



BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

MATHEUS FIESCKI DOS ANJOS

**CARGA TÉRMICA PARA O DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE AR
CONDICIONADO DE UMA IGREJA: estudo de caso**

Porto Alegre
Dezembro/2022

MATHEUS FIESCKI DOS ANJOS

**CARGA TÉRMICA PARA O DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE AR
CONDICIONADO DE UMA IGREJA: estudo de caso**

Projeto de Pesquisa de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Ritter dos Reis, como parte dos requisitos para obtenção do título Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Luiz Telles Bartex

Porto Alegre
Dezembro/2022

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.” (Theodore Roosevelt)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Lorena e Marcos, pelo apoio ao longo da minha trajetória acadêmica, sem eles com certeza a tarefa teria sido muito mais árdua.

A minha família, parentes e amigos que com seu incentivo me fizeram chegar à conclusão do meu curso.

Ao meu orientador, Prof. Sérgio Luiz Telles Bartex, por ter aceitado ser meu orientador, pelos conhecimentos, ideias e dedicação a mim conferidos.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo realizar um projeto de carga térmica para uma igreja situada na cidade de Canoas, visando o conforto térmico dos ocupantes do local. Para o projeto foi realizado um estudo de caso, para descrever o ambiente, analisando a planta da edificação, a localização, número de ocupantes, horário e ações que ocorrem durante o culto. Com o auxílio computacional do software HAP 4.9 da carrier, foi alcançada a carga térmica para o recinto no valor total de 42,76 TR. Com a carga térmica calculada foi possível determinar um sistema de ar condicionado do tipo split piso teto para a igreja, e um custo estimado para a instalação dos equipamentos no valor de R\$ 92.997,70.

Palavras chave: Carga térmica, conforto térmico, ar condicionado, HAP.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	10
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	10
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA	10
1.3.1 Objetivo geral.....	10
1.3.2 Objetivos específicos	11
1.4 JUSTIFICATIVA.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 CARGA TÉRMICA	12
2.2 CONFORTO TÉRMICO.....	12
2.3 MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	13
2.3.1 Condução	13
2.3.2 Convecção.....	14
2.3.3 Radiação.....	14
2.4 GANHOS DE CALOR	15
2.4.1 Ganhos de calor interno.....	15
2.4.1.1 Pessoas	15
2.4.1.2 Iluminação	16
2.4.2 Ganhos de calor externo.....	17
2.4.2.1 Envoltória.....	17
2.4.2.2 Infiltração	17
2.5 Métodos de cálculo de carga térmica	18
2.6 RENOVAÇÃO DE AR	18
2.7 FILTRAGEM DE AR	20
2.8 NORMAS DE PROJETO PARA A CIDADE DE CANOAS.....	21
2.9 TIPOS DE SISTEMAS	21

2.9.1 Sistema Split.....	22
2.9.1.1 Split Hi-Wall	22
2.9.1.2 Split Cassete.....	23
2.9.1.3 Split Piso teto	23
2.9.1.4 Split dutado.....	24
2.9.2 Self Contained	24
2.9.3 Ar condicionado de janela.....	25
2.9.4 Sistema VRF ou VRV	26
2.10 ESTADO DA ARTE.....	27
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	30
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	30
3.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS.....	31
3.2.1 Definição operacional das variáveis.....	32
3.2.2 Parâmetros e dados iniciais.....	33
3.2.3 Zona térmica.....	33
3.2.4 Ganhos internos.....	34
3.2.5 Ganhos externos.....	35
3.2.6 Renovação de ar.....	36
4 RESULTADOS	38
4.1 SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS	39
4.1.1 Sistema de ar condicionado.....	39
4.1.2 Renovação de ar.....	41
4.2 CUSTOS DE INSTALAÇÃO	41
5 CONCLUSÃO	43
5.1 Conclusões do presente trabalho de pesquisa	43
5.2 Sugestões para trabalhos futuros	44
REFERÊNCIAS.....	45

APÊNDICES.....	48
Apêndice A - CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA DETALHADA.....	48
Apêndice B – Planta baixa da edificação	49
ANEXOS	50
ANEXO A – Tabela de especificação de ventilador para renovação de ar insuflado	50
ANEXO B – Planilha de custos para o sistema de climatização proposto	51

1 INTRODUÇÃO

A carga térmica é a quantidade de calor sensível e latente, que deve ser adicionada ou removida de um ambiente com a finalidade de proporcionar conforto térmico aos ocupantes de um recinto. O bem-estar de uma pessoa implica na produtividade e na satisfação do indivíduo, logo um correto cálculo de carga térmica é extremamente necessário.

Durante o dia e o ano inteiro, a carga térmica de um recinto pode sofrer influências de vários fatores, devido à taxa de ocupação, posição em relação ao sol, temperaturas externas, equipamentos, infiltração, condução de calor pelas estruturas do prédio, entre outros, sendo esse um cálculo de grande complexidade.

Visando o melhor e correto dimensionamento dos sistemas de condicionamento de ar, o uso de estratégias para auxiliar na escolha de materiais que compõem a edificação de uso comercial, melhor posicionamento solar, e tudo aquilo que possibilite a redução da carga térmica do recinto, esse estudo se torna necessário.

Atualmente existem diversos métodos e softwares de simulações numéricas de cálculo de carga térmica. Cada uma dessas metodologias apresenta um grau de detalhamento distinto e uma aplicação mais aconselhada. A ASHRAE recomenda o método do balanço de calor (HBM - *Heat Balance Method*) e o método das séries temporais radiantes (RTSM - *Radiant Time Series Method*) como os métodos mais modernos e confiáveis para análise termo energética de edificações. O HBM é o método mais detalhado, que trata com maior rigor as características físicas da edificação, enquanto o RTSM é uma simplificação do HBM.

O software Hourly Analysis Program (HAP) é utilizado para simulação energética e de carga térmica de edificações e tem como metodologia básica o método das funções de transferência. Foi desenvolvido pela empresa Carrier do Brasil.

No Capítulo 1, além desta introdução, serão apresentados a Questão de Pesquisa, os Objetivos e a Justificativa. No Capítulo 2 é realizado uma breve Revisão Bibliográfica sobre o tema, seguido do Capítulo 3 onde é caracterizada a pesquisa, são apresentados as Técnicas e instrumentos de Coleta de Dados e definidas as variáveis. No Capítulo 4 apresentam-se os resultados, complementando-se pela discussão dos mesmos e respectiva Conclusão, no Capítulo 5.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Este Trabalho tem por objetivo efetuar a seleção e especificação de um sistema de condicionamento de ar, proporcionando melhor conforto térmico aos usuários de uma igreja localizada na cidade de Canoas, Rio Grande do Sul, durante o período de verão. Para isso foi utilizado o software: Hourly Analysis Program.

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Para realização deste trabalho, foi utilizado uma igreja, localizada na cidade de Canoas, região metropolitana de Porto Alegre. O espaço tem ocupação para 300 pessoas e possui uma área de 600m², com cultos e celebrações religiosas realizadas as quintas feiras no horário das 20:00 horas, sábados e domingos as 19:00 horas. O software Hourly Analysis Program apresenta dados climáticos para diversas cidades do mundo.

Através da análise de dados gerados pelo programa pode-se ter o dimensionamento exato do sistema de ar condicionado com maior capacidade de resfriamento para a igreja. Para obter bons resultados de projeto quanto ao conforto térmico é fundamental conhecer e estabelecer parâmetros mínimos de desempenho. Para isso, a estimativa da carga térmica deve ser calculada para a condição ambiente mais crítica de projeto em que a igreja se encontra, proporcionando maior conforto aos usuários do local.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos do presente trabalho foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos, os quais são apresentados a seguir.

1.3.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem por objetivo dimensionar um sistema de ar condicionado, em uma igreja, visando o conforto térmico dos usuários do ambiente.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar levantamento de dados do ambiente, no software Hourly Analysis Program;
- Revisar dados gerados pelo software e avaliar condições internas de conforto térmico;
- Avaliar as condições do ambiente em que o sistema de ar condicionado será instalado;
- Dimensionar um sistema de ar condicionado, bem como seus equipamentos.
- Avaliação econômica e financeira.

1.4 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho é justificado pela necessidade de adequação térmica de um ambiente cujo objetivo é proporcionar o conforto térmico dos ocupantes.

Atualmente, a avaliação de conforto térmico em ambientes internos é feita principalmente segundo a norma americana ASHRAE (Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento e Ar Condicionado) 55 (2004), que trata exclusivamente das condições térmicas ambientais para a ocupação humana. Segundo ASHRAE 55 (2004) conforto térmico, é uma condição da mente que expressa a satisfação com o ambiente térmico.

Para obter bons resultados de projeto quanto ao conforto térmico é imprescindível conhecer e estabelecer parâmetros mínimos de desempenho, para melhor auxiliar na criação de novos projetos.

Para isto, a estimativa da carga térmica deve ser calculada para a condição ambiente mais crítica de projeto, a fim de proporcionar conforto independente da hora em que pessoas circularão no recinto.

Todavia, sabe-se que são diversos os fatores que influenciam no conforto dos usuários, tais como: temperatura externa, insolação, etc. Sendo assim, além de um projeto bem realizado, é indispensável a realização de ensaios experimentais ou numéricos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, são apresentados estudos teóricos que dão sustentação ao tema proposto. A seguir será abordado, inicialmente uma visão do problema.

2.1 CARGA TÉRMICA

Conforme ASHRAE (2013), a carga térmica pode ser definida como a quantidade de calor que deve ser retirada (resfriamento) ou adicionada (aquecimento) do ambiente com o objetivo de proporcionar condições de conforto térmico. Seu cálculo é a base principal do projeto. Sua influência se dá por diversos fatores internos e externos, tais como: condições ambientais externas, características térmicas das estruturas, tipo de atividade, taxa de ocupação, equipamentos, entre outras coisas.

De acordo com Çengel e Ghajar (2012), calor é definido como “a forma de energia que pode ser transferida de um sistema para outro em consequência da diferença de temperatura entre eles”. Esta transferência ocorre sempre do meio de maior temperatura para o de menor temperatura até que seja atingido o equilíbrio térmico entre os mesmos.

Segundo Miller (2008): “A temperatura é a medida de quente ou frio em uma determinada escala. Todas as substâncias possuem temperatura”.

2.2 CONFORTO TÉRMICO

De acordo com Frota e Schiffer (2001), como uma condição em que o indivíduo se encontra satisfeito com o ambiente que o cerca, independentemente de sua vestimenta, não há sensação de calor ou frio. Segundo os estudos realizados na Dinamarca, em câmaras climáticas, Fanger (1970) definiu conforto térmico como "uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico".

As exigências humanas de conforto térmico estão relacionadas com o funcionamento de seu organismo, cujo mecanismo pode ser comparado a uma máquina térmica que produz calor segundo sua atividade. Conforme Frota e Schiffer (2001) o homem necessita liberar calor em quantidade suficiente para que sua temperatura interna se mantenha em torno de 37° C.

Sendo assim, as autoras relacionam essa capacidade com o conceito de conforto térmico. “Quando as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorrem sem maior

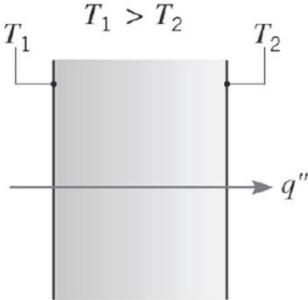
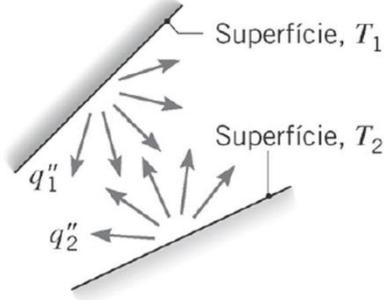
esforço, a sensação do indivíduo é de conforto térmico e sua capacidade de trabalho, desse ponto de vista, é máxima” Frota e Schiffer (2001).

Ou seja, se o indivíduo tem sensação de frio ou calor é porque o mecanismo de regulação térmica está perdendo mais ou menos calor para o meio, o que provoca um esforço adicional para que haja a manutenção da homeotermia, ocasionando assim queda do rendimento do trabalho. A partir daí, tem-se o conceito de neutralidade térmica, definida por Fanger (1970) como sendo a condição na qual o indivíduo não sinta nem frio, nem calor no ambiente no qual o mesmo se encontra inserido.

2.3 MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Transferência de calor é a ciência que trata a determinação das taxas de transferência de energia Çengel e Ghajar (2012). Conforme os mesmos, a transferência de energia, como calor, ocorre do meio de maior temperatura para o de menor temperatura até que os dois meios envolvidos atingem a mesma temperatura. Existem 3 modos de transferência de energia: condução, convecção e radiação. Todos os processos de transferência de calor envolvem um ou mais desses modos.

Figura 1 - Mecanismos de transferência de calor.

Condução através de um sólido ou de um fluido estacionário	Convecção de uma superfície para um fluido em movimento	Troca líquida de calor por radiação entre duas superfícies
		

Fonte: Incropera (2008)

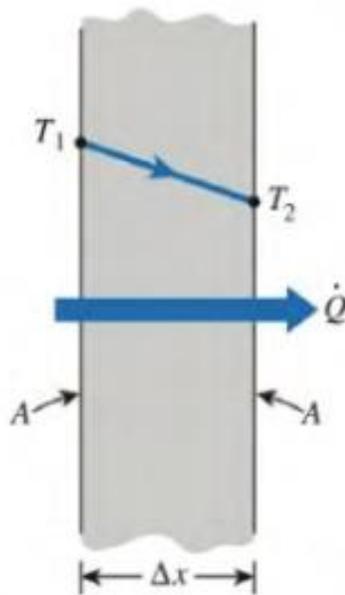
2.3.1 Condução

A condução de calor ocorre devido às interações entre as partículas de uma substância, podendo ser interpretado como a transferência de energia de partículas mais

energéticas para as menos energéticas. Sendo assim, temperaturas mais altas estão diretamente associadas às energias moleculares mais elevadas Incropera (2014).

Do ponto de vista de Kreith (2014), condução é o processo pelo qual a transferência de calor ocorre entre uma extremidade quente de um meio (geralmente sólido), para a extremidade mais fria, através da troca de energia intermolecular.

Figura 2 - Transferência de calor por condução.



Fonte: Cengel e Ghajar (2012).

2.3.2 Convecção

A convecção de calor é a transferência de energia que ocorre no interior de um fluido, devido à combinação dos efeitos da condução e do escoamento global ou macroscópico do fluido Incropera (2014).

Çengel e Ghajar (2012) definem convecção como o modo de transferência de energia entre a superfície sólida e líquida ou gás, que se encontra em movimento e envolve os efeitos combinados de condução e de movimento de um fluido. Quanto maior a velocidade de movimento do fluido, maior será a transferência de calor por convecção.

2.3.3 Radiação

A radiação térmica é a energia emitida por toda matéria que se encontra em uma temperatura acima do zero absoluto. Essa energia é transportada através de ondas eletromagnéticas, de um corpo a outro Incropera (2014).

Diferentemente das demais transferências de calor, a radiação ocorre mesmo sem a interação entre os corpos, ou seja, não há a necessidade de matéria entre ambos.

De acordo com Çengel e Ghajar (2012) a taxa máxima de radiação que pode ser emitida por uma superfície na temperatura termodinâmica, é dada pela lei de Stefan Boltzmann da radiação térmica. Tal taxa somente pode ser emitida por uma superfície chamada de corpo negro e sua radiação é chamada de radiação de corpo negro.

2.4 GANHOS DE CALOR

Os ganhos de calor podem ser divididos em: interno e externo. A seguir serão abordados seus respectivos conceitos.

2.4.1 Ganhos de calor interno

Os ganhos de calor no interior dos ambientes - pessoas, iluminação, motores, eletrodomésticos e equipamentos – são, em geral, um componente significativo da carga térmica em edificações modernas (ASHRAE, 2013).

2.4.1.1 Pessoas

O ganho de calor pela ocupação de pessoas em um recinto é dividido em: calor sensível e latente. A porcentagem de cada componente irá influenciar em quão rápida a carga térmica será afetada pela presença de ocupantes. Nos dizeres de Mcquiston, Parker e Spitler (2005), o ganho total e a proporção de cada componente variam de acordo com o tipo e nível da atividade exercida.

Como consequência, quanto maior for a atividade, maior será a carga térmica, devido ao calor latente transformar-se instantaneamente em carga térmica.

A tabela 1 expressa os ganhos de calor por ocupantes em determinados ambientes, levando em consideração os níveis de atividade, localização sexo dos ocupantes, assim como seu calor sensível e latente dos ocupantes.

Tabela 1 - Ganho de calor (Btu/h) por ocupantes em diferentes tipos e níveis de atividades.

Tipo de atividade	Localização	Homem adulto	Ajustado* H/M	Calor sensível, Btu/h	Calor latente, Btu/h
Sentado no teatro	Teatro, diurno	390	330	250	105
Sentado no teatro, noite	Teatro Noturno	390	350	245	105
Sentado, trabalho leve	Escritórios, hotéis, apartamentos	450	400	245	155
Trabalho no escritório moderadamente ativo	Escritórios, hotéis, apartamentos	475	450	250	200
Em pé, trabalho leve, andando	Loja de departamento, loja de varejo	550	450	250	200
Andando, em pé	Farmácia, banco	550	500	250	250
Trabalho sedentário	Restaurante	490	550	275	275
Trabalho de bancada leve	Fábrica	800	750	275	475
Dança moderada	Salão de dança	900	850	305	545
Caminhando a 4.83 km/h, trabalho em maquinário leve	Fábrica	1000	1000	375	625
Jogando boliche	Espaço para jogar boliche	1500	1450	580	870
Trabalho pesado	Fábrica	1500	1450	580	870
Trabalho pesado em maquinário, levantamento	Fábrica	1600	1600	635	965
Atletismo	Ginásio	2000	1800	710	1090

*Ganho de calor ajustado é baseado na porcentagem normal de homens, mulheres e crianças para as atividades listadas, com o postulado de que o ganho de uma mulher adulta é 85% daquele para um homem adulto, e o ganho de uma criança é de 75% daquele para um homem adulto.

Fonte: ASHRAE (2013)

2.4.1.2 Iluminação

A iluminação representa a maior contribuição interna da carga térmica. O modo como as lâmpadas são instaladas, o tipo de sistema de distribuição de ar e a massa da estrutura

das luminárias irão influenciar no processo de troca de calor com o espaço, na visão de Mcquiston, Parker e Spitler (2005).

2.4.2 Ganhos de calor externo

2.4.2.1 Envoltória

Como descrito por Inmetro (2010), a envoltória pode ser definida como “planos que separam o ambiente interno do ambiente externo”.

A envoltória é fundamental para as condições térmicas de uma edificação, visto que estabelece as relações entre as condições climáticas externas e internas, somada a radiação solar incidente, direta e difusa como caracteriza ABNT - NBR 16401 (2008).

É composta por estruturas opacas e fenestrações. As paredes e coberturas são as estruturas opacas, ou seja, são as estruturas que não transmitem a radiação incidente de forma direta, ao contrário das fenestrações. As propriedades termo físicas dos materiais das camadas que formam as estruturas opacas irão influenciar na transferência de calor por difusão. Além disso, estas propriedades determinam a quantidade de calor que é armazenada em seu interior, influenciando o fluxo de calor que é transferido para o ambiente interno Silva (2017).

Uma elevação de temperatura na face externa da envoltória, resulta em um fluxo de calor em direção ao ambiente interno. Este fluxo de calor não atravessa a estrutura imediatamente, pois parte deste fluxo é armazenado na estrutura, aquecendo-a, e outra parte é devolvida para o ambiente externo. Devido ao efeito da inércia térmica, o calor que é armazenado na estrutura é transferido ao ambiente interno com um atraso, sendo este dependente das propriedades termofísicas do material. Na opinião de Silva (2017), quanto maior a inércia térmica, maior a quantidade de energia retida na estrutura.

2.4.2.2 Infiltração

De acordo com ABNT - NBR 16401 (2008), infiltração é o fluxo de ar externo para dentro de uma edificação através de frestas e outras aberturas não intencionais, e também, através do uso convencional de portas e janelas localizadas na fachada.

Isto normalmente ocorre pela ação de ventos e de diferenças de pressão devidas ao efeito chaminé. Quando a infiltração não é mantida sob controle, pode ocasionar uma taxa adicional de ar exterior e como consequência, um aumento de carga térmica para o sistema.

2.5 Métodos de cálculo de carga térmica

Atualmente, existem diversos métodos de cálculo da carga térmica, afirma Gomes (2012) e, em qualquer um deles, é necessário caracterizar o ambiente de forma criteriosa, para que a carga térmica total gerada seja representativa, de tal forma a levar em conta todas as peculiaridades da edificação analisada.

Como descrito por Lopes (2013), durante um dia inteiro a carga térmica de um recinto pode ter grandes variações em razão de diversos fatores: posição em relação ao sol, condições ambientes externas, equipamentos, ocupação, iluminação interna, infiltração, condução de calor pelas estruturas do prédio, entre outros. Sendo esse um cálculo de grande complexidade. Por consequência, existem métodos mais simples, que agilizam o processo de 30 cálculos, e outros mais detalhados, que demandam tempo e uma maior riqueza de dados do projetista.

Para o cálculo de carga térmica de edificações, a ASHRAE (2013) indica o método de balanço de calor (HBM) e o método das séries temporais radiantes (RTSM). Ambos métodos consistem em balanço de energia para cada superfície contida no ambiente e um balanço de energia para o ar interno, o qual determina os ganhos de calor que realmente se tornam carga térmica.

O HBM analisa as características físicas da edificação, como a absorção solar, a transmissão de calor, a ventilação, a convecção, a retenção de calor nos materiais, entre outros, para calcular a carga térmica. O RTSM é mais simples, pois considere os dados meteorológicos e os dados da edificação para aproximar a carga térmica.

2.6 RENOVAÇÃO DE AR

A renovação de ar em ambientes internos é importante para a saúde dos ocupantes em um recinto, visto que grande maioria das pessoas que se encontram na igreja, estão expostas a este tipo de ambiente por bastante quantidade de tempo. A condição e a qualidade de ar se tornam importante, pois a má qualidade do ar pode tornar o ambiente

insalubre, logo podendo contribuir com infecções, câncer de pulmão e outras doenças pulmonares crônicas, conforme descrito por Ala (2020).

Com a pandemia da COVID-19 se torna mais evidente as preocupações referentes a qualidade do ar, de acordo com Epe (2022), para orientar os proprietários e operadores de edificações a fim de melhorar a qualidade do ar interno, e proteger a saúde dos ocupantes, foi lançado um desafio chamado de ar limpo nos edifícios, tais instruções contemplam o plano nacional de preparação para o vírus da COVID-19. A inalação de partículas e aerossóis presentes, pode ser uma das formas de contaminação pelo vírus. Estratégias para melhorar a ventilação e filtragem do ar são ações medidas que podem diminuir o risco de contaminações pelo vírus da COVID-19, a seguir seguem algumas das medidas citadas no plano:

- Criar um plano de ação de ar interno limpo;
- Melhorar o sistema de ventilação aumentando as trocas de ar por hora;
- Filtragem e limpeza dos equipamentos;

Reações alérgicas como espirros, tosse, deficiência respiratórias, entre outros, são um dos problemas ocasionados por contaminantes biológicos presentes em no ar. Já os contaminantes não biológicos, como dióxido de carbono, monóxido de carbono, material particulado, fumaça de cigarro, entre outros, são outros agravantes que influenciam na má qualidade do ar. Na tabela 2 estão indicados alguns poluentes e concentrações aceitáveis, tendo em vista que, a legislação brasileira não obriga a medição ou monitoramento destes poluentes, sendo assim de responsabilidade do profissional determinar e evitar as possíveis consequências destes agentes nocivos à saúde.

Tabela 2 – Contaminantes e limite de concentração

Poluente	Limites	Fontes	Possíveis danos à saúde
Monóxido de carbono (CO)	9 ppm	Queima de combustíveis	Redução de oxigenação do sangue
Material particulado	50 µg/m ³	Degradação de material sólido	Irritação de olhos, nariz e garganta
Dioxido de carbono (CO ₂)	3500 ppm	Respiração humana	Redução de oxigenação do sangue

Fonte: ABNT NBR 16401-3 (2008)

A renovação de ar, também é um dos parâmetros fiscalizados pela ANVISA. A agência determina um valor máximo recomendável de taxa de ar renovado em ambientes climatizados de 27 m³/hora/pessoa. Entretanto, em locais onde há grande circulação de pessoas esta taxa de renovação deve ser de 17 m³ /hora/pessoa. Brasil (2003).

2.7 FILTRAGEM DE AR

Os sistemas de filtragem, tem como principal função tratar o ar através de filtros adequados, afim de retirar impurezas, poeiras e outras partículas suspensas no ar, podendo ter níveis de filtragem, dependendo do local e/ou a qualidade do ar interno. Para sistemas de climatização, empregam-se filtros de poliuretano, microfibras sintéticas, malha de aço ou alumínio, conforme o nível de pureza que se deve manter no ambiente Ferraz (2008).

Conforme descrito por ANVISA (2013), para se obter a qualidade do ar adequado para ambientes fechados, deve-se observar alguns fatores que implicarão na pureza necessária do ar, para que não haja proliferação de bactérias ou problemas respiratórios ao longo do tempo para os ocupantes.

O nível de filtragem é classificado de acordo com o tipo de filtro utilizado, podendo ser do tipo grosso, médio, fino, absoluto, multibolsa entre outros. Ele serve para garantir a saúde respiratória dos ocupantes do recinto e evitar a proliferação de fungos e bactérias. Na figura 5 é apresentada a classificação dos filtros e nomenclatura dos filtros de acordo com a NBR 16101 (2012).

Figura 3 – Classificação dos filtros

Grupo	Classe	Perda de pressão final Pa	Arrestância média (A _m) %	Eficiência média (E _m) para partículas de 0,4 µm %	Eficiência mínima (E _{min}) ^b para partículas de 0,4 µm %
Grossos	G1	250	50 ≤ E _g < 65	–	–
	G2	250	65 ≤ E _g < 80	–	–
	G3	250	80 ≤ E _g < 90	–	–
	G4	250	90 ≤ E _g	–	–
Médios	M5	450	–	40 ≤ E _f < 60	–
	M6	450	–	60 ≤ E _f < 80	–
Finos	F7	450	–	80 ≤ E _f < 90	≥ 35
	F8	450	–	90 ≤ E _f < 95	≥ 55
	F9	450	–	95 ≤ E _f	≥ 70

^a As características da poeira atmosférica variam amplamente em comparação. Com as características do pó de carregamento usado nos ensaios. Em razão disso, os resultados dos ensaios não proveem uma base para prever tanto o desempenho operacional quanto a vida útil. A redução da carga estática do meio filtrante ou o desprendimento de partículas ou fibras podem também afetar negativamente a eficiência.

^b A eficiência mínima (E_{min}) para partículas de 0,4 µm é a menor eficiência verificada no decorrer de qualquer uma das etapas do procedimento de ensaio (eficiência inicial do filtro e/ou da amostra de meio filtrante, eficiência do meio filtrante carregado ou descarregado eletrostaticamente).

Fonte: NBR 16101 (2012).

2.8 NORMAS DE PROJETO PARA A CIDADE DE CANOAS

Conforme o Termo de referência para prestação de serviços técnicos de arquitetura e engenharia (2022) elaborado pela Prefeitura municipal de Canoas, é estabelecido alguns critérios para elaboração de projeto de climatização (ar condicionado e exaustão). O mesmo deverá ser elaborado em conformidade com as normas técnicas vigentes e pertinentes da ABNT, como a NBR 6401, NBR 10080, NBR 14880, Recomendações Normativas da ABRAVA - RN 02 e 03, Normas Internacionais, como a ASHRAE e ARI 550/590 Portaria do Ministério da Saúde e Resolução ANVISA, complementado no que couber com orientações e instruções adicionais fornecidas pela Fiscalização.

Os projetos de climatização deverão ser elaborados em conformidade com o "Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos", anexo da Portaria nº 163/2009 do INMETRO, ou a que vier a substituí-la, sendo que o nível de eficiência energética do sistema de ar condicionado pretendido deverá atender aos requisitos mínimos do "Nível B" do Regulamento.

Também consta no Termo que a parte descritiva deverá ser composta de Especificações Técnicas dos Equipamentos com indicação dos critérios de seleção, Memorial Descritivo das Instalações, apresentação das normas técnicas aplicáveis, bem como as memórias de cálculo da carga térmica, do dimensionamento das redes hidráulicas, de dutos, drenos e de interligação e alimentação elétrica do quadro de distribuição até os equipamentos. A água de condensação proveniente das unidades evaporadoras e condensadoras do ar condicionado deverá ser interligada a rede pluvial.

2.9 TIPOS DE SISTEMAS

Este capítulo abordará alguns tipos de sistemas de ar condicionado. Eles podem ser classificados como Sistemas de Expansão Direta e Sistema de Expansão Indireta. De acordo com Suzuki (2010), a expansão direta, é o sistema no qual o fluido refrigerante que circula dentro do equipamento realiza o processo de resfriamento através do fluxo de ar que passa entre a serpentina fazendo com que o mesmo perca calor para haver a diminuição ou aumento de temperatura.

Já a expansão indireta, conforme descrito pelo mesmo Autor, é o sistema que utiliza um fluido secundário para realizar o processo de resfriamento, pelo equipamento chamado de chiller, denominado também de equipamento de água gelada.

2.9.1 Sistema Split

Os sistemas tipo split ou mini Split possui é dividido em unidades externa e interna. A primeira é denominada de unidade condensadora, e nela estão instalados o compressor e o condensador. Já a segunda é denominada de unidade evaporadora, que além do evaporador possui também o dispositivo de expansão NBR 16401-1 (2008).

Os splits podem ser subdivididos de acordo com as unidades evaporadoras, uma vez que as unidades condensadoras são as mesmas variando somente o formato e a capacidade de refrigeração/aquecimento.

2.9.1.1 Split Hi-Wall

De acordo com Antonovicz e Weber (2013) este equipamento é aquele o qual a unidade evaporadora é instalada na parte superior da parede, próximo ao teto. É recomendado para ambientes com pouca demanda térmica, como em moradias e ambientes de pequeno porte. São fabricados com capacidades que variam entre 7.500 e 30.000 Btu/h.

Figura 4 – Split Hi-Wall



Fonte: Carrier do Brasil, 2022.

2.9.1.2 Split Cassete

São instalados no teto, alinhado ao forro. Possuem até quatro vias, o que possibilita o insuflamento em várias direções. É indicado para ambientes residenciais e comerciais, de médio e grande porte Antonovicz e Weber (2013). Possui capacidade entre 18.000 Btu/h e 60.000 Btu/h.

Figura 5 – Split Cassete



Fonte: Carrier do Brasil, 2022.

2.9.1.3 Split Piso teto

Conforme Antonovicz e Weber (2013) é um modelo que traz a possibilidade de ser instalado no piso, posição vertical ou no teto, posição horizontal. A instalação do piso teto é indicada para médios e grandes ambientes, residencial ou comercial. Ambientes que tenham muita circulação, aglomeração de pessoas e ambientes com o pé direito muito alto, pois sua vazão de ar é maior que os tradicionais split hi-wall. A capacidade de refrigeração do ar condicionado piso teto pode variar de 18.000 Btu/h à 80.000 Btu/h.

Figura 6 – Split piso teto



Fonte: Carrier do Brasil, 2022.

2.9.1.4 Split dutado

É um sistema normalmente indicado para ambientes de alta demanda térmica, que necessitam climatizar vários ambientes simultaneamente, que necessitem de uma melhor distribuição do ar, conforme enfatizado pelos autores Antonovicz e Weber (2013). Possui insuflamento de ar através de dutos, e é indicado para ambientes de médio e grande porte. Estão disponíveis com capacidade entre 18000 e 60000 Btu/h.

Figura 7 – Split dutado

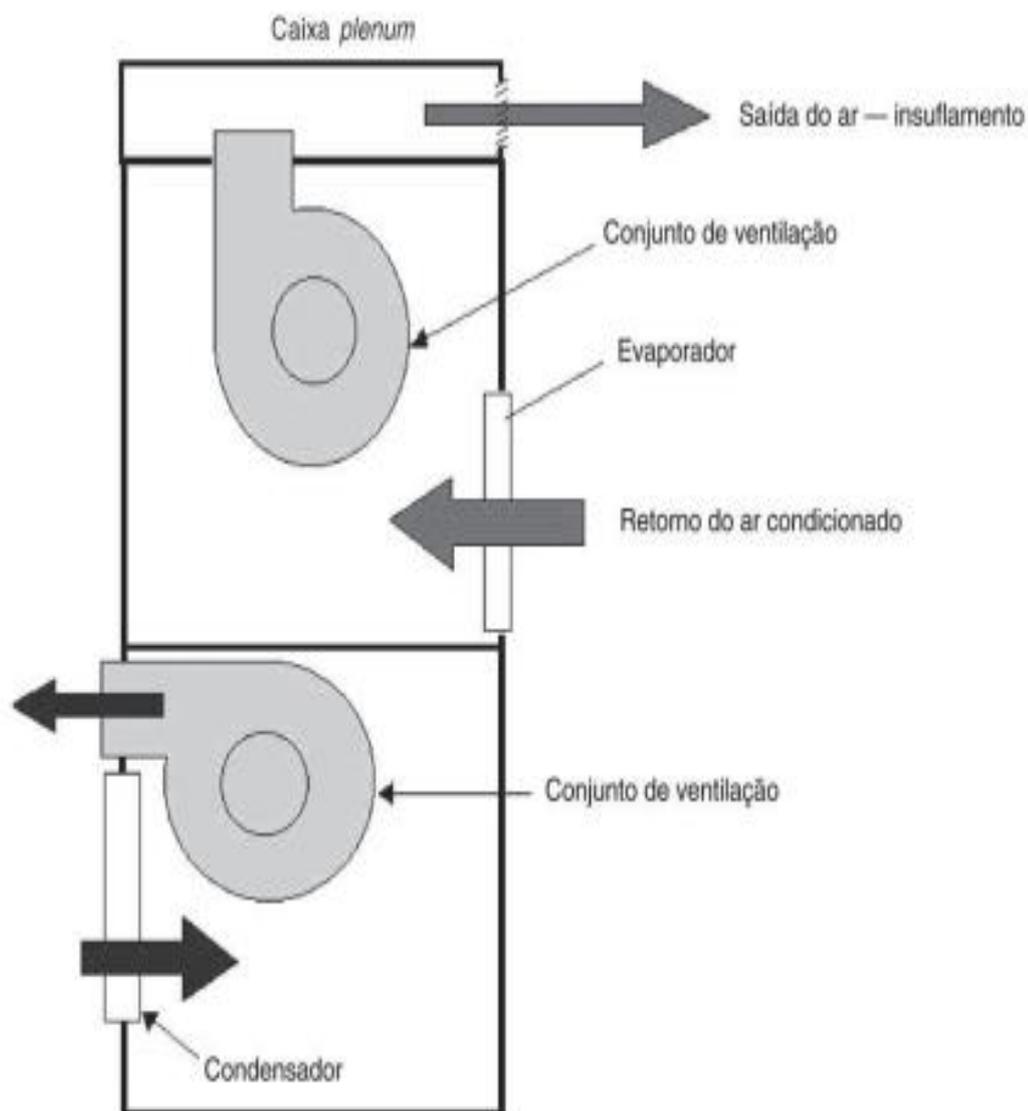


Fonte: Carrier do Brasil, 2022.

2.9.2 Self Contained

Pode ser instalado diretamente no próprio ambiente, possui insuflamento de ar para o ambiente através de dutos. Sua capacidade pode variar de 5 TR a 30 TR, conforme Pirani (2012). Já a NBR 16401 (2008) destaca que os selfs contained comportam uma unidade de tratamento de ar com serpentinas de resfriamento de expansão direta conjugada a uma unidade condensadora, resfriada a ar ou a água, incorporada ao gabinete da unidade.

Figura 8 – Self contained com condensação a ar.



Fonte: Silva, 2010.

2.9.3 Ar condicionado de janela

A NBR 16401 destaca que:

Unidade de pequena capacidade (geralmente inferior a 10 kW), montada em fábrica, comportando uma unidade de tratamento de ar com serpentina de resfriamento de expansão direta, conjugada a uma unidade condensadora resfriada a ar, montados em gabinete projetado para ser instalado no ambiente, em janela ou em abertura na parede externa, com insuflação do ar por difusor incorporado ao gabinete.

Figura 9 – Ar condicionado de janela



Fonte: LG, 2022.

2.9.4 Sistema VRF ou VRV

A variação de fluido refrigerante (VRF) ou Volume de refrigerante variável (VRV), na prática são o mesmo equipamento, diferindo entre si apenas a nomenclatura, já que a sigla VRV, é um nome de uso exclusivo da empresa Daikin McQuay Ar condicionado do Brasil LTDA.

Conforme NBR 16401-1 (2008), este equipamento possui uma única unidade condensadora central que está interligada a várias unidades evaporadoras instaladas nos ambientes internos. Segundo Iragorry (2014), o VRF possui um controle de variação da frequência do compressor que permite controlar o volume de fluido refrigerante para se adequar a cada zona a ser climatizada, conforme a necessidade.

Figura 10 – Sistema VRF e VRV Daikin.



Fonte: Daikin, 2022.

2.10 ESTADO DA ARTE

No trabalho desenvolvido por Oliveira (2022), tem como objetivo projetar um sistema de ar condicionado para uma edificação de uso administrativo localizada na cidade de Alvorada/RS. Foi efetuado um estudo preliminar a partir da planta baixa da edificação, seguido pelo cálculo de carga térmica dos ambientes com o auxílio computacional do software HAP 4.9 Carrier. Através da modelagem no software, foi possível realizar a seleção de um sistema VRV através do software de seleção Daikin VRV Xpress 9.2, seleção dos gabinetes de ventilação com filtragem G4+F7, seleção dos bocais de insuflamento e dimensionamento dos dutos de renovação.

Salerno (2022), aborda em seu trabalho o estudo e análise da legislação que regulamenta o controle da qualidade do ar nos ambientes climatizados em meio a pandemia do COVID-19, a fim de combater a proliferação de ameaças biológicas. Seus resultados apontam que a legislação acerca dos sistemas de climatização, destacando a renovação do ar, filtragem do ar parecem trazer recomendações muito “tímidas” e incipientes para fazer frente a situações, como a apresentada pela Pandemia de Covid 19. Segundo palavras do autor, as principais iniciativas para obter melhorias na qualidade do ar interno parecem motivadas pela sociedade civil, através de órgãos técnicos representativos.

Troiano (2019) em seu trabalho busca encontrar as soluções mais adequadas para climatizar uma residência unifamiliar com a premissa de alcançar uma boa eficiência energética na edificação. Utilizando o software ArchiCAD, o autor não obteve resultados satisfatórios em seu primeiro estudo, pois mostraram que o projeto inicial resultaria em uma residência muito fria nos meses de inverno. Devido a esses resultados optou-se para remodelar a arquitetura da residência para que ela possa atingir uma melhor eficiência antes de ser dimensionado um sistema de climatização. Após a remodelagem o Autor obteve uma melhoria de cerca de 26,54% na demanda de pico de aquecimento da residência, porém os resultados não foram considerados satisfatórios. Por fim foi feito um novo remodelamento na arquitetura do terreno, a fim de obter resultados satisfatórios, atingindo parcialmente os resultados do trabalho visto que ainda há obstáculos a serem vencidos para o melhor dimensionamento no estudo de caso.

Abreu (2018) abordou em seu trabalho uma análise comparativa entre dois projetos de climatização para um supermercado. Os fluidos refrigerantes utilizados foram CO₂ E R 404A simultaneamente. Para tais análises foi levado em consideração a eficiência energética, consumo de energia e impactos ambientais dos sistemas. Utilizando o software

de seleção da Bitzer, o Autor obteve o seguinte resultado: o projeto com dióxido de carbono (CO₂), mostrou-se mais eficiente energeticamente e com um consumo de energia inferior, gerando uma economia mensal estimada em R\$ 3.101,96.

Buscando conforto térmico em um ambiente de trabalho com ocorrência de insatisfação em relação a climatização, o trabalho proposto por Borges (2018), visa analisar a carga térmica em um conjunto de escritórios situados na cidade de Porto Alegre, a fim de propor um projeto de melhoria através de ar condicionado para o recinto. Utilizando o método do Diferencial de Temperatura de Carga de Resfriamento (DTCR) para o cálculo da carga térmica e constatada uma diferença entre o valor encontrado para alguns ambientes e a capacidade dos equipamentos instalados. O autor propõe a implantação, com um custo estimado de R\$179.392,50, de um sistema do tipo VRF (variable refrigerant flow), em conjunto com um sistema auxiliar de renovação de ar, com o qual não é contemplado o modelo atual de condicionamento de ar.

Buscando manter um cuidado contínuo e a minimização dos potenciais riscos à saúde dos ocupantes, Silveira (2018) se propõe a implementar o PMOC no prédio do banco central do Brasil. Como método utilizado foi realizado por meio de informações, a construção e posteriormente aplicação da gestão da manutenção do sistema de climatização. Com levantamento de dados e resoluções da ANVISA, além das orientações encontradas nos manuais dos fabricantes, o Autor construiu registros que serviram de auxílio para a realização da manutenção geral do sistema de climatização.

O trabalho proposto por Spanhe (2017) visa uma possível modernização de um sistema de climatização para um ambiente de escritórios localizados em uma instituição de ensino superior em Porto Alegre, que ocasione em uma redução no custo de energia elétrica. Com a instalação de climatização atual deficitária, o Autor propôs a utilização do sistema tipo VRF (fluxo de refrigerante variável), em conjunto com um sistema auxiliar de renovação de ar. O resultado além de atender às normas e legislações vigentes, reduzir o consumo energético de ar condicionado deste setor em 43%, o que corresponde à uma economia mensal de R\$ 2.207,17 para a instituição.

O trabalho desenvolvido por Souza (2017), tem o intuito de analisar o desempenho do conforto térmico de projeto de habitações populares da cidade de General Câmara/RS, com base na NBR 15220:2003 e NBR 15575:2013. O resultado alcançado pelo Autor foi o de que devido há alguns fatores, tais como: inexistência de vegetação arbórea próxima, e problemas com dimensionamento das aberturas para ventilação em alguns ambientes, as edificações não apresentam desempenho térmico mínimo em situações climáticas

extremas recomendado pelas Normas e, por conseguinte, compromete o conforto térmico de seus usuários.

O objetivo principal de Araújo (2018) é propor a elaboração de um projeto de climatização residencial, na cidade de Natal/RN. Para isto, o Autor levou em consideração a iluminação, quantidade de pessoas, equipamentos, infiltração, insolação, condução e renovação do ar, bem como as normas técnicas da ABNT NBR 16401. Como resultado, foi realizado um projeto de climatização com capacidade térmica que atende a necessidade de 30.000 BTU/h calculada.

O trabalho desenvolvido por Gomes (2018), tem por objetivo realizar um projeto de climatização para o Templo de uma Igreja Evangélica. Para isto foi realizado um estudo de caso para descrever o ambiente, a estrutura, a localização, assim como as ações que ocorre durante um culto da igreja. Analisado todos os fatores necessários para escolher a máquina com o melhor custo benefício, e que atenda aos valores de vazão mínima necessária e de carga térmica para o ambiente, especificou-se 528.000 BTU/h de capacidade térmica de resfriamento e 15.555 m³/h de vazão média.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são descritas as metodologias utilizadas para a coleta de dados deste trabalho de conclusão de curso, incluindo a caracterização da pesquisa, bem como sua delimitação. Também serão abordadas as técnicas para coletar os dados e os instrumentos que serão utilizados para medi-los. Encerra-se o capítulo elencando as variáveis que serão observadas para a execução do Trabalho.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Quanto à área do conhecimento, conforme definidas pelo CNPq (2020), este Trabalho se situa na grande área das engenharias denominada Mecânica, dentro da sub-área Engenharia Mecânica, no ramo da Engenharia Térmica, especificamente na área de Termodinâmica.

Quanto à finalidade, o Trabalho classifica-se como sendo uma pesquisa Pesquisa aplicada, uma vez que, conforme Gil (2010), o tipo de pesquisa assim denominado pretende “Aquisição de conhecimentos específicos com vistas à aplicação numa situação específica” (GIL, 2010, p. 27). Tendo em vista, a busca por conforto térmico para melhor aproveitamento dos ocupantes em um recinto.

Quanto aos métodos empregados, classifica-se a mesma, ainda conforme a subdivisão estabelecida por Gil (2010), referente à natureza dos dados, como uma pesquisa experimental, uma vez que nos interessa neste Trabalho “analisar as informações provenientes de um determinado efeito provocado por um ambiente foco de observação”. (GIL, 2010, p. 28).

Quanto aos objetivos, enquadra-se esta pesquisa dentro do tipo denominado pesquisa exploratória, pois, tendo em vista o que afirma o mesmo autor, este é o tipo em que “A maioria das pesquisas realizadas com propósitos acadêmicos, pelo menos num primeiro momento” (GIL, 2010, p. 27), o que está em sintonia com o que pretende este Trabalho, uma vez que avaliará as principais variáveis para o cálculo de carga térmica em um ambiente, no caso uma igreja. Ainda dentro desta subdivisão, a coleta de dados se dará através de pesquisa bibliográfica, que é descrito por Martins Junior (2008), como “O pesquisador somente utiliza publicações impressas ou eletrônicas” (MARTINS JUNIOR, 2008, p. 59).

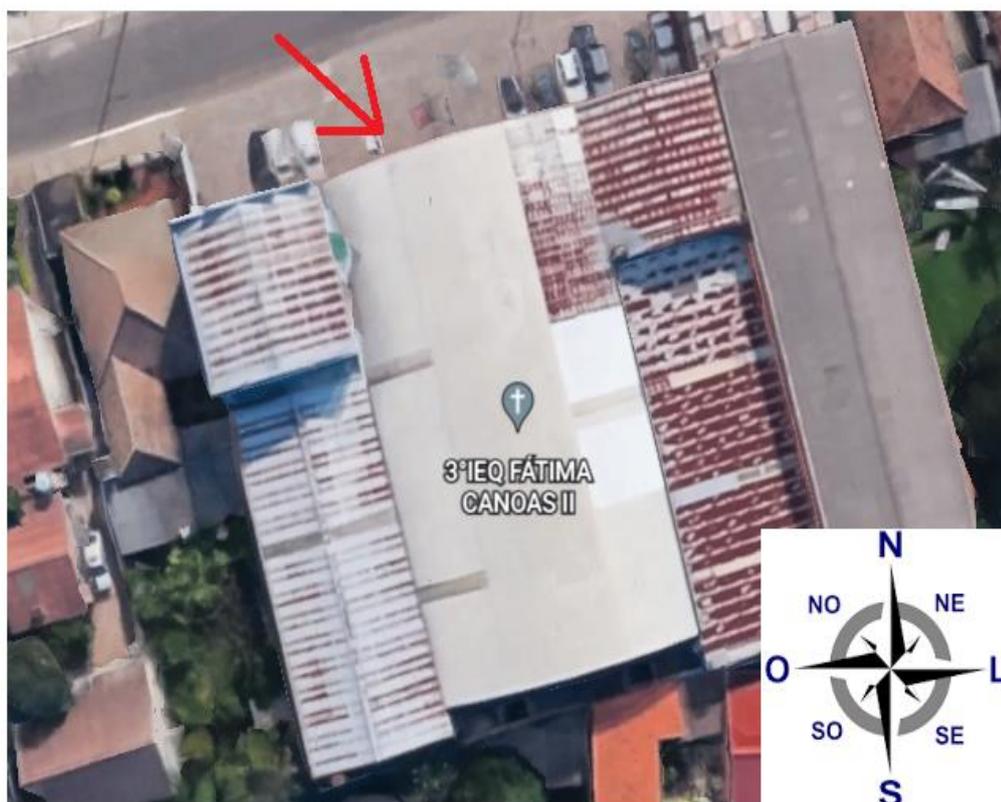
3.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS

Os dados para o levantamento do projeto foram obtidos através de medidas e fotos da construção, uso de programas de levantamento de planta baixa, exposta no apêndice B para identificação das partições e ambientes, orientação solar para identificação da radiação solar nos ambientes, materiais das paredes, janelas e portas da edificação. Após o levantamento dos dados, serão analisados os aspectos climáticos do local, como temperatura mínima e máxima, umidade relativa do ar, velocidade do vento. Com os dados de entrada será possível realizar a análise do comportamento térmico do ambiente, considerando as características físicas do local, a radiação solar e os aspectos climáticos. Serão analisados os pontos de condensação, pontos de orvalho, índice de conforto térmico.

Posteriormente será avaliado os aspectos de ocupação, como número de ocupantes, horário de funcionamento, nível de atividade. Também será levantado os dados referentes aos equipamentos que geram calor, sendo eles lâmpadas, caixas de som, mesa de sonorização e computadores.

Utilizando a ferramenta disponível pelo Google, o Google Earth, pode-se identificar o ambiente que será realizado o projeto, bem como a orientação noroeste da fachada principal do prédio em estudo:

Figura 11 - Imagem de satélite da igreja.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2022.

Figura 12 - Interior da igreja.



Fonte: O autor (2022).

Após a aquisição dos dados para realização do cálculo de carga térmica do ambiente, foi utilizado o software HAP (Hourly Analysis Program), versão 4.9, desenvolvido pela Carrier Corporation em 1987 que permite dimensionar sistemas de ar condicionado de forma precisa e sem muitas dificuldades para pequenas e grandes construções, além de possuir recursos de realizar estimativas energéticas de consumo e custos de operação entre sistemas de climatização, sendo possível também realizar análise anuais de hora em hora. O software utiliza o método de Transfer Function Method.

3.2.1 Definição operacional das variáveis

A metodologia de cálculo utilizada por este programa é definida por critérios e algoritmos definidos pela ASHRAE (2010), que se baseia no Método de Função Transferência, sendo este um balanço de energia que leva em consideração as leis fundamentais da termodinâmica, considerando os processos de transferência de calor: condução, convecção e radiação.

3.2.2 Parâmetros e dados iniciais

As informações preliminares para o dimensionamento são parâmetros de tempo e zona a ser climatizada. Para isto, foram necessárias as referências da NBR 16401 e a publicação da ASHRAE Handbook 2021. A tabela 3 apresenta os parâmetros climáticos referente a cidade de Porto Alegre, visto que a região de Canoas - região metropolitana de Porto Alegre - é a cidade onde está localizada a edificação não possui informações e propriedades climáticas.

A igreja funciona nos turnos da tarde e noite. Com base nestas informações, adotou-se para base de cálculo os horários das 19:00 as 23:00h.

Tabela 3 – Dados climáticos e condições de temperatura e umidade relativa.

Dados climáticos	
Localização	Porto Alegre - RS
Latitude	29,99° S
Longitude	51,17° O
Elevação	3m
TBS verão	34,9° C
TBS inverno	4,2° C
TBU verão	26,3° C
UR	80%

Fonte: ASHRAE (2021).

Outro parâmetro adotado no projeto foi a temperatura interna para conforto térmico de 24° C para o verão, conforme recomendação da NBR 16401-2 (2008).

3.2.3 Zona térmica

A edificação possui 1 zona a ser climatizada conforme ilustra a tabela 4, e seus respectivos dados referente a área e número de ocupantes do recinto.

Tabela 4 – Zona térmica.

Ambiente	Área (m ²)	Ocupantes
Salão do culto	600	300

Fonte: O autor (2022).

3.2.4 Ganhos internos

Os ganhos internos são compostos por equipamentos elétricos, luminárias e pessoas, que dissipam calor e são classificados por transferência de calor latente e/ou sensível. Os valores de dissipação de calor liberado para equipamentos elétricos, luminárias e pessoas são indicadores nas tabelas 5 a 7.

A tabela 5 apresenta a taxa típica de calor liberado por pessoa em um culto no período noturno.

Tabela 5 – Taxa típica de calor liberado por pessoa

Nível de atividade	Local	Calor sensível (W)	Calor Latente (W)
Sentado no culto, noite	Culto noite	70	35

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16401-1 (2008).

Na tabela 6 pode-se notar as taxas típicas de dissipação de calor de equipamentos elétricos.

Tabela 6 – Taxas típicas de dissipação de calor de equipamentos elétricos.

Equipamento	Taxa de dissipação (W)
Computadores	55
Bebedouros refrigerados	350
Caixa de som	220
Projetor	340

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16401-1 (2008) e ASHRAE Handbook (2021).

Já a tabela 7, mostra a taxa típica de dissipação de calor pela iluminação.

Tabela 7 – Taxa típicas de dissipação de calor pela iluminação

Tipo de iluminação	Taxa de dissipação (W/m ²)
Fluorescente	10

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16401-1 (2008).

3.2.5 Ganhos externos

São elementos que promovem a troca de energia entre o interior e o exterior da edificação, como por exemplo, as paredes externas, janelas, portas e telhados, e possuem ganhos de calor sensível.

A parede externa, segundo informações coletadas durante a visita ao projeto, considerou-se a utilização de tijolo com 102mm de espessura, além de reboco de 25mm em cada lado. $U = 1,180 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Na Tabela 8 encontram-se as propriedades termofísicas das paredes externas.

Tabela 8 - Propriedades termofísicas paredes.

Descrição	Tijolo e reboco
Cor da superfície	Média
Absorvidade	0,675
Espessura (mm)	102
Densidade (Kg/m ³)	608,7
Calor específico (kj/kg.K)	0,84
Resistência (R m ² K/W)	0,266
Coefficiente Global U (W/m ² .K)	1,280

Fonte: Adaptado de HAP Carrier 4.9, (2022).

Nesta edificação, a transferência de calor do telhado se dá pela radiação solar e por condução, o qual absorve parte desta energia e transfere para o interior do ambiente. Na tabela 9 são apresentados os dados e propriedades do telhado e forro da edificação.

Tabela 9 – Características do telhado e forro.

Descrição	Telhado metálico e forro de isopor
Propriedades do telhado	
Cor da superfície	Média
Absorvidade	0,675
Espessura (mm)	0,853
Densidade (kg/m ³)	7833
Calor específico (kJ/kg.K)	0,50
Resistência (R m ² K/W)	0,00002
Propriedades do forro de isopor	
Espessura (mm)	30
Densidade (kg/m ³)	9
Calor específico (kJ/kg.K)	1,47
Resistência (R m ² K/W)	0,017
Coeficiente Global U (W/m ² .K)	5,085

Fonte: Adaptado de HAP Carrier 4.9, (2022).

A edificação não possui janelas, portanto não há transferência de calor pela mesma.

3.2.6 Renovação de ar

Foi adotado a vazão de 7,5 L/s recomendada pela Portaria nº 3.523 (2008) do Ministério da Saúde e Resolução nº 9 da ANVISA. A equação 1 mostra a taxa de renovação de ar necessária para o ambiente.

$$\text{Vazão renovação} = 7,5 \text{ L/s} \times \text{pessoas}$$

(1)

Vazão renovação = $7,5 \times 300 = 2.250$ L/s

4 RESULTADOS

Com os valores de carga térmica fornecidos pelo software, foi possível obter os valores de capacidade dos climatizadores de ar para a igreja e, assim, tornar possível a escolha do equipamento necessário para a climatização do recinto. A tabela 10, demonstra os valores de carga térmica e no apêndice A está exposto o relatório final com todo detalhamento de ganhos de calor de forma individual, obtido através do software HAP 4.9.

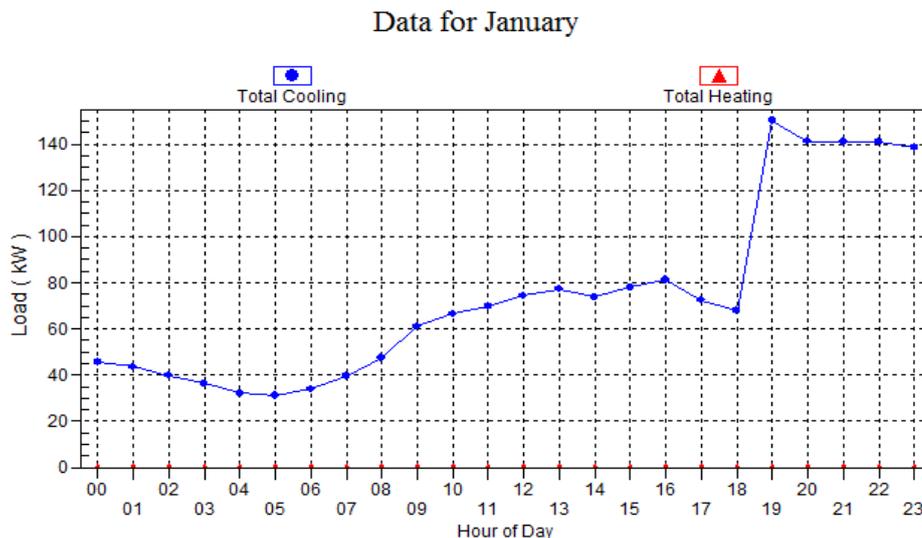
Tabela 10 – Carga térmica calculada para o ambiente.

Ambiente	Carga térmica de resfriamento		
	kW	BTU/h	TR
Igreja	150,4	513.186,15	42,76

Fonte: Adaptado de HAP Carrier 4.9, (2022).

A hora crítica de projeto é das 19:00 as 23:00 h do mês de janeiro, durante esse período pode ocorrer a maior temperatura durante o horário do projeto, que é de 31,8 °C, uma vez que se considerou a ocupação do ambiente entre 19:00 e 23:00 h. No gráfico 1, pode-se observar a variação de carga térmica, em kW, ao longo do dia no mês de janeiro. É possível observar que o pico de carga térmica fica em torno de 150 kW ou 42 TR.

Gráfico 1 – Condição máxima de carga térmica no mês de janeiro.



Fonte: Adaptado de HAP Carrier 4.9, (2022).

4.1 SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS

4.1.1 Sistema de ar condicionado

Com todos os dados definidos, será feita a realização da escolha dos equipamentos do sistema de ar condicionado. Foi considerado para o projeto, máquina apenas para resfriar, o que irá diminuir o custo do equipamento. O modelo escolhido foi um split de teto, também chamado de piso teto, visto que a instalação dele é indicada para médios e grandes ambientes, residencial ou comercial e que tenham muita circulação, aglomeração de pessoas e ambientes com o pé direito muito alto, pois sua vazão de ar é maior que os tradicionais split hi-wall. Este modelo proporciona um melhor resfriamento do recinto pelo simples fato, de que o ar frio é mais denso e o mesmo irá descer fazendo assim um resfriamento mais homogêneo no ambiente.

Foi especificado como necessário 6 máquinas/equipamentos modelo Split Piso Teto Atualle Eco, da fabricante Elgin, ciclo quente e frio, 220V 3F, 60 Hz, cor branca e classificação energética "A", com capacidade térmica de 80.000 BTU/h da máquina, e 1 máquina/equipamento modelo Split Piso Teto Atualle Eco, da fabricante Elgin, ciclo quente e frio, 220V 1F, 60 Hz, cor branca e classificação energética "B", com capacidade térmica de 36.000 BTU/h. Os equipamentos selecionados para o projeto totalizam 516.000 BTU/h de capacidade térmica de resfriamento, atendendo a necessidade do projeto de carga térmica, que é de aproximadamente 513.186,15 BTU/h.

Figura 12 - Split piso teto Elgin.



Fonte: O autor (2022)

A tabela a seguir mostra as comparações entre os modelos de ar condicionado piso teto, e suas especificações de capacidade e preços estimados.

Tabela 11 – Comparação de modelos de mercado para a máquina selecionada.

Descrição	Marca	Capacidade (BTU/h)	Preço estimado
Ar Condicionado Split Piso Teto Eco	Elgin	80.000	R\$ 11.205,06
Ar Condicionado Split Piso Teto	Carrier	80.000	R\$ 12.374,00
Ar Condicionado Split Piso Teto Eco	Elgin	36.000	R\$ 7.399,00
Ar Condicionado Split Piso Teto	Carrier	36.000	R\$ 8.349,00

Fonte: O autor (2022)

Após pesquisa no mercado foi encontrado apenas duas marcas que possuem a capacidade de 80.000 BTU/h, ELGIN e CARRIER. Foi observado que seria mais barato comprar 6 aparelhos de 80.000 Btu/h cada e mais 1 de 36.000 Btu/h, então foi recomendado aparelhos da marca Elgin, por possuir aparelhos mais baratos com as especificações citadas acima. O equipamento é sustentável e possui fluido refrigerante R-410A atóxico, não inflamável e não agride a camada de ozônio, além de possuir selo Procel “A” para essa categoria.

O dreno desempenha papel muito importante, pois elimina a água produzida no processo de condensação do equipamento. Para o sistema de drenagem dos climatizadores de ar, foi sugerido que a água fosse liberada para a saída da rede pluvial da edificação. Foi sugerido também que os drenos fossem interligados entre si por meio de tubos e conexões do tipo “TE” de PVC, reduzindo a quantidade de material e custo.

A tabela 12 especifica o diâmetro das tubulações de cobre das linhas de sucção e descarga dos climatizadores de ar, conforme especificações do manual do fabricante do equipamento. Vale ressaltar que todas as linhas de cobre devem ter um isolamento térmico, de igual diâmetro das tubulações (sucção e descarga), envolto na tubulação otimizando as

trocas de calor do fluido refrigerante que passa pela tubulação. Os dados abaixo são para os equipamentos com capacidade de 36.000 e 80.000 BTU/h, respectivamente.

Tabela 12 – Diâmetro das tubulações de cobre dos climatizadores de ar.

Tubulação de cobre	Diâmetro (em polegadas)
Sucção	3/8
Descarga	7/8

Fonte: Elgin (2015).

4.1.2 Renovação de ar

A renovação de ar no ambiente é importante para que o ar obtenha a qualidade necessária para as pessoas do ambiente, pois o ar conduz partículas poluentes que podem fazer mal, mesmo com a presença do filtro recomendado na máquina. A renovação reduz a concentração no ambiente de poluentes gasosos, biológicos e químicos, que não são retidos nos filtros.

Ar condicionados tipo Split não possui sistema de renovação de ar, por isto foi recomendado o uso de um sistema de ventilação mecânica para renovação de ar exterior. Conforme valor encontrado através da equação 1, o valor encontrado para a taxa de renovação do ambiente é de 2.250 L/s.

Convertendo as unidades, de L/s para m³/h, temos o valor de 8100 m³/h, o que possibilita a escolha de um sistema de renovação de ar.

Foi especificado como recomendação 2 ventiladores axiais, vide anexo A, modelo RAC 4 E 450, monofásico 220V, 60Hz, 436 W, cor preta, da fabricante RAC Brasil, com vazão de 4.340 m³/h, totalizando 8.680 m³/h de vazão, visto que a vazão necessária é de 8100 m³/h.

4.2 CUSTOS DE INSTALAÇÃO

O valor total estimado, vide anexo B, inclui as unidades internas, unidades externas, sistema de ventilação para renovação de ar, conexões de cobre, isolamentos térmicos para as conexões de cobre e materiais para o sistema de dreno dos equipamentos. Através de

preços estimados de mercado, o total aproximado dos custos para implementação do sistema de ar condicionado foi de aproximadamente R\$ 92.997,70. O valor do projeto na conversão para dólar americano é de aproximadamente US\$ 17.613,20, considerando o valor do dólar de R\$ 5,28, em cotação realizada no dia 15 /12 /2022.

Considerando, conforme a ABRAVA, um custo de TR para instalações do tipo Split piso teto de R\$ 4.725,00, é possível afirmar que este projeto está com um custo razoável, pois o custo estimado por TR do sistema proposto é de aproximadamente R\$ 2.174,87.

5 CONCLUSÃO

A seguir serão apresentadas as conclusões obtidas sobre o trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

5.1 Conclusões do presente trabalho de pesquisa

Este trabalho se propôs a dimensionar um sistema de ar condicionado que possibilitasse atender as exigências mínimas de conforto térmico e qualidade do ar para uma igreja. Considerando que sistemas de ar condicionado são de extrema importância nas edificações nos tempos atuais, foram realizados estudos teóricos, para a análise de carga térmica atendendo as normas vigentes, tais como a NBR 16401 (2008) e ASHRAE (2021).

Realizou-se uma série de visitas ao local do estudo, verificando-se as dimensões do ambiente e os detalhes como os materiais construtivos, equipamentos e ocupação nos locais, para realizar o cálculo de carga térmica do ambiente.

Com as informações coletadas da edificação foi possível realizar o cálculo de carga térmica para a zona a ser climatizada, a estimativa de carga térmica foi obtida através do auxílio do software HAP Carrier 4.9. Tal estimativa foi baseada em condições extremas, que aconteceram durante o período do verão, a partir da interpretação do relatório gerado, foi possível selecionar o equipamento de climatização. O resultado mostrou que é necessária uma carga térmica total estimada de 42,76 TR ou 513.186,15 BTU/h para a referida edificação.

Diante dos modelos de sistemas de ar condicionado apresentados neste trabalho, foi selecionado o sistema piso teto, que além de possuir boa eficiência energética sua instalação é indicada para médios e grandes ambientes, residencial ou comercial e que tenham muita circulação, aglomeração de pessoas e ambientes com o pé direito muito alto.

Também foi proposto um sistema de ventilação de ar, para promover a renovação do volume de ar dentro do ambiente dentro da taxa estipulada pelas normas, pois o ambiente não possui entrada de ar externo, de modo a estarem em não conformidade com as exigências da Portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998 do Ministério da Saúde e recomendações da Resolução nº9 da ANVISA, de 16 de janeiro de 2003.

Foi realizado uma avaliação econômica e financeira do projeto de sistema de ar condicionado, e foi calculado uma estimativa de investimento no valor de R\$ 91.050,40.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

A seguir são apresentadas algumas sugestões para possíveis trabalhos a serem realizados a fim de dar continuidade nos estudos e possibilidade de melhorias nos resultados apresentados:

- Elaboração de um Plano de Manutenção, Operação e Controle do sistema de ar condicionado - PMOC;
- Realizar cálculo de carga térmica utilizando outra metodologia;
- Realizar simulação energética para a edificação;
- Realizar um estudo analisando a possibilidade de alterações na edificação, com o objetivo de reduzir a carga térmica total.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 16101. **Filtros para partículas em suspensão no ar** - Determinação da eficiência para filtros grossos, médios e finos. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT NBR 16401-1. **Instalações de ar condicionado** - Sistemas centrais e unitários parte 1: Projetos das instalações. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT NBR 16401-2. **Instalações de ar condicionado** - Sistemas centrais e unitários parte 2: Parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT NBR 16401-3. **Instalações de Ar-condicionado** – Sistemas centrais e unitários: Qualidade do ar interior. Rio de Janeiro.2008

ABRAVA - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e Aquecimento. Metodologia para cálculo de honorários em serviços.

Abreu, Cristian Mesenburg de. **Análise comparativa entre dois projetos de refrigeração para supermercados (r-404a x co2/r-404a)**. Porto Alegre, 2018.

ALA, American Lung Association. **Indoor Air Pollutants and Health**. Chicago, Illinois, EUA, 2020.

ANSI, ASHRAE Standard 55-2004: **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2004.

ANSI, ASHRAE STANDARD 55-2017. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2017.

Antonovicz, Diego; WEBER, Rhuann Georgio Bueno. **Inventário e PMOC - plano de manutenção operação e controle nos condicionadores de ar do câmpus Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. Medianeira, 2013.

Araújo, Victor A. **Projeto de climatização de uma residência em Natal/RN**. Natal-RN, 2018.

ASHRAE, **Handbook of Fundamentals**. Atlanta: American Society of Heating, 2021.

Borges, Filipe Ribeiro. **Análise da carga térmica de um conjunto de escritórios: proposta de melhoria à climatização dos ambientes**. Porto Alegre, 2018.

Brasil, **Resolução nº 9**, ANVISA. Ministério da Saúde. Brasília-DF, 16 de janeiro de 2003.

Çengel e Ghajar, **Transferência de Calor e Massa**, 4ª edição, Editora AMGH, 2012.

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Disponível em <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/engenharias>. Acesso em 29.05.2022

EPE, Empresa de pesquisa energética. **Uso de Ar Condicionado no setor residencial brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética.**

Fanger, P. O. **Thermal Comfort.** New York: McGraw-Hill Book Company, 1970.

Ferraz, Fábio; Apostila de Refrigeração. CEFET-Santo Amaro/BA, 2008.

Frota, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico.** 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

Gil, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2010

Gomes, Adriano Pinto. **Método de avaliação do desempenho térmico de edifícios comerciais e residenciais em light steel framing.** Ouro Preto, 2012.

Gomes, Octávio Augusto. **Projeto de Climatização da Igreja Cristã Evangélica do Vingt Rosado.** Natal-RN, 2018.

Incropera, Frank P. et al. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa - 7ª Edição.** Rio de Janeiro: LTC, 2014.

Instituto nacional de metrologia normalização e qualidade industrial – INMETRO. Rio de Janeiro, 2010.

Kreith, Frank. **Princípios de transferência de calor,** 7ª edição. São Paulo; Cengage Learning, 2014.

Lopes, Cícero Furtado de Mendonça. **Análise comparativa de carga térmica entre dois métodos de cálculos para um auditório.** Rio de Janeiro, 2013.

Martins Junior, Joaquim. **Como escrever trabalhos de conclusão de curso.** Petrópolis (RJ): Vozes, 2008.

Mcquiston, F.C., Parker, J.D. and Spitler, J.D. Heating, **Ventilating and Air Conditioning Analysis and Design.** 6th Edition, John Wiley and Sons, Hoboken, 2005.

Miller, R.; miller, M, R. **Ar Condicionado e Refrigeração.** Rio de Janeiro: LTC, 2008.

Ministério da saúde - **portaria Nº 3.523,** de 28 de agosto de 1998.

Oliveira, Maurício Lucas. **Sistema de climatização - projeto de implantação em conjunto de salas administrativas em Alvorada-rs.** Porto Alegre, 2022.

Pirani, Marcelo José. Eng176 **Refrigeração e ar condicionado: Parte II ar condicionado.** Departamento de Engenharia Mecânica - UFBA. 2012.

Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2013.

Salerno, Henrique Nehrke. **O estudo do impacto da pandemia de covid 19 e adequações legais na climatização e nos sistemas de ar-condicionado.** Porto Alegre, 2022.

Silva, Ana Cláudia Rodrigues. **Metodologias de cálculo de carga térmica em estruturas opacas**. Rio de Janeiro, 2017.

Silva, José de Castro. **Refrigeração comercial e climatização industrial**. São Paulo: Leopardo Editora, 2010.

Silveira, Vinicius Bitencourt. **Princípios e programação do pmoc (plano de manutenção operação e controle) em equipamentos de climatização do banco central do brasil**. Porto Alegre, 2018.

Souza, Guilherme Miranda de. **Análise do desempenho de conforto térmico de projetos em habitações populares na cidade de General Câmara/RS: estudo de caso**. Porto Alegre, 2017.

Spanhe, Patrick Azevedo. **Análise do sistema de climatização de um conjunto de escritórios: proposta de solução com o uso de equipamentos VRF**. Porto Alegre, 2017.

Suzuki, Eliane Hayashi. **Avaliação do conforto térmico e do nível de CO2 em edifícios de escritório com climatização artificial na cidade de São Paulo**. São Paulo, 2010.

Troian, Leonardo Casaroto. **Simulação computacional do desempenho térmico de uma residência unifamiliar, na cidade de Porto Alegre**. Porto Alegre, 2019.

APÊNDICES

Apêndice A - CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA DETALHADA

Air System Design Load Summary for igreja	11/27/2022 12:51
Project Name: Igreja	
Prepared by: carrier	

ZONE LOADS	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 1900			HEATING DATA AT DE \$ HTG		
	COOLING OA DB / WB 31,8 °C / 23,6 °C			HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	863 m²	33946	-	863 m²	32223	-
Roof Transmission	600 m²	4707	-	600 m²	7131	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	18 m²	225	-	18 m²	497	-
Floor Transmission	600 m²	0	-	600 m²	0	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	12000 W	72246	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	3385 W	2784	-	0	0	-
People	300	10170	10560	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	124077	10560	-	39851	0
Zone Conditioning	-	120001	10560	-	40018	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	10887 L/s	0	-	10887 L/s	0	-
Ventilation Load	930 L/s	8021	11783	930 L/s	18602	0
Supply Fan Load	10887 L/s	0	-	10887 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	128023	22343	-	58620	0
Central Cooling Coil	-	128023	22351	-	0	0
Central Heating Coil	-	0	-	-	58620	-
>> Total Conditioning	-	128023	22351	-	58620	0

Apêndice B – Planta baixa da edificação




NOME: PROJETO PARA CONFORTO TÉRMICO DE UMA IGREJA
ENGENHEIRO: MATHEUS FIESCKI DOS ANJOS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANEXOS

ANEXO A – Tabela de especificação de ventilador para renovação de ar insuflado

Tabela dimensional

MODELO	CÓDIGO	DESENHO	DIMENSÕES							PESO (kg)
			A	B	C	D	E	F	G	
RAC 4 E 350 220V 50/60Hz BLW	100-106	1	427	9	380	350	175	110	75	4,8
RAC 4 E 300 220V 50/60Hz CLASSE F	100-117	2	365	7	328	300	150	105	75	3,3
RAC 4 E 350 220V 50/60Hz CLASSE F	100-115	2	427	9	380	350	175	110	75	4,8
RAC 4 E 400 220V 50/60Hz CLASSE F	100-118	2	475	9	428	400	190	120	85	5,6
RAC 4 E 450 220V 50/60Hz CLASSE F	100-116	2	527	9,5	480	450	195	110	85	7,2
RAC 4 D 500 220/400V-3PH-50/60Hz CL. F	100-119	2	562	10,5	530	500	200	110	85	9,1
RAC 4 D 500 220/400V-3PH-50/60Hz CL. F (7 pás)	100-141	2	562	10,5	530	500	200	110	85	
RAC 4 D 350 220V-3PH-50/60Hz CLASSE F	100-125	2	427	9	380	350	175	110	75	4,8
RAC 4 D 450 220V-3PH-50/60Hz CLASSE F	100-126	2	527	9,5	480	450	195	110	85	7,2
RAC 2 E 250 220V 50/60Hz CLASSE F	100-131	3	-	-	316	250	213	105	-	1,6
RAC 4 D 315 220/440V-3PH-50/60Hz CL. F	100-132	4	-	-	398	315	323	136	80	2,4
RAC 6 BT 800 220/380V 60Hz CLASSE F	100-140	5	910	14,5	970	800	290	270	-	56,7

Tabela de características

MODELO	Nº FASES	CORRENTE (A)	POTÊNCIA (W)	RUIDO (Dba)	FLUXO de AR	VAZÃO (m³/h)	VELOC. (rpm)	CAPACITOR µF±5%	
									50Hz / 60Hz
RAC 4 E 350 220V 50/60Hz BLW	1	0,75 / 0,85	145 / 196	64 / 66	SOPRADOR	2230 / 2625	1330 / 1500	4	
RAC 4 E 300 220V 50/60Hz CLASSE F		0,40 / 0,52	74 / 102	57 / 61		1230 / 1500	1335 / 1520	2	
RAC 4 E 350 220V 50/60Hz CLASSE F		0,75 / 0,85	145 / 196	64 / 66		2200 / 2625	1330 / 1500	4	
RAC 4 E 400 220V 50/60Hz CLASSE F		1,15 / 1,30	225 / 300	69 / 75		3440 / 4100	1310 / 1565	6	
RAC 4 E 450 220V 50/60Hz CLASSE F		1,35 / 1,95	251 / 436	73 / 74		4340 / 5300	1265 / 1620	6	
RAC 4 D 500 3PH CL. F (5 pás)	3	220V 50/60Hz	1,80 / 2,0	382 / 563	64 / 67	EXAUSTOR	5830 / 7000	1325 / 1570	-
		400V 50/60Hz	1,00 / 1,20	382 / 563	64 / 67		5830 / 7000	1325 / 1570	-
RAC 4 D 500 3PH CL. F (7 pás)	3	220V 50Hz / 240V 60Hz	3,26 / 4,20	900 / 1300	75 / 82	EXAUSTOR	8800 / 10000	1350 / 1480	-
		380V 50-Hz / 440V 60Hz	1,60 / 2,40	900 / 1300	75 / 82		8800 / 10000	1350 / 1480	-
RAC 4 D 350 220V-3PH-50/60Hz CLASSE F		0,36 / 0,45	145 / 196	64 / 66		2200 / 2625	1330 / 1500	-	
RAC 4 D 450 220V-3PH-50/60Hz CLASSE F		0,60 / 1,00	251 / 436	73 / 74		4340 / 5330	1265 / 1620	-	
RAC 2 E 250 220V 50/60Hz CLASSE F	1	0,41 / 0,54	90 / 120	54 / 56		800 / 350	2720 / 3150	1,5	
RAC 4 D 315 3PH CL. F	3	220V 50/60Hz	0,60 / 0,80	110 / 150	59 / 63	SOPRADOR	1600 / 1830	1400 / 1600	-
		440V 50/60Hz	0,35 / 0,60	110 / 150	59 / 63		1600 / 1830	1400 / 1600	-
RAC 6 BT 800 CLASSE F	5	220V 60Hz	- / 5,00	- / 1700	- / 80	EXAUSTOR	- / 19500	- / 1090	-
		380V 60Hz	- / 2,90	- / 1700	- / 80		- / 19500	- / 1090	-

ANEXO B – Planilha de custos para o sistema de climatização proposto

Item	Descrição	Quantidade	Valor unitário	Valor total
1	Split Piso Teto Atualle Eco Elgin 80.000 BTU/h (unidade evaporadora + unidade condensadora)	6	R\$ 11.205,06	R\$ 67.230,36
2	Split Piso Teto Atualle Eco Elgin 36.000 BTU/h (unidade evaporadora + unidade condensadora)	1	R\$ 7.399,00	R\$ 7.399,00
3	VENTILADOR AXIAL E450 - 45 CM - RAC 0100116	2	R\$ 980,90	R\$ 1.961,80
4	Conexao de cobre ø 3/8"	8	R\$ 251,50	R\$ 2.012,00
5	Conexao de cobre ø 7/8"	8	R\$ 1.589,85	R\$ 12.718,80
6	Isolante termico de Polietileno blindado ø 3/8"	8	R\$ 48,60	R\$ 388,80
7	Isolante termico de Polietileno blindado ø 3/8"	8	R\$ 78,00	R\$ 624,00
8	Cano pvc marrom ø 25mm para ligação do dreno de ar condicionado	8	R\$ 72,90	R\$ 583,20
9	Conexão "TE" pvc marrom ø 25mm para ligação do dreno de ar condicionado	6	R\$ 1,29	R\$ 7,74
10	Fita pvc branca para instalação de split	12	R\$ 7,20	R\$ 72,00
			TOTAL	R\$ 92.997,70