



ENGENHARIA MECÂNICA

ANTONIO MARCOS DA SILVEIRA JUNIOR
MATEUS MONSORES GUERRA CARDOSO SILVA

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR
PARA A IGREJA DO EVANGELHO QUADRANGULAR LOCALIZADA EM
PARAIBA DO SUL**

Itaperuna

2022

ANTONIO MARCOS DA SILVEIRA JUNIOR
MATEUS MONSORES GUERRA CARDOSO SILVA

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR
PARA A IGREJA DO EVANGELHO QUADRANGULAR LOCALIZADA EM
PARAIBA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para a
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Mecânica ao Centro
Universitário Redentor.

Orientador: Daniel Passos Gallo

Itaperuna
2022

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor (es): ANTONIO MARCOS DA SILVEIRA JUNIOR, E, MATEUS MONSORES GUERRA CARDOSO SILVA

Título: DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR PARA A IGREJA DO EVANGELHO QUADRANGULAR LOCALIZADA EM PARAIBA DO SUL

Natureza: Trabalho de conclusão de curso

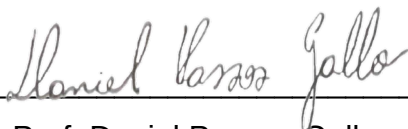
Objetivo: Título de Bacharel em Engenharia Mecânica

Instituição: Centro Universitário Redentor

Área de concentração: Engenharia Mecânica com ênfase em termodinâmica

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora:



Prof. Daniel Passos Gallo

Me. Em engenharia e Ciência dos Materiais

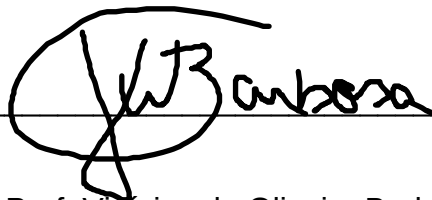
Instituição: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF



Prof. Guilherme Pereira Mota

Me. Mecânica dos fluidos – Termociência

Instituição: Universidade Federal Fluminense - UFF



Prof. Vinicius de Oliveira Barbosa

Esp. Automação industrial

Instituição: Universidade Cândido Mendes - UCAM

RESUMO

Climatizar um ambiente tem sido imprescindível nos dias atuais, principalmente em lugares onde há grande circulação de pessoas, o que acaba por consequência aumentando a fonte de calor do ambiente. Para retirar este calor gerado é necessário utilizar aparelhos de ar condicionado para reduzir o calor do local e renovar o ar do mesmo, trazendo conforto térmico para o ambiente. Este trabalho teve como objetivo elaborar um projeto de climatização para uma igreja localizada na cidade de Paraíba do sul, na qual não possui nenhum tipo de condicionamento de ar e climatização. A igreja terá uma ocupação para até 400 pessoas e na sua fase de construção foi utilizado materiais simples sem nenhum tipo de isolante térmico o que acaba por aumentar ainda mais a temperatura do ambiente. Nas fases iniciais do projeto, foi realizado uma visita técnica ao local para capturar todos os dados relativos ao cálculo da carga térmica e analisar os pontos cardiais do local, estes sendo fundamental para realização dos cálculos. Após realizar o cálculo da carga térmica foram escolhidos os equipamentos que atendessem a demanda térmica do local.

Palavras-chaves: Climatização, termodinâmica, dimensionamento, carga térmica.

ABSTRACT

Air-conditioning an environment has been essential these days, especially in places where there is a large circulation of people, which consequently ends up increasing the source of heat in the environment. To remove this generated heat, it is necessary to use air conditioners to reduce the heat in the room and renew the air in the room, bringing thermal comfort to the environment. The objective of this work was to develop an air conditioning project for a church located in the city of Paraíba do Sul, which does not have any type of air conditioning and climate control. The church will accommodate up to 400 people and in its construction phase, simple materials were used without any type of thermal insulation, which ends up increasing the temperature of the environment even more. In the initial phases of the project, a technical visit was made to the site to capture all the data related to the calculation of the thermal load and to analyze the cardinal points of the site, these being fundamental for carrying out the calculations. After performing the calculation of the thermal load, the equipment that met the thermal demand of the place was chosen.

Keywords: Climatization, thermodynamics, design, thermal load.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	OBJETIVOS	11
2.1	OBJETIVO GERAL.....	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3	JUSTIFICATIVA	12
4	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	13
4.1	UM BREVE RESUMO DA HISTÓRIA DA IGREJA DO EVANGELHO QUADRANGULAR.....	13
4.2	IGREJA DO EVANGELHO QUADRANGULAR EM PARAÍBA DO SUL.....	16
4.3	HISTÓRIA DA REFRIGERAÇÃO	18
4.4	HISTÓRIA DO AR CONDICIONADO	21
4.5	REVISÃO DA TERMODINÂMICA	24
4.6	CONSERVAÇÃO DE ENERGIA.....	24
4.7	SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA	24
4.8	CICLOS DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR.....	25
4.9	COMPONENTES DE UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR....	27
4.9.1	Compressor	27
4.9.2	Condensador	27
4.9.3	Evaporador	28
4.9.4	Separador de Óleo	29
4.9.5	Silenciador.....	30
4.9.6	Intercambiador de Calor	30
4.9.7	Reservatório de Líquidos.....	31
4.9.8	Filtro Secador	32
4.9.9	Visor de Líquido	33
4.9.10	Dispositivo de Expansão	33
4.9.11	Termostato	34
4.9.12	Pressostatos.....	35
4.10	MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	36

4.10.1	Calor	36
4.10.2	Calor Sensível	36
4.10.3	Calor Latente	36
4.10.4	Transferência de Calor por Condução	37
4.10.5	Transferência de calor por Convecção	37
4.11	CARGA TERMICA.....	38
4.11.1	Projeto de Instalações	39
4.11.2	Conforto Térmico	39
4.11.3	Qualidade do ar interior	39
5	METODOLOGIA.....	40
5.1	CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA.....	40
5.1.1	Cargas Externas.....	40
5.1.2	Carga de Condução	40
5.1.3	Cargas Internas	43
5.1.4	Carga por Equipamentos.....	43
5.1.5	Carga de Iluminação	44
5.1.6	Carga Humana (pessoas).....	45
5.1.7	Cargas de infiltração.....	47
5.1.8	Carga Térmica Total.....	49
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
6.1	ESTUDO DO LOCAL	50
6.2	CÁLCULOS DA CONDUÇÃO DE CALOR PELAS SUPERFÍCIES.....	50
6.2.1	Parede A1 (Sul)	51
6.2.2	Parede A2 (Oeste).....	51
6.2.3	Parede A3 (Norte)	51
6.2.4	Parede A4 (Leste)	52
6.2.5	Janela J1 (Norte)	52
6.2.6	Janela J2 (Norte)	52
6.2.7	Janela J3 (Norte)	53
6.2.8	Telhado.....	53
6.2.9	Ganho de Calor total por Condução	54
6.3	CÁLCULOS DA CARGA POR EQUIPAMENTOS:	54
6.3.1	Carga por Equipamentos:.....	55

6.4	CÁLCULOS DA CARGA POR ILUMINAÇÃO:.....	56
6.5	CÁLCULOS DA CARGA POR PESSOAS:.....	57
6.5.1	Carga Térmica Sensível (Pessoas em exercícios)	57
6.5.2	Carga Térmica Latente (Pessoas em exercícios).....	57
6.5.3	Carga Térmica Sensível (Pessoa sentada)	57
6.5.4	Carga Térmica Latente (Pessoa sentada)	58
6.5.5	Carga Total de Pessoas	58
6.6	CÁLCULOS DA CARGA DE INFILTRAÇÃO:	58
6.6.1	Porta P1.....	59
6.6.2	Porta P2.....	59
6.6.3	Porta P3.....	59
6.6.4	Carga de Infiltração total	60
6.7	CARGA TÉRMICA TOTAL:	60
6.8	ORÇAMENTO:	61
7	CONCLUSÃO.....	62
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
9	ANEXOS.....	66

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história da humanidade o homem sempre se viu com a necessidade de se adaptar ao meio em que vivia, principalmente quando estes colocavam suas vidas em perigo. Foi quando o homem buscou de recursos da própria natureza para criar seus primeiros abrigos para se proteger dos grandes predadores e principalmente da chuva e do sol, proporcionando locais secos em tempos de muitas chuvas e mais frescos em tempos em que eram mais quentes (LOURENÇO E BRANCO, 2012).

A sociedade se modernizou nas construções civis trazendo ambientes mais seguros e confortáveis termicamente com a criação dos ares condicionados em locais públicos e domiciliar trazendo ambientes mais agradáveis para as pessoas. A qualidade do ar interno é um fator importante nos dias atuais, pois são nestes ambientes fechados que as pessoas passam a maior parte do seu tempo (INÁCIO, 2014).

Quando se faz a instalação de um sistema de condicionamento do ar em um local busca se proporcionar condições de conforto térmico, limpeza e renovação do ar para as pessoas no local. Segundo Machado (2009) climatizar um ambiente representa tratar a temperatura, umidade, pureza e movimentação do ar afim de trazer conforto térmico.

O conforto térmico leva em conta uma série de fatores ambientais e pessoais, incluindo a temperatura ambiente, velocidade do ar, umidade, isolamento do vestuário e calor metabólico. Pode ser compreendido como a sensação mental de satisfação com a temperatura em que se encontra o local nem frio, nem quente. Para (FEITOSA E LIMA 2011) conforto térmico é quando a mente se satisfaz com a temperatura do ambiente.

Segundo Maré (2010) atributos como o conforto térmico e qualidade do ar em ambientes internos vêm ganhando importância no mundo, principalmente nos grandes centros onde as pessoas passam mais de 90% do seu tempo. Para (MARÉ, 2010) estes atributos afetam comprovadamente, a saúde e o desempenho das pessoas.

Estudos vem mostrando que o desconforto térmico afeta na produtividade e no desempenho, aumenta a irritabilidade, o cansaço, falta de disposição, manifestações físicas como dor de cabeça, alteração sensorial, fadiga e sensação de sono. Para

(MACHADO, 2009) é importante verificar os impactos das variações ambientais e suas influencias no rendimento e em atividades a serem realizadas.

De acordo com a NBR16401-3 de 2008 os sistemas de condicionamento de ar controlam a qualidade do ar interior por meio da renovação do ar exterior pela filtragem. A filtragem do ar tem a função de reduzir a concentrações de poluentes trazidos do ar exterior e os gerados no ar interior.

O presente trabalho visa realizar o sistema de condicionamento de ar da igreja Evangelho Quadrangular, localizada na cidade de Paraíba do Sul, RJ, na qual não possui projeto e nem climatização, a execução do trabalho acarretará numa melhoria para o conforto térmicos dos fiéis e aliaria à teoria da sala de aula com a prática na execução do projeto.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho visa à elaboração de um projeto de climatização em uma igreja, localizada na cidade de Paraíba do Sul, atendendo os critérios de cálculo de carga térmica segundo a metodologia do Hélio Creder, sendo apoiada pela TRANE e pela NBR 16401 nas suas partes 1,2 e 3 e parâmetros de qualidade do ar definidos pela ANVISA na resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um estudo prévio do local analisando fatores climáticos, geográficos e realizar a medição do mesmo.
- Compreender e analisar os materiais para o cálculo da carga térmica.
- Determinar a carga térmica do local, calculando os níveis de ganho de calor do ambiente por condução, equipamentos, iluminação, pessoas e infiltração.
- Determinar o equipamento que atenda a demanda térmica do local.

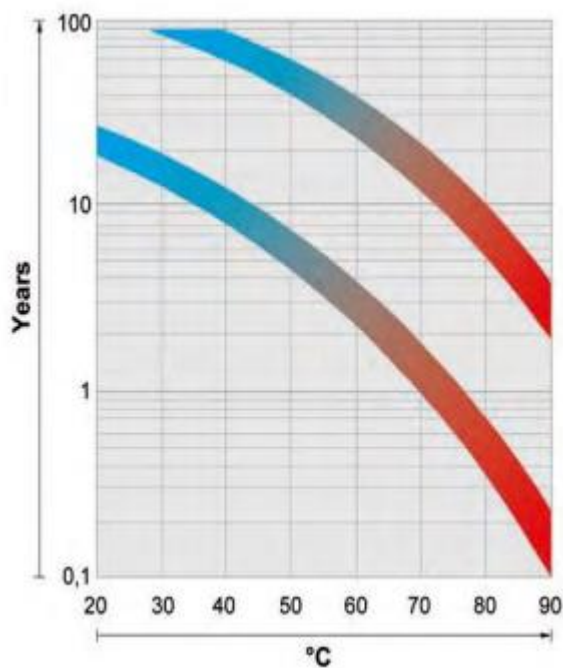
3 JUSTIFICATIVA

Tendo em visto que o ambiente de culto é um ambiente onde é necessária concentração por parte do ouvinte, seja no momento em que o pregador ministra a palavra de Deus, ou quando a banda toca os louvores, a concentração se mostra necessária, para que o ouvinte absorva o máximo de informação passada durante o culto, e o conforto térmico é um fator importante para esse cenário.

Para tais condições o conforto térmico é essencial pois proporciona satisfação com o ambiente, gerando melhores condições de saúde, bem-estar e rendimentos satisfatórios.

Outra importância de condicionar o ar é para vida útil dos equipamentos eletrônicos, pois o fluido refrigerante tem como característica funcional a taxa de fluxo de calor sensível dissipado, essa que quando não levada em consideração, pode gerar sobreaquecimento, falhas gerais e redução da vida útil. A figura 1 nos mostra a relação entre vida útil e temperatura. Claramente é possível observar que quanto maior a temperatura, menor a vida útil do equipamento. Dessa forma um ambiente refrigerado tem suma importância.

Figura 1 - Vida util x Temperatura



Fonte: Pfannenberger (2014)

4 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

4.1 UM BREVE RESUMO DA HISTÓRIA DA IGREJA DO EVANGELHO QUADRANGULAR

Em 1º de janeiro de 1923, era fundada por Aimée Semple McPherson a sede internacional Angelus Temple (Figura 2 e 3), em Los Angeles, Califórnia com capacidade para 5 mil pessoas.

Figura 2 - Foto de Aimée Sample McPherson



Fonte: Coletivo Bereia (s.d)

Eram realizados cerca de 21 cultos por semana, trabalho que resultou nos primeiros meses a conversão de sete mil pessoas ao cristianismo. Além dos cultos, Aimee também participava de eventos públicos, diretamente para o Angelus Temple. (QUADRANGULAR, s.d).

Figura 3 - Angelus Temple em 1923



Fonte: Angelus Temple (s.d)

Figura 4 - Angelus Temple atualmente



Fonte: Angelus Temple (s.d)

No Brasil, o Evangelho Quadrangular iniciou-se na cidade de São João de Boa Vista (SP) em 15 de novembro de 1951 com o pastor Harold Williams e sua esposa (figura 5), Mary Williams. Porém primeiramente tiveram na Bolívia onde permaneceram por 1 ano, em seguida seguiram, então, pela costa brasileira. Com passagem em diversas cidades e se obter sucesso, Harold acreditava que a agitação do cotidiano devido ao crescimento econômico, a desatenção para espiritualidade era eminente, até que teve a ideia de criar um ambiente de culto diferente, nesse cenário ele teve ideia de criar tendas para realização dos cultos. (QUADRANGULAR, s.d).

Figura 5 - Harold e Mary Williams



Fonte: leqitapua.Wordpress (2009)

Convencido de que essa visão era uma ordem Divina, o pastor decidiu realizar um pedido de apoio, expondo seu plano aos seus superiores nos EUA. Em reunião, Williams contou que recebeu uma inspiração que para obter sucesso com os cultos no Brasil, algo novo era necessário fazer, a partir disso sua inspiração foi levar uma tenda para levar a mensagem do evangelho no centro industrial de São Paulo. No entanto, uma ajuda inicial era necessária para implementar o projeto. Tal ideia foi apoiado por seus superiores. (QUADRANGULAR, s.d).

Em aproximadamente 70 anos de sua fundação, a Igreja do Evangelho Quadrangular possui mais de 17 mil templos e obras abertas e estruturadas em todo o território brasileiro. (QUADRANGULAR, s.d).

4.2 IGREJA DO EVANGELHO QUADRANGULAR EM PARAÍBA DO SUL

Atualmente situada na rua Barão de Piabanha na cidade de Paraíba do Sul (Figura 6).

Figura 6 – Atual igreja de Paraiba do Sul



Fonte: Google Maps (2022)

Para sair de situação de aluguel a Pastora titular juntamente com os fies, iniciaram a construção do novo templo localizada na estrada Quirino Francisco Pinheiro (Figura 7). Essa que é o objeto de estudo desse trabalho.

Figura 7 – Localização da construção da igreja



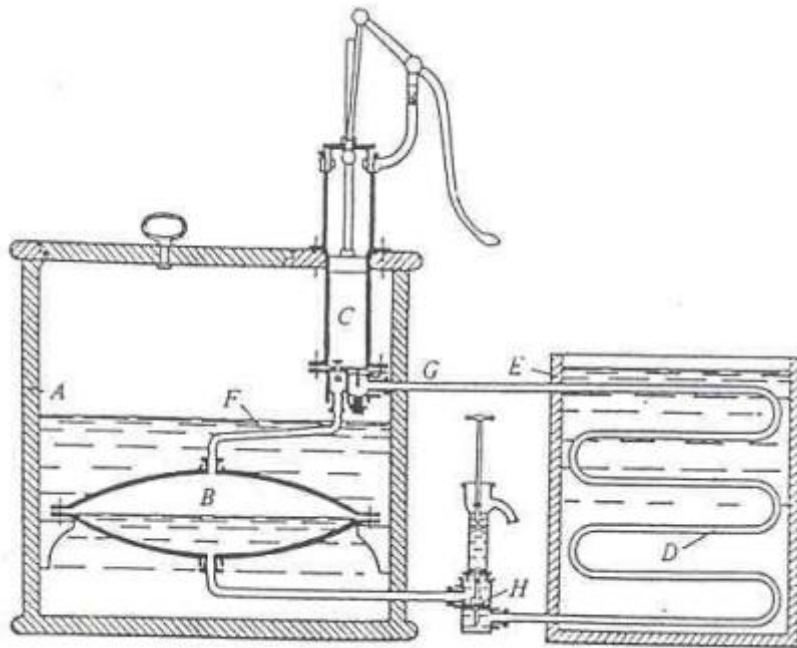
Fonte: Google Maps (2022)

A futura igreja com $175,536 \text{ m}^2$ terá capacidade no salão principal para 400 membros e cultos com duração de 2 horas que ocorrem três vezes por semana, além do salão principal onde ocorrerá os cultos, com apresentação de banda, teatro e coreografias também terá salas para estudos e refeitório, também contara com instrumentos e equipamentos de áudio, parâmetros que serão importantes para cálculos nos tópicos futuros.

4.3 HISTÓRIA DA REFRIGERAÇÃO

Jacob Perkins foi o primeiro a projetar completo um equipamento de refrigeração com operação cíclica comprovada (figura 8), em 1834. Porém o trabalho de Perkins despertou pouco interesse permanecendo esquecido por 50 anos, até que Bramwell descreveu o artigo para o Journal of the Royal society of Arts (HISTÓRIA DA REFRIGERAÇÃO UNIVERSAL, s.d).

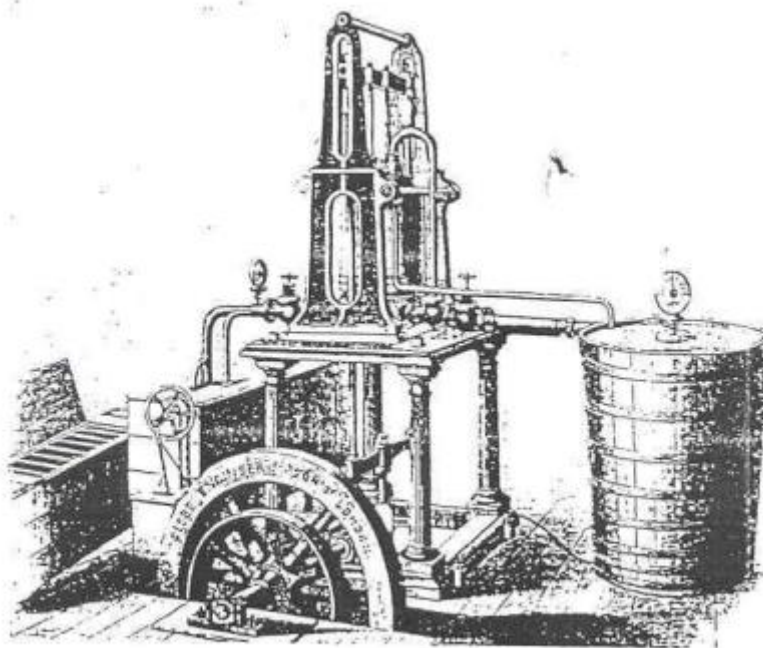
Figura 8 - Equipamento de Jacob Perkins



Fonte: UFPR (s.d)

Já o escocês James Harrison foi responsável por aplicar em equipamento real o princípio de refrigeração por compressão mecânica (figura 9), trabalho que lhe rendeu as patentes britânicas em 1856 e em 1857 e exibição internacional em 1862 Londres, seu equipamento foi fabricado por Daniel Siebe.

Figura 9 - Equipamento de James Harrison



Fonte: UFPR (s.d)

A partir do equipamento de Harrison, outros diversos foram desenvolvidos, entretanto muitos eram inaptos. A descoberta da eletricidade por Thomas Edson foi um fator importantíssimo para o avanço da tecnologia fazendo com que em 1918 surgisse o primeiro refrigerador automático criado pela americana Kelvinator Company. (HISTÓRIA DA REFRIGERAÇÃO UNIVERSAL, s.d).

Apesar da evolução, os fluidos utilizados eram tóxicos, dificultando sua utilização, porem em 1928 Thomas Midgely desenvolveu os gases refrigerantes fluorados, esses que demonstravam não se toxico, isso fez com que a indústria de refrigeração abrangesse variados tipos de aplicação, aumentando sua produção. (NEVES, 2018)

Porém séculos antes a prática de refrigeração e do ar condicionado já eram utilizadas. Mesmo em climas razoavelmente quentes, áreas naturais de armazenamento, como cavernas ou rachaduras do solo, possibilitam a conservação do gelo e da neve muito depois que a acumulação do inverno desaparece da superfície. (REFRIGERAÇÃO, s.d).

Antigos soberanos, para conseguir brisas refrescantes e esfriar os refrescos, contavam com a ajuda de trabalho escravo em grande parte da escala, utilizavam

pilhas de neve das montanhas próximas para produzir brisas. (HISTÓRIA DA REFRIGERAÇÃO UNIVERSAL, s.d).

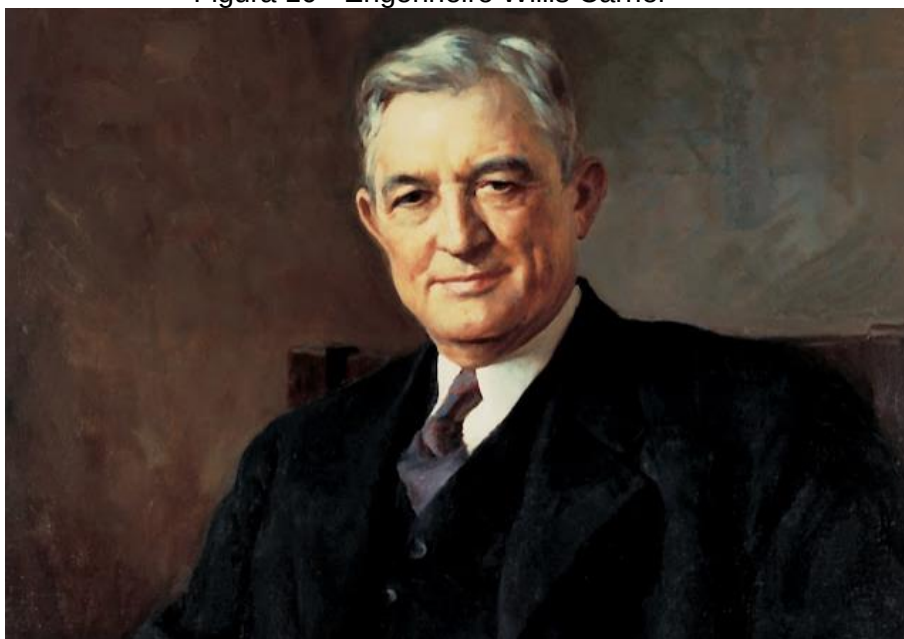
Na Europa, durante a Idade Média, os nobres mandavam encher de neve buracos e trincheiras, durante o inverno, para que pudessem preparar bebidas frias e sobremesas geladas durante os meses de verão. (HISTÓRIA DA REFRIGERAÇÃO UNIVERSAL, s.d).

A água foi o primeiro líquido refrigerante utilizado, diversos dispositivos foram criados para beneficiar de sua evaporação para refrigeração, com o passar dos anos melhores formas de refrigeração foram sendo criadas, porém em grande parte do mundo o gelo natural continua sendo utilizado.

4.4 HISTÓRIA DO AR CONDICIONADO

Em 1902, o engenheiro Willis Carrier (figura 10) foi chamado para resolver um problema em impressões que estavam sendo prejudicadas no verão e em dias úmidos, tal problema estaria ocorrendo na gráfica Sackett-Wihelms Lithography and Publishing.

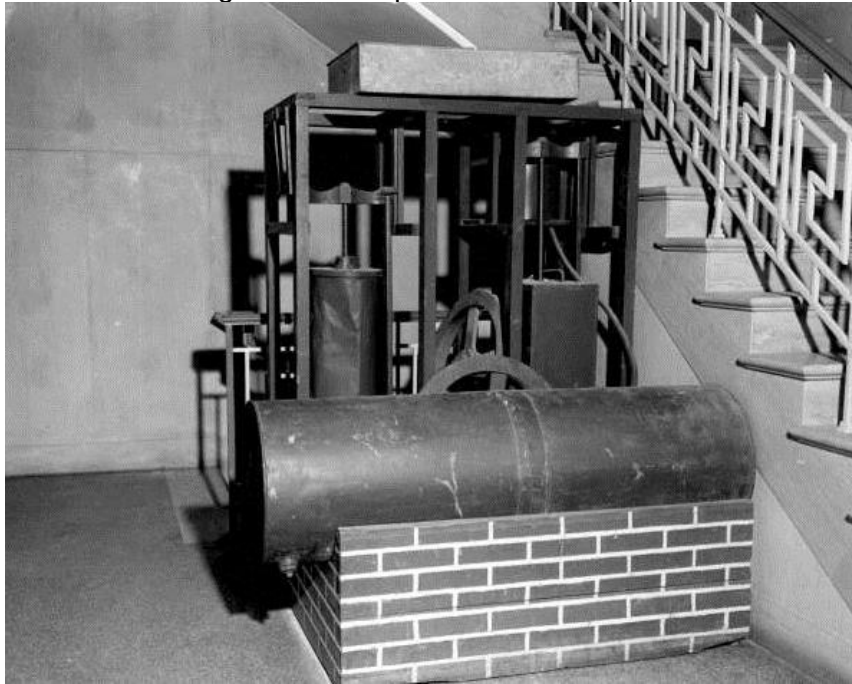
Figura 10 - Engenheiro Willis Carrier



Fonte: Ocongressista (2017)

Para resolver o problema o engenheiro criou serpentinas resfriadas artificialmente (figura 11), tal sistema era capaz de controlar a umidade do ar e sua temperatura. (NEVES, 2018).

Figura 11 - Máquina de umidificação de ar



Fonte: Climatizare (2016)

O resultado de sua invenção foi um sucesso que por consequência empresas de outros segmentos, como por exemplo o setor têxtil que utilizava para controle do ar facilitando a tecelagem das fibras de algodão. No setor da saúde resultou em reduzir a taxa de mortalidade infantil, com tanta demanda de procura e implantação em linhas de produção o engenheiro fundou a Carrier Corporation. (NEVES, 2018)

Em 1920 o conceito de conforto atrelado ao ar condicionado começou a ser colocado em prática, quando foram instalados em cinema proporcionando o público de frequentar em épocas mais quentes, situação que era desconfortável. (GIACOMINI, 2010).

Entretanto o fluido utilizado era inflamável deixando inviável a sua instalação em residência, até que em 1930 foi descoberto o Freon (figura 12), deixando o mais seguro.

Figura 12 - Gás Freon



Fonte: Refrigeração Cata vento (s.d)

Em 1950 a Carrier iniciou a produção de modelos domésticos mais baratos, porém somente em 1970 que começou a se tornar popular o ar-condicionado de janela (figura 13). (GIACOMINI, 2010)..

Figura 13 - Primeiro modelo de ar condicionado de janela



Fonte: Gelarapido (2015)

Porém o seu reinado absoluto só ocorreu na década de 90. Também foi nesse período que os primeiros automóveis com ar-condicionado começaram a ser desenvolvidos. (DIAS, 2018)..

4.5 Revisão da Termodinâmica

A ciência da termodinâmica foi iniciada no século XIX, foi uma ciência importantíssima no início do século VII, onde foram criadas as primeiras máquinas a vapor, foi uma necessidade de descrever o funcionamento das máquinas a vapor e estabelecer limites, para o que elas poderiam fazer e também foi importante para o desenvolvimento do primeiro ar condicionado, desenvolvido pelo engenheiro Willis Carrier em 1902 (CORDEIRO, s.d).

O estudo da termodinâmica é dividido em 3 leis, cuja algumas faremos uma breve revisão nesse trabalho.

4.6 CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

Trata-se de uma variável de uma equação que representa uma grandeza conservativa é constante ao longo do tempo, ou seja, que mantém o mesmo valor ao decorrer do tempo. Três exemplos de grandezas conservativas são: Momento angular, momento linear e energia. (KHANACADEMY, s.d).

4.7 SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

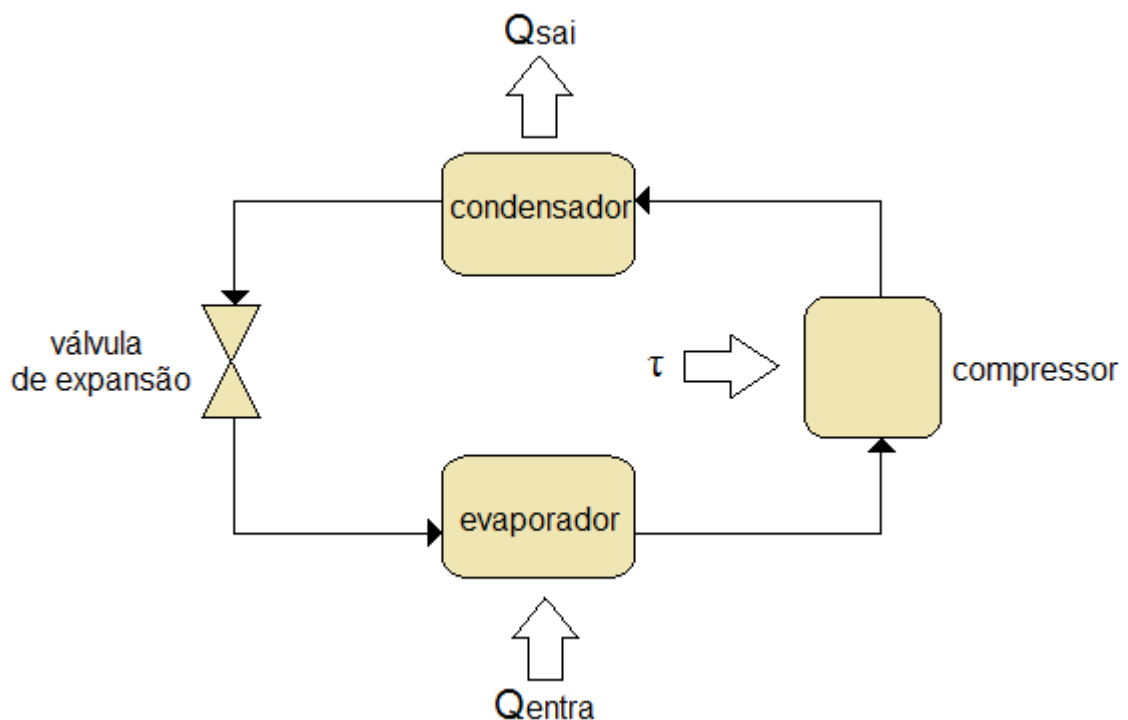
O enunciado de Clausius diz que: “O calor não pode fluir, de forma espontânea, de um corpo de temperatura menor, para um outro corpo de temperatura mais alta”. Portanto em um processo de refrigeração de um determinado ambiente, um quarto por exemplo, cuja a temperatura interna seja menor que a externa, o ambiente de

maior temperatura sempre tendera igualar o ambiente de menor temperatura, para que ocorra a constância do ambiente de menor temperatura, que se utiliza os equipamentos de refrigeração.

4.8 CICLOS DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR

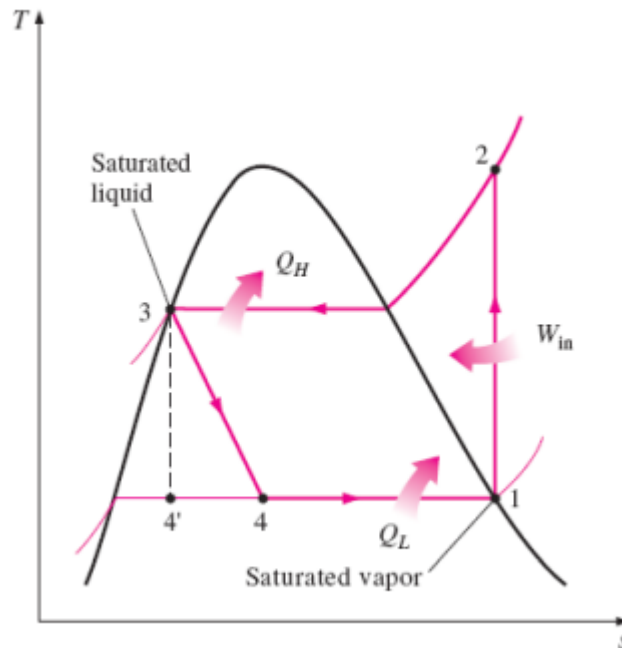
Os ciclos de refrigeração (figura 14) mais utilizados na atualidade são compostos por quatro processos sendo eles: Válvula de expansão, compressor, condensador e evaporador.

Figura 14 – Ciclo de refrigeração



Fonte: InfoEscola (2010)

Figura 15 – Diagrama T-s



Fonte: UFSC (s.d)

Na figura 14, é representado as etapas do processo do ciclo e na figura 15 o diagrama T-s do ciclo. De 1 para 2 ocorre compressão isentrópica do fluido refrigerante no estado de vapor saturado, logo depois em 2-3 ocorre a rejeição de calor no condensador, essa que ocorre a pressão constante o líquido entra no condensador em vapor saturado e sai no estado de líquido saturado na temperatura existente no condensador. Depois de 3-4 o líquido é expandido até se tornar vapor saturado, na válvula de expansão. Por fim ocorre a evaporação do líquido refrigerante a pressão e temperatura constante.

Todos os processos são reversíveis, com exceção da expansão e que pode ser modelado termodinamicamente, assumindo que o processo é realizado em regime permanente e que o evaporador encontrasse no compartimento da câmara de refrigeração onde ocorre a transferência de calor. (ALVAREZ, 2019).

4.9 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

4.9.1 Compressor

Responsável pela compressão e circulação do refrigerante no sistema, ao comprimir o vapor, aumenta a sua pressão e temperatura (MILLER, s.d).

Figura 16 - Compressor



Fonte: Bononi Acessorios (s.d)

4.9.2 Condensador

É nele que ocorre a condensação do liquido refrigerante, eliminando o calor para o fluido externo (MILLER, s.d).

Figura 17 – Condensador



Fonte: Autoglass (s.d)

4.9.3 Evaporador

Componente responsável por retirar calor do ambiente a ser refrigerado. (MILLER, s.d).

Figura 18 - Evaporador



Fonte: Rtcarr Import (s.d)

4.9.4 Separador de Óleo

Tem a função de separar o óleo lubrificante misturado ao vapor refrigerante, esse que retornar ao compressor, sua instalação é na saída do compressor. (MILLER, s.d).

Figura 19 – Separador de Óleo

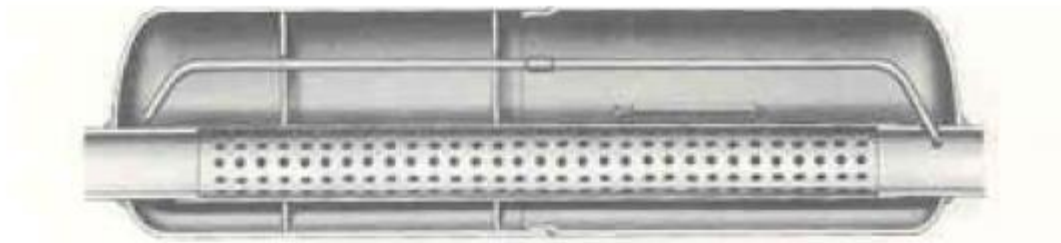


Fonte: 10 controles do ciclo (2013)

4.9.5 Silenciador

Instalado para casos de pulsações de gás na linha de descarga do compressor, tais pulsações são causadas pela ressonância dentro da linha. (MILLER, s.d).

Figura 20 - Silenciados

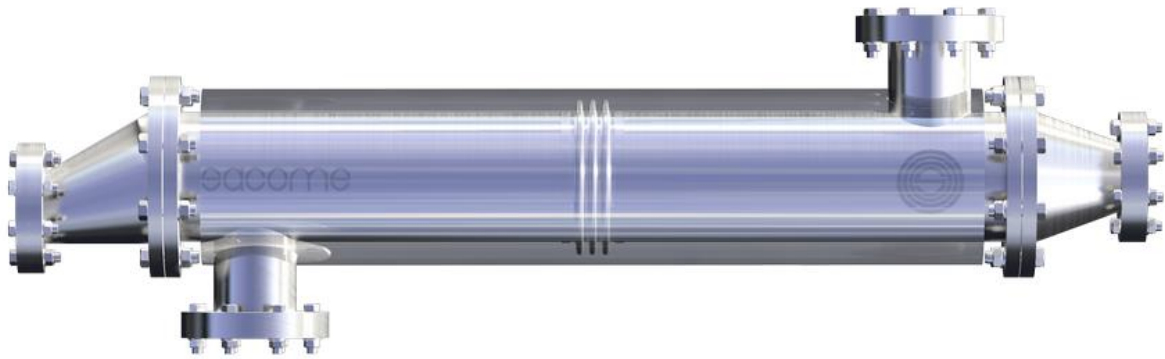


Fonte: Equipamentos Industriais (2015)

4.9.6 Intercambiador de Calor

Sua função é transferir calor do líquido refrigerante para o gás de sucção.

Figura 21 – Intercambiador de calor

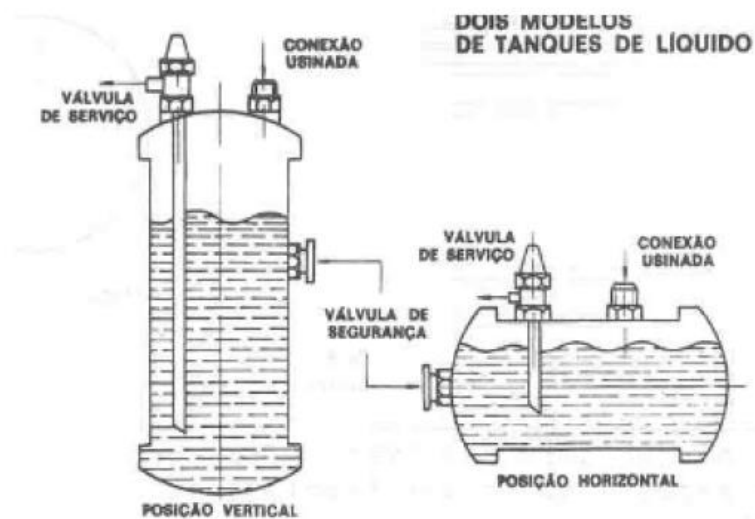


Fonte: SACOME (2019)

4.9.7 Reservatório de Líquidos

Sua principal função é armazenar temporariamente o fluido refrigerante liquefeito no condensador e quando houver necessidade de reparos, recolher o líquido refrigerante é instalado depois do condensador e antes da válvula de expansão. (MILLER, s.d).

Figura 22 – Reservatorio de Liquidos

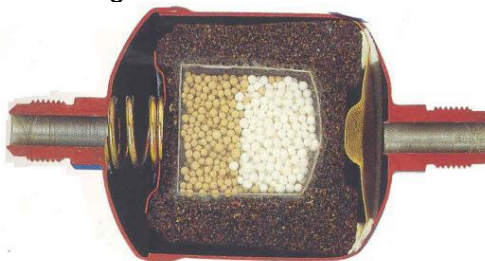


Fonte: Acessorios do Ciclo de Refrigeração (s.d)

4.9.8 Filtro Secador

Sua principal função é reter resíduos de umidade e possíveis partículas sólidas existentes no interior da unidade selada. As seguintes características são necessárias: Estabilidade Mecânica, estabilidade química e quantidade adequada. (MILLER, s.d).

Figura 23 – Filtro secador



Fonte: 10 controles do ciclo (2013)

4.9.9 Visor de Líquido

Mostra a presença de refrigerante não condensado antes da válvula de expansão e também a presença de umidade, são instalados na saída do reservatório de líquido ou na entrada do evaporador, permitindo verificar se a carga de refrigeração está completa e se existe umidade no sistema. (MILLER, s.d).

Figura 24 – Visor de Líquido



Fonte: 10 controles do ciclo (2013)

4.9.10 Dispositivo de Expansão

Sua função é de reduzir a pressão do refrigerante desde a pressão de condensação até a pressão de vaporização. Ao mesmo tempo, este dispositivo deve regular a vazão de refrigerante que chega ao evaporador, de modo a satisfazer a carga térmica aplicada ao mesmo. (MILLER, s.d).

Figura 25 – Valvula de expansão termostatica



Fonte: DanFoss (s.d)

4.9.11 Termostato

Componente que tem a função de controlar a temperatura de um ambiente fechado ligando e desligando o compressor, conforme a temperatura desejada. (MILLER, s.d).

Figura 26 - Termostato



Fonte: Revterm (s.d)

4.9.12 Pressostatos

Sua função é proteger os componentes do ciclo de refrigeração contra a sobrepressão ou subpressão, durante o funcionamento do equipamento. Esses componentes avaliam a pressão do lado de alta e do lado de baixa. Em caso de compressores semi-herméticos, também ocorre a avaliação da pressão do óleo. (MILLER, s.d).

Os contatos elétricos são atuados através da variação do nível de pressão do fluido refrigerante, esses que pode controlar ventiladores, alarmes e até mesmo o compressor.

Figura 27 - Pressostato



Fonte: Climatização Lumertz (s.d)

4.10 MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

4.10.1 Calor

Facilmente confundido com alta temperatura de um ambiente. Entretanto essa definição de calor relacionado a alta temperatura está errada, pois calor na verdade é a circulação produzida pelas desigualdades de temperatura.

O calor é uma forma de energia que pode ser transferida de um sistema para outro em consequência da diferença de temperatura entre eles. (ÇENGEL e BOLES 2012).

4.10.2 Calor sensível

Trata-se da quantidade de calor fornecida a um sistema, gerando alteração na temperatura sem que ocorra a mudança de fase.

4.10.3 Calor Latente

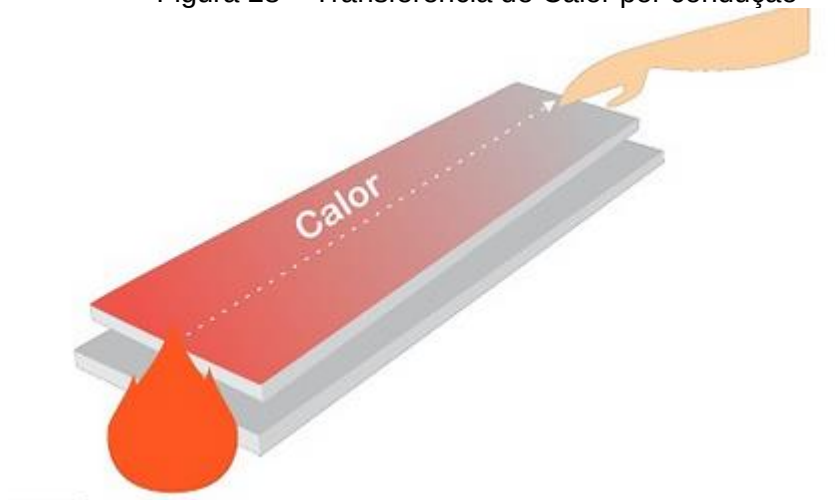
Refere-se a quantidade de calor que cada grama da substancia, precisa receber para que ocorra a mudança de fase. (MILLER, s.d).

Por exemplo o gelo quando retirado do congelador e colocado sobre temperatura ambiente, nesse cenário uma quantidade de calor é fornecido fazendo com que ele troque de fase solida par liquido.

4.10.4 Transferência de Calor por Condução

Transferência de calor por condução é a transferência de energia das partículas mais energéticas de uma substância para partículas vizinhas adjacentes menos energéticas, como resultado da interação entre elas, podendo ocorrer em sólidos, líquidos ou gases. (ÇENGEL e BOLES, 2012).

Figura 28 – Transferencia de Calor por condução



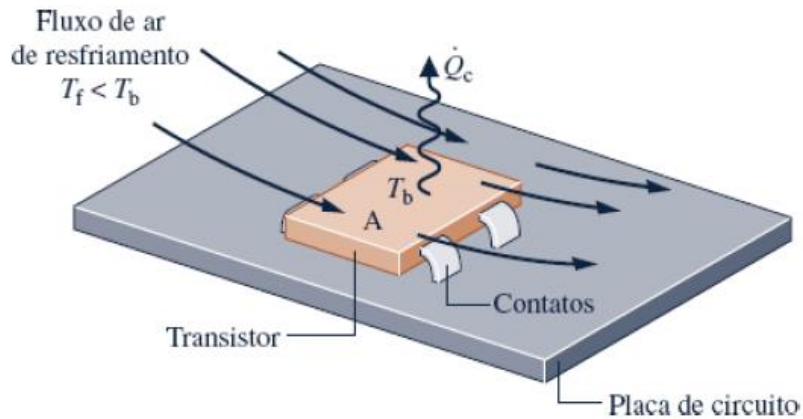
Fonte: Física 1 (2019)

Um exemplo é mostrado na figura 28, ao encostar uma barra metálica na fogueira, imediatamente provocará uma agitação das moléculas e de toda a vizinhança de átomos. Logo em seguida é conduzida pela barra uma quantidade, causando assim aumento de temperatura ao longo do comprimento da chapa, até que o local onde se encontra a mão da pessoa, que anteriormente estava frio, passa ficar mais quente.

4.10.5 Transferência de calor por Convecção

Esse tipo de transferência é dada pela movimentação dos fluidos.

Figura 29 – Transferencia de calor por convecção



Fonte: Chegg (s,d)

Na figura 29 é representado uma placa e transistor de um determinado circuito, o fluxo de ar de um cooler por exemplo, representado pelas setas pretas, resfriam o transistor através da sua movimentação.

4.11 CARGA TERMICA

Carga térmica é a soma de todos os tipos de calores existentes no próprio ambiente. Em outras palavras, quando um ambiente é resfriado, calor sensível e latente é retirado do ambiente permitindo as condições climáticas desejada para o ambiente. (SILVA, 2019).

A norma aplicada para dimensionamento de ar condicionado é a ABNT 16401, essa que é dividida em 3 partes, sendo elas: Projeto de Instalações NBR 16401-1, conforto técnico NBR 16401-2 e qualidade do ar interior NBR 16401-3.

4.11.1 Projeto de instalações

Essa parte da Norma é referente a toda documentação necessário para elaboração e posteriormente execução de um projeto de ar condicionado.

4.11.2 Conforto Térmico

Templos religiosos são locais onde exige bastante da atenção por parte do ouvinte, e para manter a concentração, estar em um ambiente refrigerado é essencial. Para isso existe o conforto térmico.

Existe um mecanismo chamado “termorregulação” onde o corpo vai se adequando conforme a temperatura do ambiente. No caso do ambiente confortável, esse mecanismo não é ativado pois o equilíbrio térmico torna a temperatura de ambos neutras, mantendo o local agradável (SILVA, 2019).

A ABNT, informa que existem 6 variáveis principais a ser levado em consideração na definição do conforto térmico do projeto, são elas: Taxa metabólica, isolamento da vestimenta; temperatura do ar; temperatura radiante media; umidade do ar e velocidade do ar.

4.11.3 Qualidade do ar interior

Para a obtenção de boa qualidade do ar interior, a ABNT define que os parâmetros básicos e requisitos mínimos a serem levados em consideração, são: Vazões mínimas de ar exterior para ventilação; níveis mínimos de filtragem do ar e requisitos técnicos dos sistemas e componentes relativos à qualidade do ar interior.

5 METODOLOGIA

5.1 CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA

O Cálculo da carga térmica é realizado de acordo com a metodologia do Hélio Creder, com base na TRANE e nas diretrizes da norma NBR 16401 nas partes 1,2 e 3. Nos cálculos será utilizado como base a maior temperatura registrada do decorrente ano. Para o cálculo da carga térmica todas as fontes de trocas de calor fornecidas devem ser levadas em consideração, como a condução, convecção, insolação, ocupação e a potência dissipada por equipamentos eletroeletrônicos. Na realização dos cálculos serão calculadas todas as cargas externas ao ambiente e depois suas cargas internas, para assim achar a carga térmica do ambiente. (SILVA, 2019).

5.1.1 Cargas Externas

São as cargas provenientes dos fatores externos ao ambiente como a incidência da radiação solar, causando um fluxo de calor através das paredes externas e coberturas, ganhos de calor devido a radiação direta ou indireta através de portas e vidros, partes desse calor é absorvido para o interior do ambiente. Para encontra as cargas externas calcula se a carga de condução e insolação. (SILVA, 2019).

5.1.2 Carga de Condução

A transferência de calor por condução pode ser compreendida como a transferência de energia das partículas mais energéticas de uma substância para as partículas vizinhas adjacentes menos energéticas, como resultado da interação entre elas.

(CENGEL e BOLES, 2012). A fórmula da condução térmica relaciona variáveis como a área do sólido, o coeficiente global de transmissão de calor e a diferença da maior temperatura para a menor temperatura.

$$Q_{\text{cond}} = A \cdot U \cdot \Delta t \quad (1)$$

Onde:

Q_{cond} = fluxo de calor por condução (kcal/h ou w);

A = área da superfície (m^2);

U = Coeficiente global de transferência de calor (kcal/h. m^2 . °C ou W/ m^2 . °C)

Δt ($T_f - T_i$) = Diferença de temperatura entre superfícies (°C)

A radiação solar tem uma influência com a temperatura interna, pois a medida com que a temperatura do meio externo se eleva, acaba interferindo no meio interno, alterando o conforto térmico. Com isso é utilizado o coeficiente global de transferência de calor (U), pois é possível determinar vários pontos facilmente e demonstra as deslocamentos do calor por hora em cada m^3 pertencente a superfície (CREDER, 2004).

Para calcular o coeficiente global utilizasse as tabelas 1 e 2.

Tabela 1- Coeficientes Globais de Transmissão de Calor U em kcal/h . m^2 . °C para Janelas e Paredes

Elementos	U em $\frac{kcal}{h} \cdot m^2 \cdot ^\circ C$
a) Janelas	
Janelas de vidros comuns (simples)	5,18
Janela de vidro duplo	3,13
Janela de vidro triplo	1,66
b) Parede externas	
Tijolos maciços (20 x 10 x 6 cm):	
meia vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos	2,88
uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos	1,95
Tijolos furados (20 x 20 x 10 ou 30 x 30 x 10 cm):	
meia vez (14 cm) = 2 tijolos + 2 revestimentos	2,59
uma vez (24 cm) - 20 tijolos + 2 revestimentos	1,9

Tabela 1 - Coeficientes Globais de Transmissão de Calor U em kcal/h · m² · °C para Janelas e Paredes (continuação)

Elementos	$U \text{ em } \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
Tijolos maciços (20 x 10 x 6 cm)	
meia vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos	2,29
meia vez (10 cm) = 6 tijolos + 2 revestimentos	2,68
uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos	1,66
Tijolos Furados (20 x 20 x 10 ou 20 x 10 x 6 cm)	
meia vez (10cm) = 6 tijolos + 2 revestimentos	2,54
meia vez (14 cm) = 2- tijolos + 2 revestimentos	2,1
uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos	1,61
d) Concreto externo ou pedra	
15 cm	3,81
25 cm	3,03
35 cm	2,54
50 cm	2
e) Concreto Interno	
10 cm	3,17
15 cm	2,83
20 cm	2,59

Fonte: Adaptada de Creder (2004)

Tabela 2 - Coeficientes Globais de Transmissão de Calor U em kcal/h · m² · °C para Janelas, Paredes e Telhados

Superfície	$\frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$W/\text{m}^2 \cdot k$
a) Parede de Alvenaria		
Bloco de Concreto extrudado	4,63	5,39
b) Portas		
Porta de aço - Fola única	5,72	5,65
c) Janelas		
Vidro Simples	5,58	6,49
d) Laje		
Laje de concreto sem isolamento térmico	2,77	3,23

Tabela 2 - Coeficientes Globais de Transmissão de Calor U em kcal/h · m² · °C para Janelas, Paredes e Telhados (continuação)

Superfície	$\frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{k}$
e) Telhado		
Telha de chapa galvanizada	5,72	6,65
Tela de fibrocimento	5,13	5,97
Telha de barro cerâmico	5,13	5,96

Fonte: Adaptada Santos, Dias, Nascimento, Filho, Zancanella, Maziero, Souza e Castro (s,d)

5.1.3 Cargas Internas

Estas são provenientes do ganho de calor gerado pelo próprio meio como a iluminação, a utilização de eletrodomésticos, aparelhos eletrônicos, circulação de pessoas são os principais fatores para o dimensionamento do sistema de ar condicionado, sendo esse ganho possuindo tanto o calor latente quanto o calor sensível. (SILVA, 2019).

5.1.4 Carga por Equipamentos

A carga térmica por equipamentos também deve ser considerada no cálculo da carga térmica, equipamentos elétricos dissipam parte da sua potência em forma de calor sensível e latente. Essa carga precisa ser retirada pelo condicionamento de ar (CREDER, 2004).

$$QE = N^\circ \cdot P \quad (2)$$

Onde:

QE = Carga de equipamentos

N° = Número de equipamentos

P = Potência do equipamento

5.1.5 Carga de Iluminação

Equipamentos de iluminação dissipam parte da potência útil para o meio. Desta maneira, este ganho de calor deve ser considerado. Para cada tipo de iluminação deve se fazer a correta aplicação do fator de dissipação, podendo ser iluminação incandescente, fluorescente e LED. (CREDER, 2004). A tabela 3 demonstra a potência dissipada de cada lâmpada.

Tabela 3 – Valores de consumo de energia para iluminação

Local	Tipo de Iluminação	Nível de Iluminação (lux)	Potência Dissipada (W/m ²)
Escritório	Fluorescente	1000	40
Lojas	Fluorescente	1000	50
Residências	Incandescente	300	30
Supermercado	Fluorescente	1000	35
Barbearia e Salões de beleza	Fluorescente	500	20
Cinema e teatros	Incandescente	60	15
Museus e bibliotecas	Fluorescente	500	45
	Incandescente	500	70
	Fluorescente	150	15
Restaurantes	Incandescente	150	25
Bancos	Fluorescente	1000	35
Auditórios:			
Tribuna	Incandescente	1000	50
Plateia	Incandescente	500	30
Sala de Hotéis	Incandescente	150	20
Hotéis:			
Banheiros	Incandescente	150	25
Corredores	Incandescente	100	15
Sala de leitura	Fluorescente	500	45
	Incandescente	500	70
Quartos	Incandescente	500	35
Sala de Reunião			
Plateias	Incandescente	150	20

Tabela 3 – Valores de consumo de energia para iluminação (continuação)

Local	Tipo de Iluminação	Nível de Iluminação (lux)	Potência Dissipada (W/m ²)
Tablado	Incandescente	500	30
Portaria e recepção	Incandescente	250	35

Fonte: Adaptado de Creder (2004)

Para realizar os cálculos da dissipação de calor para o ambiente por lâmpadas incandescente usa-se a seguinte equação.

$$Q_{ilum} = \frac{P}{1000} \cdot 1,2 \cdot 860 \quad (3)$$

Onde:

Q_{ilum} = carga de iluminação incandescente.

P = Potência necessária.

5.1.6 Carga Humana (pessoas)

Todo ser humano emite calor sensível e calor latente, que variam conforme esteja o indivíduo em repouso ou em atividade. Considerando-se que a temperatura média normal de uma pessoa é de 37°C, verifica-se experimentalmente que quanto maior é a temperatura externa, maior é a quantidade de calor latente emitida, e quanto menor esta temperatura, maior é o calor sensível. (CREDER, 2004).

Se a temperatura exterior é superior a 37°C, o calor é transferido do exterior para o corpo, e isso provoca a transpiração e em consequência a eliminação de vapor d'água pela respiração, adicionando apenas calor latente ao ar. Se a temperatura exterior é inferior a 15,6°C, a transferência de calor se dá do corpo para o ambiente, porém somente na forma de calor sensível. Entre essas temperaturas externas, ou seja, entre 15,6 e 37°C, o corpo humano emite calor sensível e calor latente ao ambiente, mantendo constante o calor total. (CREDER, 2004). Para determinar o calor

sensível e o calor latente de acordo com a temperatura e a atividade utilizasse a Tabela 4.

Tabela 4 - Calor liberado pelas pessoas

Temperatura Ambiente		Pessoa sentada ou em Movimento lento						Pessoa em exercício físico moderado					
		Calor Sensível		Calor Latente		Calor Total		Calor Sensível		Calor Latente		Calor Total	
°C	°F	kcal/h	BTU/h	kcal/h	BTU/h	kcal/h	BTU/h	kcal/h	BTU/h	kcal/h	BTU/h	kcal/h	BTU/h
29	84,2	45,1	179	54,9	218	100	397	28,1	151	128	508	166,1	659
28	82,4	50,2	199	50,2	199	100	397	43,1	179	121	480	166,1	659
27	80,6	54,9	218	45,1	179	100	397	51,9	206	144,1	572	166,1	659
26	78,8	58	230	42,1	167	100	397	58	230	108,1	429	166,1	659
25	77	62	246	38,1	151	100	397	64	254	101,8	404	166,1	659
24	75,2	66	262	34	135	100	397	72,1	286	94	373	166,1	659
23	73,4	69,1	274	31	123	100	397	77,1	306	89	353	166,1	659
22	71,6	72,1	286	28	111	100	397	82,2	326	83,9	333	166,1	659
21	69,8	75,1	298	24,9	99	100	397	88	349	78,1	310	166,1	659

Fonte: Adaptado de Creder (2004)

- Carga Térmica Sensível

Para encontrar a carga térmica sensível utilizasse a equação abaixo.

$$QTS = CS \cdot N^{\circ} \text{ de pessoas} \quad (4)$$

Onde:

QTS = carga térmica sensível

CS = calor sensível (w)

- Carga Térmica latente

Para encontrar a carga térmica latente utilizasse a equação abaixo.

$$QTL = CL.N^{\circ} \text{ de pessoas} \quad (5)$$

Onde:

QTL = carga térmica latente

CL = calor latente (w)

- Carga total

Para encontrar a carga de pessoas soma se a carga térmica sensível com a carga térmica latente. Para esse cálculo usa a equação (8)

$$QP = QTS + QTL \quad (6)$$

5.1.7 Cargas de infiltração

As cargas de infiltração são classificadas como as correntes de ar externo que se movimenta para dentro do recinto, possuindo diversas entradas como brechas, frestas, aberturas de portas e janelas, trocando calor com o meio interno, podendo aumentar ou diminuir sua temperatura, dependendo da época do ano. Para encontrar a carga de infiltração usa se dois métodos, os métodos de troca de ar e o método das frestas. (CREDER, 2004).

5.1.7.1 Método das frestas

Esse método leva em consideração o fluxo de ar que penetra multiplicado pelo comprimento linear da fresta. A tabela 5 mostra a quantidade de penetração por hora em diferentes tipos de fresta.

Tabela 5 - Infiltração de ar exterior

Ar pelas frestas		
Tipo de abertura	Observação	m ³ /h por metro de fresta
Janela		
Comum		3
Basculante		3
Guilhotina c/ caixilho de madeira	Mal ajustada	6,5
	Bem ajustada	2
Guilhotina c/ caixilho metálico	Sem vedação	4,5
	Com vedação	1,8
Porta	Mal ajustada	13
	Bem ajustada	6,5
Ar pelas portas		
Local	m ³ /h por pessoa presente no recinto condicionado	
	Porta giratória (1,8m)	Porta de vaivém (0,9m)
Bancos	11	14
Barbearias	7	9
Drogarias e farmácias	10	12
Escritório de corretagem	9	9
Escritório privados		4
Escritório em geral		7
Lojas de cigarros	32	51
Lojas em geral	12	14
Quartos de hospitais		7
Restaurantes	3	4
Salas de chá ou café	7	9
Ar pelas portas Abertas		
Portas de 90 cm - 1350 m ³ /h		

Tabela 5 - Infiltração de ar exterior (continuação)

Tipo de abertura	Observação	m ³ /h por metro de fresta
Portas de 180 cm - 2000 m ³ /h		
Para contrabalançar a inflação com tomada de ar nos condicionadores		
Portas de 90 cm - 1750 m ³ /h		
Portas de 180 cm - 2450 m ³ /h		

Fonte: Adaptada de Creder (2004)

Para achar a carga devido métodos das frestas utilizasse a seguinte equação.

$$q_s = 0,29 \cdot Q \cdot (t_e - t_i) \quad (7)$$

Onde:

q_s = calor sensível (BTU/h)

Q = fluxo de ar em pés cúbicos por minuto

t_e = temperatura do ar exterior em (°C)

t_i = temperatura do ar interior em (°C)

5.1.8 Carga Térmica Total

Conhecida a carga térmica devida à condução, insolação, pessoas, equipamentos, infiltração, ventilação, e adicionando-os, temos o somatório de calor sensível e calor latente a retirar (ou introduzir) do recinto para obter as condições de conforto desejadas. Somando ambos, tem-se o calor total. Como medida de segurança, para atender às infiltrações eventuais de calor no recinto, **acrescenta-se mais 10% aos cálculos**. Para calcular a TR, dividir por 3,024 kcal/h. CREDER (2004)

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 ESTUDO DO LOCAL

A igreja a ser condicionada encontra-se na cidade de Paraíba do Sul região noroeste do estado do Rio de Janeiro, com altitude de 275 m em relação ao nível do mar e com clima tropical de altitude (cwa). A temperatura máxima de bulbo seco (TBS) é de 38 °C registrada no dia 27 de janeiro do decorrente ano e com uma média de umidade do ar de 56% no mesmo período. (CLIMATEMPO, 2022). O salão de culto 226,08 m² terá capacidade máxima para 400 membros com cultos que ocorrem no período da noite. Como a utilização do espaço será a noite não serão considerados os cálculos por insolação.

6.2 CÁLCULOS DA CONDUÇÃO DE CALOR PELAS SUPERFÍCIES

Calculada a área de cada parede do templo foi definido o coeficiente global de transmissão de calor tendo como base os tijolos e o revestimento do templo. Foi retirado da tabela 1, o valor do coeficiente global de transmissão de calor para paredes internas com tijolos maciços meia vez 14 cm mais 2 revestimentos. A variação Δt é a diferença entre temperatura externa e interna da parede. Para acompanhamento de cálculo, olhar anexo B para melhor entendimento das referências A1, A2 A3 e A4 para paredes e J1, J2 e J3 para janela

$$Q_{\text{cond}} = A \cdot U \cdot \Delta t$$

6.2.1 Parede A1 (Sul)

Área de Superfície: $125,6 \text{ m}^2$

Uparede: $2,29 \text{ kcal} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Δt : 18°C

$$Q_{\text{cond}} = 125,6 \cdot 2,29 \cdot 18$$

$$Q_{\text{cond}} = 5177,232 \text{ Kcal/h}$$

6.2.2 Parede A2 (Oeste)

Área de Superfície: $28,8 \text{ m}^2$

Uparede: $2,29 \text{ kcal} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Δt : 18°C

$$Q_{\text{cond}} = 28,8 \cdot 2,29 \cdot 18$$

$$Q_{\text{cond}} = 1187,14 \text{ Kcal/h}$$

6.2.3 Parede A3 (Norte)

Área de Superfície: $98,59 \text{ m}^2$

Uparede: $2,29 \text{ kcal} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

ΔT : 18°C

$$Q_{\text{cond}} = 98,59 \cdot 2,29 \cdot 18$$

$$Q_{\text{cond}} = 4063,87 \text{ Kcal/h}$$

6.2.4 Parede A4 (Leste)

Área de Superfície: 93 m^2

Uparede: $2,29 \text{ kcal} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Δt : 18°C

$$Q_{\text{cond}} = 93 \cdot 2,29 \cdot 18$$

$$Q_{\text{cond}} = 3833,66 \text{ Kcal/h}$$

Ao realizar o cálculo da área de cada janela foi retirado da tabela 1 o valor do coeficiente global de transmissão de calor para janelas de vidros simples.

6.2.5 Janela J1 (Norte)

Área de Superfície: $2,25 \text{ m}^2$

Uparede: $5,18 \text{ kcal} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Δt : 18°C

Quantidade: 01

$$Q_{\text{cond}} = 2,25 \cdot 5,18 \cdot 18$$

$$Q_{\text{cond}} = 209,79 \text{ Kcal/h}$$

6.2.6 Janela J2 (Norte)

Área de Superfície: $2,25 \text{ m}^2$

Uparede: $5,18 \text{ kcal} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

$\Delta t: 18^{\circ}\text{C}$

Quantidade: 01 unidade

$$Q_{\text{cond}} = 2,25 \cdot 5,18 \cdot 18$$

$$Q_{\text{cond}} = 209,79 \text{ Kcal/h}$$

6.2.7 Janela J3 (Norte)

Área de Superfície: $1,2 \text{ m}^2$

$U_{\text{parede}}: 5,18 \text{ kcal} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$

$\Delta t: 18^{\circ}\text{C}$

Quantidade: 02 und

$$Q_{\text{cond}} = (1,2 \cdot 5,18 \cdot 18) \cdot 2$$

$$Q_{\text{cond}} = 223,77 \text{ Kcal/h}$$

Ao realizar o cálculo do telhado, foi retirado da tabela 2 o valor do coeficiente global de transmissão de calor para telhado de chapa galvanizada.

6.2.8 Telhado

Área de Superfície: $226,08 \text{ m}^2$

$U_{\text{parede}}: 5,72 \text{ kcal} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$

$\Delta t: 18^{\circ}\text{C}$

$$Q_{\text{cond}} = 226,08 \cdot 5,72 \cdot 18$$

$$Q_{\text{cond}} = 23277,2 \text{ Kcal/h}$$

6.2.9 Ganho de Calor total por Condução

Tabela 6 - Carga Total

Fonte de calor (Condução)	Calor sensível (kcal/h)
Parede A1	5177,232
Parede A2	1187,14
Parede A3	4063,87
Parede A4	3833,66
Janela J1	209,79
Janela J2	209,79
Janela J3	223,77
Telhado	23277,2
Qc Total = 39339,92 Kcal/h	

Fonte: Autoria Própria

6.3 CÁLCULOS DA CARGA POR EQUIPAMENTOS:

Para o cálculo da carga por equipamentos foi multiplicada a potência de cada equipamento pela sua quantidade no ambiente.

$$QE = \text{quantidade} . \text{potência}$$

Guitarra: 2

Potência: 23 w

$$QE_G = 2 . 23 = 46 \text{ w}$$

Teclado musical: 1

Potência: 5 w

$$QE_{TM} = 1 . 5 = 5 \text{ w}$$

Mesa de som 8 canais: 1

Potência: 17 w

$$QE_{Ms} = 1 \cdot 17 = 17 \text{ w}$$

Notebook: 1

Potência: 60 w

$$QE_N = 1 \cdot 60 = 60 \text{ w}$$

Projektor: 1

Potência: 284 w

$$QE_P = 1 \cdot 284 = 284 \text{ w}$$

Amplificador de Guitarra: 2

Potência: 120 w

$$QE_{AG} = 2 \cdot 120 = 240 \text{ w}$$

Amplificadores: 3

Potência: 300 w

$$QE_A = 3 \cdot 300 = 900 \text{ w}$$

Amplificadores de contra baixo: 1

Potência: 120 w

$$QE_{AcB} = 1 \cdot 120 = 120 \text{ w}$$

6.3.1 Carga por Equipamentos:

Tabela 7 – Carga total dos equipamentos

Fonte de calor (Equipamentos)	Watts (w)
Guitarra	46
Teclado musical	5
Mesa de som 8 canais	17
Notebook	60
Projektor	284

Tabela 7 – Carga total dos equipamentos (continuação)

Fonte de calor (Equipamentos)	Watts (w)
Amplificador de guitarra	240
Amplificadores	900
Amplificadores de contra baixo	120
QE Total = 1672 w = 1437,6 Kcal/h	

Fonte: Autoria Própria

6.4 CÁLCULOS DA CARGA POR ILUMINAÇÃO:

A lâmpada que será utilizada será a incandescente, por meio da tabela 3 foi retirado o valor da potência dissipada por watts por metro quadrado. O local escolhido foi plateia.

Lâmpada incandescente

Potência dissipada: 30 w/m²

Área do ambiente: 226,08 m²

Potência necessaria = Área do ambiente . potência dissipada

$$Potencia necessaria = 226,08 . 30 = 6782,4 W$$

$$Q_{ilum} = \frac{6782,4}{1000} . 1,2 . 860$$

$$Q_{ilum} = 6999,43 kcal/h$$

Tabela 8 – Carga total de iluminação

Fonte de calor (Iluminação)	Calor sensível (kcal/h)
QI Total = 6999,43 Kcal/h	

Fonte: Autoria Própria

6.5 CÁLCULOS DA CARGA POR PESSOAS:

Para encontrar o calor sensível e latente para físico moderado e pessoa sentada foi usado a tabela 4 com base na temperatura ambiente de 21°C .

6.5.1 Carga Térmica Sensível (Pessoas em exercícios)

$$QTS = CS . N^{\circ} \text{ de pessoas}$$

N° de pessoas: 9

Calor sensível: 88 kcal/h

$$QTS = 88 . 9 = 792 \text{ Kcal/h}$$

6.5.2 Carga Térmica Latente (Pessoas em exercícios)

$$QTL = CL . N^{\circ} \text{ de pessoas}$$

N° de pessoas: 9

Calor Latente: 78,1 kcal/h

$$QTL = 78,1 . 9 = 702,9 \text{ Kcal/h}$$

6.5.3 Carga Térmica Sensível (Pessoa sentada)

N° de pessoas: 391

Calor sensível: 75,1 kcal/h

$$QTS = 75,1 \cdot 391 = 29364,1 \text{ Kcal/h}$$

6.5.4 Carga Térmica Latente (Pessoa sentada)

Nº de pessoas: 391

1Calor Latente: 24,9 kcal/h

$$QTL = 24,9 \cdot 391 = 9735,9 \text{ Kcal/h}$$

6.5.5 Carga Total de Pessoas

Tabela 9 – Carga total de pessoas

Fonte de calor (Pessoas)	Calor sensível (kcal/h)	Calor latente (kcal/h)
Pessoas em exercício	792	702,9
Pessoas sentadas	29364,1	9735,9
	30156,1	10438,8
QP= 30156,1 + 10438,8 = 40594,9		
QP = 40594,9 kcal/h		

Fonte: Autoria Própria

6.6 CÁLCULOS DA CARGA DE INFILTRAÇÃO:

Para o cálculo de infiltração foi retirado da tabela 5 o fluxo de ar exterior para portas de 90cm e 180 cm no qual foi feita uma interpolação linear para as portas de 2,15 m e 1,2 m.

6.6.1 Porta P1

Comprimento: 2,15 m

Fluxo de ar: 2252,78 m³/h

Temperatura exterior: 38 °C

Temperatura interior: 20 °C

$$q_s = 0,29 \cdot Q \cdot (t_e - t_i)$$

$$q_{s1} = 0,29 \cdot 2252,78 \cdot (38 - 20) = 11759,51 \text{ kcal/h}$$

6.6.2 Porta P2

Comprimento: 1,2 m

Fluxo de ar: 1566,67 m³/h

Temperatura exterior: 38 °C

Temperatura interior: 20 °C

$$q_{s2} = 0,29 \cdot 1566,67 \cdot (38 - 20) = 8178 \text{ kcal/h}$$

6.6.3 Porta P3

Comprimento: 0,9 m

Fluxo de ar: 1350 m³/h

Temperatura exterior: 38 °C

Temperatura interior: 20 °C

$$q_{s3} = 0,29 \cdot 1350 \cdot (38 - 20) = 7047 \text{ kcal/h}$$

6.6.4 Carga de Infiltração total

Tabela 10 – Carga de Infiltração

Fonte de calor (Infiltração)	Calor sensível (kcal/h)
Porta P1	11759,51
Porta P2	8178
Porta P3	7047
QI Total = 26984,51 kcal/h	

Fonte: Autoria Própria

6.7 CARGA TÉRMICA TOTAL:

Para encontrar a carga térmica total soma se os ganhos de calor do ambiente e acrescenta mais 10% aos cálculos.

Tabela 11 – Carga Termica Total

Fonte de calor	Calor sensível (kcal/h)	Calor latente (kcal/h)	
Condução	39339,92		
Equipamentos	1437,6		
Iluminação	6999,43		
Pessoas	30156,1	10438,8	
Infiltração	26984,51		
10%	+	104917,56	
		+	10438,8
Carga Térmica Total = 126891,97 kcal/h = 503211,278 btu/h			

Fonte: Autoria Própria

6.8 ORÇAMENTO:

Encontrado a carga térmica total, foi realizado uma busca em catálogos afim de buscar equipamentos que atendessem a demanda da carga térmica encontrada e que tivessem um bom custo benefício. O ganho total de calor do ambiente encontrado foi de 503211,278 BTU/h, sendo usados aparelhos do modelo split supridos por 3 condensadoras de 211000 BTU/h, totalizando 633000 BTU/h e 15 evaporadoras de 38000 BTU/h totalizando 570000 BTU/h. Para a tubulação foi necessário usar tubos de cobre flexível 1 ¼", 5/8" e de 3/8".

Tabela 12 – Orçamento final do projeto

Material	Valor unitário	Quantidade	Valor
Condensadora Midea 211000 btus	R\$ 48.782,00	3 Unidades	R\$ 146.346,00
Evaporadora Midea MI2-112DLHDH1 38000 btus	R\$ 3.890,00	15 Unidades	R\$ 58.350,00
Refnet NVDK72T - Junta De Derivação y	R\$ 557,81	12 Unidades	R\$ 6.693,72
Tubo de Cobre Flexível 1 1/4"	R\$ 274,00	3 Metros	R\$ 822,00
Tubo de Cobre Flexível 5/8"	R\$ 384,00	74 Metros	R\$ 1.894,40
Tubo de Cobre Flexível 3/8"	R\$ 220,00	74 Metros	R\$ 1.085,33
		Total	R\$ 215.191,45

Fonte: Autoria Própria

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo o dimensionamento de um sistema de condicionado de ar para uma igreja de $226,08 \text{ m}^2$ para a realização de cultos com ocupação de até 400 pessoas, sendo estes sempre realizados no período noturno.

Por meio da visita técnica ao local, foi possível concluir que a cidade possui um clima tropical com temperaturas em épocas mais quentes que variam de 21°C à 34°C , para o cálculo foi considerado a maior temperatura do decorrente ano de 38°C . Também foi realizada a medição de toda área para fins de cálculo e retirados os pontos cardeais do local que foram alocados na planta baixa contida no anexo A.

Para construção dos cálculos foi levado em consideração os tipos de materiais usados na obra, espessura e tamanho afim de obter o ganho de calor do ambiente o mais preciso possível, afim de obter um conforto térmico desejado.

Com a realização dos cálculos foi possível obter valores com precisão para a carga térmica e a renovação de ar do ambiente, atentando se as características físicas e as atividades realizadas no local. O ganho total de calor do ambiente encontrado foi de $503211,278 \text{ BTU/h}$, sendo usados aparelhos do modelo split supridos por 3 condensadoras de 211000 BTU/h , totalizando 633000 BTU/h e 15 evaporadoras de 38000 BTU/h totalizando 570000 BTU/h . Atendendo de forma suficiente a demanda do local. O valor deste projeto com todos os equipamentos necessários para instalação foi de $215191,45$ reais.

Os equipamentos escolhidos foram posicionados de forma que melhor atendessem a demanda térmica e a eficiência do local de modo que mantivesse também uma boa estética.

Com a realização do projeto foi possível desenvolver amplamente os conhecimentos na área de refrigeração e ar condicionado sendo necessário recorrer diversas vezes as literaturas e ao orientador. Desta forma, foi possível colocar em prática os conhecimentos teóricos aprendidos em sala de aula.

Desta maneira, conclui-se, essa árdua jornada, enriquecedora e gratificante, com a sensação de dever cumprido em poder contribuir positivamente para a instituição igreja.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LOURENÇO. P,B e BRANCO. J,M. **Dos abrigos da pré-história aos edifícios de madeira do século XXI.** Disponível em: http://repositorium.umi-nho.pt/bitstream/1822/26503/1/Lourenco_Branco.pdf > acesso em 26 de mar de 2022.

INÁCIO. W, S. **Dimensionamento da carga térmica de resfriamento de ambientes: Estudo de caso no instituto federal fluminense campus Itaperuna.** Campus dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2014

MACHADO, H. A **Refrigeração e ar condicionado.** Rio de Janeiro, 2009. (Apostila)

FEITOSA. A, A e LIMA. F, D, D. **A influência do clima nas atividades e no conforto térmico dos motoristas e cobradores de ônibus** – Instituto Federal do Piauí – Campos Teresinha Central.

MARÉ, R.M **Estudo de eficiência da ventilação em sistemas de climatização com distribuição de ar pelo piso.** São Paulo, 2010 < disponível em : https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-18082010-170422/publico/Diss_RenataMarianaMare_Rev.pdf > acesso em: 26 de mar de 2022.

ABNT NBR. **ABNT NBR 16401 - Partes 1; 2 e 3. Instalações de Ar Condicionado - Instalações Centrais e Unitárias,** 2008.> acesso em: 26 de mar de 2022.

WARGOCKI, P. et al. **The effects of classroom air temperature and outdoor air supply rate on performance of school work by children.** *Proceedings of Indoor Air I*, v. 1, p. 368-72, 2005.

OLIVEIRA. R, H, S e RODRIGUES. S, G. **análise da influência da climatização do ambiente no desempenho estudantil** – Universidade Rio Verde [s.d]

AGUIAR. M, P. **estudo de caso: projeto de refrigeração em painel elétrico de grande porte através de dutos de ar condicionado e controle de temperatura e**

umidade para aumento de vida útil dos equipamentos – Centro Universitário Augusto Motta - Rio de Janeiro Dezembro de 2017

CORDEIRO M. **introduccion a la termodinamica em ingenieria quimica**

KHANACADEMY. **oque é conservação de energia?**

ALVAREZ M. E. T **refrigeração, ar condicionado e ventilação** - Editora e Distribuidora Educacional S.A – Londrina, Paraná 2019

EMBRACO **utilização do r134a em sistemas herméticos de refrigeração lbp** – Informativo Técnico – Dezembro 1996

ÇENGEL e GHAJAR **transferencia de calor e massa 4 edição** – Editora AMGH – Porto Alegre 2012

SILVA L. A. O, **dimensionamento de central de ar condicionado para conforto ambiental em uma igreja** – Universidade Estadual do Maranhão , São Luiz, 2019

CLIMATEMPO, **clima de Paraiba do Sul**. Disponível em < <https://www.climatempo.com.br/previsao-do-tempo/15-dias/cidade/3244/paraibadosul-rj> > acesso em 27/01/2022.

GIACOMINI, G. A história do ar-condicionado: Linha do tempo completa. **Webarcondicionado**, Rio de Janeiro, 2010 < disponível em : <https://www.webarcondicionado.com.br/a-historia-do-ar-condicionado> acesso em: 26 de abr de 2022.

NEVES, S. A história do ar-condicionado. **Universidade Federal de Goiás**, Goiás, 2018 < disponível em: <https://www.cemeq.ufg.br/n/103153-a-historia-do-ar-condicionado> acesso em: 26 de abr de 2022

NOSSA HISTORIA. **Quadrangular**, São Paulo, s.d < disponível em : <https://www.quadrangular.com.br/Artigo/6845/Nossa-historia> acesso em: 26 de abr de 2022

HISTORIA DA REFRIGERAÇÃO E AR CONDICIONADO. **Universidade Federal do Paraná**, < disponível em: https://refrigeracao.net/topicos/historia_refri acesso em: 26 de abr de 2022

HISTORIA DA REFRIGERAÇÃO UNIVERSAL. **Refrigeração**, < disponível em: https://docs.ufpr.br/~rudmar/refri/material/1_INTRODUCAO.pdf acesso em: 26 de abr de 2022

MILLER, R e MILLER, M.R. **Ar condicionado e Refrigeração. 2ª ed. LTC**, s.d

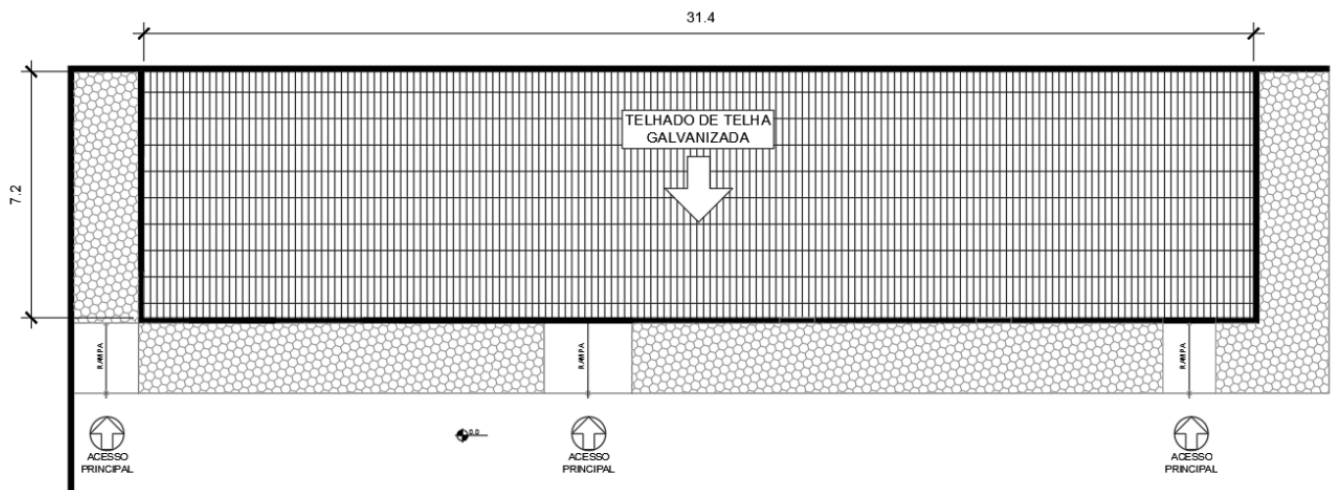
CREDER, H. **Instalações de Ar Condicionado. 6ª ed. LTC**, 2004.

SANTOS. D. C, DIAS. G. H. M, NASCIMENTO. H. S. S, FILHO. J. S. A, ZANCANELLA. A. C. B, MAZIERO. R, SOUZA. E. C. N, CASTRO. B. D, **transferência de calor em telhados de diferentes materiais: carga térmica e custo do Kw/h para climatização** – Instituto Federal de Educação, ciência e Tecnologia do Espírito Santo [s.d]

9 ANEXOS

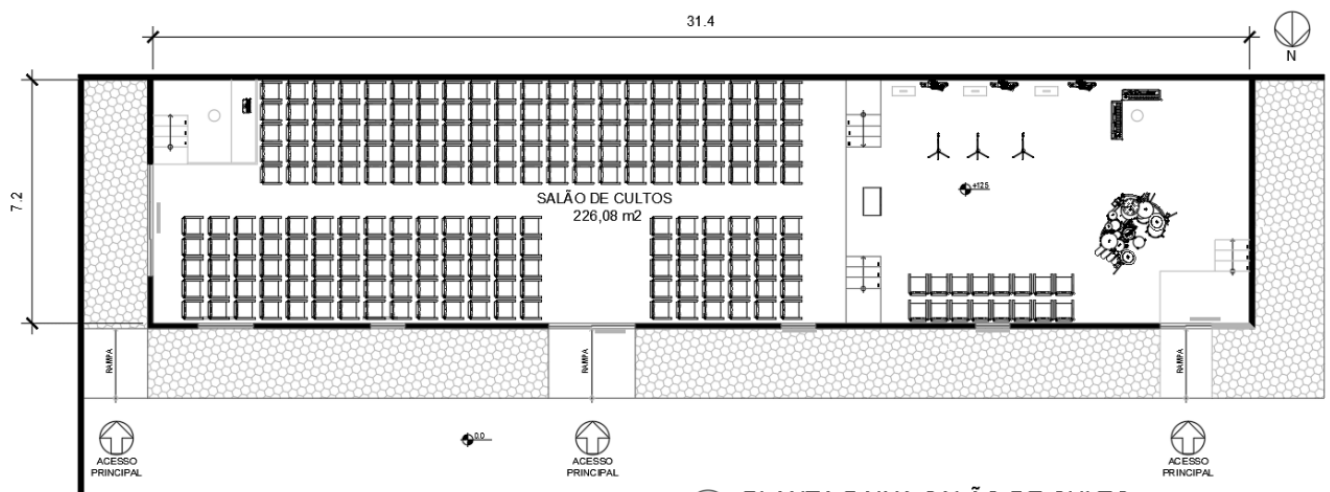
ANEXO A – PLANTA BAIXA DA EDIFICAÇÃO

Figura 30 – Planta baixa telhado
Fonte: Autoria Própria



1 PLANTA BAIXA TELHADO
ESCALA 1:16

Figura 31 – Planta baixa salão de culto
Fonte: Autoria Própria



2 PLANTA BAIXA SALÃO DE CULTO
ESCALA 1:16

Figura 32 – Corte do salão de culto e altura de instalação das evaporadoras
Fonte: Autoria Própria

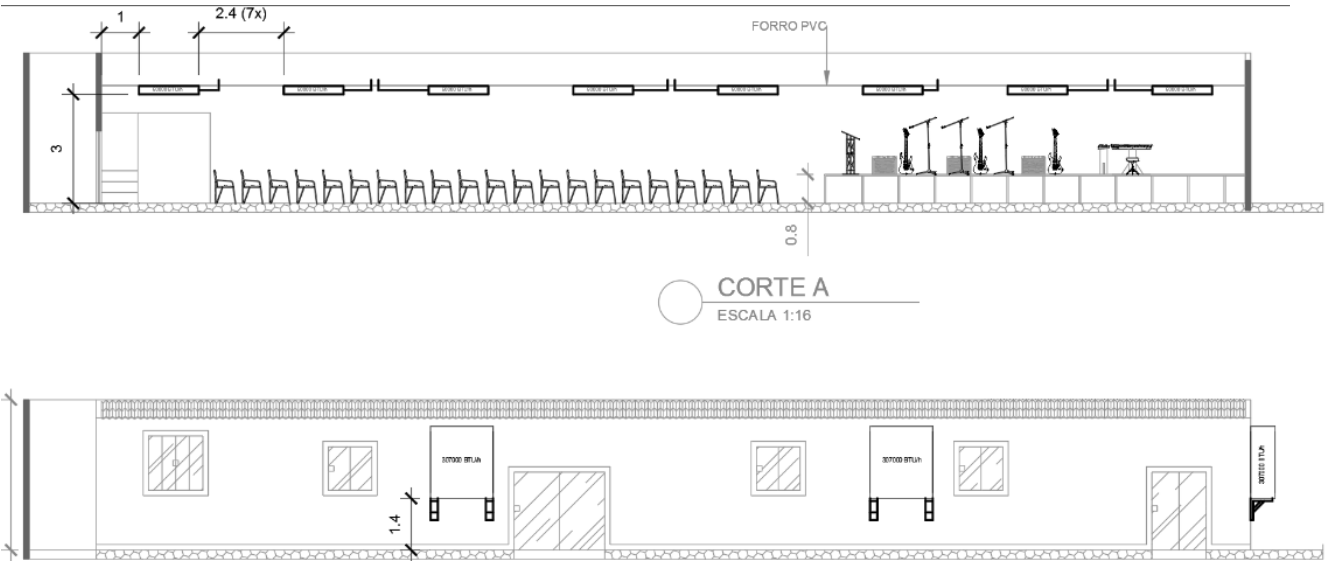
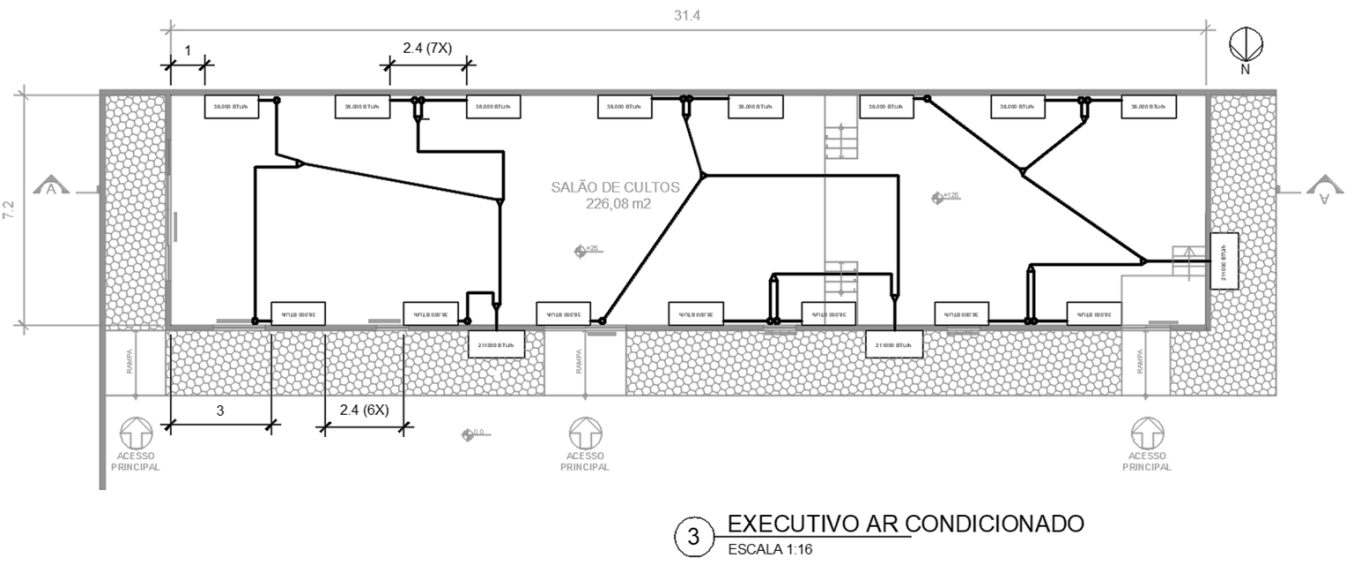


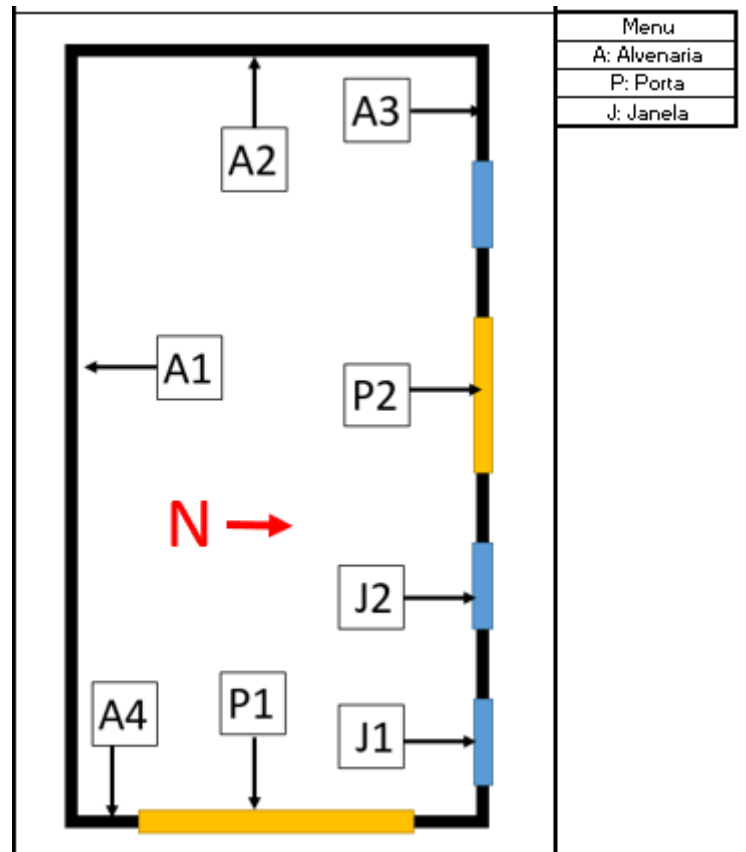
Figura 33 – Tubulações do ar condicionado
Fonte: Autoria Própria



ANEXO B – ESBOÇO DA PLANTA BAIXA DA EDIFICAÇÃO

Figura 30 – Esboço da Planta Baixa com Indicações de Paredes e Janelas para calculo

Fonte: Autoria Própria



ANEXO C – DIAGRAMA DE TUBULAÇÃO

Figura 31 – Diagrama de Tubulação
Fonte: Própria Autoria

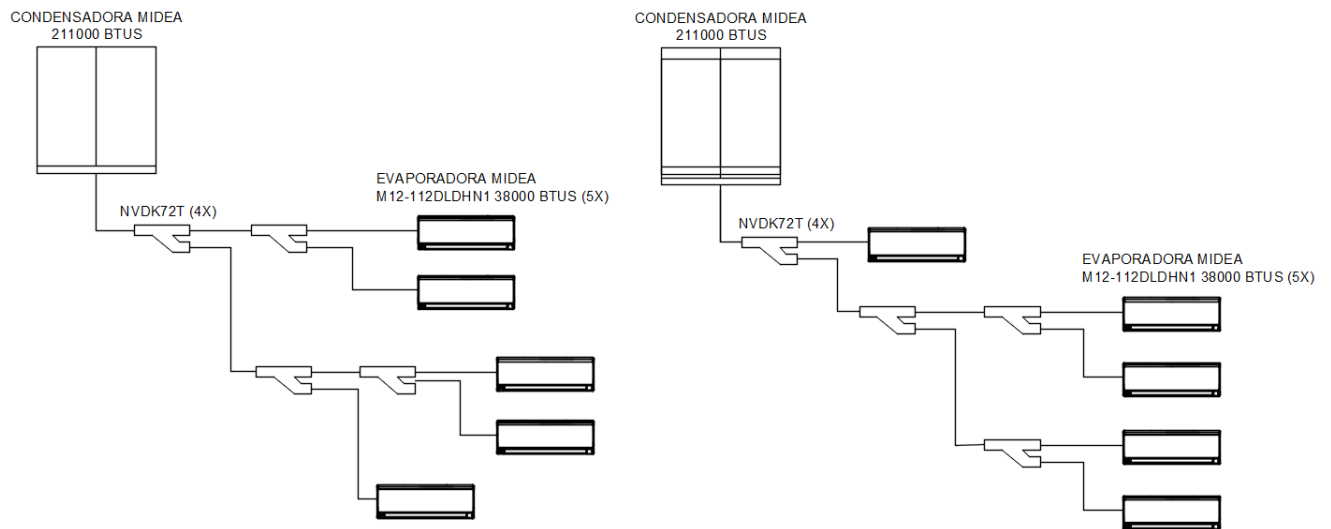


Diagrama utilizado em 2 condensadoras