambientes arquitetônicos, utilizado também na Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, entre outras áreas de estudo. Abaixo é demonstrado na figura 15 um pouco da interface do software com a modelagem do edifício de acordo com as dimensões.

Figura 15 - Modelagem Edifício



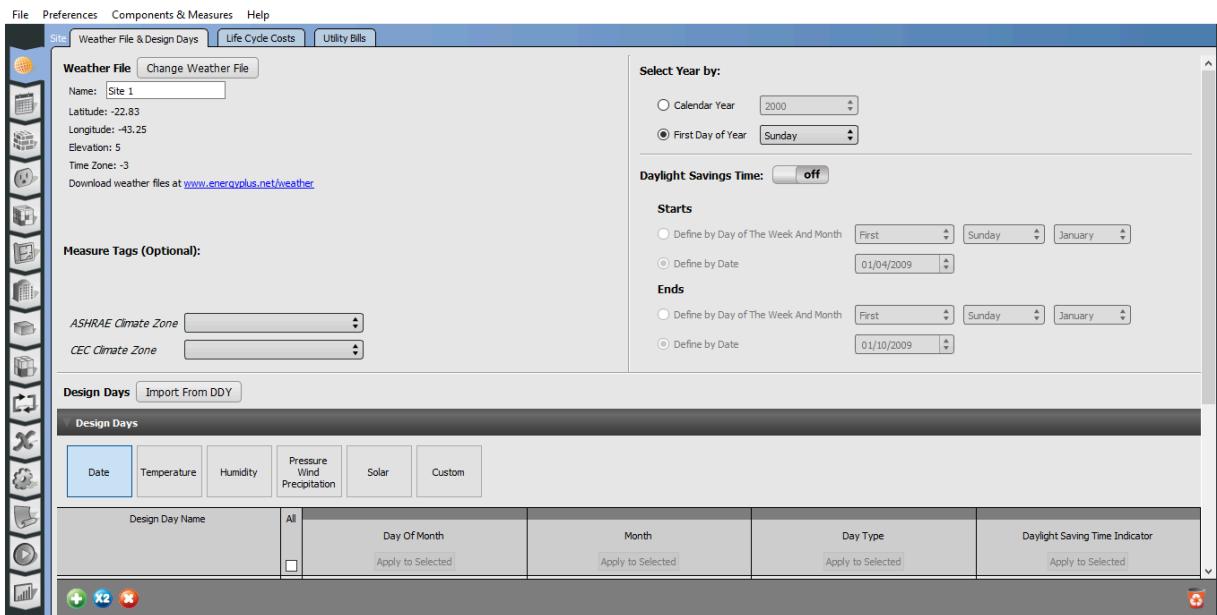
Fonte: Próprio (2019)

c) OpenStudio

Desenvolvido pela National Renewable Energy Laboratory, originado no Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), o OpenStudio é o plugin que permite a união e utilização das interfaces do Sketchup e do EnergyPlus, já mencionados anteriormente.

Abaixo é apresentada a figura 16 evidenciando um pouco sobre a interface do software da OpenStudio, onde foram incluídas todas as informações pertinentes ao dimensionamento da carga térmica.

Figura 16 - Interface OpenStudio



Fonte: Próprio (2020)

6.3.2. Dados De Entrada Para O Cálculo De Carga Térmica

A carga térmica é, basicamente, o somatório de todas as formas de calor presentes em um ambiente. Este cálculo envolve a identificação das variáveis climáticas, das variáveis humanas e das variáveis arquitetônicas, que devem ser coletadas para posterior utilização no cálculo.

De acordo com a ABNT NBR 16401 no item 7, são apresentados os critérios que são adotados no projeto, primeiramente, não se deve superdimensionar o sistema, o cálculo da carga térmica deve ser o mais exato possível, e, por isso, deve-se evitar o uso de fatores de segurança.

Deve-se considerar subdividir o sistema em módulos menores, no caso de grande variação de carga térmica, para aumentar a confiabilidade do sistema, pois a falha em um módulo não paralisa todo o sistema de refrigeração.

Deve-se prever sistemas independentes de refrigeração para locais que funcionem fora do horário previsto das demais áreas comuns (como salas de segurança e monitoramento, vigia, etc.) e, finalmente, para locais que necessitem de

exigências especiais nas condições do ar, temperatura, umidade, etc., não é recomendado que seja o mesmo sistema de refrigeração das demais áreas.

Para se encontrar o valor mais próximo da carga térmica real, a abordagem é rigorosa e detalhista. Por isso é requerido o uso de computadores para realizar esse cálculo. Muitos programas de cálculo desta energia têm sido usados há muitos anos, sendo a primeira implementação que incorporou todos os elementos para formar um método completo foi o NBSLD (National Bureau of Standards Load Determination Program) em 1967.

O Capítulo 18 da ASHRAE Handbook (CHAPTER 18 - NONRESIDENTIAL COOLING AND HEATING LOAD CALCULATIONS), indicado pela ABNT NBR 16401, aponta dois métodos computacionais como referências para o cálculo de carga térmica, isto é, o Modelo HB (Heat Balance) e o Modelo RTS (Radiant Time Series).

Mediante a complexidade referente aos métodos adotados para elaboração do cálculo de carga térmica, será realizado o uso de um software destinado a análise térmica e energética de edificações chamado EnergyPlus.

Através da fácil interface do programa, foram confeccionadas as áreas de toda estrutura a ser estudada respeitando todas as medidas de acordo com os dados coletados no local.

6.3.2.1. Arquivo Climático

São dados necessários para aprimoramento dos resultados a serem obtidos. Dados que servem como indicadores como por exemplo longitude, latitude, altitude, fuso-horário, condições de pico para projeto, período de verão entre outras informações. Esse arquivo também inclui informações como temperatura de bulbo seco, temperatura de orvalho, umidade relativa, direção e velocidade do vento.

Essas informações podem ser retiradas da tabela da ABNT NBR 16401-1 e imputadas no software, porém o mesmo pode ser carregado por um único arquivo selecionando o local a ser estudado ou o mais próximo possível, o qual foi utilizado o arquivo para cidade Rio de Janeiro – Galeão, arquivo esse disponibilizado pelo

próprio site do EnergyPlus no formato EPW (EnergyPlus Weather). Na tabela 1, apresentada abaixo, mostra os dados climáticos disponibilizados pela NBR 16401-1, que foram carregados no software.

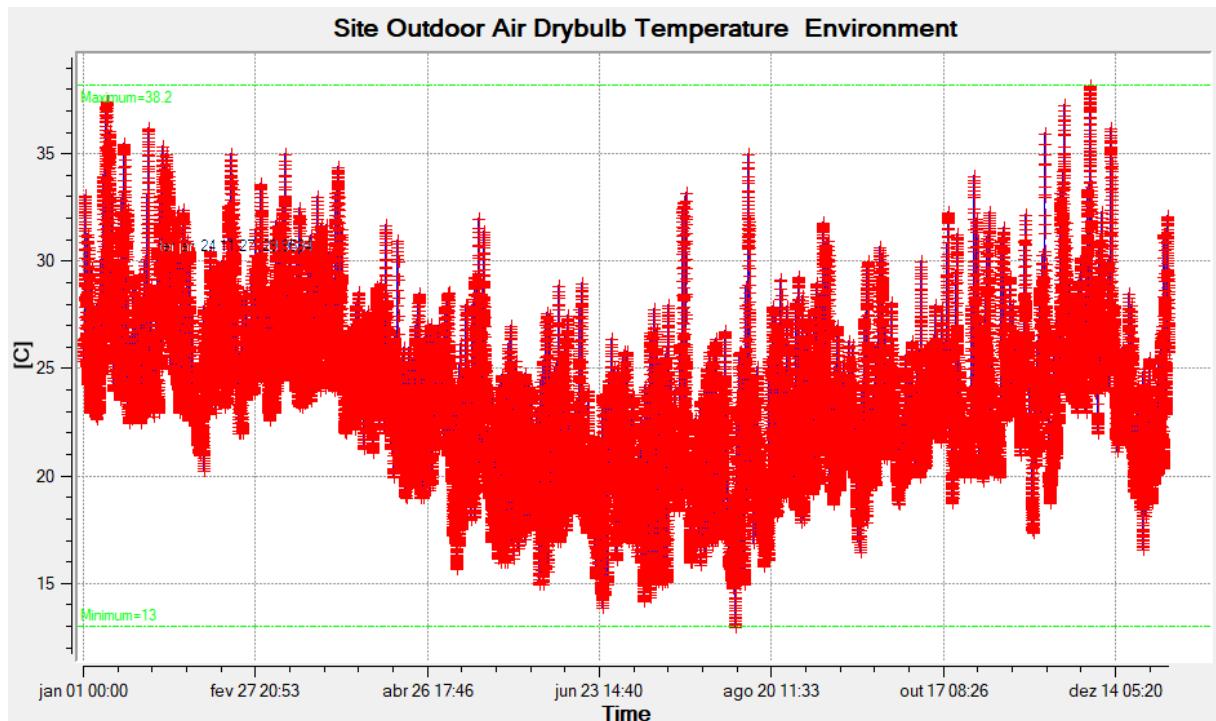
Tabela 1 - Dados climáticos de projeto

| RJ | Rio de Janeiro Galeão | | | Latitude | Longit. | Altitude | Pr.atm | Período | Extrem. anuais | TBU |
|--------|--------------------------|--------------------------------|------|----------|---------------|----------|--------|---------|-------------------|----------------|
| | | | | 22,82S | 43,25W | 6m | 101,25 | 82/01 | | 32,4 |
| Mês>Qt | Fev | Resfriamento e desumidificação | | | Baixa umidade | | | Mês>Fr | Jul | Freq. anual |
| | | Freq. anual | TBS | TBUc | TBU | TBSc | TPO | w | TBSc | |
| | | 0,4% | 38,1 | 25,6 | 28,1 | 32,8 | 27,1 | 22,9 | 30,1 | |
| | | 1% | 36,2 | 25,3 | 27,5 | 32,0 | 26,2 | 21,7 | 29,3 | |
| | | 9,8 | 2% | 35,0 | 25,2 | 27,0 | 31,3 | 26,0 | 21,4 | 29,1 |

Fonte: ABNT (2008) - Modificada

É apresentado abaixo, após carregado o arquivo climático, a evolução da temperatura de bulbo seco do Rio de Janeiro ao longo do ano:

Figura 17 - Temperatura Máxima de Bulbo seco



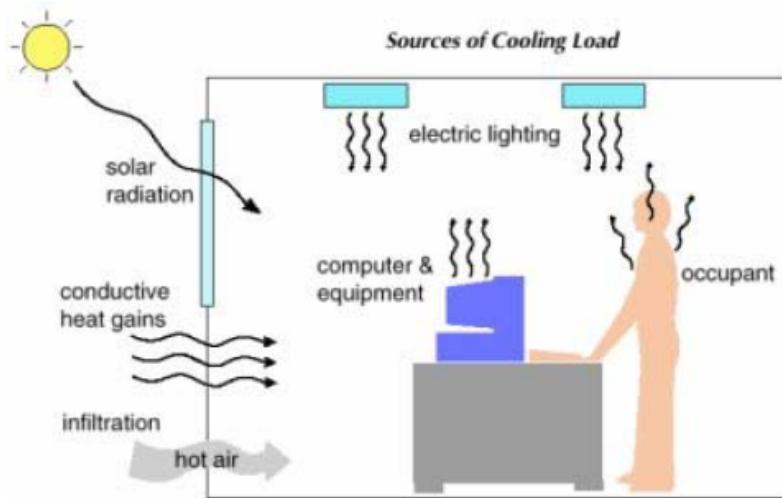
Fonte: Energyplus (2019)

6.3.2.2. Cargas Internas

As cargas internas correspondem, praticamente, a maior parcela do calor liberado ao ambiente. Essas cargas são provenientes do calor liberado por:

Envoltória, pessoas, equipamentos elétricos, iluminação, renovação de ar e infiltrações de ar.

Figura 18–Ganhos de calor para o cálculo de refrigeração.



Fonte: Bhatia (2004)

a) Envoltória

De acordo com a ABNT (2008), devem ser considerados fatores como a orientação solar das fachadas; o tipo, material e coeficientes de transmissão de calor da envoltória externa opaca e interna (paredes e cobertura) e vãos externos translúcidos (janelas e claraboias).

Com isso, é mostrado nas tabelas abaixo a seleção dos materiais utilizados para simulação do dimensionamento térmico baseado no Projeto 02:135.07-001/2 Desempenho Térmico de Edificações Parte 2 (ABNT, 2003).

As tabelas 2 e 3 apresentadas abaixo, mostram os dados que foram carregados no software com relação as informações de Materiais e suas propriedades térmicas utilizadas nas *paredes externas e internas*.

Tabela 2 - Materiais e suas propriedades térmicas

| Paredes Externas | | |
|-----------------------|---------------|---------------------------|
| Material | Cond. Térmica | C. Específico (kJ/(kg.K)) |
| Reboco 1' | 1,1500 W/m.K | 1,00 |
| Tijolo de concreto 8' | 1,7500 W/m.K | 1,00 |
| Gesso 1/2' | 0,500 W/m.K | 0,84 |

Fonte: Próprio (2020)

Tabela 3 - Materiais e suas propriedades térmicas

| Paredes Internas | | |
|---------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Material | Cond. Térmica | C. Específico (kJ/(kg.K)) |
| Parede de gesso(Drywall) | 0,35 W/m.K | 0,84 |
| Resistência do ar(entre placas) | 0,15 m ² .K/W | 1,00 |
| Parede de gesso(Drywall) | 0,35 W/m.K | 0,84 |

Fonte: Próprio (2020)

Já nas tabelas 4 e 5, apresentadas abaixo, constam respectivamente as informações do Material e sua propriedade térmica das *portas internas e externas*.

Tabela 4 - Material e suas propriedades térmicas

| Portas internas | | |
|-----------------|---------------|---------------------------|
| Material | Cond. Térmica | C. Específico (kJ/(kg.K)) |
| Madeira | 0,29 W/m.K | 1,34 |

Fonte: Próprio (2020)

Tabela 5 - Material e suas propriedades térmicas

| Porta Externa | | |
|---------------|---------------|---------------------------|
| Material | Cond. Térmica | C. Específico (kJ/(kg.K)) |
| Vidro | 1,00 W/m.K | 0,84 |

Fonte: Próprio (2020)

Abaixo, é informado na tabela 6 o Material e sua propriedade para o *Teto*.

Tabela 6 - Materiais e suas propriedades térmicas

| Teto | | |
|--------------------------|---------------|---------------------------|
| Material | Cond. Térmica | C. Específico (kJ/(kg.K)) |
| Parede de gesso(Drywall) | 0,35 W/m.K | 0,84 |

Fonte: Próprio (2020)

Para a *janela*, foram carregadas no sistema as informações de Material e sua propriedade térmica conforme apresentada na tabela 7, abaixo:

Tabela 7 - Material e sua propriedade térmica

| Janela | | |
|----------|---------------|---------------------------|
| Material | Cond. Térmica | C. Específico (kJ/(kg.K)) |
| vidro | 1,00 W/m.K | 0,84 |

Fonte: Próprio (2020)

É apresentado abaixo nas figuras 19 e 20 a representação da posição do sol quanto a geolocalização com o time-lapse do horário do nascer do sol e o pôr do sol que é feito no programa, indicando as posições e locais de maiores incidências do raio solar em toda a envoltura do prédio.

Figura 19 - Posição nascer do sol próximo das 07H**Fonte: Sketchup (2020)**

Figura 20 - Posição Pôr de Sol próximo das 18H



Fonte: Sketchup (2020)

Observa-se na figura 19, que o sol está nascendo no canto direito da imagem conforme é formado a sombra nas paredes da edificação na parte esquerda da imagem, o que obviamente indica que as paredes projetadas ao lado Leste sofrerão com maior intensidade a radiação solar durante a parte da manhã. Enquanto na figura 20, é observado que as paredes da edificação no canto esquerdo da figura sofrerão com a intensidade da radiação solar durante o entardecer devido ao sol se pondo no Oeste.

Para o dimensionamento das cargas da envoltória, de acordo com o arquivo disponibilizado pelo EnergyPlus - Engineering Reference, é realizado a simulação do balanço de calor e as condições de fronteira calculando a condução, convecção e radiação, utilizando a Funções de Transferências de Condições (CFTs), conforme descrito por Gomes (2012).

De acordo com o documento Engineering Reference disponibilizado pelo Energyplus (2019), o balanço térmico das cargas das paredes externas para as paredes internas é dado pela equação 6.2 apresentada abaixo:

$$q''_{asol} + q''_{LWR} + q''_{conv} - q''_{ko} = 0 \quad (6.2)$$

Onde:

- q''_{asol} = Fluxo de calor da radiação solar direta e difusa absorvida (comprimento de onda curta);

- q''_{LWR} = Troca líquida de fluxo de radiação de comprimento de onda longa (térmico) com o ar e os arredores;
- q''_{conv} = Troca de fluxo convectivo com ar externo;
- q''_{Ko} = Fluxo de calor de condução (q / A) na parede.

Para a **Radiação Solar**, são consideradas as radiações de comprimento de onda longa (q''_{LWR}) e curta (q''_{asol}), que com base no Engineering Reference – Energyplus (2019) que utiliza o ASHRAE como fonte, descreve as seguintes equações 6.3 e 6.5 respectivamente:

$$q''_{LWR} = q''_{gnd} + q''_{sky} + q''_{atr} \quad (6.3)$$

Onde:

- q''_{gnd} = Troca de radiação com o chão;
- q''_{sky} = Troca de radiação com o céu;
- q''_{air} = Troca de radiação com o ar.

Aplicando a *Lei de Stefan-Boltzmann* nos campos de cada componente da equação 6.3, temos a equação 6.4 apresentada abaixo:

$$q''_{LWR} = \varepsilon \sigma F_{gnd} (T_{gnd}^4 - T_{surf}^4) + \varepsilon \sigma F_{sky} (T_{sky}^4 - T_{surf}^4) + \varepsilon \sigma F_{air}^{(6.4)} (T_{air}^4 - T_{surf}^4)$$

Onde:

- ε = Emissividade de comprimento de onda longo da superfície;
- σ = Constante de Stefan-Boltzmann ($5,7 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$);
- F_{gnd} = Fator de visualização da superfície da parede à temperatura da

superfície do solo;

- F_{Sky} = Fator de visualização da superfície da parede em relação à temperatura do céu;
- F_{Air} = Fator de visualização da superfície da parede em relação à temperatura do ar;
- T_{Surf} = Temperatura da superfície externa (K)
- T_{gnd} = Temperatura da superfície do solo (K);
- T_{Sky} = Temperatura do céu (K);
- T_{Air} = Temperatura do ar (K).

Já para o comprimento de onda curta, o Energyplus (2019) utiliza a equação 6.5 apresentada abaixo:

$$Q_{so} = \alpha \cdot \left(I_b \cdot \cos \theta \cdot \frac{S_s}{S} + I_s \cdot F_{ss} + I_g \cdot F_{sg} \right) \quad (6.5)$$

Onde:

- α = Absortância solar da superfície;
- I_b = Intensidade do feixe de radiação (direto);
- θ = Ângulo de incidência dos raios solares;
- S_s = Área iluminada pelo sol;
- S = Área do superfície ;
- I_s = Intensidade de radiação difusa do céu;
- F_{ss} = Fator de ângulo entre a superfície e o céu;

- F_{sg} = Fator de ângulo entre superfície e o chão.

Para a **Convecção**, de acordo com o EnergyPlus (2019), a transferência de calor é modelada usando a formulação clássica apresentada na equação 6.6 abaixo:

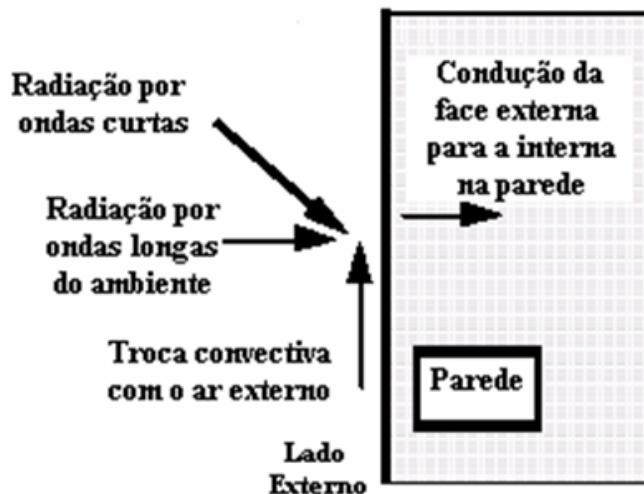
$$Q_c = h_{c,ext} A (T_{surf} - T_{air}) \quad (6.6)$$

Onde:

- Q_c = taxa de transferência de calor por convecção externa (q"conv);
- $h_{c,ext}$ = coeficiente de convecção exterior;
- A = área de superfície;
- T_{surf} = temperatura da superfície;
- T_{air} = temperatura do ar externo.

E tal sistema de balanço é exemplificado abaixo na figura 21, onde é apresentado balanço de calor entre os três tipos de transferência de calor: Radiação, Convecção e Condução.

Figura 21 - Balanço de calor



Fonte: Energyplus (2020) - Adaptado

b) Pessoas

Para a determinação da emissão de calor e de ocupação dos ambientes do prédio utilizaram-se as informações de calor latente e de calor sensível para cada tipo de ambiente evidenciado pela ABNT (2008). Abaixo é apresentada a tabela com os valores de calor dissipado por pessoa e a ocupação utilizada por cada zona térmica nos dois andares, conforme orienta ABNT NBR 16401 e 6401.

Tabela 8 - Informações de ocupação e dissipação do 1º Pavimento

| ZONAS | OCUPAÇÃO 1º PAV | | | |
|---------------|-----------------|------------------------|----------------|-------------------|
| | OCUPAÇÃO | | ÁREA | Carga(S+L)/pessoa |
| | Flutuantes | m ² /Pessoa | m ² | W |
| MINISTER | - | 6 | 24.03 | 130 |
| SALA MÉDICA 1 | - | 6 | 67.24 | 130 |
| SALA MÉDICA 2 | | | | |
| RECEPÇÃO | - | 5 | 69.78 | 130 |
| REFEITÓRIO | - | 2 | 86.96 | 160 |
| TELEPRESENCE | - | 2 | 24.03 | 130 |
| CONVIVÊNCIA | - | 5 | 86.96 | 130 |
| CORREDOR | 2 | - | 61.61 | 130 |
| DB | - | 2 | 57.50 | 130 |
| DC | - | 2 | 57.50 | 130 |
| DS | - | 2 | 57.50 | 130 |
| DERBY | - | 2 | 17.68 | 130 |
| DESCANSO | 6 | - | 46.11 | 130 |
| DISTRIBUIÇÃO | - | 6 | 87.87 | 130 |
| ESCADA | 2 | - | 35.74 | 130 |

Fonte: Próprio (2020)

Tabela 9 - Informações de ocupação e dissipação do 2º Pavimento

| ZONAS | OCUPAÇÃO 2º PAV | | | |
|-----------------|-----------------|------------------------|--------|-----------------------|
| | OCUPAÇÃO | | ÁREA | Carga(S+L)/ pessoa |
| | Flutuantes | m ² /Pessoa | | |
| STAFF ADM | - | 6 | 518.00 | 130 |
| CPD | 2 | - | 16.64 | 130 |
| VENDAS | - | 6 | 71.76 | 130 |
| SALA ELÉTRICA | 2 | - | 13.62 | 130 |
| SALA CCC | - | 6 | 96.17 | 130 |
| CPD CCC | 2 | - | 12.96 | 130 |
| MONITORAMENTO | - | 6 | 60.90 | 130 |
| MONITORAMENTO 2 | | | | |
| LUCKY | - | 2 | 20.07 | 130 |
| KENT | - | 2 | 15.25 | 130 |
| HOLLYWOOD | - | 2 | 25.87 | 130 |
| DSC | - | 6 | 31.22 | 130 |
| DSC 2 | | | | |

Fonte: Próprio (2020)

Para as tabelas 8 e 9 apresentadas acima, foram listadas as informações de carga térmica em Watts por pessoa, informações estas que foram introduzidas no Energyplus para posteriormente gerar os resultados de carga térmica final.

Para o cálculo de carga térmica referente as pessoas, o EnergyPlus (2019) se baseia na equação 6.7 apresentada abaixo:

$$Q_{pessoas} = n \times (q_s + q_l) \quad (6.7)$$

Sendo:

n – número de pessoas na zona térmica;

q_s – calor sensível [W];

q_l – calor latente [W].

c) Equipamentos Elétricos

Os equipamentos são responsáveis por grande parte da carga térmica de um ambiente. Para as diversas zonas da edificação citam-se equipamentos como: computadores, impressoras, televisores, cafeteiras, refrigeradores entre outros. Segue na tabela abaixo a dissipação de calor total de equipamentos elétricos de cada sala seguindo as recomendações propostas pelas tabelas da ABNT evidenciadas no Apêndice A. No apêndice B, são apresentados de forma mais clara e específica os equipamentos presentes e utilizados em cada sala.

Tabela 10 - Dissipação Térmica total de cada zona térmica

| ZONAS | POTÊNCIA DE EQUIPAMENTOS | ZONAS | POTÊNCIA DE EQUIPAMENTOS |
|-----------------|--------------------------|---------------|--------------------------|
| | W | | W |
| STAFF ADM | 5875 | MINISTER | 1481,85 |
| CPD | 2000 | SALA MÉDICA 1 | 725 |
| VENDAS | 160 | SALA MÉDICA 2 | 1290 |
| SALA ELÉTRICA | 9800 | RECEPÇÃO | 305 |
| SALA CCC | 2610 | REFEITÓRIO | 15160 |
| CPD CCC | 2000 | TELEPRESENCE | 160 |
| MONITORAMENTO | 1145 | CONVIVÊNCIA | 2490 |
| MONITORAMENTO 2 | 145 | CORREDOR | 0 |
| LUCKY | 1263,75 | DB | 1810 |
| KENT | 998,93 | DC | 1810 |
| HOLLYWOOD | 1582,74 | DS | 1810 |
| DSC | 1290 | DERBY | 1132 |
| DSC 2 | 145 | DESCANSO | 0 |
| | | DISTRIBUIÇÃO | 1220 |
| | | ESCADA | 0 |

Fonte: Próprio (2020)

d) Iluminação

Com relação a iluminação foram utilizadas as recomendações propostas na ABNT 6401 (1980). Por ser projetada em toda sua área por ambientes

administrativos do tipo escritório, foi utilizado para o projeto os valores de iluminação para cada tipo de área a taxa de dissipação de 40W/m^2 pelo fato das zonas serem “Escritórios” e o tipo de iluminação “Fluorescente”, levando-se em consideração o nível de luminosidade Lux igual a 1000, conforme tabela 39 no Apêndice A.

e) Ar Exterior

Infiltração

De acordo com a ABNT (2008), a Infiltração é o fluxo de ar externo para dentro da edificação através de frestas e outras aberturas não intencionais. Este processo é normalmente provocado pelo efeito de ventos e de diferenças de pressão devido ao efeito chaminé e, quando não mantida sob controle, implica taxa adicional de ar exterior e consequentemente de carga térmica para o sistema.

Para o dimensionamento em questão, foi utilizado o valor mínimo para infiltração de 1,5 renovações por hora como indicado pela ABNT (1980), presente na tabela 45 do Apêndice A. Abaixo, na tabela 11 são apresentadas as informações de vazão de infiltração (Flow rate) geradas pelo EnergyPlus necessárias para o cálculo da carga proveniente da Infiltração.

Tabela 11 - Vazão de Infiltração

| Zone Name | Area [m ²] | Volume [m ³] | Zone Occupants | Flow Rate [m ³ /s] |
|------------------|------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------------|
| DSC TZ | 31,22 | 93,66 | 5,2 | 0,0128 |
| DSC TZ | | | | 0,0262 |
| MÉDICA TZ | 67,24 | 201,72 | 11,2 | 0,0379 |
| MÉDICA TZ | | | | 0,0461 |
| MONITORAMENTO TZ | 60,9 | 182,71 | 10,2 | 0,0381 |
| MONITORAMENTO TZ | | | | 0,0381 |
| DB TZ | 57,5 | 172,5 | 38,3 | 0,0719 |
| DC TZ | 57,5 | 172,5 | 38,3 | 0,0719 |
| DS TZ | 57,5 | 172,5 | 38,3 | 0,0719 |
| CPD CCC TZ | 12,96 | 38,88 | 2 | 0,0162 |
| CPD TZ | 16,64 | 49,91 | 2 | 0,0208 |
| ESCADA TZ | 35,74 | 107,23 | 2 | 0,0447 |
| DESCANSO TZ | 46,11 | 138,33 | 6 | 0,0576 |
| DISTRIBUIÇÃO TZ | 87,87 | 263,62 | 14,6 | 0,1100 |
| RECEPÇÃO TZ | 69,78 | 209,34 | 14 | 0,0872 |
| REFEITÓRIO TZ | 86,96 | 260,88 | 43,5 | 0,1090 |
| SALA CCC TZ | 96,17 | 288,52 | 16 | 0,1200 |
| CONVIVÊNCIA TZ | 86,96 | 260,88 | 17,4 | 0,1090 |
| SALA ELÉTRICA TZ | 13,62 | 40,86 | 2 | 0,0170 |
| DERBY TZ | 17,68 | 53,03 | 8,8 | 0,0221 |
| HOLLYWOOD TZ | 25,87 | 77,6 | 12,9 | 0,0323 |
| KENT TZ | 15,25 | 45,76 | 7,6 | 0,0191 |
| LUCKY TZ | 20,07 | 60,2 | 10 | 0,0251 |
| MINISTER TZ | 24,03 | 72,09 | 12 | 0,0300 |
| STAFF ADM TZ | 518 | 1553,99 | 86,3 | 0,6475 |
| TELEPRESENCE TZ | 24,03 | 72,09 | 4 | 0,0300 |
| VENDAS TZ | 71,76 | 215,28 | 12 | 0,0897 |

Fonte: Energyplus (2020)

Renovação de Ar

De acordo com a ABNT NBR 16401-3 pág. 4, cap. 5.2, devem ser acrescentadas as cargas de calor, sensível e latente, do ar exterior a ser admitido no sistema destinado a renovação. É estipulado a vazão de ar exterior em L/s pela equação 6.8:

$$V_{ef} = P_z \times F_p + A_z \times F_a \quad (6.8)$$

Onde:

- V_{ef} - vazão eficaz de ar exterior (L/s);
- F_p - vazão por pessoa (L/s x pessoa);

- F_a - vazão por área útil ocupada (L/s . m²);
- P_z - n° máximo de pessoas na zona de ventilação;
- A_z - área útil ocupada pelas pessoas (m²).

Após encontrado as vazões para os dois casos relacionados ao Ar Exterior, é realizado o somatório desses resultados para ser encontrado a carga térmica, ou podendo também ser encontrados separadamente, mediante a equação 6.9 utilizada pelo Energyplus (2019) disponibilizado no Engineering Reference apresentada abaixo:

$$\dot{Q}_{MixingFlowToReceivingZone} = \sum_{AllSourceZones} \rho_{Avg} C_{p,Avg} \dot{V}_{Air} (T_{sourceZone} - T_{receivingZone}) \quad (6.9)$$

Onde:

- \dot{Q} = Energia adicionada a zona do recebimento da mistura de ar externo (w);
- ρ_{Avg} = Massa específica média entre as duas zonas (Kg/m³);
- $C_{p,Avg}$ = Calor específico médio (J/Kg.K);
- \dot{V}_{Air} = Vazão do ar exterior (m³/s);
- $T_{SourceZone}$ = Temperatura da área externa e/ou zona adjacente (° C);
- $T_{receivingZone}$ = Temperatura da zona de recebimento (°C)

Observando a equação 6.9 acima, nota-se que esta equação é a mesma da variação de entalpia em forma de taxa de energia. Com isso, como descrito por Unisanta (2020), a mesma pode ser separada tanto para os valores de carga sensível quanto para carga latente, de acordo com as equações (6.10)

$$Q_{AES} = \dot{m} \cdot \Delta h \text{ sensível} = (\dot{V}/v) \cdot \Delta h \text{ sensível} \quad (6.11)$$

$$Q_{AEL} = \dot{m} \cdot \Delta h \text{ latente} = (\dot{V}/v) \cdot \Delta h \text{ latente}$$

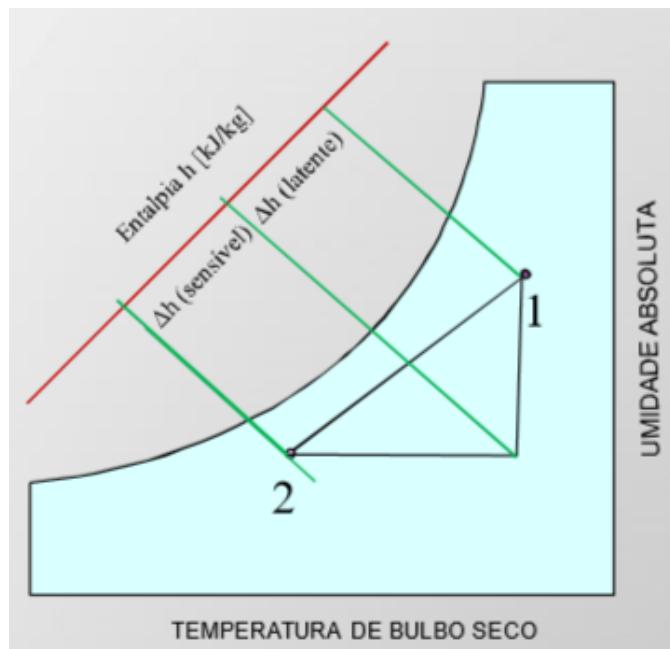
Onde:

- \dot{m} = vazão de ar externo em massa (kg/s)

- \dot{V} = vazão de ar externo em volume (m^3/s)
- v = volume específico do ar externo (m^3/kg)
- Δh = Variação de Entalpia (KJ/Kg)

São apresentados, nas tabelas disponibilizadas no **Apêndice E**, os resultados obtidos de vazão de ar exterior e a carga térmica gerada por isso, para cada zona em estudo.

Figura 22 - Entalpia sensível e latente



Fonte: UNISANTA (2020)

6.3.2.3. Vazão de Insuflamento

Para que se possa dar início a escolha dos equipamentos, de acordo com a NBR 16401, levando-se em conta o total encontrado de carga sensível para cada ambiente, é realizado o cálculo de vazão térmica a ser insuflado para cada zona térmica dimensionada. Segue abaixo na equação 6.12 o cálculo utilizado pelo EnergyPlus (2019) e em seguida as tabelas 12 e 13 geradas pelo software (6.12) com mais informações.

$$Vazão(\text{Equipamento}) = Q^{Local} \div [0,29 \times (T^{Desejada} - T^{Insuflado})]$$

Onde:

- Vazão – (m³/h)
- Q = Carga térmica (Kcal/h)
- T = Temperatura em (°C)

Obs.: Foi utilizado para a temperatura de insuflamento o valor de 14°C, por ser uma média padrão para os evaporadores, conforme descrito por Neto (2017).

Tabela 12 - Carga Sensível para escolha das Evaporadoras em cada Zona Térmica

| | Calculated Load [W] | Calculated Air Flow [m ³ /s] | Setpoint Temp. at Peak Load [C] | Indoor Temp. at Peak Load [C] |
|------------------|---------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|
| CONVIVÊNCIA TZ | 10863.93 | 0.886 | 24.00 | 23.98 |
| CORREDOR TZ | 3911.76 | 0.319 | 24.00 | 23.99 |
| CPD CCC TZ | 3015.44 | 0.246 | 24.00 | 23.99 |
| CPD TZ | 3506.75 | 0.286 | 24.00 | 24.00 |
| DB TZ | 8148.44 | 0.665 | 24.00 | 23.97 |
| DC TZ | 8209.11 | 0.670 | 24.00 | 23.97 |
| DERBY TZ | 3815.99 | 0.311 | 24.00 | 23.98 |
| DESCANSO TZ | 3021.68 | 0.246 | 24.00 | 23.99 |
| DISTRIBUIÇÃO TZ | 11870.39 | 0.967 | 24.00 | 23.99 |
| DS TZ | 8206.56 | 0.670 | 24.00 | 23.97 |
| DSC TZ | 4479.83 | 0.365 | 24.00 | 23.99 |
| ESCADA TZ | 3755.73 | 0.306 | 24.00 | 23.99 |
| HOLLYWOOD TZ | 4820.49 | 0.393 | 24.00 | 23.98 |
| KENT TZ | 2778.87 | 0.227 | 24.00 | 23.98 |
| LUCKY TZ | 3421.77 | 0.279 | 24.00 | 23.98 |
| MÉDICA TZ | 8263.75 | 0.673 | 24.00 | 23.99 |
| MINISTER TZ | 5206.14 | 0.425 | 24.00 | 23.98 |
| MONITORAMENTO TZ | 5395.26 | 0.440 | 24.00 | 23.99 |
| RECEPÇÃO TZ | 6369.81 | 0.519 | 24.00 | 23.99 |
| REFEITÓRIO TZ | 25830.65 | 2.109 | 24.00 | 23.97 |
| SALA CCC TZ | 10765.31 | 0.877 | 24.00 | 23.99 |
| SALA ELÉTRICA TZ | 10158.18 | 0.827 | 24.00 | 23.99 |
| STAFF ADM TZ | 57455.08 | 4.683 | 24.00 | 23.99 |
| TELEPRESENCE TZ | 4562.57 | 0.372 | 24.00 | 23.99 |
| VENDAS TZ | 8679.60 | 0.707 | 24.00 | 23.99 |

Fonte: Energyplus (2020)

Na tabela 12 apresentada acima, são levantadas pelo EnergyPlus todas as informações necessárias para a escolha dos equipamentos, onde se destacam as informações de carga total calculada (2º coluna) e a vazão calculada para cada zona térmica (3º coluna).

Tabela 13—Complemento da tabela 12 – Umidade e Temperatura

| | Indoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir] | Outdoor Temp. at Peak Load [C] | Outdoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir] | Minimum Outdoor Air Flow Rate [m3/s] |
|----------------|--|--------------------------------|---|--------------------------------------|
| NVIVÊNCIA TZ | 0.01014 | 37.30 | 0.01558 | 0.089 |
| CORREDOR TZ | 0.00941 | 36.39 | 0.01558 | 0.037 |
| CPD CCC TZ | 0.00905 | 32.29 | 0.01558 | 0.011 |
| CPD TZ | 0.00876 | 32.48 | 0.01558 | 0.013 |
| DB TZ | 0.01069 | 36.94 | 0.01558 | 0.142 |
| DC TZ | 0.01068 | 36.84 | 0.01558 | 0.142 |
| DERBY TZ | 0.00974 | 35.12 | 0.01558 | 0.034 |
| DESCANSO TZ | 0.01003 | 36.84 | 0.01558 | 0.037 |
| STRIBUIÇÃO TZ | 0.00943 | 36.51 | 0.01558 | 0.081 |
| DS TZ | 0.01068 | 36.84 | 0.01558 | 0.142 |
| DSC TZ | 0.00938 | 36.03 | 0.01558 | 0.029 |
| ESCADA TZ | 0.00904 | 36.63 | 0.01558 | 0.020 |
| OLLYWOOD TZ | 0.00991 | 36.94 | 0.01558 | 0.050 |
| KENT TZ | 0.00994 | 37.03 | 0.01558 | 0.030 |
| LUCKY TZ | 0.01003 | 37.03 | 0.01558 | 0.039 |
| MÉDICA TZ | 0.00947 | 35.57 | 0.01558 | 0.062 |
| MINISTER TZ | 0.00974 | 35.57 | 0.01558 | 0.047 |
| ORAMENTO TZ | 0.00985 | 36.75 | 0.01558 | 0.056 |
| RECEPÇÃO TZ | 0.00995 | 36.94 | 0.01558 | 0.071 |
| REFEITÓRIO TZ | 0.00958 | 36.84 | 0.01558 | 0.170 |
| SALA CCC TZ | 0.00960 | 36.03 | 0.01558 | 0.088 |
| SA ELÉTRICA TZ | 0.00858 | 36.63 | 0.01558 | 0.012 |
| STAFF ADM TZ | 0.00960 | 36.63 | 0.01558 | 0.475 |
| LEPRESENCE TZ | 0.00918 | 36.75 | 0.01558 | 0.022 |
| | 0.00952 | 36.75 | 0.01558 | 0.066 |

Fonte: Energyplus (2020)

A tabela 13 apresentada acima é o complemento da tabela 12, a qual disponibiliza as informações de umidade absoluta interna e externa, temperatura externa e vazão mínima de ar externo para renovação.

7. RESULTADOS E ANÁLISES

Para o dimensionamento do sistema, foram realizadas as simulações do modelo criado em modo autosize. Para este modo a simulação do sistema de ar-condicionado foi utilizado a opção como máquinas virtuais. O objetivo dessa

simulação é obter as máximas potências de refrigeração para cada ambiente da edificação. Essa simulação ocorreu utilizando-se o arquivo climático da cidade do Rio de Janeiro e foi baseada nas frequências de ocorrências cumulativas anuais de 0,4, 1,0 e 2,0% das 8760h do ano, conforme ABNT (2008). O limite escolhido para esse trabalho foi de 0,4%, que correspondem à 35h anuais.

A partir daí, reunindo todas as informações já disponibilizadas e geradas pelo EnergyPlus, que podem ser encontradas no Apêndice E, foram criadas as tabelas 14 e 15, apresentadas abaixo, com todo o dimensionamento das zonas térmicas do 1º Pavimento e do 2º Pavimento respectivamente, já inclusa a carga total (sensível e latente) nas unidades em Watts e BTU, para ser realizado o processo de escolha dos equipamentos.

Tabela 14 - Dimensionamento Total para escolha dos equipamentos 1º PAV

| ZONAS | DIMENSIONAMENTO 1º PAV | | |
|-------------------------|------------------------|-----------|-------|
| | Carga | Carga | Vazão |
| | W | BTU | m³/s |
| MINISTER | 6855,29 | 23390,94 | 0,42 |
| SALA MÉDICA 1 | 10335,34 | 35265,21 | 0,67 |
| SALA MÉDICA 2 | | | |
| RECEPÇÃO | 8730,45 | 29789,17 | 0,52 |
| REFEITÓRIO ² | 32962,09 | 112469,95 | 2,11 |
| TELEPRESENCE | 5347,97 | 18247,81 | 0,37 |
| CONVIVÊNCIA | 15403,64 | 52558,76 | 0,89 |
| CORREDOR | 4814,31 | 16426,91 | 0,32 |
| DB | 12672,31 | 43239,19 | 0,67 |
| DC | 12739,49 | 43468,41 | 0,67 |
| DS | 12736,68 | 43458,83 | 0,67 |
| DERBY | 5022,82 | 17138,36 | 0,31 |
| DESCANSO | 4198,65 | 14326,21 | 0,25 |
| DISTRIBUIÇÃO | 14665,06 | 50038,65 | 0,97 |
| ESCADA | 4235,89 | 14453,28 | 0,31 |
| Total | 150719,99 | 514271,68 | |

Fonte: Próprio (2020)

Tabela 15 - Dimensionamento Total para escolha dos equipamentos 2º PAV

| ZONAS | DIMENSIONAMENTO 2º PAV | | |
|------------------------|------------------------|------------------|-------------------|
| | Carga | Carga | Vazão |
| | W | BTU | m ³ /s |
| STAFF ADM ¹ | 73614,41 | 251179,73 | 4,68 |
| CPD | 3741,34 | 12765,83 | 0,29 |
| VENDAS | 10928,10 | 37287,77 | 0,71 |
| SALA ELÉTRICA | 10353,54 | 35327,31 | 0,83 |
| SALA CCC | 13771,12 | 46988,44 | 0,88 |
| CPD CCC | 3428,10 | 11697,02 | 0,25 |
| MONITORAMENTO | 7231,53 | 24674,70 | 0,44 |
| MONITORAMENTO 2 | | | |
| LUCKY | 4743,32 | 16184,68 | 0,28 |
| KENT | 3796,79 | 12955,03 | 0,23 |
| HOLLYWOOD | 6555,04 | 22366,45 | 0,39 |
| DSC | 5460,43 | 18631,53 | 0,37 |
| DSC 2 | | | |
| CORREDOR | 4814,31 | 16426,91 | 0,32 |
| Total | 148438,03 | 506485,40 | |

Fonte: Próprio (2020)

Conforme cálculo realizado pelo Energyplus e a geração dos resultados de carga térmica tanto para 1º Pavimento quanto para o 2º Pavimento, os mesmos estão de acordo com o esperado pois as zonas de maior área e maior fluxo de pessoas apresentam carga térmica mais elevadas.

7.3. ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS

7.3.2. Unidades Internas

a) Sistema VRF

Para as unidades internas utilizando o sistema VRF, de modo a entregar uma melhor beleza estética ao ambiente refrigerado, foram utilizados como base os equipamentos do tipo dutado do fabricante Trane, utilizando o catálogo do fornecedor foi buscado os itens de acordo com a correção de carga com base no dimensionamento junto aos equipamentos disponibilizados pela Trane. Segue

abaixo na figura 24 o catálogo do fornecedor com as máquinas que foram selecionadas.

Figura 23 - Catálogo de Unidades internas (Evaporadores)

| Unidades Internas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Capacidade (MBH) | 5 | 6 | 7 | 9 | 12 | 15 | 18 | 24 | 27 | 30 | 34 | 38 | 42 | 48 | 51 | 55 | 68 | 85 | 95 |
| High Wall |  | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | | | | | | | |
| High Wall |  | | | | | | | ● | | ● | | | | | | | | | |
| Cassette 1 Via |  NEW | | | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | | | | | | | |
| Cassette 1 Via |  | | | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | | | | | | | |
| Cassette 4 vias-compacto |  | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | | | | | | | |
| Cassette 4- vias |  | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| Cassette 2- vias |  | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | | | | | |
| Piso Teto |  | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| 100% Ar Externo |  | | | | | | | | | | | | | | ● | ● | ● | ● | |
| Console |  | | | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | | | | | | | |
| Duto baixa pressão |  | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | | | | | |
| Duto média pressão |  | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| Duto alta pressão |  | | | | | | | | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| Duto baixa pressão |  NEW | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | | | | | |
| Duto média pressão |  NEW | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |

Fonte: TRANE (2018)

Abaixo, nas tabelas 16 e 17 são apresentadas as informações dos modelos dos equipamentos e suas cargas térmicas em BTU para cada zona térmica do 1º Pavimento e 2º Pavimento respectivamente, de acordo com catálogo do fabricante com as informações detalhadas presente nas figuras 29 a 34 no Apêndice B.

Tabela 16 - Escolha das máquinas 1ºPAV.

| ZONAS | DIMENSIONAMENTO 1º PAV | | |
|-------------------------|------------------------|----------|-------------------|
| | Equipamento | Correção | Vazão |
| | | BTU | m ³ /s |
| MINISTER | 4TVA0024B10 | 24000 | 0,42 |
| SALA MÉDICA 1 | 4TVA0038B10 | 38000 | 0,67 |
| SALA MÉDICA 2 | | | |
| RECEPÇÃO | 4TVA0030B10 | 30000 | 0,52 |
| REFEITÓRIO ² | 4TVA0048B10 | 116000 | 2,11 |
| | 4TVA0068B10 | | |
| TELEPRESENCE | 4TVA0024B10 | 24000 | 0,37 |
| CONVIVÊNCIA | 4TVA0055B10 | 55000 | 0,89 |
| CORREDOR | 4TVL0018DF0 | 18000 | 0,32 |
| DB | 4TVA0048B10 | 48000 | 0,67 |
| DC | 4TVA0048B10 | 48000 | 0,67 |
| DS | 4TVA0048B10 | 48000 | 0,67 |
| DERBY | 4TVL0018DF0 | 18000 | 0,31 |
| DESCANSO | 4TVL0015DF0 | 15000 | 0,25 |
| DISTRIBUIÇÃO | 4TVA0051DF0 | 51000 | 0,97 |
| ESCADA | 4TVL0015DF0 | 15000 | 0,31 |
| Total | | 548000 | |

Fonte: Próprio (2020)**Tabela 17 - Escolha das máquinas 2ºPAV**

| ZONAS | DIMENSIONAMENTO 2º PAV | | |
|------------------------|------------------------|----------|-------------------|
| | Equipamento | Correção | Vazão |
| | | BTU | m ³ /s |
| STAFF ADM ¹ | 3x 4TVA0085B10 | 255000 | 4,68 |
| CPD | 4TVL0015DF0 | 15000 | 0,29 |
| VENDAS | 4TVA0038B10 | 38000 | 0,71 |
| SALA ELÉTRICA | 4TVA0038B10 | 38000 | 0,83 |
| SALA CCC | 4TVA0048B10 | 48000 | 0,88 |
| CPD CCC | 4TVL0012DF0 | 12000 | 0,25 |
| MONITORAMENTO | 4TVA0027B10 | 27000 | 0,44 |
| MONITORAMENTO 2 | | | |
| LUCKY | 4TVL0018DF0 | 18000 | 0,28 |
| KENT | 4TVL0015DF0 | 15000 | 0,23 |
| HOLLYWOOD | 4TVA0024B10 | 24000 | 0,39 |
| DSC | 4TVA0024B10 | 24000 | 0,37 |
| DSC 2 | | | |
| CORREDOR | 4TVL0018DF0 | 18000 | 0,32 |
| Total | | 532000 | |

Fonte: Próprio (2020)

b) Sistema Água Gelada

Para as unidades evaporadoras do sistema tipo água gelada, foram escolhidos dois tipos de evaporadoras do fabricante Trane devido aos ambientes com altas taxas de troca de calor. Nas figuras 25 e 26 abaixo, são apresentados respectivamente os equipamentos FanCoil/Air Handler – Wave FL (para altas cargas térmicas) e o Fancolete – HFCF.

Figura 24 - Fan Coil Wave FL



Fonte: TRANE (2019)

Figura 25 - Fancolete HFCF**Fonte: TRANE (2016)**

São apresentadas abaixo, respectivamente nas tabelas 18 e 19, a escolha dos evaporadores do sistema de água gelada do 1º pavimento e do 2º pavimento de acordo com o catálogo do fabricante Trane, já ilustrados nas imagens acima e que estão evidenciados com maiores detalhes técnicos nas figuras 36 a 40 no Apêndice B.

Tabela 18 - Escolha dos Evaporadores do sistema de água gelada 1º Pavimento

| ZONAS | DIMENSIONAMENTO 1º PAV | | | | |
|---------------|------------------------|--------------|--------------------------|-----------------|-------------|
| | Carga W | Carga BTU | Equipamento | Unidade Interna | BTU |
| MINISTER | 6855,29 | 23390,94 | HFCF06L4032000A02 | 7010 | 23918,821 |
| SALA MÉDICA 1 | 10335,34 | 35265,21 | HFCF12L3032000A02 | 11100 | 37874,31 |
| SALA MÉDICA 2 | | | | | |
| RECEPÇÃO | 8730,45 | 29789,17 | HFCF08L4032000A02 | 9210 | 31425,441 |
| REFEITÓRIO | 32962,09 | 112469,9 | TAHP08AC3BS1XXB8WAAXXXXX | 40913,67623 | 139601,5547 |
| TELEPRESENCE | 5347,97 | 18247,81 | HFCF06L2032000A02 | 5400 | 18425,34 |
| CONVIVÊNCIA | 15403,64 | 52558,76 | TAHP08AC3BS1XXB4WAAXXXXX | 16722,98105 | 57060,48366 |
| CORREDOR | 4814,31 | 16426,91 | HFCF05L3032000A02 | 5060 | 17265,226 |
| DB | 12672,31 | 43239,19 | HFCF14L3032000A02 | 13000 | 44357,3 |
| DC | 12739,49 | 43468,41 | HFCF14L3032000A02 | 13000 | 44357,3 |
| DS | 12736,68 | 43458,83 | HFCF14L3032000A02 | 13000 | 44357,3 |
| DERBY | 5022,82 | 17138,36 | HFCF05L3032000A02 | 5060 | 17265,226 |
| DESCANSO | 4198,65 | 14326,21 | HFCF05LA032000A02 | 4500 | 15354,45 |
| DISTRIBUIÇÃO | 14665,06 | 50038,65 | HFCF14L4032000A02 | 14930 | 50942,653 |
| ESCADA | 4235,89 | 14453,28 | HFCF05LA032000A02 | 4500 | 15354,45 |
| Total | 150720 | 514271,7 | | 163406,6573 | 557559,8553 |

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

Pode-se destacar também na tabela 18, apresentada acima, que além de constar as informações de carga térmica, tanto em Watts quanto em BTU, mais as informações dos modelos dos equipamentos destinados a cada zona térmica, é apresentado também no final da mesma o total de carga térmica para o 1º Pavimento. Informação esta, que também é válida para o 2º Pavimento, apresentado na tabela 19, abaixo:

Tabela 19 - Escolha das Evaporadores do sistema de água gelada 2º Pavimento

| ZONAS | DIMENSIONAMENTO 2º PAV | | | | |
|-----------------|------------------------|--------------|--------------------------|-----------|-------------|
| | Carga W | Carga BTU | Unidade Interna | | |
| | | | Equipamento | W | BTU |
| CPD | 3741,34 | 12765,83 | HFCF04LA032000A02 | 3810 | 13000,101 |
| CPD CCC | 3428,1 | 11697,02 | HFCF04L2032000A02 | 3600 | 12283,56 |
| SALA ELÉTRICA | 10353,54 | 35327,31 | HFCF12L3032000A02 | 11100 | 37874,31 |
| CORREDOR | 4814,31 | 16426,91 | HFCF05L3032000A02 | 5060 | 17265,226 |
| STAFF ADM | 73614,41 | 251179,7 | TAHP21AC3BS1XXB4WAAXXXXX | 74531,76 | 254309,8334 |
| VENDAS | 10928,1 | 37287,77 | HFCF12L3032000A02 | 11100 | 37874,31 |
| SALA CCC | 13771,12 | 46988,44 | HFCF14L4032000A02 | 14930 | 50942,653 |
| MONITORAMENTO | 7231,53 | 24674,7 | HFCF08L3032000A02 | 8000 | 27296,8 |
| MONITORAMENTO 2 | | | | | |
| LUCKY | 4743,32 | 16184,68 | HFCF05L3032000A02 | 5060 | 17265,226 |
| KENT | 3796,79 | 12955,03 | HFCF04LA032000A02 | 3810 | 13000,101 |
| HOLLYWOOD | 6555,04 | 22366,45 | HFCF06L4032000A02 | 7010 | 23918,821 |
| DSC | 5460,43 | 18631,53 | HFCF05L4032000A02 | 5550 | 18937,155 |
| DSC 2 | | | | | |
| Total | 148438 | 506485,40 | | 153561,76 | 523968,0964 |

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

7.3.3. Unidades Externas

a) Sistema VRF

Como mandatório pela própria NBR 16401, é de suma importância considerar subdividir o sistema em módulos menores, no caso de grande variação de carga térmica, para aumentar a confiabilidade do sistema, pois a falha em um módulo não paralisa todo o sistema de refrigeração. Com isso para o primeiro pavimento foram selecionados 3 equipamentos, de modo a suprir os 548 MBH gerado pelo somatório

das unidades internas e para o segundo pavimento um equipamento para suprir os 83 MBH refrigerando os CPDs, Sala Elétrica, mais o Corredor* dedicado como explica a ABNT e para o restante do 2º pavimento mais três máquinas, para suprir 449 MBH.

Segue abaixo na figura 27 a representação das máquinas e suas respectivas capacidades. Logo em seguida na tabela 20 a escolha dos equipamentos externos para realização do orçamento.

Figura 26 - Representação dos equipamentos externos



Fonte: (Trane, 2018)

Tabela 20 - Escolha das Unidades Externas para o 1º Pavimento

| ZONAS | DIMENSIONAMENTO 1º PAV | | | | | |
|-------------------------|------------------------|-------|-----------------|-------------------|-----------------|--------|
| | Unidade Interna | | Unidade Externa | | | |
| | Equipamento | BTU | Demandas(BTU) | Equipamento | Capacidade(BTU) | |
| MINISTER | 4TVA0024B10 | 24000 | | | | |
| SALA MÉDICA 1 | 4TVA0038B10 | 38000 | | | | |
| SALA MÉDICA 2 | | | | | | |
| RECEPÇÃO | 4TVA0030B10 | 30000 | | | | |
| REFEITÓRIO ² | 4TVA0048B10 | | 116000 | 2x 4TVH0170D60 | 340000 | |
| | 4TVA0068B10 | | | | | |
| TELEPRESENCE | 4TVA0024B10 | 24000 | | | | |
| CONVIVÊNCIA | 4TVA0055B10 | 55000 | | | | |
| CORREDOR | 4TVL0018DF0 | 18000 | | | | |
| DB | 4TVA0048B10 | 48000 | | | | |
| DC | 4TVA0048B10 | 48000 | | | | |
| DS | 4TVA0048B10 | 48000 | | | | |
| DERBY | 4TVL0018DF0 | 18000 | | | | |
| DESCANSO | 4TVL0015DF0 | 15000 | | | | |
| DISTRIBUIÇÃO | 4TVA0051DF0 | 51000 | | | | |
| ESCADA | 4TVL0015DF0 | 15000 | | | | |
| Total | | | 548000 | | | 550000 |

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

Como observado na tabela 20, para o 1º pavimento foram escolhidas três unidades condensadoras pelo catálogo do fabricante Trane, trabalhando de forma em conjunta no abastecimento dos evaporadores em todo o primeiro pavimento, ou seja, para este caso não houve nenhum tipo de designação de equipamento para uma área em específico. Todos os três equipamentos abastecem todos os evaporadores do 1º pavimento. Considerando um equipamento principal e os outros dois “máquinas escravas”, pois dependem da máquina principal para seu funcionamento. Com esse método de separação da demanda total em módulos menores, beneficia o fato de que se um dos equipamentos der algum tipo de problema, os outros dois podem de certa forma suprir as necessidades de forma parcial, sem comprometer o conforto térmico em todo o pavimento.

Tabela 21 - Escolha das Unidades Externas para o 2º Pavimento

| ZONAS | DIMENSIONAMENTO 2º PAV | | | | | | | |
|------------------------|------------------------|--------|-----------------|---|-----------------|--|--|--|
| | Unidade Interna | | Unidade Externa | | | | | |
| | Equipamento | BTU | Demandas(BTU) | Equipamento | Capacidade(BTU) | | | |
| CPD | 4TVL0015DF0 | 15000 | 83000 | 1x 4TVH0086D60 para CPDs, Sala Elétrica e o Corredor | 86000 | | | |
| CPD CCC | 4TVL0012DF0 | 12000 | | | | | | |
| SALA ELÉTRICA | 4TVA0038B10 | 38000 | | | | | | |
| CORREDOR | 4TVL0018DF0 | 18000 | | | | | | |
| STAFF ADM ¹ | 3x 4TVA0085B10 | 255000 | 449000 | 1x 4TVH0210D60 1x 4TVH0155D60 1x 4TVH0086D60 para o restante Pavimento. | 451000 | | | |
| VENDAS | 4TVA0038B10 | 38000 | | | | | | |
| SALA CCC | 4TVA0048B10 | 48000 | | | | | | |
| MONITORAMENTO | 4TVA0027B10 | 27000 | | | | | | |
| MONITORAMENTO 2 | | | | | | | | |
| LUCKY | 4TVL0018DF0 | 18000 | | | | | | |
| KENT | 4TVL0015DF0 | 15000 | | | | | | |
| HOLLYWOOD | 4TVA0024B10 | 24000 | | | | | | |
| DSC | 4TVA0024B10 | 24000 | | | | | | |
| DSC 2 | | | | | | | | |
| Total | | 532000 | | | 537000 | | | |

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

Conforme tabela 21, apresentada acima, de acordo com a demanda das unidades internas que totalizam 532000 BTUs, foram selecionados 4 equipamentos para as unidades externas de acordo com o catálogo do fabricante Trane, que somando equivalem a 537000 BTUs. Porém de forma diferente do que foi idealizado no 1º Pavimento, houve a necessidade de designar uma condensadora para abastecer apenas as áreas críticas que são os CPDs e Sala Elétrica, porém como a máquina de menor potência frigorífica era muito além do que o somatório dessas zonas térmicas, foi acrescido também a carga do Corredor junto destas zonas, para assim utilizarmos quase que 100% da máquina sem desperdiçar sua potência.

b) Tipo Água gelada

Para o dimensionamento da unidade externa do sistema água gelada, foi idealizado da forma do sistema VRF com o intuito de subdividir em módulos menores a carga total, com isso para a escolha do Chiller, foi selecionado um de

condensação a ar, por possuírem capacidades menores quando comparados aos de condensação a água, podendo assim selecionar dois equipamentos. Segue abaixo na figura 28 a representação da unidade externa e em seguida nas tabelas 22 e 23 a escolha destes equipamentos de acordo com o catálogo da Trane Modelo CGAD evidenciado no Apêndice B.

Figura 27 - Representação Chiller a ar Trane modelo CGAD



Fonte: (TRANE, 2015)

Tabela 22 - Escolha das Unidades Externas para o 1º Pavimento

| ZONAS | ORÇAMENTO 1º PAV | | | | | |
|--------------------|------------------|-----------|-----------------|-------------|----------------|--|
| | Unidade Interna | | Unidade Externa | | | |
| | W | BTU | Demandas(TR) | Equipamento | Capacidade(TR) | |
| MINISTER | 7010,00 | 23918,82 | 46,46 | CGAD050 | 49,9 | |
| SALA MÉDICA 1 | 11100,00 | 37874,31 | | | | |
| SALA MÉDICA 2 | | | | | | |
| RECEPÇÃO | 9210,00 | 31425,44 | | | | |
| REFEITÓRIO | 40913,68 | 139601,55 | | | | |
| TELEPRESENCE | 5400,00 | 18425,34 | | | | |
| CONVIVÊNCIA | 16722,98 | 57060,48 | | | | |
| CORREDOR | 5060,00 | 17265,23 | | | | |
| DB | 13000,00 | 44357,30 | | | | |
| DC | 13000,00 | 44357,30 | | | | |
| DS | 13000,00 | 44357,30 | | | | |
| DERBY | 5060,00 | 17265,23 | | | | |
| DESCANSO | 4500,00 | 15354,45 | | | | |
| DISTRIBUIÇÃO | 14930,00 | 50942,65 | | | | |
| ESCADA | 4500,00 | 15354,45 | | | | |
| Total (BTU) | 557559,86 | | | | 598800 | |

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

Conforme apresentado na tabela 22, foi escolhido o equipamento Chiller de condensação a ar modelo CGAD050, com uma capacidade de refrigeração de até 49,9TRs (Fluído refrigerante R407 / TSA =10°C/ Temp. de entrada do ar Condensadora = 45°C, conforme dados de performance do fabricante na figura 42 no Apêndice B). Este equipamento possui capacidade para abastecimento total do 1º Pavimento, podendo também trabalhar em paralelo com o Chiller escolhido para o 2º Pavimento, caso algum compressor venha a entrar em falha, tendo assim o auxílio de abastecimento do outro Chiller.

Tabela 23 - Escolha das Unidades Externas para o 2º Pavimento

| ZONAS | ORÇAMENTO 2º PAV | | | | |
|-------------------|------------------|-----------|-------------|-----------------|----------------|
| | Unidade Interna | | Demanda(TR) | Unidade Externa | |
| | W | BTU | | Equipamento | Capacidade(TR) |
| CPD | 3810,00 | 13000,10 | 43,66 | CGAD050 | 49,9 |
| CPD CCC | 3600,00 | 12283,56 | | | |
| SALA ELÉTRICA | 11100,00 | 37874,31 | | | |
| CORREDOR | 5060,00 | 17265,23 | | | |
| STAFF ADM | 74531,76 | 254309,83 | | | |
| VENDAS | 11100,00 | 37874,31 | | | |
| SALA CCC | 14930,00 | 50942,65 | | | |
| MONITORAMENTO | 8000,00 | 27296,80 | | | |
| MONITORAMENTO 2 | | | | | |
| LUCKY | 5060,00 | 17265,23 | | | |
| KENT | 3810,00 | 13000,10 | | | |
| HOLLYWOOD | 7010,00 | 23918,82 | | | |
| DSC | 5550,00 | 18937,16 | | | |
| DSC 2 | | | | | |
| Total(BTU) | 523968,10 | | | | 598800 |

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

Igualmente ao 1º Pavimento, foi escolhido também, conforme apresentado acima na tabela 23, o Chiller CGAD50 para o 2º Pavimento com seus 49,9 TRs para abastecer um total de praticamente 44 TRs, podendo assim ter a oportunidade de acrescentar mais unidades internas caso haja a necessidade.

7.4. ORÇAMENTO

Seguem abaixo as tabelas com o orçamento total para cada tipo de instalação, tanto para o sistema VRF, quanto para o sistema de água gelada (Chiller-Fancoil). Essas tabelas foram criadas com base no contato realizado com o fornecedor Trane via e-mail, evidenciado nas figuras 44 e 45 do Apêndice F, o qual disponibilizou os valores para cada unidade.

a) Sistema VRF

Tabela 24 - Orçamento Sistema VRF 1º Pavimento

| ZONAS | ORÇAMENTO 1º PAV | | | |
|-------------------------|------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| | Unidade Interna | | Unidade Externa | |
| | Equipamento | Preço unitário(R\$) | Equipamento | Preço unitário(R\$) |
| MINISTER | 4TVA0024B10 | R\$ 3.410,00 | 2x 4TVH0170D60 | R\$ 50.450,00 |
| SALA MÉDICA 1 | 4TVA0038B10 | R\$ 4.092,00 | | |
| SALA MÉDICA 2 | | | | |
| RECEPÇÃO | 4TVA0030B10 | R\$ 3.730,00 | | |
| REFEITÓRIO ² | 4TVA0048B10 | R\$ 4.482,00 | | |
| | 4TVA0068B10 | R\$ 8.478,00 | | |
| TELEPRESENCE | 4TVA0024B10 | R\$ 3.410,00 | | |
| CONVIVÊNCIA | 4TVA0055B10 | R\$ 4.804,00 | | |
| CORREDOR | 4TVL0018DFO | R\$ 3.336,00 | | |
| DB | 4TVA0048B10 | R\$ 4.482,00 | | |
| DC | 4TVA0048B10 | R\$ 4.482,00 | | |
| DS | 4TVA0048B10 | R\$ 4.482,00 | 1x 4TVH0210D60 | R\$ 61.180,00 |
| DERBY | 4TVL0018DFO | R\$ 3.336,00 | | |
| DESCANSO | 4TVL0015DFO | R\$ 3.254,00 | | |
| DISTRIBUIÇÃO | 4TVA0051DFO | R\$ 4.804,00 | | |
| ESCADA | 4TVL0015DFO | R\$ 3.254,00 | | |
| Total | | R\$ 63.836,00 | | R\$ 111.630,00 |
| | | | | R\$ 175.466,00 |

Fonte: Próprio, 2020

Como apresentado acima na tabela 24, o total orçado para os equipamentos de refrigeração do 1º pavimento, sendo eles as unidades internas (evaporadores) e unidades externas (condensadores), foi de R\$ 175.466,00.

Tabela 25 - Orçamento Sistema VRF 2º Pavimento

| ZONAS | ORÇAMENTO 2º PAV | | | | | |
|------------------------|------------------|---------------------|--|---------------------|--|--|
| | Unidade Interna | | Unidade Externa | | | |
| | Equipamento | Preço unitário(R\$) | Equipamento | Preço unitário(R\$) | | |
| CPD | 4TVL0015DF0 | R\$ 3.254,00 | 1x 4TVH0086D60 para CPDs, Sala Elétrica e o Corredor | R\$ 29.620,00 | | |
| CPD CCC | 4TVL0012DF0 | R\$ 2.614,00 | | | | |
| SALA ELÉTRICA | 4TVA0038B10 | R\$ 4.092,00 | | | | |
| CORREDOR | 4TVL0018DF0 | R\$ 3.336,00 | | | | |
| STAFF ADM ¹ | 3x 4TVA0085B10 | R\$ 8.654,00 | 1x 4TVH0210D60 | R\$ 61.180,00 | | |
| VENDAS | 4TVA0038B10 | R\$ 4.092,00 | | | | |
| SALA CCC | 4TVA0048B10 | R\$ 4.482,00 | | | | |
| MONITORAMENTO | 4TVA0027B10 | R\$ 3.554,00 | 1x 4TVH0155D60 | R\$ 45.128,00 | | |
| MONITORAMENTO 2 | | | | | | |
| LUCKY | 4TVL0018DF0 | R\$ 3.336,00 | | | | |
| KENT | 4TVL0015DF0 | R\$ 3.254,00 | | | | |
| HOLLYWOOD | 4TVA0024B10 | R\$ 3.410,00 | 4TVH0086D60 para o restante Pavimento. | R\$ 29.620,00 | | |
| DSC | 4TVA0024B10 | R\$ 3.410,00 | | | | |
| DSC 2 | | | | | | |
| Total | | R\$ 64.796,00 | | R\$ 165.548,00 | | |
| | | | | R\$ 230.344,00 | | |

Fonte: Próprio, 2020

Conforme apresentado acima na tabela 25, o total orçado para os equipamentos de refrigeração do 2º pavimento, sendo eles as unidades externas e unidades internas, foi de R\$ 230.344,00.

Com isso, foi obtido para o sistema VRF um orçamento total de R\$405.810,00, conforme mostrado abaixo na tabela 26.

Tabela 26 - Orçamento total sistema VRF

| | |
|------------------|----------------|
| ORÇAMENTO 1º PAV | R\$ 175.466,00 |
| ORÇAMENTO 2º PAV | R\$ 230.344,00 |
| Total | R\$ 405.810,00 |

b) Sistema Central Água Gelada

Tabela 27 - Orçamento Sistema Água Gelada 1º Pavimento

| ZONAS | ORÇAMENTO 1º PAV | | | | | |
|---------------|--------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|--|--|
| | Unidade Interna | | Unidade Externa | | | |
| | Equipamento | Preço unitário(R\$) | Equipamento | Preço unitário(R\$) | | |
| MINISTER | HFCF06L4032000A02 | R\$ 1.288,00 | CGAD050 | R\$ 126.667,00 | | |
| SALA MÉDICA 1 | HFCF12L3032000A02 | R\$ 2.210,00 | | | | |
| SALA MÉDICA 2 | | | | | | |
| RECEPÇÃO | HFCF08L4032000A02 | R\$ 1.770,00 | | | | |
| REFEITÓRIO | TAHP08AC3BS1XXB8WAAXXXXX | R\$ 11.868,00 | | | | |
| TELEPRESENCE | HFCF06L2032000A02 | R\$ 1.288,00 | | | | |
| CONVIVÊNCIA | TAHP08AC3BS1XXB4WAAXXXXX | R\$ 11.868,00 | | | | |
| CORREDOR | HFCF05L3032000A02 | R\$ 1.202,00 | | | | |
| DB | HFCF14L3032000A02 | R\$ 2.298,00 | | | | |
| DC | HFCF14L3032000A02 | R\$ 2.298,00 | | | | |
| DS | HFCF14L3032000A02 | R\$ 2.298,00 | | | | |
| DERBY | HFCF05L3032000A02 | R\$ 1.202,00 | | | | |
| DESCANSO | HFCF05LA032000A02 | R\$ 1.202,00 | | | | |
| DISTRIBUIÇÃO | HFCF14L4032000A02 | R\$ 2.298,00 | | | | |
| ESCADA | HFCF05LA032000A02 | R\$ 1.202,00 | | | | |
| Total(BTU) | | R\$ 44.292,00 | | R\$ 126.667,00 | | |
| | | | | R\$ 170.959,00 | | |

Fonte: Próprio, 2020

De acordo com a tabela 27 apresentada acima, o valor orçado dos equipamentos de refrigeração referentes ao sistema central água gelada para o 1º pavimento foi equivalente a R\$ 170.959,00

Tabela 28 - Orçamento Sistema Água Gelada 2º Pavimento

| ZONAS | ORÇAMENTO 2º PAV | | | | | | | |
|-----------------|--------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|--|--|--|--|
| | Unidade Interna | | Unidade Externa | | | | | |
| | Equipamento | Preço unitário(R\$) | Equipamento | Preço unitário(R\$) | | | | |
| CPD | HFCF04LA032000A02 | R\$ 1.096,00 | CGAD050 | R\$ 126.667,00 | | | | |
| CPD CCC | HFCF04L2032000A02 | R\$ 1.096,00 | | | | | | |
| SALA ELÉTRICA | HFCF12L3032000A02 | R\$ 2.210,00 | | | | | | |
| CORREDOR | HFCF05L3032000A02 | R\$ 1.202,00 | | | | | | |
| STAFF ADM | TAHP21AC3BS1XXB4WAAXXXXX | R\$ 21.651,00 | | | | | | |
| VENDAS | HFCF12L3032000A02 | R\$ 2.210,00 | | | | | | |
| SALA CCC | HFCF14L4032000A02 | R\$ 2.298,00 | | | | | | |
| MONITORAMENTO | HFCF08L3032000A02 | R\$ 1.770,00 | | | | | | |
| MONITORAMENTO 2 | | | | | | | | |
| LUCKY | HFCF05L3032000A02 | R\$ 1.202,00 | | | | | | |
| KENT | HFCF04LA032000A02 | R\$ 1.096,00 | | | | | | |
| HOLLYWOOD | HFCF06L4032000A02 | R\$ 1.288,00 | | | | | | |
| DSC | HFCF05L4032000A02 | R\$ 1.202,00 | | | | | | |
| DSC 2 | | | | | | | | |
| Total(R\$) | | R\$ 38.321,00 | | R\$ 126.667,00 | | | | |
| | | | | R\$ 164.988,00 | | | | |

Fonte: Próprio, 2020

Já para o 2º pavimento, de acordo com a tabela 28 apresentado acima, o total orçado dos equipamentos do sistema central água gelada foi de R\$ 164.988,00.

Com isso, temos então um orçamento total dos equipamentos do sistema de refrigeração Central água gelada para toda a edificação um valor equivalente a R\$ 335.947,00, conforme mostrado na tabela 29 abaixo.

Tabela 29 - Orçamento total sistema central água gelada

| | |
|------------------|-----------------------|
| ORÇAMENTO 1º PAV | R\$ 170.959,00 |
| ORÇAMENTO 2º PAV | R\$ 164.988,00 |
| TOTAL | R\$ 335.947,00 |

7.5. ANÁLISE COMPARATIVA E FACTÍVEL

Baseado em todas as informações já coletadas dos dois sistemas apresentados, segue abaixo os principais pontos comparativos levados em consideração para a escolha do sistema ideal.

a) Área externa disponibilizada para instalação

Antes de instalar qualquer que seja o tipo de unidade condensadora que venha ser escolhida, é necessário como mandatório de projeto o estudo do espaço a ser instalado, sabendo as dimensões disponibilizadas pelo cliente e as dimensões dos equipamentos.

Para o caso em estudo, há na área externa um espaço disponibilizado pelo cliente com as dimensões de: 15 metros de comprimento e 2 metros de largura. Com isso, segue abaixo as dimensões, de acordo com as informações do catálogo comercial de cada sistema, para o teste de factibilidade:

- VRF: 7 unidades condensadoras de 1340 mm de comprimento = 9380mm de comprimento e largura de 790mm – **OK**

- Chiller: 2 unidades de 2989mm de comprimento = 5978 mm de comprimento e largura de 1880 – **Parcialmente OK**, pois a largura para comportar o Chiller é muito próxima da dimensão dele, não dando espaço suficiente para as possíveis manutenções que possam vir a acontecer.

b) COP médio de cada equipamento

O COP é o coeficiente de performance do sistema de refrigeração, conhecido também pela sigla EER (Energy Efficiency Ratio). Esse coeficiente é a correlação entre carga térmica total e o consumo de energia. Este parâmetro possui um impacto significativo no desempenho energético de qualquer edificação que opte em realizar um projeto de refrigeração. Segue abaixo os dados de COP para os dois sistemas, de acordo com os catálogos do fabricante de cada um deles:

- VRF = 3,52
- Chiller Scroll a ar = 3,03

c) Consumo anual médio das unidades externas

Foi realizado um simples cálculo de consumo médio anual com base nos dados disponibilizados pelo catálogo do fornecedor TRANE dos dois tipos de sistemas de refrigeração, pegando como base apenas as unidades externas que mais se diferenciam e mais geram custos energéticos por conta dos compressores, quando comparados as unidades internas que possuem apenas os ventiladores. Segue abaixo os resultados de consumo energético por ano ($\text{KW/ANO} \times (10^{-3})$) :

- VRF = 703,6*
- Chiller Scroll CAGD = 944,32

***Obs.: Sem levar em consideração que o sistema VRF possui uma tecnologia embarcada que permite a variação de seu fluido refrigerante devido aos seus compressores e ventiladores possuírem inversores de frequência, o que retira os picos de alta corrente gerados durante o desarme e rearme do compressor, podendo assim diminuir mais ainda o valor do consumo elétrico.**

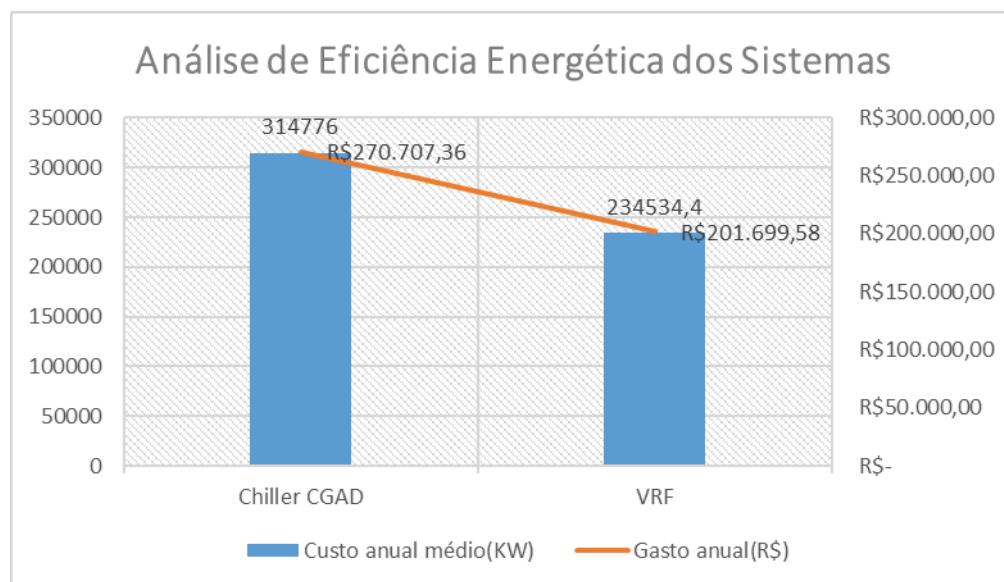
De acordo com a tabela 30, é apresentado as tarifas da concessionária de luz do local estudado (Light), onde é imposta uma taxa de R\$ 0,85973 /KWh, por ser uma edificação “Não residencial”.

Tabela 30 - Tarifas Light

| TARIFAS DE BAIXA TENSÃO - R\$/kWh - Maio/2020 | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------------|--|--|
| Classe de consumo | Tarifa com PIS/COFINS e ICMS | | | | | Tarifa homologada pela ANEEL sem incidência de ICMS/PIS/COFINS | Tarifa com PIS/COFINS isenta de ICMS | | |
| | Faixa consumo | | | | | | | | |
| | até 50 kWh | de 51 até 300 kWh | até 300 kWh | de 301 até 450 kWh | acima de 450 kWh | | | | |
| | Residencial (isento de ICMS) | Residencial (ICMS de 18%) | Demais Classes (ICMS de 20%) | Todas as Classes (ICMS de 31%) | Todas as Classes (ICMS de 30%) | | | | |
| | 0,68270 | 0,83800 | - | 1,00274 | 1,01813 | 0,66311 | 0,68270 | | |
| Tarifa Social | | | | | | | | | |
| - até 30 kWh | 0,21118 | 0,25922 | - | 0,31018 | 0,31494 | 0,20512 | 0,21118 | | |
| - 31 até 50 kWh | 0,36203 | 0,44438 | - | 0,53173 | 0,53990 | 0,35164 | 0,36203 | | |
| - 51 até 100 kWh | 0,36203 | | - | | | | | | |
| - 101 até 220 kWh | - | 0,66657 | - | 0,79760 | 0,80985 | 0,52745 | 0,54304 | | |
| - acima de 220 kWh | - | 0,74063 | - | 0,88622 | 0,89983 | 0,58606 | 0,60338 | | |
| Não residencial | - | - | 0,85973 | 1,00274 | 1,01813 | 0,66311 | 0,68270 | | |
| Rural | - | - | 0,70497 | 0,82223 | 0,83485 | 0,54374 | 0,55981 | | |
| Illuminação Pública | | | | | | | | | |
| - Rede de Distribuição | - | - | 0,47285 | 0,55150 | 0,55997 | 0,36471 | 0,37549 | | |
| - Bulbo da Lâmpada | - | - | 0,51584 | 0,60165 | 0,61089 | 0,39787 | 0,40963 | | |

Fonte: LIGHT, 2020

Com base nos dados realizados de consumo, mais as informações de custo da concessionária, obtém-se então a Análise de Eficiência Energética dos Equipamentos em um modelo de consumo de 8 horas por dia e 365 dias por ano, evidenciado no gráfico 1 apresentado abaixo.

Gráfico 1 - Análise de Eficiência Energética entre os Sistemas de Refrigeração**Fonte: Próprio, 2020**

8. CONCLUSÃO

Este projeto apresentou uma comparação entre dois sistemas de Ar Condicionado, o sistema VRF e o sistema de Água Gelada, comumente utilizados no mercado. Através das simulações de modelagem realizadas no software *EnergyPlus*, e realizando as correlações de desempenho através das informações obtidas nos catálogos do fabricante, conseguiu-se analisar a edificação em sua modelagem o mais próximo da realidade.

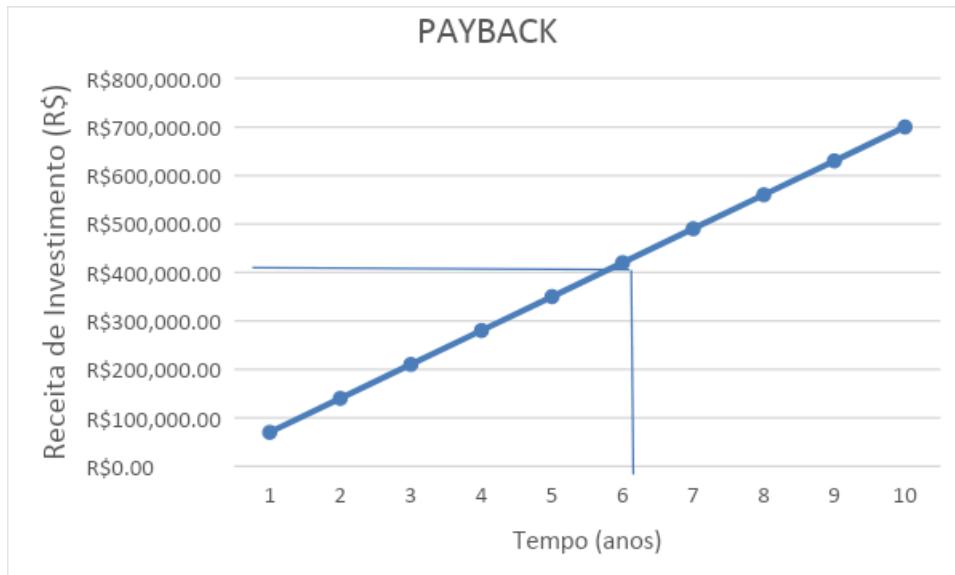
Com os resultados de carga térmica total obtida, mais as informações de desempenho para cada sistema, verificou-se que o sistema VRF, além de estar dentro para o requisito de área disponível para instalação, apresenta um melhor COP e consequentemente uma melhor eficiência energética em comparação a Água Gelada, apesar do orçamento do sistema VRF ter sido maior. Porém realizando uma análise de *Payback* (análise de tempo de retorno do investimento) com o retorno gerado pela economia energética, observa-se que em menos de 6 anos o cliente do projeto solicitado teria o retorno de seu investimento, conforme informações disponíveis da tabela 31 que correlaciona o Investimento x Retorno e o gráfico 02 com o Payback do sistema VRF, apresentados abaixo:

Tabela 31 - Investimento x Retorno

| Sistemas de Refrigeração | Investimento Inicial | Diferença de gastos | Custo Operacional | Custo de energia evitado |
|--------------------------|----------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|
| VRF | R\$405.810,00 | R\$ 69.863,00 | R\$ 201.699,58 | R\$ 69.007,78 |
| CAG | R\$335.947,00 | - | R\$ 270.707,36 | - |

Fonte: Próprio (2020)

Gráfico 2 - Payback do sistema VRF



Fonte: Próprio (2020)

De acordo com a IN SRF n° 162/98 (Instrução Normativa), a vida útil para esses equipamentos é de 10 anos. Com isso, podemos concluir que o sistema VRF é a melhor escolha para a edificação em estudo quando comparado com o sistema Central Água Gelada (Chiller), pois o retorno de seu investimento é de aproximadamente 6 anos, conforme apresentado no Gráfico 2 acima, chegando a dar um retorno próximo da metade de seu tempo de vida útil. Mesmo possuindo um custo maior de aquisição e instalação, conseguem proporcionar menores custos operacionais, além de possuir uma melhor distribuição do conforto térmico, viabilizando sua escolha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, Diego Nascimento. **“Procedimento básico de elaboração e implantação de Projetos de sistemas de ar condicionado baseado na ABNT Nbr 16401”.** Vitória, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-1: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 1: Projetos das instalações.** Rio de Janeiro. 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-2: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 2: Parâmetros de Conforto Térmico.** Rio de Janeiro. 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-3: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 3: Qualidade do ar interior.** Rio de Janeiro. 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto 02:135.07-001/2 ABNT - Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** Setembro, 2003
- Azevedo, Dauberson da Nóbrega Batista. **Projeto de Dimensionamento e Auditoria do Sistema de Ar Condicionado para o Bloco C da Central de Aulas.** Disponível em:<<https://www.passeidireto.com/arquivo/22696166/auditoria-bloco-c-da-central-de-aulas-calcular-carga-termica-por-dauberson-e-a>> . Acessado em 20 de janeiro de 2020.
- Bhatia, A. **Cooling Load Calculations and Principles – CED Engineering.** New York, 2004
- CARVALHO, LEONARDO SOUZA. Projeto de Graduação - **Estudo entre carga térmica detalhada e simplificada para climatização ambiental.** Salvador, 2009.
- Cordeiro, Daiwson Fernandes. Projeto de Graduação - **Dimensionamento De Um Sistema De Ar Condicionado Para Um Templo Religioso Em Aracruz, ES.** Aracruz, 2018.
- Costa, L.. **“História da Refrigeração”**, [consultado 2019-09-29] Disponível na www:URL:<https://stravaganzastravaganza.blogspot.com/2011/03/historia-da-refrigeracao.html>;
- 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**, disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopolio10007256.pdf>>, acessado em 20 de janeiro de 2020.
- Corrêa, Gilberto Arejano. Projeto de Pós Graduação - **Avaliação De Sistemas Integrados De Refrigeração E Sua Aplicação Na Indústria Pesqueira.** Rio Grande do Sul, 2009.

De Jesus, Marcos Fábio. **PROGRAMA PARA ESTIMATIVA DAS PROPRIEDADES PSICROMÉTRICAS** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.4, n.1, p.63-70, 2002.

Department of Energy - EnergyPlus, **Engineering Reference**, Disponível em EnergyPlus Documentation. U.S, 2020

GERNER, Valter Rubens. **Coeficiente Global de Transmissão de Calor (U) (Materiais de Construção Utilizados no Brasil)**, 1981. Disponível em: <<http://livrozilla.com/doc/537406/valter-rubens-gerner>>. Acesso em: 11 jan. 2020.

MILLER, Rex. **Ar-Condicionado e Refrigeração**. 2. ed. São Paulo: LTC, 2014

Matos, Rudmar. “**História da Refrigeração**”, [consultado 2019-09-29] Disponível na www: <URL:<https://pt.slideshare.net/Bteruel/historia-da-refrigerao>>;

Neto, Alberto Hernandez. **Sistemas de Climatização e Componentes – I**. USP. São Paulo, 2017. Disponível na www:URL:<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3293278/mod_resource/content/1/Sistemas%20e%20componentes%20I%202017.pdf>. Acessado em 14 de junho de 2020.

OLIVEIRA, D. F.; MARTINS, J. C. **Metodologia Para Análise E Escolha De Um Sistema De Condicionamento De Ar**. Monografia (Graduação em Engenharia mecânica) - Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2004.

Receita Federal do Brasil. **Instrução Normativa SRF nº 162**. Brasil, 1998.

ROSA, F. A. **Estudo comparativo entre sistemas de climatização em um teatro através de simulação computacional**. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2015.

S.D. Universidade Santa Cacília. **Carga Térmica**. Disponível em:<<https://www.unisanta.br/materialdidaticorm/arquivos/AULA03a94519.pdf>> acessado em 01/03/2020.

Strobel, Cristian. **Refrigeração e Ar Condicionado: Introdução à Refrigeração–UFPR**, disponível em:<<http://www.demec.ufpr.br/portal/graduacao/curso-de-engenharia-mecanica-diurno/>>. Acessado em 15 de março de 2020.

TAVEIRA, S. B. **Sistema de ventilação com resfriador de ar experimental**.2008.108f. Monografia - Centro Universitário de Brasília – uniceub,Brasilia,2008.

APÊNDICE A – TABELAS ABNT NBR

Tabela 32 - Taxas de calor liberadas por pessoas

| Nível de atividade | Local | Calor total (W) | | Calor Sensível (W) | Calor latente (W) | % Radiante do calor sensível | |
|---|------------------------------------|-----------------|---------------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------|
| | | Homem adulto | Ajustado M/F ^a | | | Baixa velocidade do ar | Alta velocidade do ar |
| Sentado no teatro | Teatro matinê | 115 | 95 | 65 | 30 | | |
| Sentado no teatro, noite | Teatro noite | 115 | 105 | 70 | 35 | 60 | 27 |
| Sentado, trabalho leve | Escritórios, hotéis, apartamentos | 130 | 115 | 70 | 45 | | |
| | | | | | | | |
| Atividade moderada em trabalhos de escritório | Escritórios, hotéis, apartamentos | 140 | 130 | 75 | 55 | | |
| Parado em pé, trabalho moderado; caminhando | Loja de varejo ou de departamentos | 160 | 130 | 75 | 55 | 58 | 38 |
| Caminhando, parado em pé | Farmácia, agência bancária | 160 | 145 | 75 | 70 | | |
| Trabalho sedentário | Restaurante ^b | 145 | 160 | 80 | 80 | | |
| | | | | | | | |
| Trabalho leve em bancada | Fábrica | 235 | 220 | 80 | 140 | | |
| Dançando moderadamente | Salão de balle | 265 | 250 | 90 | 160 | 49 | 35 |
| Caminhando 4,8 km/h; trabalho leve em máquina operatriz | Fábrica | 295 | 295 | 110 | 185 | | |
| | | | | | | | |
| Jogando boliche ^c | Boliche | 440 | 425 | 170 | 255 | | |
| Trabalho pesado | Fábrica | 440 | 425 | 170 | 255 | 54 | 19 |
| Trabalho pesado em máquina operatriz; carregando carga | Fábrica | 470 | 470 | 185 | 285 | | |
| Praticando esportes | Ginásio, academia | 585 | 525 | 210 | 315 | | |

NOTA 1 Valores baseados em temperatura de bulbo seco ambiente de 24 °C. Para uma temperatura de bulbo seco ambiente de 27 °C, o calor total permanece o mesmo, porém o calor sensível deve ser reduzido em aproximadamente 20 %, e o calor latente aumentado correspondente. Para uma temperatura de bulbo seco ambiente de 21 °C, também o calor total permanece o mesmo, porém o calor sensível deve ser aumentado em aproximadamente 20 %, e o calor latente reduzido correspondente.

NOTA 2 Valores arredondados em 5 W.

^a O valor do calor ajustado é baseado numa porcentagem normal de homens, mulheres e crianças para cada uma das aplicações listadas, postulando-se que o calor liberado por uma mulher adulta é aproximadamente 85 % daquele liberado por um homem adulto, e o calor liberado por uma criança é aproximadamente 75 % daquele liberado por um homem adulto.

^b O ganho de calor ajustado inclui 18 W para um prato de comida individual (9 W de calor sensível e 9 W latente).

^c Considerando uma pessoa por cancha realmente jogando boliche, e todas as demais sentadas (117 W), paradas em pé ou caminhando lentamente (231 W).

Fonte:

Adaptado de 2005 ASHRAE Fundamentals Handbook, Capítulo 30, "Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations", Tabela 1.

Fonte: (ABNT, 2008)

Tabela 33 - Valores para ocupação dos recintos

| Local | m ² /pessoa |
|----------------------------|------------------------|
| Dormitórios | 10 |
| Salas residenciais | 8 |
| Salões de hotel | 6 |
| Escritórios privados | 8 |
| Escritórios em geral | 6 |
| Bancos - recintos privados | 7 |
| Bancos - recintos públicos | 4 |
| Lojas de pouco público | 5 |
| Lojas de muito público | 3 |
| Restaurantes | 2 |
| Boates | 1 |
| Auditórios - Conferências | 1,5 |
| Teatros - Cinemas | 0,75 |

Fonte: (ABNT, 1980)

Tabela 34 - Taxas de calor quanto a Equipamentos Elétricos diversos

| Equipamentos diversos | kcal/h | | |
|--|----------|---------|-------|
| | Sensível | Latente | Total |
| <i>Equipamento elétrico</i> | | | |
| Aparelhos elétricos - por kW | 860 | 0 | 860 |
| Forno elétrico - Serviço de cozinha por kW | 690 | 170 | 860 |
| Torradeiras e aparelhos de grelhar por kW | 770 | 90 | 860 |
| Mesa quente - por kW | 690 | 170 | 860 |
| Cafeteiras - por litro | 100 | 50 | 150 |

Fonte: (ABNT, 1980)

Tabela 35 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos

| Equipamento | Tamanho | Potência W | Ganho de calor W | | | |
|--|---|----------------|---------------------|---------|-------------|----------|
| | | | Sem coifa | | Com coifa | |
| | | Plena Carga | Sensível | Latente | Total | Sensível |
| Elétrico (sem exigência de coifa) | | | | | | |
| Armário (grande, servir quente) | 1,06 a 1,15 m ³ | 2 000 | 180 | 90 | 270 | 82 |
| Armário (provador grande) | 0,45 a 0,48 m ³ | 2 030 | 180 | 90 | 270 | 82 |
| Armário (pequeno, manter quente) | 0,09 a 0,18 m ³ | 900 | 80 | 40 | 120 | 37 |
| Cafeteira | 12 xícaras | 1 660 | 1 100 | 560 | 1 660 | 530 |
| Expositor refrigerado, por metros cúbicos de interior | 0,17 a 1,9 m ³ | 1 590 | 640 | 0 | 640 | 0 |
| Aquecedor de alimentos (lâmpada infra-vermelha), por lâmp. | 1 a 6 lâmpadas | 250 | 250 | - | 250 | 250 |
| Aquecedor de alimentos (tipo prateleira), por metro quadrado de superfície | 0,28 m ³ a 0,84 m ³ | 2 930 | 2 330 | 600 | 2 930 | 820 |
| Aquecedor de alimentos (tubo infravermelho), por metro linear | 1,0 m ³ a 2,1 m | 950 | 950 | - | 950 | 950 |
| Aquecedor de alimentos (água quente), por metro cúbico de banho | 20 a 70 L | 37 400 | 12 400 | 6 360 | 18 760 | 6 000 |
| Congelador (grande) | 2,07 m ³ | 1 340 | 540 | - | 540 | 0 |
| Congelador (pequeno) | 0,51 m ³ | 810 | 320 | - | 320 | 0 |
| Grelha de cachorro quente | 48 a 56 unidades | 1 160 | 100 | 50 | 150 | 48 |
| Forno de microondas (resistente, comercial) | 20 L | 2 630 | 2 630 | - | 2 630 | 0 |
| Forno de microondas (tipo residencial) | 30 L | 600 a 1 400 | 600 a 1 400 | - | 600 a 1 400 | 0 |
| Refrigerador (grande), por metro cúbico de espaço de interior | 0,71 a 2,1 m ³ | 780 | 310 | - | 310 | 0 |
| Refrigerador (pequeno) por metro cúbico de espaço de interior | 0,17 a 0,71 m ³ | 1 730 | 690 | - | 690 | 0 |
| Carrinho de transporte (quente), por metro cúbico de banho | 50 L a 90 L | 21 200 | 7 060 | 3 530 | 10 590 | 3 390 |
| Aquecedor de caldas, por litro de capacidade | 11 L | 87 | 29 | 16 | 45 | 14 |
| Torradeira (grande automático) | 10 fatias | 5 300 | 2 810 | 2 490 | 5 300 | 1 700 |
| Torradeira (pequeno automático) | 4 fatias | 2 470 | 1 310 | 1 160 | 2 470 | 790 |
| Chapa de Waffle | 0,05 m ² | 1 640 | 700 | 940 | 1 640 | 520 |

Fonte: (ABNT, 2008)

Tabela 36 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos

| Equipamentos diversos | Potência máxima W | Dissipação recomendada W |
|---|-------------------|-------------------------------|
| Caixas registradoras | 60 | 48 |
| Máquinas de fax | 15 | 10 |
| Máquinas de café (10 xícaras) | 1 500 | 1 050 sensível 450 latente |
| Máquinas de venda de bebidas refrigeradas | 1 150 a 1 920 | 575 a 960 |
| Máquinas de venda de salgadinhos | 240 a 275 | 240 a 275 |
| Bebedouros refrigerados | 700 | 350 |

Fonte: (ABNT, 2008)

Tabela 37 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos

| Computadores | Uso continuo W | Modo economizador W |
|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|
| Computadores | | |
| Valor médio | 55 | 20 |
| Valor com fator de segurança | 65 | 25 |
| Valor com fator de segurança alto | 75 | 30 |
| Monitores | | |
| Pequeno (13 pol. a 15 pol.) | 55 | 0 |
| Médio (16 pol. a 18 pol.) | 70 | 0 |
| Grande (19 pol. a 20 pol.) | 80 | 0 |

Fonte: (ABNT, 2008)

Tabela 38 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos

| Impressoras e copiadoras | Uso continuo W | 1 página por minuto W | Ligada, em espera W |
|--------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Impressoras a laser | | | |
| De mesa, pequena | 130 | 75 | 10 |
| De mesa | 215 | 100 | 35 |
| De escritório, pequena | 320 | 160 | 70 |
| De escritório, grande | 550 | 275 | 125 |
| Copiadoras | | | |
| De mesa | 400 | 85 | 20 |
| De escritório | 1 100 | 400 | 300 |

Fonte: (ABNT, 2008)

Tabela 39 - Taxas típicas de dissipação de calor pela iluminação

| Local | Tipos de iluminação | Nível de iluminação LUX | Potência dissipada W/m ² |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Escritórios | Fluorescente | 1000 | 40 |
| Lojas | Fluorescente | 1000 | 50 |
| Residências | Incandescente | 300 | 30 |
| Supermercados | Fluorescente | 1000 | 35 |
| Barbearias e salões de beleza | Fluorescente | 500 | 20 |
| Cinemas e teatros | Incandescente | 60 | 15 |
| Museus e bibliotecas | Fluorescente Incandescente | 500 500 | 45 70 |
| Restaurantes | Fluorescente Incandescente | 150 150 | 15 25 |

Fonte: (ABNT, 1980)

Tabela 40 - Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação

| Local | D pessoas/ 100 m ² | Nível 1 | | Nível 2 | | Nível 3 | | Exaustão mecânica L/s* m ² |
|---|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---|
| | | F _p L/s*pess. | F _s L/s*m ² | F _p L/s*pess | F _s L/s*m ² | F _p L/s*pess | F _s L/s*m ² | |
| Comércio varejista | | | | | | | | |
| Supermercado de alto padrão | 8 | 3,8 | 0,3 | 4,8 | 0,4 | 5,7 | 0,5 | -- |
| Supermercado de padrão médio | 10 | 3,8 | 0,3 | 4,8 | 0,4 | 5,7 | 0,5 | -- |
| Supermercado popular | 12 | 3,8 | 0,3 | 4,8 | 0,4 | 5,7 | 0,5 | -- |
| Mall de centros comerciais | 40 | 3,8 | 0,3 | 4,8 | 0,4 | 5,7 | 0,5 | -- |
| Lojas (exceto abaju) | 15 | 3,8 | 0,6 | 4,8 | 0,8 | 5,7 | 0,9 | -- |
| Salão de beleza e/ou barbearia ^b | 25 | 10 | 0,6 | 12,5 | 0,8 | 15,0 | 0,9 | -- |
| Animais de estimação ^b | 10 | 3,8 | 0,9 | 4,8 | 1,1 | 5,7 | 1,4 | 4,5 |
| Lavanderia "self-service" | 20 | 3,8 | 0,3 | 4,8 | 0,4 | 5,7 | 0,5 | -- |
| Edifícios de escritórios | | | | | | | | |
| Hall do edifício, recepção | 10 | 2,5 | 0,3 | 3,1 | 0,4 | 3,8 | 0,5 | -- |
| Escritórios de diretoria | 6 | 2,5 | 0,3 | 3,1 | 0,4 | 3,8 | 0,5 | -- |
| Escritório com baixa densidade | 11 | 2,5 | 0,3 | 3,1 | 0,4 | 3,8 | 0,5 | -- |
| Escritório com média densidade | 14 | 2,5 | 0,3 | 3,1 | 0,4 | 3,8 | 0,5 | -- |
| Escritório com alta densidade | 20 | 2,5 | 0,3 | 3,1 | 0,4 | 3,8 | 0,5 | -- |
| Sala de reunião | 50 | 2,5 | 0,3 | 3,1 | 0,4 | 3,8 | 0,5 | -- |
| CPD (exceto impressoras) | 4 | 2,5 | 0,3 | 3,1 | 0,4 | 3,8 | 0,5 | -- |
| Sala impressoras, copiadoras | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 2,5 |
| Sala digitação | 60 | 2,5 | 0,3 | 3,1 | 0,4 | 3,8 | 0,5 | -- |
| "Call center" | 60 | 3,8 | 0,6 | 4,8 | 0,8 | 5,7 | 0,9 | -- |
| Bancos | | | | | | | | |
| Bancos (área do público) | 41 | 3,8 | 0,3 | 4,8 | 0,4 | 5,7 | 0,5 | -- |
| Caixa forte | 5 | 2,5 | 0,3 | 3,1 | 0,4 | 3,8 | 0,5 | -- |

Fonte: (ABNT, 2008)

Tabela 41 - Absortância para radiação solar e emissividade

| Tipo de superfície | α | ϵ |
|---|-------------|-------------|
| Chapa de alumínio (nova e brilhante) | 0,05 | 0,05 |
| Chapa de alumínio (oxidada) | 0,15 | 0,12 |
| Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante) | 0,25 | 0,25 |
| Caiação nova | 0,12 / 0,15 | 0,90 |
| Concreto aparente | 0,65 / 0,80 | 0,85 / 0,95 |
| Telha de barro | 0,75 / 0,80 | 0,85 / 0,95 |
| Tijolo aparente | 0,65 / 0,80 | 0,85 / 0,95 |
| Reboco claro | 0,30 / 0,50 | 0,85 / 0,95 |
| Revestimento asfáltico | 0,85 / 0,98 | 0,90 / 0,98 |
| Vidro incolor | 0,06 / 0,25 | 0,84 |
| Vidro colorido | 0,40 / 0,80 | 0,84 |
| Vidro metalizado | 0,35 / 0,80 | 0,15 / 0,84 |
| Pintura: | | |
| Branca | 0,20 | 0,90 |
| Amarela | 0,30 | 0,90 |
| Verde clara | 0,40 | 0,90 |
| "Alumínio" | 0,40 | 0,50 |
| Verde escura | 0,70 | 0,90 |
| Vermelha | 0,74 | 0,90 |
| Preta | 0,97 | 0,90 |

Fonte: (ABNT, 2003)

Tabela 42 - Propriedades térmicas dos materiais

| Material | ρ (kg/m ³) | λ (W/(m.K)) | c (kJ/(kg.K)) |
|--|--------------------------------|------------------------|--------------------|
| Argamassas | | | |
| argamassa comum | 1800-2100 | 1,15 | 1,00 |
| argamassa de gesso (ou cal e gesso) | 1200 | 0,70 | 0,84 |
| argamassa celular | 600-1000 | 0,40 | 1,00 |
| Cerâmica | | | |
| tijolos e telhas de barro | 1000-1300 | 0,70 | 0,92 |
| | 1300-1600 | 0,90 | 0,92 |
| | 1600-1800 | 1,00 | 0,92 |
| | 1800-2000 | 1,05 | 0,92 |
| Fibro-cimento | | | |
| placas de fibro-cimento | 1800-2200 | 0,95 | 0,84 |
| | 1400-1800 | 0,65 | 0,84 |
| Concreto (com agregados de pedra) | | | |
| concreto normal | 2200-2400 | 1,75 | 1,00 |
| concreto cavernoso | 1700-2100 | 1,40 | 1,00 |

Fonte: (ABNT, 2003)

Tabela 43 - Propriedades térmicas dos materiais (Continuação)

| | | | |
|--|-----------|------|------|
| Gesso | | | |
| projetado ou de densidade massa aparente elevada | 1100-1300 | 0,50 | 0,84 |
| placa de gesso: gesso carbonado | 750-1000 | 0,35 | 0,84 |
| com agregado leve (vermiculita ou perlita expandida) | | | |
| dosagem gesso:agregado = 1:1 | 700-900 | 0,30 | 0,84 |
| dosagem gesso:agregado = 1:2 | 500-700 | 0,25 | 0,84 |

| | | | |
|--------------|------|------|------|
| Vidro | | | |
| vidro comum | 2500 | 1,00 | 0,84 |

Fonte: (ABNT, 2003)

Tabela 44 - Infiltração de ar

| | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|--|
| A) Pelas frestas | | |
| Tipo de abertura | Observação | m^3/h por metro de fresta ^(A) |
| Janelas | | |
| - comum | | 3,0 |
| - basculante | | 3,0 |
| - guilhotina com caixilho de madeira | Mal ajustada | 6,5 |
| | Bem ajustada | 2,0 |
| - guilhotina com caixilho metálico | Sem vedação | 4,5 |
| | Com vedação | 1,8 |
| Portas | Mal ajustada | 13,0 |
| | Bem ajustada | 6,5 |
| B) Pelas portas | | |
| Local | m^3/h por pessoa | |
| | Porta giratória (1,80 m) | Porta de vai-e-vem (0,90 m) |
| Bancos | 11 | 14 |
| Barbearias | 7 | 9 |
| Drogarias e Farmácias | 10 | 12 |
| Escritórios de corretagem | 9 | 9 |
| Escritórios privados | - | 4 |
| Escritórios em geral | - | 7 |
| Lojas em geral | 12 | 14 |
| Restaurantes | 3 | 4 |
| Lanchonetes | 7 | 9 |

Fonte: (ABNT, 1980)

Tabela 45 - Infiltração de ar (continuação)

| C) Pelas portas abertas | |
|--|---------------------------|
| Porta até 90 cm | - 1 350m ³ /h |
| Porta de 90 cm até 180 cm | - 2 000 m ³ /h |
| (a) Largura da fresta considerada de 4,5 mm. | |
| Notas: a) Os valores das infiltrações pelas frestas são baseados na velocidade de 15 km/h para o vento. | |
| b) Os valores das infiltrações pelas portas são baseados em: | |
| - infiltrações de 2,2 m ³ /h e 3,4 m ³ /h, por pessoa que transpõe, respectivamente, porta giratória e porta vai-e-vem; | |
| - velocidade de vento nula; a infiltração, devida ao vento, pode ser desprezada no caso do resfriamento do ar, mas deve ser considerada no caso do aquecimento; | |
| - porta ou portas vai-e-vem situadas em única parede externa. | |
| c) Os valores das infiltrações pelas portas abertas são baseados em: | |
| - ausência de ventos; | |
| - somente uma porta aberta em uma parede externa. | |
| d) No caso de resfriamento, deve-se considerar com o valor mínimo da infiltração 1,5 renovações por hora de ar nos ambientes condicionados; entretanto, para grandes volumes com pequena ocupação em ambientes praticamente estanques, este limite pode ser reduzido a 1,5 para 1. | |

Fonte: (ABNT, 1980)**APÊNDICE B – CATÁLOGO TRANE UNIDADES INTERNAS E EXTERNAS****Figura 28 - Especificações Evaporadores Trane****Unidade Duto de Baixa Pressão 4TVL - 60 Hz**

| Modelo | 4TVL0007B10 | 4TVL0009B10 | 4TVL0012B10 | 4TVL0015B10 | 4TVL0018B10 |
|--|-------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| Alimentação elétrica | V/ Hz/ø | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 |
| Capacidade | Resfriamento | kW | 2,2 | 2,8 | 3,6 |
| | | Btu/h | 7.500 | 9.600 | 12.300 |
| | Aquecimento | kW | 2,6 | 3,2 | 4 |
| | | Btu/h | 8.900 | 10.900 | 13.600 |
| Consumo Elétrico | W | 32 | 35 | 43 | 43 |
| Amperagem | A | | 0,17 | | 0,24 |
| Fluxo de ar (A/M/B) | m ³ /h | 452/409/310 | 521/460/372 | 831/712/591 | |
| Pressão estática externa interna (A) | Pa | | 5 | | |
| Nível de pressão sonora (A/M/B) | dB(A) | 34/29/21 | 36/34/30 | 37/35/31 | |
| Dimensões (C/A/P) | mm | 850/190/405 | | 1030/190/430 | |
| Peso líquido | kg | 11,5 | | 14 | |
| Tubulação de refrigerante | Linha de líquido | mm | 6,35 | | 9,52 |
| | Linha de gás | mm | 12,7 | | 15,9 |
| Conexão de tubo de drenagem de condensados | mm | | 20 | | |

Fonte: (Trane, 2018)

Figura 29 - Especificações Evaporadores Trane

Unidade Duto de Baixa Pressão Motor DC - 60 Hz

| Modelo | | 4TVL0006DFO | 4TVL0007DFO | 4TVL0009DFO | 4TVL0012DFO | 4TVL0015DFO | 4TVL0018DFO | 4TVL0024DFO | | | |
|--|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--|--|--|
| Alimentação elétrica | V/ Hz/ø | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | | | |
| Capacidade | Cooling | kW | 1.8 | 2.2 | 2.8 | 3.6 | 4.5 | 5.6 | | | |
| | | Btu/h | 6.100 | 7.500 | 9.600 | 12.300 | 15.400 | 19.100 | | | |
| | Heating | kW | 2.2 | 2.6 | 3.2 | 4 | 5 | 6.3 | | | |
| | | Btu/h | 7.500 | 8.900 | 10.900 | 13.600 | 17.100 | 21.500 | | | |
| Consumo Elétrico | W | 23 | | | 30 | 46 | 53 | | | | |
| Amperagem | A | 0,31 | | | 0,36 | 0,4 | 0,5 | | | | |
| Fluxo de ar (A/M/B) | m³/h | 590/520/415 | | | 655/560/465 | 856/740/600 | 905/740/580 | 970/800/660 | | | |
| Pressão estática externa interna (A) | Pa | 10(10-30) | | | | | | | | | |
| Nível de pressão sonora (A/M/B) | dB(A) | 34/26/24 | | | 37/31/28 | 38/31/28 | | | | | |
| Dimensões (C/A/P) | mm | 740/210/470 | | | 960/210/470 | | | 1180/210/470 | | | |
| Peso líquido | kg | 13,5 | | | 17,5 | | | 21 | | | |
| Tubulação de refrigerante | Linha de líquido | mm | 6,35 | | | | | 9,53 | | | |
| | Linha de gás | mm | 12,7 | | | | | 15,9 | | | |
| Conexão de tubo de drenagem de condensados | mm | 25 | | | | | | | | | |

Fonte: (Trane, 2018)

Figura 30 - Especificações Evaporadores Trane

Unidade Duto de Média Pressão 4TVD - 60 Hz

| Modelo | | 4TVD0007B10 | 4TVD0009B10 | 4TVD0012B10 | 4TVD0015B10 | 4TVD0018B10 | 4TVD0024B10 | 4TVD0027B10 | 4TVD0030B10 | 4TVD0038B10 | 4TVD0048B10 |
|--|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| Alimentação elétrica | V/ Hz/ø | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 |
| Capacidade | Resfriamento | kW | 2,2 | 2,8 | 3,2 | 4,5 | 5,6 | 7,1 | 8 | 9 | 11,2 |
| | | Btu/h | 7.500 | 9.600 | 12.300 | 15.400 | 19.100 | 24.200 | 27.300 | 30.700 | 38.200 |
| | Aquecimento | kW | 2,6 | 3,2 | 4 | 5 | 6,3 | 8 | 9 | 10 | 12,5 |
| | | Btu/h | 8.900 | 10.900 | 13.600 | 17.100 | 21.500 | 27.300 | 30.700 | 34.100 | 42.650 |
| Consumo Elétrico | W | 66 | 72 | 77 | 101 | 100 | 125 | 133 | 134 | 137 | 152 |
| Amperagem | A | 0,28 | | | 0,5 | | | 0,7 | 1,16 | 1,65 | 1,8 |
| Fluxo de ar (A/M/B) | m³/h | 476/399/335 | 476/399/335 | 534/452/391 | 746/558/470 | 750/563/470 | 998/820/607 | 1226/1018/861 | 1230/1019/859 | 1750/1552/1389 | 1789/1539/1250 |
| Pressão estática externa interna (A) | Pa | 10(10-30) | | | | | | | 20(10-50) | 40(10-80) | 40(10-100) |
| Nível de pressão sonora (A/M/B) | dB(A) | 38/35/32 | | 40/38/36 | | 41/38,9/36 | | 42/40/35 | 45,4/39,8/37 | 48,0/41,9/38 | 47,7/43,2/39,0 |
| Dimensões (C/A/P) | mm | 700/210/635 | | | 920/210/635 | | | 1140/210/635 | | | 1200/300/865 |
| Peso líquido | kg | 21,5 | 22 | 27 | 31,8 | 38 | 40 | 49 | | | |
| Tubulação de refrigerante | Linha de líquido | mm | 6,35 | | | 9,52 | | | 15,9 | | |
| | Linha de gás | mm | 12,7 | | | 15,9 | | | | | |
| Conexão de tubo de drenagem de condensados | mm | 32 | | | | | | | | | |

Fonte: (Trane, 2018)

Figura 31 - Especificações Evaporadores Trane

Unidade Duto de Média Pressão - 4TVD Motor DC - 60 Hz

| Modelo | | 4TVD0005DF0 | 4TVD0007DF0 | 4TVD0009DF0 | 4TVD0012DF0 | 4TVD0015DF0 | 4TVD0018DF0 | 4TVD0024DF0 |
|--|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Alimentação elétrica | V/ Hz/φ | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 |
| Capacidade | Resfriamento | kW | 1,5 | 2,2 | 2,8 | 3,6 | 4,5 | 5,6 |
| | | Btu/h | 5.100 | 7.500 | 9.600 | 12.300 | 15.400 | 19.100 |
| | Aquecimento | kW | 1,7 | 2,6 | 3,2 | 4 | 5 | 6,3 |
| Consumo Elétrico | Btu/h | 5.800 | 8.900 | 10.900 | 13.600 | 17.100 | 21.500 | 27.300 |
| | W | 23 | | 24 | | 29 | 40 | 47 |
| Amperagem | A | | 0,31 | | 0,33 | | 0,36 | 0,47 |
| Fluxo de ar (A/M/B) | m ³ /h | 509/420/370 | | 521/450/380 | | 592/541/426 | 748/640/550 | 821/640/566 |
| Pressão estática externa interna (A) | Pa | | | | 10(10-30) | | | |
| Nível de pressão sonora (A/M/B) | dB(A) | 35/33/31 | | 35/34/31 | | 37/36/33 | 38/37/33 | 40/38/34 |
| Dimensões (C/A/P) | mm | | | 740/210/500 | | | 960/210/500 | 1180/210/500 |
| Peso líquido | kg | | | 17,5 | | | 22,5 | 28 |
| Tubulação de refrigerante | Linha de líquido | mm | | 6,35 | | | | 9,53 |
| | Linha de gás | mm | | 12,7 | | | | 15,9 |
| Conexão de tubo de drenagem de condensados | mm | | | | 25 | | | |

| Modelo | | 4TVD0027DF0 | 4TVD0030DF0 | 4TVD0038DF0 | 4TVD0048DF0 |
|--|-------------------|-------------|---------------|----------------|----------------|
| Alimentação elétrica | V/ Hz/φ | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 |
| Capacidade | Resfriamento | kW | 8 | 9 | 11,2 |
| | | Btu/h | 27.300 | 30.700 | 38.200 |
| | Aquecimento | kW | 9 | 10 | 12,5 |
| Consumo Elétrico | Btu/h | 30.700 | 34.100 | 42.700 | 52.900 |
| | W | 67 | 68 | 200 | 160 |
| Amperagem | A | | 1 | 1,8 | 1,55 |
| Fluxo de ar (A/M/B) | m ³ /h | | 1290/1090/940 | 1780/1550/1352 | 1950/1600/1400 |
| Pressão estática externa interna (A) | Pa | | 20(10-50) | 40(10-80) | 40(10-100) |
| Nível de pressão sonora (A/M/B) | dB(A) | | 44/38/37 | 47/41/37 | 47/42/38 |
| Dimensões (C/A/P) | mm | | 1180/270/775 | | 1240/300/865 |
| Peso líquido | kg | 38 | 40 | | 49 |
| Tubulação de refrigerante | Linha de líquido | mm | | 9,53 | |
| | Linha de gás | mm | | 15,9 | |
| Conexão de tubo de drenagem de condensados | mm | | 25 | | |

Fonte: (Trane, 2018)

Figura 32 - Especificações Evaporadores Trane

Unidade Duto de Alta Pressão 4TVA - 60 Hz

| Modelo | | 4TVA0024B10 | 4TVA0027B10 | 4TVA0030B10 | 4TVA0038B10 | 4TVA0048B10 | 4TVA0055B10 | 4TVA0068B10 | 4TVA0085B10 | 4TVA0095B10 |
|--|-------------------|----------------|----------------|-------------|----------------|--------------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| Alimentação elétrica | V/ Hz/φ | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 |
| Capacidade | Resfriamento | kW | 7,1 | 8 | 9 | 11,2 | 14 | 16 | 20 | 25 |
| | | Btu/h | 24.200 | 27.300 | 30.700 | 38.200 | 47.800 | 54.600 | 68.250 | 85.300 |
| | Aquecimento | kW | 8 | 9 | 10 | 12,5 | 16 | 18 | 22,5 | 26 |
| Consumo Elétrico | Btu/h | 27.300 | 30.700 | 34.100 | 42.650 | 54.600 | 61.400 | 76.800 | 88.700 | 107.500 |
| | W | 414 | 402 | 409 | 524 | 627 | 832 | | 1516 | |
| Amperagem | A | | 1,1 | 1,8 | 2,3 | 2,7 | 3,6 | | 6,6 | |
| Fluxo de ar (A/M/B) | m ³ /h | 1758/1568/1342 | 1602/1494/1302 | | 2250/2020/1595 | | 3030/2711/2490 | | 4487/3432/2325 | |
| Pressão estática externa interna (A) | Pa | | 40(30-196) | | | 50(30-196) | | | 196(50-250) | |
| Nível de pressão sonora (A/M/B) | dB(A) | | 48/46/44,5 | | 52/49/47 | 53/50/48 | 54/52/50 | | 59/55/52 | |
| Dimensões (C/A/P) | mm | | 952/420/690 | | | 1200/400/600 | | | 1356/470/763 | |
| Peso líquido | kg | 46,5 | | 50 | 50,6 | | 70 | | 115 | |
| Tubulação de refrigerante | Linha de líquido | mm | | | | 9,52 | | | | |
| | Linha de gás | mm | | | | 15,9 | | | | |
| Conexão de tubo de drenagem de condensados | mm | | | | 32 | | | | | |

Fonte: (Trane, 2018)

Figura 33 - Especificações Evaporadores Trane

Unidade Duto de Alta Pressão - 4TVA Motor DC - 60 Hz

| Modelo | 4TVA0024DF0 | 4TVA0027DF0 | 4TVA0030DF0 | 4TVA0038DF0 | 4TVA0048DF0 | 4TVA0051DF0 | 4TVA0068DF0 | 4TVA0085DF0 | 4TVA0095DF0 |
|--|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|
| Alimentação elétrica | V/ Hz/s | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 | 220/60/1 |
| Capacidade | KW | 7,1 | 8 | 9 | 11,2 | 14 | 16 | 20 | 25 |
| | Btu/h | 24,200 | 27,300 | 30,700 | 38,200 | 47,800 | 51,200 | 68,200 | 85,300 |
| | KW | 8 | 9 | 10 | 12,5 | 16 | 17 | 22,5 | 26 |
| | Btu/h | 27,300 | 30,700 | 34,100 | 42,700 | 54,600 | 58,000 | 76,800 | 88,700 |
| Consumo elétrico | W | 180 | 220 | 380 | 420 | 700 | | 800 | |
| Amperagem | A | 1,4 | 1,9 | 2,9 | | 4,5 | | 6 | |
| Fluxo de ar (A/M/B) | m³/h | 1500/1390/1250 | 1450/1340/1190 | 1780/1650/1530 | 2080/1930/1710 | 2860/2440/2010 | 3400/2660/2400 | 4820/4660/4620 | 4870/4760/4690 |
| Pressão estática extrema interna (A) | Pa | 25(0-196) | | 37(0-196) | | 50(0-196) | | 62(40-200) | |
| Nível de pressão sonora (A/M/B) | dB(A) | 46/44/42 | | 50/47/45 | | 53/50/48 | 54/52/50 | 57/53/50 | |
| Dimensões (C/A/P) | mm | | 952/420/690 | | | 1436/450/768 | | 1509/550/990 | |
| Peso líquido | kg | 41 | | 47 | | 68 | 70 | | 108 |
| Tubulação de refrigerante | Linha de líquido | mm | | | | 9,53 | | | |
| | Linha de gás | mm | | | 15,9 | | | 15,9 ^a | |
| Conexão de tubo de drenagem de condensados | mm | | | 25 | | | | 32 | |
| Filtro de Nylon Classe G1 | | | | | | | | | |

Fonte: (Trane, 2018)

Figura 34 - Especificações Condensadora VRV

Unidades Externas Heat Pump Modular TVR™LX - Compressores 100% Inverter

| Modelo | <E> | 4TVH0086DE0 | 4TVH0096DE0 | 4TVH0115DE0 | 4TVH0140DE0 | 4TVH0155DE0 | 4TVH0170DE0 | 4TVH0192DE0 | 4TVH0210DE0 |
|---|--|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| | <G> | 4TVH0086D60 | 4TVH0096D60 | 4TVH0115D60 | 4TVH0140D60 | 4TVH0155D60 | 4TVH0170D60 | 4TVH0192D60 | 4TVH0210D60 |
| Resfriamento | Capacidade | KW | 25,2 | 28 | 33,5 | 40 | 45 | 50 | 56 |
| | | Btu/h | 86.000 | 95.500 | 114.300 | 136.500 | 153.500 | 170.500 | 191.100 |
| | Consumo elétrico | KW | 5,36 | 6,22 | 7,79 | 9,30 | 10,98 | 12,87 | 14,51 |
| | Intervalo de capacidade (50% – 130%) | MBtu/h | 43-112 | 48-124 | 58-150 | 69-177 | 78-202 | 85-222 | 96-248 |
| Aquecimento | COP | W/W | 4,7 | 4,5 | 4,3 | 4,3 | 4,1 | 3,9 | 3,86 |
| | Capacidade | KW | 27 | 31,5 | 37,5 | 45 | 50 | 56 | 63 |
| | | Btu/h | 92.100 | 107.500 | 128.000 | 153.500 | 170.600 | 191.100 | 214.900 |
| | Intervalo de capacidade (50% – 130%) | MBtu/h | 46-120 | 54-139 | 64-166 | 77-200 | 85-222 | 96-248 | 107-279 |
| | COP | W/W | 5,6 | 5,3 | 4,9 | 4,8 | 4,6 | 4,25 | 4,12 |
| | Faixa de Operação de Resfriamento | C | | | | -5 °C – 48 °C | | | |
| | Faixa de Operação de Aquecimento | C | | | | -20 °C – 24 °C | | | |
| | Vazão de ar | m³/h | | 12.000 | | 14.000 | | 16.000 | |
| Nível de Pressão Sonora | | | | | | | | | |
| Tipo de aleta | | | | | | | | | |
| Dimensões (C/A/P) | | | | | | | | | |
| Peso líquido | | | | | | | | | |
| Refrigerante | | | | | | | | | |
| Carga de refrigerante | | | | | | | | | |
| Marca do óleo | | | | | | | | | |
| Quantidade de óleo | | | | | | | | | |
| Tubulação de refrigerante | Diâmetro Tubulação de líquido | mm | Ø9,53 | | Ø12,7 | | Ø15,9 | | |
| | Diâmetro Tubulação de Gás | mm | Ø22,2 | | Ø25,4 | | Ø28,6 | | |
| | Tubo de equalização de óleo | mm | | | Ø6 | | | | |
| | Distância máxima equivalente entre UE e UI | m | | | | 200 | | | |
| Desnível máximo entre UI e acima de UI | | | | | | | | | |
| Desnível máximo quando UE acima de UI | | | | | | | | | |
| Desnível máximo quando UE abaixo de UI | | | | | | | | | |
| Quantidade máxima de IU conectadas a EU | | | | | | | | | |

<E> = 380 V, 3Ø, 60 Hz
<G> = 220 V, 3Ø, 60 Hz

Fonte: (Trane, 2018)

Figura 35 - Especificações FanCoilWave FL

| Modelo | Área Face Serpentina | Vazão de ar | Pressão Estática Externa Disponível | 4 rows | | | 6 rows | | | 8 rows | | |
|--------|----------------------|-------------|-------------------------------------|--------|------------|----------|--------|------------|----------|--------|------------|----------|
| | | | | Capac. | Vazão Água | Δ P água | Capac. | Vazão Água | Δ P água | Capac. | Vazão Água | Δ P água |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| TAHP02 | 0,20 | 1795 | 15 | 3303 | 0,64 | 0,01 | 4884 | 0,92 | 0,04 | 6588 | 1,23 | 0,09 |
| TAHP03 | 0,27 | 2393 | 15 | 4324 | 0,83 | 0,01 | 6400 | 1,21 | 0,04 | 8434 | 1,57 | 0,08 |
| TAHP04 | 0,35 | 3171 | 15 | 5692 | 1,10 | 0,03 | 9289 | 1,75 | 0,10 | 14964 | 2,77 | 0,29 |
| TAHP06 | 0,50 | 4535 | 15 | 8043 | 1,56 | 0,04 | 15813 | 2,95 | 0,19 | 23003 | 4,24 | 0,47 |
| TAHP08 | 0,68 | 6135 | 15 | 14379 | 2,74 | 0,15 | 27244 | 5,05 | 0,65 | 35179 | 6,47 | 1,32 |
| TAHP10 | 0,89 | 7976 | 20 | 18829 | 3,63 | 0,15 | 35489 | 6,62 | 0,65 | 45772 | 8,46 | 1,34 |
| TAHP12 | 1,03 | 9239 | 20 | 26775 | 5,08 | 0,32 | 44005 | 8,18 | 1,09 | 55117 | 10,17 | 2,13 |
| TAHP14 | 1,23 | 11096 | 20 | 37099 | 7,02 | 0,67 | 55890 | 10,39 | 1,99 | 68367 | 12,63 | 3,73 |
| TAHP17 | 1,40 | 12582 | 20 | 45020 | 8,48 | 1,05 | 65316 | 12,12 | 2,94 | 79069 | 14,59 | 5,42 |
| TAHP21 | 1,82 | 16345 | 20 | 64085 | 11,98 | 2,49 | 89053 | 16,46 | 6,49 | 106254 | 19,55 | 11,70 |
| TAHP25 | 2,29 | 20574 | 25 | 77961 | 14,66 | 1,82 | 109775 | 20,37 | 4,85 | 131740 | 24,31 | 8,81 |
| TAHP31 | 2,74 | 24689 | 25 | 98270 | 18,46 | 3,27 | 135725 | 25,18 | 8,43 | 161406 | 29,78 | 15,09 |
| TAHP35 | 3,21 | 28918 | 25 | 112992 | 21,23 | 2,82 | 156968 | 29,12 | 7,34 | 187310 | 34,56 | 13,21 |
| TAHP40 | 3,49 | 31433 | 25 | 125296 | 23,52 | 3,66 | 172795 | 32,04 | 9,42 | 205409 | 37,89 | 16,85 |

Fonte: TRANE (2019) - Modificada**Figura 36 - Especificações Fancolete HFCF****Unidade de 3 fileiras (2 tubos)**

| | | | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 08 | 10 | 12 | 14 |
|---------------------------------|--|-----|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Fluxo de ar | Velocidade alta | CMH | 340 | 510 | 690 | 850 | 1020 | 1360 | 1700 | 2040 | 2380 |
| | Velocidade média | CMH | 290 | 410 | 550 | 690 | 830 | 1100 | 1360 | 1630 | 1900 |
| | Velocidade baixa | CMH | 180 | 270 | 350 | 440 | 520 | 690 | 860 | 1020 | 1190 |
| Aplicação normal ^[2] | Capacidade de resfriamento | kW | 2.21 | 3.16 | 4.17 | 5.06 | 6.10 | 8.00 | 9.30 | 11.10 | 13.00 |
| | Capacidade de aquecimento | kW | 3.50 | 5.20 | 6.70 | 8.12 | 9.70 | 13.00 | 15.50 | 18.00 | 20.80 |
| | Capacidade do aquecedor. (por aquecedor E-) ^[3] | kW | 0.50 | 1.00 | 1.40 | 1.60 | 1.80 | 2.80 | 3.20 | 3.60 | 4.60 |
| | Fluxo de água | l/s | 0.11 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.39 | 0.45 | 0.53 | 0.63 |
| | Queda de pressão de água | kPa | 25 | 24 | 25 | 30 | 40 | 35 | 35 | 40 | 50 |

Fonte: (TRANE, 2016)

Figura 37 - Especificações Fancolete HFCF**Unidade de 4 fileiras (2 tubos)**

| | | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 08 | 10 | 12 | 14 |
|---------------------------------|--|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Fluxo de ar | Velocidade alta | 340 | 510 | 680 | 850 | 1020 | 1360 | 1700 | 2040 | 2380 |
| | Velocidade média | 280 | 410 | 550 | 690 | 830 | 1100 | 1360 | 1630 | 1900 |
| | Velocidade baixa | 180 | 270 | 350 | 440 | 520 | 690 | 860 | 1020 | 1190 |
| Aplicação normal ^[2] | Capacidade de resfriamento | kW | 2.54 | 3.66 | 4.73 | 5.55 | 7.01 | 9.21 | 11.16 | 13.07 |
| | Capacidade de aquecimento | kW | 4.00 | 5.69 | 7.20 | 8.82 | 10.73 | 14.17 | 17.61 | 20.16 |
| | Capacidade de aquecimento (por calefação E) ^[3] | kW | 0.50 | 1.00 | 1.40 | 1.60 | 1.80 | 2.80 | 3.20 | 3.60 |
| | Fluxo de água | l/s | 0.12 | 0.18 | 0.23 | 0.27 | 0.33 | 0.44 | 0.53 | 0.62 |
| Queda de pressão de água | | kPa | 16 | 20 | 30 | 30 | 34 | 35 | 40 | 50 |

Fonte: (TRANE, 2016)**Figura 38 - Especificações Fancolete HFCF****Unidade de 2 fileiras (2 tubos)**

| | | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 08 |
|--|----------------------|-----|------|------|------|------|------|
| Fluxo ar CMH | Velocidade alta | 350 | 520 | 690 | 870 | 1040 | 1380 |
| | Velocidade média CMH | 280 | 410 | 550 | 700 | 830 | 1100 |
| | Velocidade baixa | 180 | 270 | 350 | 450 | 520 | 690 |
| Capacidade de resfriamento | | kW | 1.90 | 2.80 | 3.60 | 4.50 | 5.40 |
| Capacidade de aquecimento | | kW | 3.15 | 4.93 | 6.10 | 7.41 | 8.90 |
| Capacidade do aquecedor. (por aquecedor E-) ^[3] | | kW | 0.50 | 1.00 | 1.40 | 1.60 | 1.80 |
| Fluxo de água | | l/s | 0.10 | 0.14 | 0.17 | 0.21 | 0.26 |
| Queda de pressão de água | | kPa | 15 | 30 | 25 | 30 | 34 |
| | | | | | | | 36 |

Fonte: (TRANE, 2016)**Figura 39 - Especificações Fancolete HFCF****Unidade de 2+1 fileiras (2 tubos)**

| | | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 08 |
|------------------------------------|------------------|-----|------|------|------|------|------|
| Fluxo ar CMH | Velocidade alta | 340 | 510 | 680 | 850 | 1020 | 1360 |
| | Velocidade média | 280 | 410 | 550 | 690 | 830 | 1100 |
| | Velocidade baixa | 180 | 270 | 350 | 440 | 520 | 690 |
| Capacidade de resfriamento | | kW | 1.93 | 2.86 | 3.81 | 4.50 | 5.74 |
| Fluxo de água | | kPa | 0.10 | 0.14 | 0.19 | 0.22 | 0.28 |
| Queda de pressão de água | | kPa | 8 | 16 | 26 | 21 | 25 |
| Capacidade aquecimento (1 fileira) | | l/s | 1.67 | 2.21 | 2.50 | 2.92 | 3.45 |
| Fluxo de água | | kPa | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.05 |
| Queda de pressão de água | | kPa | 30 | 30 | 30 | 30 | 40 |
| | | | | | | | 40 |

Fonte: (TRANE, 2016)

Figura 40 - Especificações Chiller Modelo CGAM

Tabela 01 - Dados Gerais - 60 Hz - IP

| Tamanho | 20 | 26 | 30 | 35 | 40 | 52 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 |
|---------------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| Compressor | | | | | | | | | | | | | | |
| Quantidade | # | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 |
| Tonelagem/circuito ⁴ | | 10+10 | 13+13 | 15+15 | 15+20 | 10+10 | 13+13 | 15+15 | 15+20 | 20+20 | 20+25 | 25+25 | 25+30 | 30+30 |
| | | | | | | | | | | | | | | 20+20 +25 |
| Evaporador | | | | | | | | | | | | | | |
| Armazenamento de água (gal) | | 1.4 | 2.2 | 2.2 | 3.2 | 2.4 | 4.1 | 5.0 | 7.5 | 7.0 | 9.0 | 10.3 | 11.5 | 11.5 |
| Vazão mínima(gpm) | | 30 | 38 | 42 | 50 | 57 | 74 | 84 | 100 | 115 | 129 | 145 | 157 | 170 |
| Vazão máxima(gpm) | | 69 | 89 | 100 | 117 | 136 | 176 | 201 | 238 | 275 | 307 | 346 | 375 | 407 |
| Conexão de água (pol.) | | 2 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Condensador | | | | | | | | | | | | | | |
| Qtde. serpentinas | # | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Comprimento da serpen- tina (pol.) | | 91 | 91 | 127 | 127 | 91 | 91 | 127 | 127 | 121 | 121 | 144 | 144 | 144 |
| Altura da serpentina (pol.) | | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| Qtde. de rows | # | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Aletas por pé (fpf.) | | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 | 192 |
| Ventilador | | | | | | | | | | | | | | |
| Qtde/circuito ⁴ | # | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 10 |
| Diâmetro (pol.) | | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 |
| Fluxo de ar por ventilador (cfm) | | 9413 | 9420 | 9168 | 9173 | 9413 | 9420 | 9168 | 9173 | 9470 | 9472 | 9094 | 9096 | 9098 |
| Potência por motor (kW) | | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| RPM del motor (rpm) | | 840 | 840 | 840 | 840 | 840 | 840 | 840 | 840 | 840 | 840 | 840 | 840 | 840 |
| Velocidade da ponta (pés/ min) | | 6333 | 6333 | 6333 | 6333 | 6333 | 6333 | 6333 | 6333 | 6333 | 6333 | 6333 | 6333 | 6333 |

Fonte: (Trane, 2015)

Figura 41 - Especificações Chiller Modelo CGAD**Tab. III-01 - Dados Gerais CGAD 20-150 TR - 60 Hz**

| Modelo(1) 60Hz | CGAD020 | CGAD025 | CGAD030 | CGAD040 | CGAD050 | CGAD060 | CGAD070 | CGAD080 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Capacidade Nominal TR | 17,9 | 21,4 | 26,5 | 36,1 | 42,8 | 52,6 | 65,7 | 76,2 |
| Consumo Nominal (3) KW | 20,0 | 27,2 | 30,7 | 41,3 | 53,9 | 61,6 | 71,8 | 82,2 |
| MCA (2) | A | 54,0 | 68,0 | 78,0 | 97,0 | 123,0 | 142,0 | 163,0 |
| Eficiência (3) | E.E.R. | 10,8 | 9,4 | 10,4 | 10,5 | 9,5 | 10,2 | 11,1 |
| | KW/TR | 1,115 | 1,273 | 1,157 | 1,143 | 1,258 | 1,171 | 1,033 |
| Compressor | | | | | | | | |
| Modelo (7) | SM125 | SM185 | SM125 | SM185 | SM125 | SM185 | SM185 | SM125 |
| Tipo | Scroll |
| Quantidade | 2 | 1/1 | 2 | 4 | 2/2 | 4 | 2/4 | 4/2 |
| Capacidade Nominal TR | 10 | 15/10 | 15/15 | 10 | 15/10 | 15 | 15/10 | 15/10 |
| Evaporador | | | | | | | | |
| Volume Armazenamento Litros | 44 | 41 | 62 | 52 | 79 | 143 | 151 | 143 |
| Vazão Minima de Água m ³ /h | 5,5 | 6,8 | 8,2 | 10,9 | 13,6 | 16,4 | 21,8 | 27,3 |
| Vazão Maxima de Água m ³ /h | 16,4 | 20,4 | 24,5 | 32,7 | 40,9 | 49,1 | 65,4 | 81,8 |
| Conexão de Entrada (8) | 2" | 2" | 2 1/2" | 2 1/2" | 3" | 4" | 4" | 4" |
| Conexão de Saída (8) | 2" | 2" | 2 1/2" | 2 1/2" | 3" | 4" | 4" | 4" |

Fonte: (Trane, 2014)**Figura 42 - Dados de Performance Chiller CGAD****Tab. IX-07 - Dados de Performance - R - 407C (TSA = 10°C)**

| Temp. de Saída da Água = 10°C | 020 | 025 | 030 | 040 | 050 | 060 | 070 | 080 | 090 | 100 | 120 | 150 |
|--|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 30 Temp. de entrada para condensador (°C) | Capacidade (TR) | 19,8 | 25,4 | 29,3 | 39,3 | 50,7 | 58,1 | 73,1 | 83,7 | 91,3 | 106,2 | 131,3 |
| | Consumo(kW) | 18,1 | 23,6 | 28,0 | 37,8 | 46,4 | 56,2 | 69,4 | 78,7 | 87,1 | 100,3 | 124,9 |
| | Vazão (m ³ /h) | 11,2 | 14,3 | 16,6 | 22,7 | 28,6 | 32,8 | 41,3 | 47,3 | 51,6 | 58,0 | 72,0 |
| 35 Temp. de entrada para condensador (°C) | Capacidade (TR) | 19,1 | 24,3 | 28,1 | 38,6 | 48,7 | 55,7 | 70,1 | 80,3 | 87,6 | 100,5 | 124,7 |
| | Consumo(kW) | 20,2 | 26,1 | 30,8 | 42,0 | 51,3 | 61,8 | 76,6 | 86,3 | 95,5 | 109,8 | 137,9 |
| | Vazão (m ³ /h) | 10,8 | 13,7 | 15,9 | 21,8 | 27,5 | 31,5 | 39,6 | 45,4 | 49,7 | 55,0 | 68,0 |
| 40 Temp. de entrada para condensador (°C) | Capacidade (TR) | 19,5 | 24,9 | 28,8 | 39,6 | 49,9 | 57,0 | 71,8 | 82,3 | 89,7 | 94,9 | 117,4 |
| | Consumo(kW) | 22,5 | 28,8 | 33,8 | 46,8 | 56,7 | 67,9 | 84,6 | 94,7 | 104,8 | 120,0 | 152,6 |
| | Vazão (m ³ /h) | 10,3 | 13,1 | 15,2 | 20,8 | 26,3 | 30,0 | 37,8 | 43,3 | 47,2 | 52,0 | 64,0 |
| 45 Temp. de entrada para condensador (°C) | Capacidade (TR) | 17,3 | 22,0 | 25,5 | 35,1 | 44,3 | 50,5 | 63,7 | 72,9 | 79,5 | 88,0 | 109,5 |
| | Consumo(kW) | 24,9 | 31,8 | 37,3 | 52,1 | 62,7 | 74,7 | 93,3 | 104,0 | 115,1 | 132,3 | 170,9 |

Fonte: (TRANE, 2014)

APÊNDICE C – CARGAS DEVIDO EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

Abaixo, estão representadas as tabelas das informações das cargas dos equipamentos elétricos das zonas térmicas que foram introduzidos no software para realização do dimensionamento total, mediante informações das normas ABNT.

As tabelas constando informações de potência com valores de “W/pessoa” consta como resultado total o valor em W da referência vezes a quantidade total de pessoas permitidas na zona em estudo de acordo com a ABNT.

Tabela 46 - Cargas Equipamentos Sala Elétrica

| Loads Sala Elétrica | | |
|---------------------|---------------|-----------------|
| Equipamentos | Potência(KVA) | Dissipação Térm |
| NoBreak | 10 | 980 |
| NoBreak | 60 | 5780 |
| Transformador | 150 | 3040 |

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 47 - Cargas Equipamentos CPD

| Loads CPD | | | | |
|--------------|------------|------------------|------------------------|-----------------------|
| Equipamentos | Quantidade | Consumo Elét.(W) | Consumo Elét. Total(w) | Dissipação Térmica(W) |
| Switch | 6 | 230 | 1380 | 1186 |
| NoBreak Rack | 1 | 1500 | 1500 | 1290 |

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

Tabela 48 - Cargas Equipamentos Staff Adm

| Loads Staff Adm | | | |
|-----------------|------------|---------------|-----------------------|
| Equipamentos | Quantidade | Referência(W) | Dissipação Térmica(W) |
| Computadores | w/pessoa | 75 | - |
| Impressoras | 4 | 275 | 1100 |
| Bebedouros | 2 | 350 | 700 |
| Monitores | w/pessoa | 70 | - |

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 49 - Cargas Equipamentos Refeitório

| Loads Refeitório | | | |
|------------------|------------|---------------|-----------------------|
| Equipamentos | Quantidade | Referência(W) | Dissipação Térmica(W) |
| Geladeiras | 5 | 690 | 3450 |
| Microondas | 8 | 1400 | 11200 |
| TV | 1 | 160 | 160 |
| Bebedouro | 1 | 350 | 350 |

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 50 - Cargas Equipamentos Sala de Reunião

| Salas de reunião | | | |
|------------------|------------|---------------|-----------------------|
| Equipamentos | Quantidade | Referência(W) | Dissipação Térmica(W) |
| TV | 1 | 160 | 160 |
| Notebook | w/pessoa | 110 | |

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 51 - Cargas Equipamentos Recepção

| Loads Recepção | | | |
|----------------|------------|---------------|-----------------------|
| Equipamentos | Quantidade | Referência(W) | Dissipação Térmica(W) |
| TV | 1 | 160 | 160 |
| Computador | 1 | 75 | 75 |
| Monitor | 1 | 70 | 70 |

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 52 - Cargas Equipamentos Sala CCC

| Sala CCC | | | |
|--------------|------------|---------------|-----------------------|
| Equipamentos | Quantidade | Referência(W) | Dissipação Térmica(W) |
| Computador | w/pessoa | 75 | - |
| Monitores | w/pessoa | 70 | - |
| Impressora | 1 | 275 | 275 |

Fonte: (Próprio, 2020)**Tabela 53 - Cargas Equipamentos Sala DSC**

| Sala DSC | | | |
|--------------|------------|---------------|-----------------------|
| Equipamentos | Quantidade | Referência(W) | Dissipação Térmica(W) |
| Computador | w/pessoa | 75 | - |
| Monitores | w/pessoa | 70 | - |
| Impressora | 1 | 275 | 275 |

Fonte: (Próprio, 2020)**Tabela 54 - Cargas Equipamentos Convivência**

| Loads Convivência | | | |
|-------------------|------------|---------------|-----------------------|
| Equipamentos | Quantidade | Referência(W) | Dissipação Térmica(W) |
| TV | 1 | 160 | 160 |
| Geladeira | 1 | 690 | 690 |
| Chapa de Waffle | 1 | 1640 | 1640 |

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 55 - Cargas Equipamentos DSC 2

| DSC 2 | | | |
|--------------|------------|---------------|-----------------------|
| Equipamentos | Quantidade | Referência(W) | Dissipação Térmica(W) |
| Computador | w/pessoa | 75 | - |
| Monitores | w/pessoa | 70 | - |

Fonte: (Próprio, 2020)**Tabela 56 - Cargas Equipamentos Monitoramento 2**

| Monitoramento 2 | | | |
|-----------------|------------|---------------|-----------------------|
| Equipamentos | Quantidade | Referência(W) | Dissipação Térmica(W) |
| Computador | w/pessoa | 75 | - |
| Monitores | w/pessoa | 70 | - |

Fonte: (Próprio, 2020)**Tabela 57 - Cargas Equipamentos Distribuição**

| Loads Distribuição | | | |
|--------------------|------------|---------------|-----------------------|
| Equipamentos | Quantidade | Referência(W) | Dissipação Térmica(W) |
| Computador | w/pessoa | 75 | - |
| Monitores | w/pessoa | 70 | - |
| Bebedouro | 1 | 350 | 350 |
| Impressora | 1 | 275 | 275 |

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 58 - Cargas Equipamentos Sala Médica 1

| Sala Médica 1 | | | |
|---------------|------------|---------------|-----------------------|
| Equipamentos | Quantidade | Referência(W) | Dissipação Térmica(W) |
| Computador | w/pessoa | 75 | - |
| Monitores | w/pessoa | 70 | - |
| Impressora | 1 | 275 | 275 |

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 59 - Cargas Equipamentos Sala Médica 2

| Sala Médica 2 | | | |
|---------------|------------|---------------|-----------------------|
| Equipamentos | Quantidade | Referência(W) | Dissipação Térmica(W) |
| Computador | 1 | 75 | 75 |
| Monitores | 1 | 70 | 70 |

Fonte: (Próprio, 2020)

Figura 43 - Cargas Equipamentos Salas DC/DS/DB

| Salas DC/DS/DB | | | |
|----------------|------------|---------------|-----------------------|
| Equipamentos | Quantidade | Referência(W) | Dissipação Térmica(W) |
| Projetor | 1 | 500 | 500 |
| Notebook | w/pessoa | 110 | - |

Fonte: (Próprio, 2020)

Obs.: De acordo com B.W. Correa o **Projetor** é considerado para informações de dissipação térmica iguais a 500 W, informação que a ABNT não havia disponibilizado.

APÊNDICE D – DIMENSIONAMENTO TÉRMICO TOTAL POR ZONA

Segue abaixo, nas tabelas 60 a 109, o dimensionamento da demanda de pico de refrigeração de todas as zonas térmicas geradas pelo EnergyPlus baseado em todas as informações atribuídas no sistema pertinentes ao cálculo de carga térmica. Constando as informações de Carga Sensível (2º coluna) e sensível com atraso (3º coluna) mais a carga latente (3º coluna) e o total (4º coluna), tudo em Watts,

atribuídas aos respectivos tipos (1º coluna): Pessoas, Iluminação, Equipamentos Elétricos, Infiltração e Renovação de Ar, Teto, Paredes, Piso e Janelas.

Convivência

Tabela 60 - Demanda de pico Sala de Convivência

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 1157.69 | 294.58 | 2694.12 | 4146.40 |
| Lights | 3478.38 | 0.00 | | 3478.38 |
| Equipment | 2490.00 | 0.00 | 0.00 | 2490.00 |
| Infiltration | 409.26 | | 420.90 | 830.16 |
| Zone Ventilation | 1335.83 | | 1373.81 | 2709.64 |
| Roof | | 37.52 | | 37.52 |
| Exterior Wall | | 1228.32 | | 1228.32 |
| Interzone Wall | | -76.5 | | -76.5 |
| Interzone Floor | | -434.9 | | -434.9 |
| Fenestration Conduction | 546.28 | | | 546.28 |
| Fenestration Solar | | 448.40 | | 448.40 |
| Grand Total | 9417.44 | 1497.38 | 4488.83 | 15403.64 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 61 - Condições de pico para refrigeração da Sala de Convivência

| | Value |
|--|---------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 14:00:00 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 37.30 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.41 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.98 |
| Zone Relative Humidity [%] | 54.53 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01014 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.89 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.09 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 12493.52 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 1629.59 |
| Peak Sensible Load [W] | 10863.93 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 10914.81 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Corredor

Tabela 62 - Demanda de pico do Corredor

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 199.04 | 100.55 | 243.65 | 543.24 |
| Lights | 2464.44 | 0.00 | | 2464.44 |
| Equipment | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Infiltration | 0.00 | | 0.00 | 0.00 |
| Zone Ventilation | 538.85 | | 652.39 | 1191.24 |
| Roof | | 279.90 | | 279.90 |
| Exterior Wall | | 227.87 | | 227.87 |
| Interzone Wall | | 208.46 | | 208.46 |
| Interzone Floor | | -100.8 | | -100.8 |
| Fenestration Conduction | 0.00 | | | 0.00 |
| Fenestration Solar | | 0.00 | | 0.00 |
| Grand Total | 3202.33 | 715.93 | 896.04 | 4814.31 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 63 - Condições de pico para refrigeração do Corredor

| | Value |
|--|---------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 16:30:00 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.39 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.18 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.99 |
| Zone Relative Humidity [%] | 50.61 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00941 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.32 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.04 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 4498.52 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 586.76 |
| Peak Sensible Load [W] | 3911.76 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 3918.26 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

CPD CCC

Tabela 64 - Demanda de pico do CPD CCC

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 99.17 | 5.79 | 118.32 | 223.28 |
| Lights | 86.40 | 0.00 | | 86.40 |
| Equipment | 2696.00 | 0.00 | 0.00 | 2696.00 |
| Infiltration | 35.78 | | 76.68 | 112.46 |
| Zone Ventilation | 100.57 | | 215.53 | 316.10 |
| Roof | | -98.2 | | -98.2 |
| Exterior Wall | | 0.00 | | 0.00 |
| Interzone Wall | | 37.89 | | 37.89 |
| Interzone Floor | | 54.20 | | 54.20 |
| Fenestration Conduction | 0.00 | | | 0.00 |
| Fenestration Solar | | 0.00 | | 0.00 |
| Grand Total | 3017.92 | -0.4 | 410.53 | 3428.10 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 65 - Condições de pico para refrigeração do CPD CCC

| | Value |
|--|---------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 09:00:00 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 32.29 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 24.12 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.99 |
| Zone Relative Humidity [%] | 48.73 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00905 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.25 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.01 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 3467.75 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 452.32 |
| Peak Sensible Load [W] | 3015.44 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 3017.57 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

CPD

Tabela 66 - Demanda de pico do CPD

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 0.00 | 0.73 | 0.00 | 0.73 |
| Lights | 0.00 | 0.00 | | 0.00 |
| Equipment | 2696.00 | 0.00 | 0.00 | 2696.00 |
| Infiltration | 53.41 | | 102.15 | 155.56 |
| Zone Ventilation | 68.37 | | 130.75 | 199.12 |
| Roof | | -161.3 | | -161.3 |
| Exterior Wall | | 988.80 | | 988.80 |
| Interzone Wall | | -80.0 | | -80.0 |
| Interzone Floor | | -57.5 | | -57.5 |
| Fenestration Conduction | 0.00 | | | 0.00 |
| Fenestration Solar | | 0.00 | | 0.00 |
| Grand Total | 2817.78 | 690.66 | 232.90 | 3741.34 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 67 - Condições de pico para refrigeração do CPD

| | Value |
|--|---------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 20:20:00 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 32.48 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 24.17 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 24.00 |
| Zone Relative Humidity [%] | 47.18 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00876 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.29 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.01 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 4032.76 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 526.01 |
| Peak Sensible Load [W] | 3506.75 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 3508.44 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala DB

Tabela 68 - Demanda de pico da Sala DB

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 1903.29 | 1039.27 | 2264.35 | 5206.91 |
| Lights | 2300.00 | 0.00 | | 2300.00 |
| Equipment | 500.00 | 0.00 | 0.00 | 500.00 |
| Infiltration | 271.51 | | 250.40 | 521.91 |
| Zone Ventilation | 2143.15 | | 1976.49 | 4119.64 |
| Roof | | 221.28 | | 221.28 |
| Exterior Wall | | 475.09 | | 475.09 |
| Interzone Wall | | -564.7 | | -564.7 |
| Interzone Floor | | -107.8 | | -107.8 |
| Fenestration Conduction | 0.00 | | | 0.00 |
| Fenestration Solar | | 0.00 | | 0.00 |
| Grand Total | 7117.95 | 1063.11 | 4491.25 | 12672.31 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 69 - Condições de pico para refrigeração da Sala DB

| | Value |
|--|---------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 15:40:00 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.94 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.32 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.97 |
| Zone Relative Humidity [%] | 57.47 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01069 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.67 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.14 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 9370.71 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 1222.27 |
| Peak Sensible Load [W] | 8148.44 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 8181.06 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala DC

Tabela 70 - Demanda de pico da Sala DC

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 1903.27 | 1040.71 | 2264.38 | 5208.36 |
| Lights | 2300.00 | 0.00 | | 2300.00 |
| Equipment | 500.00 | 0.00 | 0.00 | 500.00 |
| Infiltration | 270.01 | | 251.13 | 521.14 |
| Zone Ventilation | 2131.31 | | 1982.22 | 4113.53 |
| Roof | | 198.65 | | 198.65 |
| Exterior Wall | | 489.37 | | 489.37 |
| Interzone Wall | | -491.3 | | -491.3 |
| Interzone Floor | | -100.3 | | -100.3 |
| Fenestration Conduction | 0.00 | | | 0.00 |
| Fenestration Solar | | 0.00 | | 0.00 |
| Grand Total | 7104.59 | 1137.17 | 4497.72 | 12739.49 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 71 - Condições de pico para refrigeração da Sala DC

| | Value |
|--|---------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 15:50:00 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.84 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.29 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.97 |
| Zone Relative Humidity [%] | 57.40 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01068 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.67 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.14 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 9440.48 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 1231.37 |
| Peak Sensible Load [W] | 8209.11 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 8241.76 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala DS

Tabela 72 - Demanda de pico da Sala DS

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 1903.27 | 1170.47 | 2264.38 | 5338.12 |
| Lights | 2300.00 | 0.00 | | 2300.00 |
| Equipment | 500.00 | 0.00 | 0.00 | 500.00 |
| Infiltration | 270.01 | | 251.10 | 521.11 |
| Zone Ventilation | 2131.31 | | 1982.00 | 4113.31 |
| Roof | | 199.22 | | 199.22 |
| Exterior Wall | | 489.00 | | 489.00 |
| Interzone Wall | | -621.6 | | -621.6 |
| Interzone Floor | | -102.5 | | -102.5 |
| Fenestration Conduction | 0.00 | | | 0.00 |
| Fenestration Solar | | 0.00 | | 0.00 |
| Grand Total | 7104.59 | 1134.62 | 4497.47 | 12736.68 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 73 - Condições de pico para refrigeração da Sala DS

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 15:50 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.84 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.29 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.97 |
| Zone Relative Humidity [%] | 57.41 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01068 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.67 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.14 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 9437.54 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 1230.98 |
| Peak Sensible Load [W] | 8206.56 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 8239.21 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Derby

Tabela 74 - Demanda de pico da Sala Derby

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 438.59 | 135.27 | 522.38 | 1096.24 |
| Lights | 707.04 | 0.00 | | 707.04 |
| Equipment | 1132.18 | 0.00 | 0.00 | 1132.18 |
| Infiltration | 73.34 | | 92.33 | 165.67 |
| Zone Ventilation | 457.62 | | 576.14 | 1033.76 |
| Roof | | -81.3 | | -81.3 |
| Exterior Wall | | 631.65 | | 631.65 |
| Interzone Wall | | 36.51 | | 36.51 |
| Interzone Floor | | -25.7 | | -25.7 |
| Fenestration Conduction | 129.53 | | | 129.53 |
| Fenestration Solar | | 197.21 | | 197.21 |
| Grand Total | 2938.30 | 893.67 | 1190.85 | 5022.82 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 75 - Condições de pico para refrigeração da Sala Derby

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 18:00 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 35.12 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 24.85 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.98 |
| Zone Relative Humidity [%] | 52.41 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00974 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.31 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.03 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 4388.39 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 572.40 |
| Peak Sensible Load [W] | 3815.99 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 3831.97 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Área de Descanso

Tabela 76 - Demanda de pico da Área de Descanso

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 297.57 | 53.53 | 354.90 | 706.00 |
| Lights | 1844.43 | 0.00 | | 1844.43 |
| Equipment | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Infiltration | 207.84 | | 227.82 | 435.67 |
| Zone Ventilation | 534.33 | | 585.68 | 1120.01 |
| Roof | | 191.69 | | 191.69 |
| Exterior Wall | | 0.00 | | 0.00 |
| Interzone Wall | | 49.74 | | 49.74 |
| Interzone Floor | | -148.9 | | -148.9 |
| Fenestration Conduction | 0.00 | | | 0.00 |
| Fenestration Solar | | 0.00 | | 0.00 |
| Grand Total | 2884.17 | 146.07 | 1168.40 | 4198.65 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 77 - Condições de pico para refrigeração da Área de Descanso

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 13:00 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.84 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.29 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.99 |
| Zone Relative Humidity [%] | 53.93 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01003 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.25 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.04 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 3474.93 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 453.25 |
| Peak Sensible Load [W] | 3021.68 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 3030.24 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala da Distribuição

Tabela 78 - Demanda de pico da Sala da Distribuição

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 726.35 | 223.19 | 866.26 | 1815.79 |
| Lights | 3514.88 | 0.00 | | 3514.88 |
| Equipment | 2748.57 | 0.00 | 0.00 | 2748.57 |
| Infiltration | 403.44 | | 482.28 | 885.71 |
| Zone Ventilation | 1183.41 | | 1414.68 | 2598.09 |
| Roof | | 870.04 | | 870.04 |
| Exterior Wall | | 2184.38 | | 2184.38 |
| Interzone Wall | | -93.1 | | -93.1 |
| Interzone Floor | | -353.4 | | -353.4 |
| Fenestration Conduction | 282.03 | | | 282.03 |
| Fenestration Solar | | 212.04 | | 212.04 |
| Grand Total | 8858.68 | 3043.17 | 2763.21 | 14665.06 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 79 - Condições de pico para refrigeração da Sala da Distribuição

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 16:20 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.51 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.21 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.99 |
| Zone Relative Humidity [%] | 50.71 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00943 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.97 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.08 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 13650.95 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 1780.56 |
| Peak Sensible Load [W] | 11870.39 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 11901.85 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

DSC

Tabela 80 - Demanda de pico do DSC

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 258.04 | 53.44 | 307.80 | 619.28 |
| Lights | 1248.80 | 0.00 | | 1248.80 |
| Equipment | 1029.48 | 0.00 | 0.00 | 1029.48 |
| Infiltration | 138.22 | | 172.91 | 311.13 |
| Zone Ventilation | 405.44 | | 507.19 | 912.64 |
| Roof | | -38.7 | | -38.7 |
| Exterior Wall | | 739.78 | | 739.78 |
| Interzone Wall | | -127.3 | | -127.3 |
| Interzone Floor | | -33.4 | | -33.4 |
| Fenestration Conduction | 487.68 | | | 487.68 |
| Fenestration Solar | | 311.06 | | 311.06 |
| Grand Total | 3567.68 | 904.86 | 987.89 | 5460.43 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 81 - Condições de pico para refrigeração do DSC

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 17:00 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.03 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.09 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.99 |
| Zone Relative Humidity [%] | 50.44 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00938 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.37 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.03 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 5151.80 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 671.97 |
| Peak Sensible Load [W] | 4479.83 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 4472.54 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Área da Escada

Tabela 82 - Demanda de pico da Área da Escada

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 0.00 | 1.85 | 0.00 | 1.85 |
| Lights | 238.30 | 0.00 | | 238.30 |
| Equipment | 2696.00 | 0.00 | 0.00 | 2696.00 |
| Infiltration | 165.03 | | 209.03 | 374.06 |
| Zone Ventilation | 211.24 | | 267.55 | 478.80 |
| Roof | | 147.73 | | 147.73 |
| Exterior Wall | | 222.35 | | 222.35 |
| Interzone Wall | | 25.54 | | 25.54 |
| Interzone Floor | | -101.2 | | -101.2 |
| Fenestration Conduction | 92.48 | | | 92.48 |
| Fenestration Solar | | 59.95 | | 59.95 |
| Grand Total | 3403.05 | 356.26 | 476.58 | 4235.89 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 83 - Condições de pico para refrigeração da Área da Escada

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 16:10 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.63 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.24 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.99 |
| Zone Relative Humidity [%] | 48.63 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00904 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.31 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.02 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 4319.08 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 563.36 |
| Peak Sensible Load [W] | 3755.73 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 3759.31 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Hollywood

Tabela 84 - Demanda de pico da Sala Hollywood

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 641.95 | 192.72 | 764.35 | 1599.02 |
| Lights | 1034.72 | 0.00 | | 1034.72 |
| Equipment | 1582.74 | 0.00 | 0.00 | 1582.74 |
| Infiltration | 121.93 | | 130.67 | 252.60 |
| Zone Ventilation | 760.82 | | 815.38 | 1576.20 |
| Roof | | 68.19 | | 68.19 |
| Exterior Wall | | 272.71 | | 272.71 |
| Interzone Wall | | -125.0 | | -125.0 |
| Interzone Floor | | -77.3 | | -77.3 |
| Fenestration Conduction | 297.57 | | | 297.57 |
| Fenestration Solar | | 73.58 | | 73.58 |
| Grand Total | 4439.73 | 404.91 | 1710.40 | 6555.04 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 85 - Condições de pico para refrigeração da Sala Hollywood

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 15:40 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.94 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.32 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.98 |
| Zone Relative Humidity [%] | 53.32 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00991 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.39 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.05 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 5543.56 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 723.07 |
| Peak Sensible Load [W] | 4820.49 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 4844.64 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Kent

Tabela 86 - Demanda de pico da Sala Kent

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 378.53 | 72.26 | 450.71 | 901.49 |
| Lights | 610.13 | 0.00 | | 610.13 |
| Equipment | 998.93 | 0.00 | 0.00 | 998.93 |
| Infiltration | 72.21 | | 76.65 | 148.87 |
| Zone Ventilation | 450.60 | | 478.32 | 928.92 |
| Roof | | 325.20 | | 325.20 |
| Exterior Wall | | 176.28 | | 176.28 |
| Interzone Wall | | 92.86 | | 92.86 |
| Ground Contact Floor | | -611.9 | | -611.9 |
| Fenestration Conduction | 194.48 | | | 194.48 |
| Fenestration Solar | | 31.50 | | 31.50 |
| Grand Total | 2704.87 | 86.24 | 1005.68 | 3796.79 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 87 - Condições de pico para refrigeração da Sala Kent

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 15:30 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 37.03 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.34 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.98 |
| Zone Relative Humidity [%] | 53.46 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00994 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.23 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.03 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 3195.70 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 416.83 |
| Peak Sensible Load [W] | 2778.87 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 2791.11 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Lucky

Tabela 88 - Demanda de pico Sala Lucky

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 498.06 | 176.88 | 592.91 | 1267.85 |
| Lights | 802.72 | 0.00 | | 802.72 |
| Equipment | 1263.75 | 0.00 | 0.00 | 1263.75 |
| Infiltration | 95.02 | | 99.32 | 194.34 |
| Zone Ventilation | 592.90 | | 619.78 | 1212.68 |
| Roof | | 125.25 | | 125.25 |
| Exterior Wall | | 0.00 | | 0.00 |
| Interzone Wall | | -76.6 | | -76.6 |
| Interzone Floor | | -46.7 | | -46.7 |
| Fenestration Conduction | 0.00 | | | 0.00 |
| Fenestration Solar | | 0.00 | | 0.00 |
| Grand Total | 3252.45 | 178.86 | 1312.01 | 4743.32 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 89 - Condições de pico para refrigeração da Sala Lucky

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 15:30 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 37.03 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.34 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.98 |
| Zone Relative Humidity [%] | 53.92 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01003 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.28 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.04 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 3935.04 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 513.27 |
| Peak Sensible Load [W] | 3421.77 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 3431.31 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Médica

Tabela 90 - Demanda de pico da Sala Médica

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 534.84 | 135.58 | 637.87 | 1308.29 |
| Lights | 2689.60 | 0.00 | | 2689.60 |
| Equipment | 1899.97 | 0.00 | 0.00 | 1899.97 |
| Infiltration | 289.00 | | 365.86 | 654.87 |
| Zone Ventilation | 830.04 | | 1050.32 | 1880.36 |
| Roof | | -125.8 | | -125.8 |
| Exterior Wall | | 2281.89 | | 2281.89 |
| Interzone Wall | | -54.2 | | -54.2 |
| Interzone Floor | | -199.6 | | -199.6 |
| Fenestration Conduction | 0.00 | | | 0.00 |
| Fenestration Solar | | 0.00 | | 0.00 |
| Grand Total | 6243.46 | 2037.82 | 2054.06 | 10335.34 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 91 - Condições de pico para refrigeração da Sala Médica

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 17:30 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 35.57 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 24.97 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.99 |
| Zone Relative Humidity [%] | 50.96 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00947 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.67 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.06 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 9503.31 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 1239.56 |
| Peak Sensible Load [W] | 8263.75 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 8281.28 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Minister

Tabela 92 - Demanda de pico da Sala Minister

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 596.28 | 211.82 | 710.12 | 1518.22 |
| Lights | 961.20 | 0.00 | | 961.20 |
| Equipment | 1481.65 | 0.00 | 0.00 | 1481.65 |
| Infiltration | 103.37 | | 125.49 | 228.85 |
| Zone Ventilation | 645.00 | | 783.03 | 1428.03 |
| Roof | | -97.6 | | -97.6 |
| Exterior Wall | | 701.59 | | 701.59 |
| Interzone Wall | | -91.1 | | -91.1 |
| Interzone Floor | | -1.9 | | -1.9 |
| Fenestration Conduction | 399.52 | | | 399.52 |
| Fenestration Solar | | 326.87 | | 326.87 |
| Grand Total | 4187.02 | 1049.64 | 1618.64 | 6855.29 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 93 - Condições de pico para refrigeração da Sala Minister

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 17:30 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 35.57 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 24.97 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.98 |
| Zone Relative Humidity [%] | 52.39 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00974 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.42 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.05 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 5987.06 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 780.92 |
| Peak Sensible Load [W] | 5206.14 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 5236.65 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala de Monitoramento

Tabela 94 - Demanda de pico da Sala de Monitoramento

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 503.45 | 81.90 | 600.37 | 1185.72 |
| Lights | 2436.16 | 0.00 | | 2436.16 |
| Equipment | 1010.92 | 0.00 | 0.00 | 1010.92 |
| Infiltration | 283.36 | | 311.77 | 595.12 |
| Zone Ventilation | 831.18 | | 914.52 | 1745.70 |
| Roof | | 358.40 | | 358.40 |
| Exterior Wall | | 0.00 | | 0.00 |
| Interzone Wall | | 71.30 | | 71.30 |
| Interzone Floor | | -171.8 | | -171.8 |
| Fenestration Conduction | 0.00 | | | 0.00 |
| Fenestration Solar | | 0.00 | | 0.00 |
| Grand Total | 5065.06 | 339.80 | 1826.66 | 7231.53 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 95 - Condições de pico para refrigeração da Sala de Monitoramento

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 16:00 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.75 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.27 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.99 |
| Zone Relative Humidity [%] | 52.94 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00985 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.44 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.06 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 6204.54 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 809.29 |
| Peak Sensible Load [W] | 5395.26 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 5404.86 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Recepção

Tabela 96 - Demanda de pico da Recepção

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 692.21 | 452.95 | 825.36 | 1970.53 |
| Lights | 2791.13 | 0.00 | | 2791.13 |
| Equipment | 305.00 | 0.00 | 0.00 | 305.00 |
| Infiltration | 329.13 | | 350.17 | 679.30 |
| Zone Ventilation | 1074.27 | | 1142.97 | 2217.24 |
| Roof | | 228.53 | | 228.53 |
| Exterior Wall | | 398.82 | | 398.82 |
| Interzone Wall | | -228.4 | | -228.4 |
| Interzone Floor | | -283.9 | | -283.9 |
| Fenestration Conduction | 508.44 | | | 508.44 |
| Fenestration Solar | | 116.16 | | 116.16 |
| Opaque Door | | 27.55 | | 27.55 |
| Grand Total | 5700.19 | 711.76 | 2318.50 | 8730.45 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 97 - Condições de pico para refrigeração da Recepção

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 15:40 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.94 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.32 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.99 |
| Zone Relative Humidity [%] | 53.48 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00995 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.52 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.07 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 7325.29 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 955.47 |
| Peak Sensible Load [W] | 6369.81 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 6411.94 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Refeitório

Tabela 98 - Demanda de pico do Refeitório

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 2296.03 | 687.37 | 3676.71 | 6660.11 |
| Lights | 3478.38 | 0.00 | | 3478.38 |
| Equipment | 15160.00 | 0.00 | 0.00 | 15160.00 |
| Infiltration | 392.58 | | 464.51 | 857.10 |
| Zone Ventilation | 2449.73 | | 2898.55 | 5348.28 |
| Roof | | -82.1 | | -82.1 |
| Exterior Wall | | 1078.37 | | 1078.37 |
| Interzone Wall | | -223.3 | | -223.3 |
| Interzone Floor | | -370.5 | | -370.5 |
| Fenestration Conduction | 531.83 | | | 531.83 |
| Fenestration Solar | | 523.87 | | 523.87 |
| Grand Total | 24308.55 | 1613.76 | 7039.78 | 32962.09 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 99 - Condições de pico para refrigeração do Refeitório

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 13:00 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.84 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.29 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.97 |
| Zone Relative Humidity [%] | 51.61 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00958 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 2.11 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.17 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 29705.25 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 3874.60 |
| Peak Sensible Load [W] | 25830.65 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 25922.31 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

CCC

Tabela 100 - Demanda de pico da CCC

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 795.01 | 417.27 | 948.04 | 2160.32 |
| Lights | 3846.96 | 0.00 | | 3846.96 |
| Equipment | 2599.20 | 0.00 | 0.00 | 2599.20 |
| Infiltration | 425.85 | | 513.75 | 939.60 |
| Zone Ventilation | 1249.17 | | 1507.00 | 2756.17 |
| Roof | | 94.15 | | 94.15 |
| Exterior Wall | | 1687.71 | | 1687.71 |
| Interzone Wall | | -402.1 | | -402.1 |
| Interzone Floor | | -269.1 | | -269.1 |
| Fenestration Conduction | 195.16 | | | 195.16 |
| Fenestration Solar | | 163.02 | | 163.02 |
| Grand Total | 9111.36 | 1690.98 | 2968.78 | 13771.12 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 101 - Condições de pico para refrigeração da CCC

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 17:00 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.03 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.09 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.99 |
| Zone Relative Humidity [%] | 51.61 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00960 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.88 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.09 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 12380.10 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 1614.80 |
| Peak Sensible Load [W] | 10765.31 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 10802.34 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Elétrica

Tabela 102 - Demanda de pico da Sala Elétrica

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|---------------|-----------------|
| People | 0.00 | 1.24 | 0.00 | 1.24 |
| Lights | 90.80 | 0.00 | | 90.80 |
| Equipment | 9800.00 | 0.00 | 0.00 | 9800.00 |
| Infiltration | 62.88 | | 85.07 | 147.95 |
| Zone Ventilation | 80.49 | | 108.88 | 189.37 |
| Roof | | 71.09 | | 71.09 |
| Exterior Wall | | 0.00 | | 0.00 |
| Interzone Wall | | 78.25 | | 78.25 |
| Interzone Floor | | -25.2 | | -25.2 |
| Fenestration Conduction | 0.00 | | | 0.00 |
| Fenestration Solar | | 0.00 | | 0.00 |
| Grand Total | 10034.17 | 125.42 | 193.95 | 10353.54 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 103 - Condições de pico para refrigeração da Sala Elétrica

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 16:10 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.63 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.24 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.99 |
| Zone Relative Humidity [%] | 46.18 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00858 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.83 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.01 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 11681.91 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 1523.73 |
| Peak Sensible Load [W] | 10158.18 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 10159.59 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Staff ADM

Tabela 104 - Demanda de pico do Staff ADM

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 4282.14 | 2567.82 | 5105.92 | 11955.88 |
| Lights | 20719.86 | 0.00 | | 20719.86 |
| Equipment | 14318.25 | 0.00 | 0.00 | 14318.25 |
| Infiltration | 2393.02 | | 2759.98 | 5153.00 |
| Zone Ventilation | 7019.52 | | 8095.95 | 15115.47 |
| Roof | | 648.37 | | 648.37 |
| Exterior Wall | | 7060.27 | | 7060.27 |
| Interzone Wall | | -1517.2 | | -1517.2 |
| Interzone Floor | | -2150.1 | | -2150.1 |
| Fenestration Conduction | 1451.54 | | | 1451.54 |
| Fenestration Solar | | 859.08 | | 859.08 |
| Grand Total | 50184.31 | 7468.25 | 15961.85 | 73614.41 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 105 - Condições de pico para refrigeração do Staff ADM

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 16:10 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.63 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.24 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.99 |
| Zone Relative Humidity [%] | 51.66 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00960 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 4.68 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.47 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 66073.34 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 8618.26 |
| Peak Sensible Load [W] | 57455.08 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 57652.56 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Telepresence

Tabela 106 - Demanda de pico da Sala Telepresence

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 198.62 | 51.84 | 236.90 | 487.37 |
| Lights | 961.20 | 0.00 | | 961.20 |
| Equipment | 2380.72 | 0.00 | 0.00 | 2380.72 |
| Infiltration | 111.95 | | 137.22 | 249.17 |
| Zone Ventilation | 328.39 | | 402.50 | 730.90 |
| Roof | | 54.61 | | 54.61 |
| Exterior Wall | | 227.94 | | 227.94 |
| Interzone Wall | | 72.34 | | 72.34 |
| Interzone Floor | | -79.9 | | -79.9 |
| Fenestration Conduction | 208.15 | | | 208.15 |
| Fenestration Solar | | 55.44 | | 55.44 |
| Grand Total | 4189.04 | 382.30 | 776.62 | 5347.97 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 107 - Condições de pico para refrigeração da Sala Telepresence

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 16:00 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.75 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.27 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.99 |
| Zone Relative Humidity [%] | 49.39 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00918 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.37 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.02 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 5246.96 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 684.39 |
| Peak Sensible Load [W] | 4562.57 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 4571.35 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala de vendas

Tabela 108 - Demanda de pico da Sala de Vendas

| | Sensible - Instant [W] | Sensible - Delayed [W] | Latent [W] | Total [W] |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|-----------|
| People | 593.22 | 207.04 | 707.34 | 1507.60 |
| Lights | 2870.40 | 0.00 | | 2870.40 |
| Equipment | 3534.20 | 0.00 | 0.00 | 3534.20 |
| Infiltration | 333.88 | | 387.83 | 721.72 |
| Zone Ventilation | 979.39 | | 1137.64 | 2117.03 |
| Roof | | 431.14 | | 431.14 |
| Exterior Wall | | 0.00 | | 0.00 |
| Interzone Wall | | 17.38 | | 17.38 |
| Interzone Floor | | -271.4 | | -271.4 |
| Fenestration Conduction | 0.00 | | | 0.00 |
| Fenestration Solar | | 0.00 | | 0.00 |
| Grand Total | 8311.10 | 384.19 | 2232.81 | 10928.10 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 109 - Condições de pico para refrigeração da Sala de Vendas

| | Value |
|--|------------------|
| Time of Peak Load | 02/21/2021 16:00 |
| Outside Dry Bulb Temperature [C] | 36.75 |
| Outside Wet Bulb Temperature [C] | 25.27 |
| Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.01558 |
| Zone Dry Bulb Temperature [C] | 23.99 |
| Zone Relative Humidity [%] | 51.23 |
| Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir] | 0.00952 |
| Supply Air Temperature [C] | 14.00 |
| Main Fan Air Flow [m ³ /s] | 0.71 |
| Outside Air Flow [m ³ /s] | 0.07 |
| Peak Sensible Load with Sizing Factor [W] | 9981.54 |
| Difference Due to Sizing Factor [W] | 1301.94 |
| Peak Sensible Load [W] | 8679.60 |
| Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W] | 8695.29 |

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

APÊNDICE E – CONTATO COM O FORNECEDOR PARA ORÇAMENTOS

Figura 44 - Contato com o fabricante Trane para orçamento do sistema VRF



Oliveira, Felipe <Felipe.Oliveira@trane.com>
para Fabricio, Raphael, mim ▾

Fabrício,

Segue orçamento para análise, de acordo com a relação enviada.

| Equipamento | Preço Unit. (R\$) | Preço Total (R\$) | Qtd. |
|---|-------------------|-------------------|------|
| 4TVH0086- Cond. TVR 86 MBH (8HP) 220V/3F- R-410A | 29.620,00 | 29.620,00 | 1 |
| 4TVH0155- Cond. TVR 155 MBH (16HP) 220V/3F- R-410A | 45.128,00 | 45.128,00 | 1 |
| 4TVH0170- Cond. TVR 170 MBH (18HP) 220V/3F- R-410A | 50.450,00 | 50.450,00 | 1 |
| 4TVH0210- Cond. TVR 210 MBH (22HP) 220V/3F- R-410A | 61.180,00 | 61.180,00 | 1 |
| 4TVD0012- Evap 12 MBH Duct MP 220/60/1 | 2.614,00 | 2.614,00 | 1 |
| 4TVD0015- Evap 15 MBH Duct MP 220/60/1 | 3.254,00 | 3.254,00 | 1 |
| 4TVD0018- Evap 18 MBH Duct MP 220/60/1 | 3.336,00 | 3.336,00 | 1 |
| 4TVD0024- Evap 24 MBH Duct MP 220/60/1 | 3.410,00 | 3.410,00 | 1 |
| 4TVD0027- Evap 27 MBH Duct MP 220/60/1 | 3.554,00 | 3.554,00 | 1 |
| 4TVD0030- Evap 30 MBH Duct MP 220/60/1 | 3.730,00 | 3.730,00 | 1 |
| 4TVD0038- Evap 38 MBH Duct MP 220/60/1 | 4.092,00 | 4.092,00 | 1 |
| 4TVA0048- Evap 48 MBH Duct HP 220/60/1 | 4.482,00 | 4.482,00 | 1 |
| 4TVA0055- Evap 55 MBH Duct HP 220/60/1 | 4.804,00 | 9.608,00 | 2 |
| 4TVA0068- Evap 68 MBH Duct HP 220/60/1 | 8.478,00 | 8.478,00 | 1 |
| 4TVA0085- Evap 85 MBH Duct HP 220/60/1 | 8.654,00 | 8.654,00 | 1 |
| TCONTRMUT05B - Controle s/ fio | 242,00 | 2.904,00 | 12 |
| TODK004HP- Kit RefNet p/ 4 Cond. | 1.796,00 | 1.796,00 | 1 |
| Valor Total: R\$ 246.290,00 | | | |
| 20% ICMS – Frete CIF (RJ) – Entrega: 30/60 dias – Cond. Pgto. 30 dias | | | |

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

Figura 45 - Contato com o fabricante Trane para orçamento Sistema água gelada

fabricio.souto14@gmail.com

De: Mendes, Matheus <Matheus.Mendes@tranetechnologies.com>
Enviado em: quinta-feira, 23 de abril de 2020 18:20
Para: Fabricio Souto
Cc: Arroio, Raphael; Silva, Fabricio @ UBERLANDIA; Oliveira, Felipe
Assunto: RES: Orçamento Projeto Refrigeração
Anexos: Catalogo_Produto-CGAD(CG-PRC002H-PB) small.pdf; Catalogo_Produto-CGAM(CG-PRC018B-PB) small.pdf

Take Action: My e-mail address recently changed. Please ensure your records are up to date with my current email address. Messages sent to my previous address will only be delivered for a limited time.

Caro Fabricio, boa noite!

Conforme solicitado, segue cotação dos equipamentos de acordo com listagem enviada.
 Veja que considerei dois modelos de Chillers para sua apreciação de custo benefício. Catálogos em anexo!

| EQUIPAMENTO | PREÇO UNIT. (R\$) ICMS 20% | Preço Total (R\$) ICMS 20% |
|--|-------------------------------|-------------------------------|
| HFCF04L305200BA0 - FANCOLETE HIDRÔNICO DE DUTO DE 400 CFM 12 MBH ; DE PRESSÃO ESTÁTICA DISPONÍVEL DE 50 Pa; SEM VÁLVULA; SEM CONTROLE; COM CAIXA PLENUM TRASEIRA E FILTRO DE NYLON (6mm) | R\$ 1.096,00 | R\$ 1.096,00 |
| HFCF12L305200BA0 - FANCOLETE HIDRÔNICO DE DUTO DE 1200 CFM 36 MBH; DE PRESSÃO ESTÁTICA DISPONÍVEL DE 50 Pa; SEM VÁLVULA; SEM CONTROLE; COM CAIXA PLENUM TRASEIRA E FILTRO DE NYLON (6mm) | R\$ 2.120,00 | R\$ 2.120,00 |
| HFCF05L305200BA0 - FANCOLETE HIDRÔNICO DE DUTO DE 500 CFM 15 MBH ; DE PRESSÃO ESTÁTICA DISPONÍVEL DE 50 Pa; SEM VÁLVULA; SEM CONTROLE; COM CAIXA PLENUM TRASEIRA E FILTRO DE NYLON (6mm) | R\$ 1.202,00 | R\$ 1.202,00 |
| HFCF14L305200BA0 - FANCOLETE HIDRÔNICO DE DUTO DE 1400 CFM 42 MBH; DE PRESSÃO ESTÁTICA DISPONÍVEL DE 50 Pa; SEM VÁLVULA; SEM CONTROLE; COM CAIXA PLENUM TRASEIRA E FILTRO DE NYLON (6mm) | R\$ 2.298,00 | R\$ 2.298,00 |
| HFCF08L305200BA0 - FANCOLETE HIDRÔNICO DE DUTO DE 800 CFM 24 MBH; DE PRESSÃO ESTÁTICA DISPONÍVEL DE 50 Pa; SEM VÁLVULA; SEM CONTROLE; COM CAIXA PLENUM TRASEIRA E FILTRO DE NYLON (6mm) | R\$ 1.770,00 | R\$ 1.770,00 |
| HFCF06L305200BA0 - FANCOLETE HIDRÔNICO DE DUTO DE 600 CFM 18 MBH; DE PRESSÃO ESTÁTICA DISPONÍVEL DE 50 Pa; SEM VÁLVULA; SEM CONTROLE; COM CAIXA PLENUM TRASEIRA E FILTRO DE NYLON (6mm) | R\$ 1.288,00 | R\$ 1.288,00 |
| CGAD040 - Chiller Scroll 40 Ton | R\$ 114.939,00 | R\$ 114.939,00 |
| CGAD050 - Chiller Scroll 52 Ton | R\$ 126.667,00 | R\$ 126.667,00 |
| CGAM040 - Chiller Scroll 40 Ton | R\$ 156.146,00 | R\$ 156.146,00 |
| CGAM052 - Chiller Scroll 52 Ton | R\$ 163.625,00 | R\$ 163.625,00 |
| TAHP21AAKBS1GGA6WAAXXXXXXXLXS | R\$ 21.651,00 | R\$ 21.651,00 |
| TAHP08AA3BS1EGA6WAAXXXXXXXLXS | R\$ 11.868,00 | R\$ 11.868,00 |

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

