



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**  
Curso de Engenharia Mecânica

**LUÍS ANDRÉ OLIVEIRA DA SILVA**

**Dimensionamento de central de ar condicionado para  
conforto ambiental em uma igreja**

SÃO LUÍS/MA

2019

**LUÍS ANDRÉ OLIVEIRA DA SILVA**

**Dimensionamento de central de ar condicionado para  
conforto ambiental em uma igreja**

Monografia de graduação apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Paulino Cutrim Martins

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA MONOGRAFIA DEFENDIDA PELO ALUNO LUÍS ANDRÉ OLIVEIRA DA SILVA. E ORIENTADA PELO PROF. ME. PAULINO CUTRIM MARTINS.

.....  
ASSINATURA DO (A) ORIENTADOR (A)

SÃO LUÍS/MA

2019

Silva, Luís André Oliveira da.

Dimensionamento de central de ar condicionado para conforto ambiental em uma igreja / Luís André Oliveira da Silva. – São Luís, 2019.

85 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Me. Paulino Cutrim Martins.

1.Climatização. 2.Dimensionamento. 3.Carga térmica. I.Título

CDU: 621.5

FOLHA DE APROVAÇÃO

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**  
**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E PRODUÇÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Dimensionamento de central de ar condicionado para  
conforto ambiental em uma igreja**

Autor: Luís André Oliveira da Silva

Orientador: Paulino Cutrim Martins

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Monografia:

**Prof. Me. Paulino Cutrim Martins, Presidente**  
**Universidade Estadual do Maranhão**

**Prof. José Henrique Bezerra**  
**Universidade Estadual do Maranhão**

**Prof. Me. Francismar Rodrigues de Sousa**  
**Universidade Estadual do Maranhão**

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

São Luís/MA, 28 de junho de 2019.

## DEDICATÓRIA

A minha família, por sempre ter dado apoio em todos os momentos que passei durante a graduação. Sem estas pessoas maravilhosas, não estaria firme e forte conquistando meus objetivos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu bom Deus, por ter me dado o dom da vida e ser meu guia em intensas jornadas. Glória a ti, Pai, por todas essas conquistas.

Agradeço ao professor e orientador, Paulino Cutrim Martins, por ter confiado em meu potencial para realizar este projeto. Sempre estive pronto para atender e resolver todas as dúvidas que surgiam durante o trabalho.

Aos professores e funcionários da universidade com quem convivi durante este tempo longo. Uma relação de respeito e muito aprendizado que selaram essa admiração que tenho por todos.

Aos amigos de graduação que conquistei durante esses anos. Junto a vocês pude receber e transmitir conhecimentos primordiais para formação, tanto a nível social quanto a nível educacional.

E por fim, agradeço do fundo do coração, a todos que estiveram envolvidos, de forma direta e indireta para o progresso e conclusão de minha graduação.

## EPÍGRAFE

*“Ele deu sua vida por nós, ele caiu perante a cruz.  
Para morrer por todos aqueles que nunca  
lamentaram sua perda. Não foi destinado a nós, sentir  
a dor novamente. Me diga o porquê, me diga o  
porquê”.*

*(Iron Maiden - For the Greater Good of God)*

## Resumo

A climatização ambiente tem sido, de forma drástica, afetada pelo crescente aumento de temperatura. Espaços onde há uma quantidade significativa de pessoas, requerem um conforto térmico para o bem-estar dos indivíduos. Para que isso ocorra, é imprescindível a presença de aparelhos climatizadores de ar. O presente trabalho teve por finalidade dimensionar um sistema de central de ar-condicionado em uma igreja, ou seja, a realização de um projeto de climatização ambiental para garantir uma quantidade adequada de conforto térmico, a fim de atender a demanda de fieis. Esta proposta de estudo de caso foi avaliada e executada de acordo com as normas regentes do país, visto que, a necessidade de buscar esses dados, além da análise do recinto estudado (descrição da localização, parte estrutural, regulação térmica) nortearam caminhos para o sucesso do projeto. Foram utilizados na metodologia, conteúdos que envolvem basicamente refrigeração e ar condicionado, dos quais auxiliaram no estudo da carga térmica e conseqüentemente na escolha do equipamento.

**Palavras-chave:** Climatização, dimensionamento, carga térmica.



## Abstract

Ambient air-conditioning has been drastically affected by rising temperatures. Spaces where there is a significant amount of people require thermal comfort for the well-being of individuals. For this to occur, it is essential to have air conditioners. The purpose of this study was to design a central air conditioning system in a church, that is, to carry out an environmental air conditioning project to guarantee an adequate amount of thermal comfort in order to meet the demand of the faithful. This case study proposal was evaluated and executed according to the country's governing regulations, since the need to search for this data, besides the analysis of the site (description of location, structural part, and thermal regulation), guided success of the project. It was used in the methodology, contents that basically involve refrigeration and air conditioning, of which they helped in the study of the thermal load and consequently in the choice of the equipment.

**Keywords:** Air conditioning, sizing, thermal load.

## Lista de Ilustrações

Figura 2.1 – Convenção de sinais para a primeira Lei da Termodinâmica	5
Figura 2.2 – Mecanismo de partida	7
Figura 2.3 – Mecanismo de retorno	8
Figura 2.4 – Etapas de um ciclo de refrigeração	9
Figura 2.5 – Condução Térmica	13
Figura 2.6 – Convecção Térmica	14
Figura 2.7 – Irradiação de calor	14
Figura 2.8 – Fatores que afetam a carga térmica	15
Figura 3.1 – Localização da igreja São Miguel Arcanjo	21
Figura 4.1 – Esboço simples do recinto	35

## Lista de tabelas

Tabela 3.1 – Aspectos climáticos de São Luís	19
Tabela 3.2 – Acréscimo ao diferencial de temperatura	24
Tabela 4.1 – Determinação de medidas do templo	33
Tabela 4.2 – Face central (face S)	33
Tabela 4.3 – Face lateral direita e esquerda (face L e face O)	33
Tabela 4.4 – Face saída (face N)	34
Tabela 4.5 – Diferencial de temperatura usado nos projetos – DT	37
Tabela 4.6 – Coeficiente Global de Trans. de calor (U) para materiais de construção	38
Tabela 4.7 – Coeficiente globais da transmissão de calor em U em kcal/h.m <sup>2</sup> .°C	39
Tabela 4.8 – Taxas típicas de calor liberado por pessoas	49
Tabela 4.9 – Taxas típicas de calor liberado por pessoas	50
Tabela 4.10 – Taxas típicas de calor liberado por pessoas	51
Tabela 4.11 – Soma de todas as cargas de ocupação	52
Tabela 4.12 – Componentes da carga de iluminação	52
Tabela 4.13 – Taxas típicas de dissipação de calor pela iluminação	53
Tabela 4.14 – Equipamentos utilizados no templo	53
Tabela 4.15 – frestas localizadas nas janelas	55
Tabela 4.16 – frestas localizadas em portas	56
Tabela 4.17 – Soma de cargas térmicas do recinto	59
Tabela 4.18 – Carga térmica convertida em unidades de refrigeração	60

## Lista de abreviaturas e siglas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BTU – British Thermal Unit

cal - caloria

$\Delta U$  – variação de energia interna

ISO – International Organization for Standardization

J – Joule

L – Latência de estado físico

NBR – Norma Brasileira

q – fluxo de calor

Q – Calor

TBS – temperatura de bulbo seco

TBU – temperatura de bulbo úmido

TR – Tonelada de refrigeração

U – Coeficiente global de transferência de calor

UFRGRS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

w – umidade absoluta

W – Trabalho mecânico

## Lista de símbolos

$\Delta$  - delta

$\Phi$  - fi

$\Theta$  - teta

$\tau$  - tau

## Sumário

FOLHA DE APROVAÇÃO.....	iii
DEDICATÓRIA.....	v
AGRADECIMENTOS .....	vii
EPÍGRAFE.....	ix
Resumo.....	xi
Abstract.....	xiii
Lista de Ilustrações .....	xv
Lista de tabelas .....	xvii
Lista de abreviaturas e siglas .....	xix
Lista de símbolos .....	xxi
INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Abordagem inicial .....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Justificativa.....	2
REVISÃO DA LITERATURA .....	4
2.1 Termodinâmica.....	4
2.1.1 Conservação de energia.....	5
2.1.2 Segunda Lei da Termodinâmica.....	6
2.2 Ciclos de Refrigeração.....	8
2.2.1 Ciclo de Refrigeração padrão .....	8
2.2.1.1 Fases de um ciclo ideal de refrigeração.....	9
2.2.1.1.1 por evaporação – Evaporador.....	9

2.2.1.1.2 por compressão – Compressor.....	9
2.2.1.1.3 por condensação – Condensador .....	10
2.2.1.1.4 por expansão – Dispositivo de expansão.....	10
2.3 Calor .....	10
2.3.1 Calor Sensível.....	11
2.3.2 Calor Latente .....	11
2.3.3 Transferência: Propagação de Calor.....	12
2.3.3.1 Condução .....	12
2.3.3.2 Convecção .....	13
2.3.3.3 Radiação .....	14
2.4 Carga Térmica .....	15
2.5 Conforto Térmico .....	17
METODOLOGIA.....	18
3.1 Detalhamento do problema.....	19
3.2 Avaliação do espaço .....	21
3.3 Cálculo da carga térmica e suas atribuições .....	22
3.3.1 Cargas externas.....	22
3.3.1.1 Condução em superfícies.....	23
3.3.1.2 Insolação em superfícies opacas.....	23
3.3.2 Cargas internas .....	24
3.3.2.1 Pessoas – Carga humana .....	25
3.3.2.2 Iluminação .....	26
3.3.2.3 Cargas diversas .....	26
3.3.2.4 Cargas de infiltração.....	27
3.3.2.5 Cargas de renovação.....	30

3.4 Seleção dos principais equipamentos .....	30
RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	32
4.1 Considerações iniciais .....	32
4.1.1 Dimensões do ambiente e suas atribuições.....	32
4.2 Análise das cargas térmicas .....	34
4.2.1 Cargas Externas .....	35
4.2.1.1 Condução por paredes externas, piso e teto.....	35
4.2.1.2 Condução por janelas e portas .....	43
4.2.1.3 Carga por insolação em paredes, janelas e portas .....	46
4.2.2 Cargas Internas .....	48
4.2.2.1 Pessoas.....	48
4.2.2.2 Carga térmica de iluminação .....	52
4.2.2.3 Diversas .....	53
4.3 Cargas de infiltração.....	54
4.4 Carga de renovação .....	58
4.5 Carga térmica total.....	59
4.6 Escolha adequada do equipamento.....	61
4.7 Discussões dos resultados.....	61
CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS .....	64
ANEXO A – INFILTRAÇÃO DE AR.....	68
APÊNDICE A – ESBOÇO GERAL DO LOCAL DIMENSIONADO .....	69



# INTRODUÇÃO

## 1.1 Abordagem inicial

Em condições atuais, com as elevadas temperaturas que se alteraram no decorrer do tempo, indicava uma necessidade de aprimoramento moderno, de equipamentos que exercem o papel de conforto térmico em diversos ambientes. Ares condicionados, climatizadores de ar, ventiladores, entre outros aparelhos, foram inovados para atender um público que está aumentando a cada dia que passa. Em especial o ar condicionado, onde é a fonte de estudo deste trabalho. (CREDER, 2004)

Para a instalação do aparelho em questão, houve um estudo de dimensionamento do espaço onde seria colocado tal aparelho de refrigeração. Em sequência, foram aplicados os conhecimentos específicos da carga térmica, fator essencial para a escolha do aparelho correto.

Empresas, lojas, hospitais, casas e grandes departamentos são ambientes que necessitam de um estudo de refrigeração bem amplo e dimensionamento correto de equipamentos que serão escolhidos e realizar os procedimentos adequados por quem já tem uma boa experiência no assunto, para que não haja prejuízos para ambas as partes (STROBEL, 2013).

No trabalho vigente, será destacado um projeto de um dimensionamento de um sistema de refrigeração em uma igreja no município de São Luís, visto que há uma necessidade de tal aplicação, pois devido a região em que se encontra, a temperatura elevada torna-se um incômodo para quem frequenta a mesma.

Estudos foram realizados no local, dimensionamentos, cálculo da carga térmica e principal a seleção dos aparelhos tiveram fundamental importância para o pleno funcionamento do sistema do projeto.

## **1.2 Objetivos**

### **❖ Geral**

Dimensionar um sistema de condicionamento de ar e ventilação em uma igreja localizada em São Luís, tendo como acompanhamento programas acessíveis para cálculo da térmica, no sentido de selecionar e determinar os aparelhos que serão inseridos no local.

### **❖ Específico**

- Identificar os critérios a serem abordados em consideração para o cálculo da carga térmica;
- Determinação da carga térmica no ambiente;
- Dimensionamento dos condicionadores de ar;
- Determinação dos equipamentos a serem utilizados.

## **1.3 Justificativa**

Para a obtenção de uma análise detalhada da situação do espaço estudado, é imprescindível a criação de projetos desta qualidade, pois o local em questão não possui um projeto e nem climatização adequada.

A adesão deste projeto acarretará em uma melhoria para o conforto térmico dos fiéis, beneficiando assim a igreja com um projeto-base a custo zero e ao elaborador da proposta, que irá aprofundar os conhecimentos na área e poder assim sobrepor.

O progresso deste projeto tem como comprovação todos os conhecimentos adquiridos ao decorrer do tempo na graduação, sendo apresentado de uma forma clara, objetiva e essencial, aplicando assim uma situação atual para o engenheiro que segue por este ramo.

Assim a busca incessante pelo conhecimento em refrigeração e ar condicionado tem sua devida importância, pois um dimensionamento correto no sistema refrigerador influenciará eficientemente nos componentes para o trabalho ideal.

## REVISÃO DA LITERATURA

Na revisão da literatura é averiguada mais precisamente, aspectos que terão utilidade direta em aplicações e de fundamentais importâncias aplicações no trabalho. Inicialmente serão abordados os estudos de termodinâmica e os tópicos que envolvem refrigeração e ar condicionado, seguidamente dos pontos conceituais sobre o assunto de carga térmica e conforto ambiente.

### **2.1 Termodinâmica**

A termodinâmica é, de forma breve, a ciência que estuda as trocas de energia e realização de trabalho e das substâncias que as envolvem, sendo oriundas de um sistema, de um corpo ou máquina para seus comparses. A base deste ramo da física é a análise experimental, sendo esta, uma forma acurada para resoluções de dúvidas (SONNTAG, 2003).

Para Savi (2010, p.10), a temperatura e o calor não podem em hipótese nenhuma estarem desprezadas na atmosfera termodinâmica. Ainda acrescentam que estes métodos usados ao longo de anos, tornam a termodinâmica uma área excepcional no ramo da físico-química, com experimentos e ferramentas flexíveis aprimoradas.

Na termodinâmica são apresentadas 4 leis regentes, lei zero, primeira, segunda e terceira. A lei zero abrange o equilíbrio de temperatura de dois corpos (A e B) a um terceiro corpo (C). Enquanto que a primeira lei aborda a conservação de energia, a segunda lei baseia-se na desordem da entropia no sistema. Na terceira e última lei é mostrada a entropia a um nível zero, ou seja, verificar o comportamento do grau de desordem a condições mínimas. Neste trabalho somente a primeira e a segunda lei da termodinâmica serão explicadas mais à frente.

Um exemplo básico da termodinâmica demonstra uma locomotiva a vapor, onde ocorre geração da energia térmica do vapor para produzir trabalho mecânico (energia mecânica) aos

componentes que funcionam em torno do motor para gerar movimento das rodas nos trilhos. A seguir será conceituado de forma concisa alguns termos que abrangem o conteúdo a ser mostrado (OLIVEIRA e ROSA, 2007).

### 2.1.1 Conservação de energia

Na primeira lei da termodinâmica consideramos a energia, mesmo que sofra com transformações termodinâmicas ou transferências em seu meio continuará com sua quantidade inicial, ou seja, continua em sua forma constante. Mesmo que sejam aplicadas forças físicas, a energia em seu total jamais desaparecerá e nunca pode ser destruída (MORAN & SHAPIRO, 2009).

Tendo este princípio demonstrado o uso de energia para transformações termodinâmicas, exemplificaremos que, em um sistema fechado, como na Figura 2.1, elaborada por Schulz (2009), o calor quando é cedido ao gás, sofre um aumento na temperatura, conseqüentemente haverá um aumento no volume, gerando assim trabalho para determinado processo.

A Equação 2.1 e a Figura 2.1, expõem que quanto o maior calor que o sistema cede, menos o trabalho gerado, causando assim o aumento da energia.

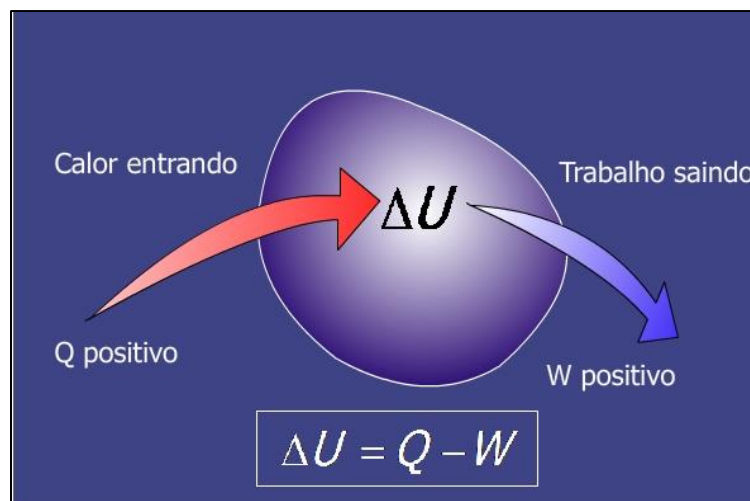


Figura 2.1 – Convenção de sinais para a primeira Lei da Termodinâmica (Adaptado de Daniel Schulz – UFRGS, 2009).

$$\Delta U = Q - W \quad (2.1)$$

**Onde:**

$\Delta U$  – Variação de energia interna (J)

Q – Calor

W – Trabalho

### 2.1.2 Segunda Lei da Termodinâmica

Variados conceitos definem a 2ª lei da termodinâmica. Embora a formulação geral seja um complemento para a lei anterior, a definição mais concisa deste princípio evidencia que os fatores que uma máquina térmica possui para aplicar a conservação de energia, o seu rendimento nunca é 100 %, isto é, em nenhuma circunstância atinge seu rendimento ideal, ainda sendo um tabu no mundo científico.

Basicamente, este princípio gera em torno de três enunciados clássicos, mas não será abordado a entropia (devido a extensão do assunto), visto que já se faz necessário entendimento. Estas formulações foram criadas pois havia muitas formulações e conseqüentemente deduções científicas.

Sonntag (2003) explica que, quando Clausius (1850) elaborou um enunciado, este apresentou a impossibilidade da operação de qualquer sistema ou processo somente em um tipo de transmissão de calor de uma matéria em baixa temperatura para a mais elevada.

Enquanto isso Kelvin-Planck (1879) anunciou que todo o sistema que opere em uma condição inicial, ao sofrer com o processo de conversão de energia em trabalho, de modo algum

terá similaridade com sua posição final, ou seja, seu rendimento nunca será máximo (SMITH, 1972).

Moran & Shapiro (2009) analisa que Clausius criou uma formulação ideal, tendo um entendimento instantâneo, tendo assim sua afirmação mais aceita no meio científico, mas Kelvin-Planck demonstra de uma forma bem mais eficaz e fisicamente tem mais associação com a lei conceituada.

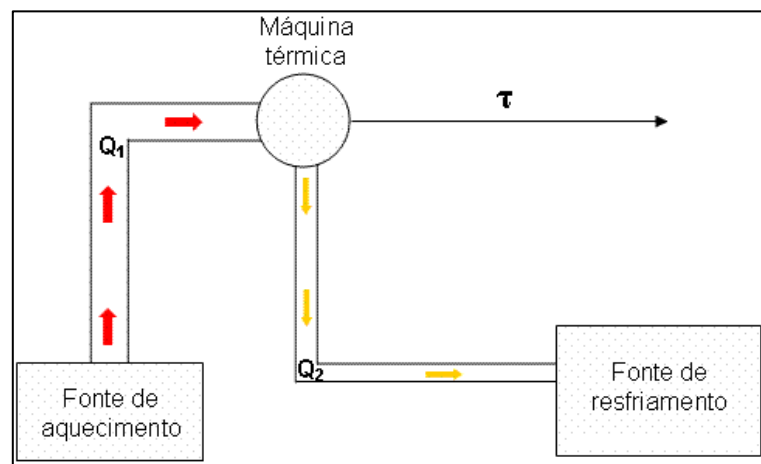


Figura 2.2 – Mecanismo de partida (Adaptado de 2 lei da termodinâmica - Só Física).

As duas ilustrações (Figuras 2.2 e 2.3), mostram o funcionamento de uma máquina térmica ao ser gerado trabalho através de uma fonte quente (de aquecimento), tendo perdas para fonte mais fria e o inverso, onde na Figura 2.3 ocorre a refrigeração, tendo a fonte fria (fonte de resfriamento), ao utilizar o trabalho mecânico, despeja para a fonte mais quente e assim confortando o ambiente em que a máquina térmica se encontra.

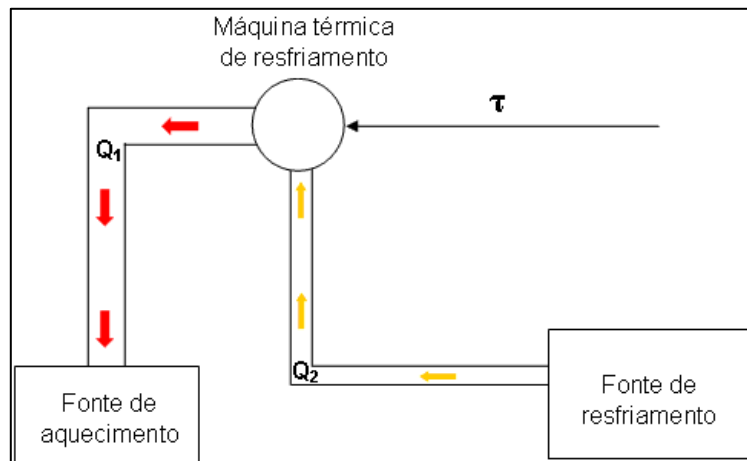


Figura 2.3 – Mecanismo de retorno (Adaptado de 2 lei da termodinâmica - Só Física).

## 2.2 Ciclos de Refrigeração

A refrigeração define-se como a transferência ou transmissão de calor de ambientes que possuem baixas temperaturas para aqueles em que sua temperatura é elevada. É composta basicamente de uma máquina e um fluido específico, chamados de refrigerador (equipamento que realizará o processo termodinâmico e o refrigerante, fluente que trabalhará em função do refrigerador (MILLER & MILLER, 2014).

Entre os vários ciclos termodinâmicos de refrigeração, destaca-se o ciclo de refrigeração por compressão a vapor, ciclo reverso de Carnot, ciclo de dois estágios de compressão, ciclo em cascata, entre outros. Será limitado em conceituar apenas o ciclo de refrigeração padrão e seus derivados.

### 2.2.1 Ciclo de Refrigeração padrão

No ramo da termodinâmica, também é chamado de ciclo frigorífico, é definido por modelo físico-matemático para garantir o funcionamento de equipamentos frigoríficos, refrigeradores, bombas de calor, sendo um processo, por muitas vezes reversíveis através de suas ramificações de ciclos.



### 2.2.1.1 Fases de um ciclo ideal de refrigeração

Garrido (2007), demonstra estas fases em que há um deslocamento de um fluido refrigerante no sistema, onde este fluido passa por processos termodinâmicos para manter um determinado ambiente climatizado. Estas etapas ocorrem em 4 componentes do sistema de refrigeração: evaporador, compressor, condensador e o dispositivo de expansão.

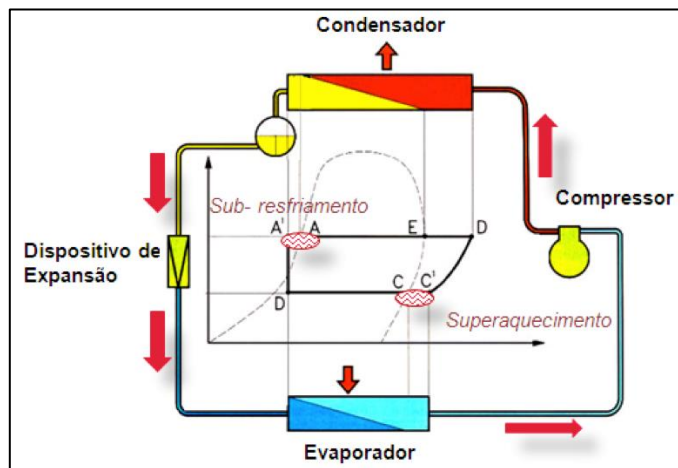


Figura 2.4 – Etapas de um ciclo de refrigeração (Adaptado de Ana Paula Garrido – DuPont do Brasil, 2007)

#### 2.2.1.1.1 por evaporação – Evaporador

Na primeira etapa ocorre a evaporação do fluido refrigerante, onde ocorre a troca de calor do fluido para o recinto a ser refrigerado. Com o superaquecimento, facilita que o fluido não passe para fase líquida ao compressor.

#### 2.2.1.1.2 por compressão – Compressor

Ocorre apenas a compressão do fluido (em estado gasoso) para condensar.

#### **2.2.1.1.3 por condensação – Condensador**

No condensador, há troca de calor com o meio externo e a pressão aumenta gradativamente. Ao sair do componente refrigerador, o fluido em estado líquido total, segue para o dispositivo de expansão.

#### **2.2.1.1.4 por expansão – Dispositivo de expansão**

Por fim, este fluente segue para o componente de expansão, para diminuir sua pressão, através da expansão do fluido. Depois deste processo, o refrigerante é colocado no evaporador e renova o ciclo do sistema.

### **2.3 Calor**

O calor, no dia a dia; muitas vezes é confundido com a temperatura alta de algum ambiente, sendo dita de forma errônea, mas, em uma forma bem simples de definição desta energia térmica natural, é a circulação (ou trânsito) produzida pela desigualdade das temperaturas de um corpo ou sistema.

Complementando a afirmação, Sonntag (2003) anuncia que a transferência de calor ocorre devido a um sistema de temperatura alta aquecer o de temperatura baixa, ou seja, ceder calor para o sistema de temperatura inferior. Para que isso ocorra de uma forma única e eficaz, as temperaturas jamais se igualariam, mantendo assim uma diferença significativa.

Quando um corpo sofre o ganho ou a perda de calor, ocorre duas situações, ou há uma variação na temperatura ou este sofrerá uma mudança em seu estado físico, ambos são chamados de calor sensível e calor latente. Abaixo será mostrado os dois tipos e depois desta definição será mostrado as principais formas de transmissão de calor.

### 2.3.1 Calor Sensível

Ocorre quando há um fornecimento de energia para um corpo, e este corpo (ou matéria) ao receber transforma em aumento de sua temperatura. Nesse processo não há mudança de estado físico. Um exemplo simples ocorre quando é aplicado aquecimento em uma barra de ferro. Esta barra ao receber esta energia, aumenta a sua temperatura, sem entrar no estado líquido (FARIAS & BEZERRA, 2018).

Abaixo a fórmula define o calor sensível:

$$Q = mc\Delta\theta \quad (2.2)$$

Onde:

Q – Quantidade de calor (cal)

m – Massa (g)

c – calor específico (cal/ (g °C))

$\Delta\theta$  – variação de temperatura (°C)

### 2.3.2 Calor Latente

Já o calor latente, ocorre ao inverso do anterior. Visto que é necessário ser aplicado uma certa quantidade de energia em uma substância para que ocorra a mudança do estado físico, não alterando a sua temperatura.

Carneiro (2015) exemplifica um exemplo, onde o gelo é retirado do local refrigerante e colocado em temperatura ambiente. Aplicando uma determinada quantidade de energia (energia térmica., esse gelo sai do estado sólido para o líquido através da fusão.

A equação que define os parâmetros necessários é demonstrada a seguir:

$$Q = mL \quad (2.3)$$

**Onde:**

Q – Quantidade de calor (cal)

m – Massa que sofre a mudança de estado físico (g)

L – Latência de estado físico

### **2.3.3 Transferência: Propagação de Calor**

Na propagação ocorre o trânsito da energia em sua forma térmica na massa, onde esta quantidade é transferida do meio quente ao mais frio. Três tipos especificam a propagação, estes são explicados através de figuras idealizadas por My Brain (MY BRAIN, 2016):

#### **2.3.3.1 Condução**

A condução de calor (ou térmica) acontece quando há o encontro de átomos e moléculas (encontro de dois corpos), ocorrendo assim um choque entre ambos, realizando assim uma “troca”. Esta troca permite que átomos e moléculas em alta agitação (corpo de temperatura elevada) transformem-se junto aos átomos de baixa agitação (temperatura baixa), tendo assim um equilíbrio térmico das matérias. Esta transmissão acontece especialmente em sólidos.

Em um exemplo hipotético, é mostrado na figura 2.5 que, ao encostar uma barra metálica (com uma temperatura inicial de 30 °C) na fogueira (temperatura de 150 °C) provocará uma agitação das moléculas e de toda a vizinhança de átomos. Uma quantidade de energia será conduzida para a barra causando assim aumento de temperatura, visto que ocorrerá um equilíbrio térmico a um certo ponto (MY BRAIN, 2016).

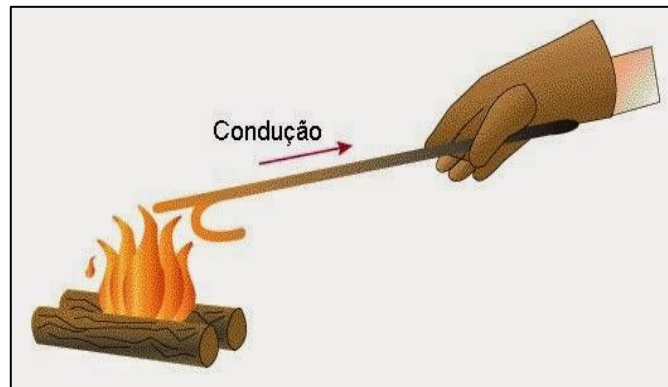


Figura 2.5 – Condução Térmica (Adaptado de MYBRAIN, 2016)

### 2.3.3.2 Convecção

A convecção ocorre essencialmente em líquidos (ou fluidos, de forma física), onde essencialmente há uma transmissão de calor através deste líquido em seu próprio movimento constante.

Quando uma panela com água (figura 2.6) é aquecida no fogo a uma determinada temperatura, haverá alterações térmicas. Pequenos filetes de água começam a entrar em ebulição, fazendo com que borbulhem, este fenômeno se chama corrente de convecção, visto que, quando os filetes vermelhos estão aquecidos sobem para superfície, fazendo que os filetes azuis desçam até a base metálica da panela e assim seguir a mesma trajetória (MY BRAIN, 2016).



Figura 2.6 – Convecção Térmica (Adaptado de MYBRAIN, 2016).

### 2.3.3.3 Radiação

A radiação térmica (ou irradiação) tem com maior exemplo o sol (como está mostrado na figura 2.7), onde ondas de calor provenientes da estrela, propagam sobre determinadas regiões do planeta. Essas ondas são eletromagnéticas. A irradiação necessariamente não precisa de matéria, tendo ar como uma amostra. Outro ponto importante é a transferência por radiação mesmo no vácuo, sendo que o sol propaga a sua intensidade por estes vazios (MY BRAIN, 2016).

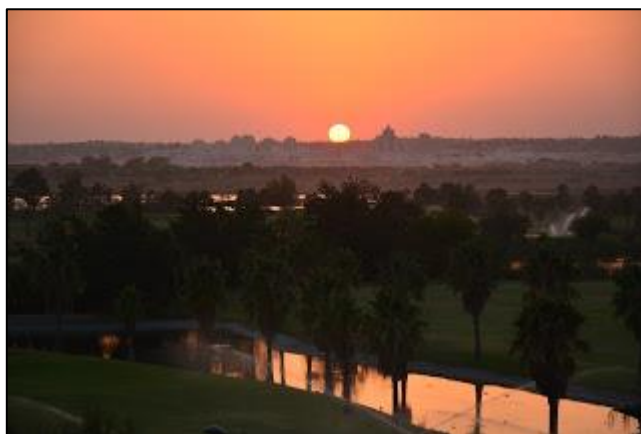


Figura 2.7 – Irradiação de calor (Adaptado de MYBRAIN, 2016).

## 2.4 Carga Térmica

A carga térmica em um ambiente, define-se como a soma de todos os tipos de calores existentes no próprio ambiente. Um conceito mais concreto explica que quando ocorre o resfriamento em um local, se deve ao fato da retirada de calor sensível e latente que estão provenientes deste determinado recinto.

Para ter uma concepção, a carga térmica tem extrema importância para refrigeração (incluindo aquecimento, ventilação e ar condicionado), isso se deve ao fato de que a partir deste é possível fazer o dimensionamento e a consequente instalação dos equipamentos que foram escolhidos em projeto. Na figura 2.8 relaciona-se com os fatores, e estes que afetam as trocas térmicas são divididos em quatro categorias de carga: transmissão, solar, de infiltração e cargas internas (STOECKER, 1985).

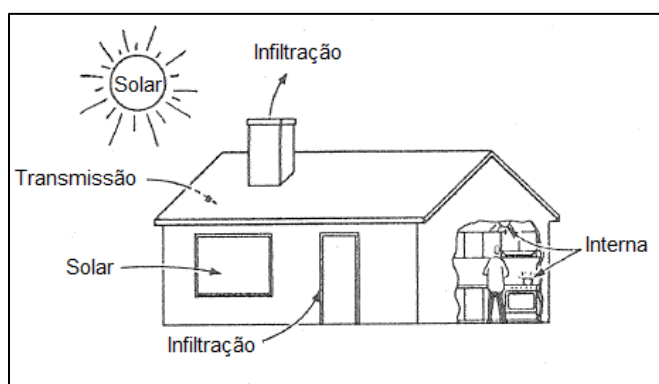


Figura 2.8 - Fatores que afetam a carga térmica (Adaptado de Stoecker, 1985).

Logo após serem mostrados os pontos de cargas oriundas e derivadas da casa utilizada como exemplo da figura 2.8, é destacado dois tipos de carga térmica, sendo que, a ênfase gira em torno da carga térmica por resfriamento, primordial neste projeto.

### 2.4.1 Carga térmica por aquecimento

A inserção de calor em zona habitáveis de regiões que possuem baixas temperaturas ou o intenso frio, também é indispensável para comodidade e conforto térmico dos ocupantes. Para que isso seja necessário, a carga térmica discrimina um levantamento, no qual a temperatura interna esteja superior termicamente à temperatura de fora (externa).

O cálculo desta carga gira em torno de perdas de calor, isto é, é somada as perdas térmicas por infiltração e por renovação de ar, basicamente. Regiões tropicais e subtropicais, esse tipo de projeto é pouco utilizado, tendo mais destaque em regiões de clima temperado e frio, respectivamente. Neste caso ainda, é recomendado sempre uma máquina de ciclo reversa (especialmente a ambientes com temperaturas inferiores a 15° C).

#### **2.4.2 Carga térmica por resfriamento**

Enfatizando esta condição de carga térmica (já citada) é entendido que o objetivo é em apresentar todas as cargas que afetam direta e indiretamente um local onde se deseja o dimensionamento de qualquer aparelho que conforte termicamente.

Miller & Miller (2014) explica que há a necessidade da divisão de cargas ao longo do projeto. Dividem-se em quatro elementos. Depois de analisadas as quantidades, são totalizadas a fim de estimar o tempo do funcionamento e os critérios para serem usados no esboço do projeto. Os quatro elementos dividem-se em cargas térmicas de renovação de ar e dos produtos que compõem, as variadas cargas presentes e calor proveniente das paredes.

Para ampliar o contexto, a estimativa da carga térmica por resfriamento torna-se hermética pelo simples fato de detalhar todos os tipos de cargas que são provenientes. Nas cargas externas, por exemplo, há a necessidade de vista geográfica do local, exposição de radiação solar e posição do sol durante o dia (especialmente em horários em que a temperatura é mais elevada).

Já nas cargas internas, as cargas de iluminação, de aparelhos eletrônicos e eletrodomésticos possuem uma quantidade significativa de calor. As partições (paredes paralelas, paredes que separam cômodos) presentes no recinto também têm a sua quantidade, juntamente com os



ocupantes do espaço. Além destas, muitas outras parcelas são acrescidas, mesmo que tenham valores mínimos.

## **2.5 Conforto Térmico**

Um local ambientado por uma climatização agradável onde a temperatura se adequa aos parâmetros de satisfação é uma das definições que é aplicada para conforto térmico em um recinto. Estar em um ambiente desses, propicia sempre um bem-estar, motivação e aumento de empenho para encarar o dia.

Há 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 (Braz, 2005).

Vários fatores também podem afetar positivamente no conforto térmico do recinto. Umidade relativa, temperatura do ar (bulbo seco), a velocidade do ar, irradiação térmica e até isolamento por meio de roupas podem ser um acréscimo para manter o ambiente satisfatório.

## METODOLOGIA

O projeto é baseado em climatização do ambiente, onde nesta etapa a avaliação do memorial descritivo, contribuirá para o progresso da etapa seguinte, tendo como inclusas, informações que serão essenciais para o cálculo da carga térmica do recinto.

Na visita técnica a área, serão colhidas informações das atividades que são praticadas no templo, os dias e horários, assim como a quantidade máxima de pessoas no ambiente. Estes dados então, são inseridos junto a um esboço feito sobre o espaço estudado. Tudo isso tendo a supervisão e apoio do orientador do projeto e dos coordenadores do local estudado.

Nas informações complementares foram filtradas uma abordagem específica, onde faz-se necessário o uso constante do referencial teórico, expondo conceitos que envolvem o meio da termodinâmica, refrigeração e principalmente em ar condicionado. Os conhecimentos adquiridos em sala de aula e algumas monografias voltadas a área também desempenharam um papel importante.

As normas brasileiras aplicadas a este assunto se tornarão um pilar para cada detalhamento no momento do dimensionamento. Durante todo o processo do projeto, será feito um cálculo detalhando, o dimensionamento da carga térmica do local, tendo em mãos informações referentes as normas da ABNT, como por NBR 16401-1, 6401, 5410, entre outras fontes de normatização que serão referências, designando assim de memorial descritivo do projeto de climatização do templo (LEIROS, 2018).

Para flexibilizar este tópico, foram divididos os parâmetros que compõem a metodologia em questão. A seguir são explicados gradativamente os procedimentos.

### 3.1 Detalhamento do problema

A cidade de São Luís, situada na extensão litorânea brasileira, está geograficamente em uma região predominante de planícies. Localizada a norte do estado do Maranhão, apresenta em seus aspectos climáticos uma forma quente e úmida, devido sua localização em uma zona tropical. Levando em conta esta informação, as temperaturas mínimas entre 22 °C e 24 °C, com suas máximas de 29 °C e 32 °C (CLIMATE-DATA, 2019).

Por consequência, a partir do mês de dezembro, alongando-se aos primeiros meses do ano, há, de forma constante, chuvas frequentes que variam de intensidade no decorrer dos meses até junho. Ao decorrer do ano, ou seja, no 2º semestre, as chuvas cessam, principiando a intensa e elevada temperatura no município (CLIMATE-DATA, 2019).

Diante disto, ambientes domésticos, repartições privadas e públicas sofrem intensamente com essas condições, causando assim uma alta procura por equipamentos, produtos e até recorrendo por mudanças estruturais para propiciar aos locais uma forma de confortar termicamente. Visando esta problemática, a realização de tal procedimento, é essencial para amenizar os efeitos naturais no recinto.

A carga térmica que será obtida nesta proposta de dimensionamento, viabilizando alguns dados climáticos da região e onde será avaliado. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), dispôs na NBR 16401-1 (2008), informações que facilitam nos cálculos específicos de determinadas situações. Como informa a Tabela 3.1 (dividida em duas partes), os aspectos do clima presente na capital São Luís. Vale salientar alguns pontos presentes nas tabelas a e b, em que mostram as temperaturas de bulbo seco e úmido.

Tabela 3.1a – Aspectos climáticos de São Luís (Adaptado de ABNT NBR 16401-1, 2008)

MA	São Luís	Latitude	Longitude	Altitude	Pr. Atm	Período
		2,60S	44,23W	53m	100,69	84/01

Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade		
		TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc
Nov.	0,40%	34,1	26,3	27,2	31,7	26,2	21,7	29,3
$\Delta T_{md}$	1%	33,8	26,3	26,9	31,4	25,9	21,3	29,1
7,4	2%	33,1	26,1	26,7	31,1	25,3	20,6	28,3

Tabela 3.1b – Aspectos climáticos de São Luís (Adaptado de ABNT NBR 16401-1, 2008)

Extrem. Anuais	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
		32	35,8	1,8	19,8
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquec.	Umidade		
Mar		TBS	TPO	w	TBSc
	99,60%	22,8	20,2	15	28,8
	99%	23	21	15,7	28,4

**Onde temos:**

Pr atm - Pressão atmosférica padrão no local (**kPa**)

Período - Tempo de observações meteorológicas (**ano inicial/ano final**)

Extrem. Anuais - Média das temperaturas extremas anuais e desvio-padrão (**s**)

Mês > Qt - Mês no período com a maior média das temperaturas máximas

$\Delta T_{md}$  = Variação média da temperatura diária no mês mais quente

Frequência anual - Porcentagem do total das horas do ano em que as temperaturas de projeto indicadas serão provavelmente ultrapassadas

TBS, TBU, TPO - Temperaturas (máx. ou min) de projeto, de bulbo seco, bulbo úmido e ponto de orvalho

TBSc, TBUc - Temperaturas de projeto coincidentes, de bulbo seco, bulbo úmido

w - Umidade absoluta (**g/kg de ar seco**)

### 3.2 Avaliação do espaço

Visto pelas imagens de satélite do Google Maps (figura 3.1), o espaço geográfico onde se encontra a igreja e a vizinhança que compõem. Na Figura 3.1, é destacado o local com a cor amarela. No local demarcado pela vista aérea, o lado onde apresenta a cobertura marrom escuro é a localização do templo estudado, já a parte mais clara é composta de um anexo da igreja, no qual não será avaliada.

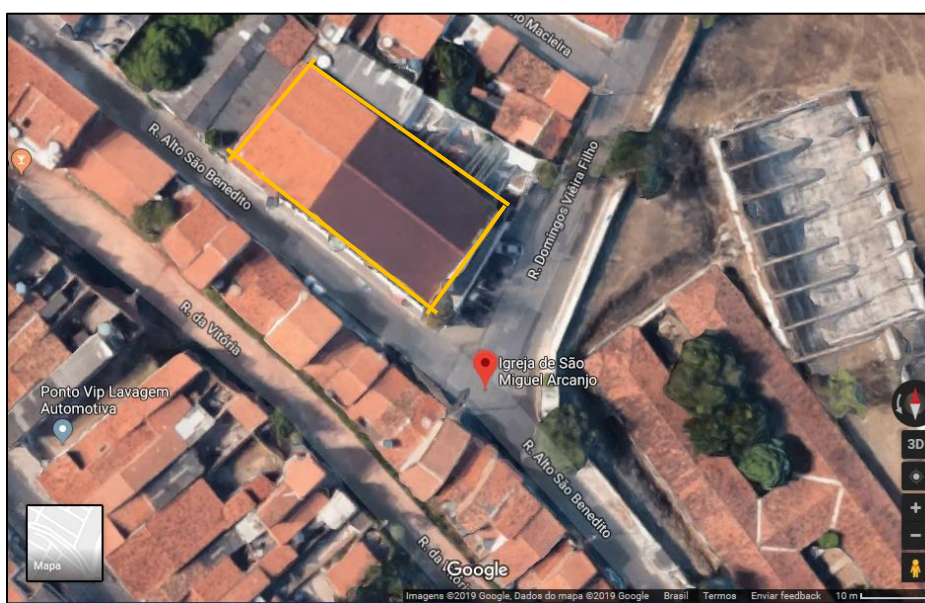


Figura 3.1 – Localização da igreja São Miguel Arcanjo (Adaptado de Google Maps, 2019)

Avaliando internamente o ambiente da igreja, é percebido um ponto importante, onde as telhas termoacústicas já desempenhavam um papel importante para a sensação térmica dos ocupantes. Durante uma conversa entre os representantes, foi definido que será utilizado forro de madeira (visto que este tipo de forro é adequado às instalações elétricas e conforto termo acústico) para preenchimento do teto do templo.

### **3.3 Cálculo da carga térmica e suas atribuições**

Para o dimensionamento de ar condicionado em qualquer localidade pré-determinada, é necessário a estimativa da carga térmica presente no ambiente para o conforto térmico. Cargas externas, internas e outras cargas diversas, constarão nos cálculos.

Nos métodos usados, será utilizada como base a temperatura dos dias mais quentes, isto é, com mais solicitações térmicas. Silva (2014) afirma que, esta é forma mais viável, pois tendo estimado a maior carga térmica feita no ano dentre outras, automaticamente modelará as restantes, com solicitações menores.

Durante o cálculo da carga térmica, alguns dados serão acrescentados ou retirados para termos uma noção padrão. Esta apuração será feita através de medições feitas no local e buscando essas dimensões necessárias, o uso de equipamentos de medições, colherá, por exemplo, medidas de portas, janelas, área do templo, entre outras informações.

Através de anexos da NBR, elaboradas pela ABNT, direcionará as condições necessárias para a elaboração correta do projeto. A ABNT NBR 16401-1 (2008) mostra claramente dados relevantes em torno do ambiente a ser estudado. Abaixo algumas parcelas de carga térmica presente em ambientes que desejam-se dimensionar tal aparelho de conforto térmico.

#### **3.3.1 Cargas externas**

São cargas oriundas de fatores externos que estão presentes e influentes ao redor do ponto examinado. Estas cargas compõe uma quantidade térmica de calor por serem absorvidas para o meio interior.

### 3.3.1.1 Condução em superfícies

No cálculo das cargas de condução em paredes que recebem massa e outros isolantes e visando o cálculo das acumulações térmicas, será utilizada a lei de resfriamento de Newton, no qual o fluxo de energia térmica:

$$q(\text{cond}) = UA\Delta t \quad (3.1)$$

**Onde:**

$q$  (cond.) – fluxo do calor (W)

$U$  – coeficiente global de transferência de calor ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$  ou  $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$ )

$A$  – área da superfície ( $\text{m}^2$ )

$\Delta t$  – variação de temperatura entre os pontos (K ou  $\text{°C}$ )

A energia solar tem uma influência direta, pois a intensidade em que a temperatura se eleva ao meio externo, acaba por interferindo ao meio interno, alterando assim a capacidade de conforto térmico do templo durante suas atividades. Será utilizado o coeficiente global de transferência de calor ( $U$ ), pois vários pontos são obtidos facilmente e demonstra as deslocamentos do calor por hora em cada  $\text{m}^3$  pertencente a superfície (CREDER, 2004).

### 3.3.1.2 Insolação em superfícies opacas

No primeiro ponto estará em análise as superfícies opacas, compostas por paredes, coberturas e/ou vidros (especialmente de portas e janelas) que absorvem no impacto térmico, uma quantidade relevante para o meio interno, ocasionando um aumento na temperatura, mesmo sendo uma taxa insignificativa.

Detalhadamente, a análise por este método, utilizando esta lei, explorará os pontos, por meio de vistas (frontal e laterais), onde a luz solar é projetada. Buscando horários (dia, noite e

especialmente em dias que ocorrerão afazeres dentro do templo) par assim aperfeiçoar na escolha do equipamento.

$$q(ins) = UA[(te - ti) + \Delta t] \quad (3.2)$$

**Onde:**

Q – Cargas de insolação por superfícies opacas (W)

U – coeficiente global de transmissão de calor ( $\frac{kcal}{h} * m^2 * ^\circ C$ )

A – área da superfície ( $m^2$ )

te – temperatura do exterior ( $^\circ C$ )

ti – temperatura do interior ( $^\circ C$ )

$\Delta t$  – acréscimo ao diferencial de temperatura, obtida pela tabela 3.2

Tabela 3.2 – Acréscimo ao diferencial de temperatura (Adaptado de Creder, 2004)

Superfície	Cor Escura	Cor Média	Cor Clara
	$^\circ C$	$^\circ C$	$^\circ C$
Telhado	25	16,6	8,3
Parede L ou O	16,6	11,1	5,5
Parede N	8,3	5,5	2,7
Parede S	0	0	0

**3.3.2 Cargas internas**

Em tese, as acumulações de maior importância no projeto. Estas cargas possuem uma quantidade grande de calor presente dentro do ambiente, sendo que possuem tanto calor sensível quanto latente. Pessoas ocupantes do local, aparelhos, tanto eletrônicos, quanto eletrodomésticos, iluminação, a edificação em si, entre outros, são as consequências de alterações na temperatura.



No ambiente onde será instalado o sistema de ar condicionado, sendo em uma intensidade que o sistema de ar condicionado trabalhará apenas poucos dias da semana, atentando-se a estes dias, pois muitas pessoas frequentam de maneira massiva, causando assim, um desequilíbrio térmico inicial, mas automaticamente regulará o conforto térmico aos fiéis.

### 3.3.2.1 Pessoas – Carga humana

Os ocupantes do ambiente também têm suas parcelas de calores transmitidos, sendo assim mais uma parcela de carga térmica, visto que compõe calores, latente e sensível. Nesta questão, a quantidade de pessoas componentes nesta área norteará o desenvolvimento do projeto, já que influirão no conforto térmico, causando a elevação da temperatura no ambiente.

No cálculo da carga de ocupantes, teremos:

- **Carga Térmica Sensível – QTS**

$$QTS = CS \times n^{\circ} \text{ de pessoas} \quad (3.3)$$

**Onde:**

CS – Calor Sensível (em W)

- **Carga Térmica Latente – QTL**

$$QTL = CL \times n^{\circ} \text{ de pessoas} \quad (3.4)$$

**Onde:**

CL – Calor Latente (em W)

Para a equação final é utilizada a soma da carga QTS com a QTL:

$$Qp = QTS + QTL \quad (3.5)$$

### 3.3.2.2 Iluminação

Como carga de iluminação, emissores de luz também sofrerão a análise. Ao ter uma quantidade massiva ocupando e iluminando o recinto, acaba por gerar uma certa quantidade de calor, sendo este. Outros fatores que emitem luz trazem mais adicionais as cargas térmicas. Pisos, paredes, móveis, entre outros que estão incrementados, pois sofrem com o reflexo projetado, estes parâmetros não serão usuais por ter quantidades irrelevantes neste trabalho.

Para calcular a iluminação utilizaremos a equação abaixo:

$$Q_i = P_t \times 0,86 \quad (3.6)$$

**Onde:**

$Q_i$  – cargas de iluminação

$P_t$  – Potência total dissipada da iluminação

0,86 – Conversão de W em kcal/h

### 3.3.2.3 Cargas diversas

As cargas diversas são as parcelas mais simples de serem avaliadas. Aparelhos elétricos e eletrônicos (projetores de imagens, notebooks, roteadores, sistemas de som, entre outros), precisarão serem acrescentados para o dimensionamento correto do aparelho de ar condicionado.

$$Q_{ds} = P_t \times 0,86 \quad (3.7)$$

**Onde:**

$Q_{ds}$  – cargas diversas

### 3.3.2.4 Cargas de infiltração

As cargas de infiltração, são definidas como qualquer corrente de ar externo que se movimenta em direção a um determinado recinto, visto que este possui diversas entradas, como brechas, frestas e aberturas de portas e janelas, facilitando o aumento de clima térmico no local.

Se este determinado ambiente for comportar qualquer tipo de climatização, é conveniente avaliar estas quantidades, pois é essencial para o projeto, porém é um tipo de carga que o resultado não é exato, sempre sofre variações. Portanto serão utilizados dois métodos bem conhecidos, a infiltração de frestas e as infiltrações com as consequentes aberturas de portas e janelas.

#### ❖ Infiltração por frestas

As frestas agregadas aos elementos de vedação possuem uma parcela de cargas externas que transpassam para dentro do ambiente. Para os cálculos das acumulações térmicas provenientes destas aberturas usaremos:

✓ Em janelas

$$V_{tj} = V_{fj} \times (n \times m_{fj}) \quad (3.8)$$

**Onde:**

$V_{tj}$  – vazão total de infiltração de frestas na janela ( $\frac{m^3}{h}$ )

$V_{fj}$  – vazão de infiltração ( $\frac{m^3}{h}$ ) (tabelada na norma ABNT NBR 6401:1980)

$n$  – número de janelas

$m_{fj}$  – medidas de frestas (m)

✓ Em portas

$$V_{tp} = V_{fp} \times (n \times m_{fp}) \quad (3.9)$$

**Onde:**

$V_{tp}$  – vazão total de infiltração de frestas na porta ( $\frac{m^3}{h}$ )

Vfp – vazão de infiltração de portas ( $\frac{m^3}{h}$ ) (tabelada na norma ABNT NBR 6401:1980)

n – número de janelas

mfj – medidas de frestas (m)

$$qsf(\text{inf}) = Vpi \times 0,29(T2 - T1) \quad (3.10)$$

$$ql(\text{inf}) = Vpi \times 0,71(ue2 - ue1) \quad (3.11)$$

**Onde temos:**

T1 – temperatura estipulada interior

T2 – temperatura estipulada exterior

Ue1 – umidade específica para temperatura estipulada interior

Ue2 – umidade específica para temperatura estipulada exterior

Para condições de cálculos, são determinadas as umidades específicas para estipular de maneira correta as cargas de infiltração e renovação. Creder (2004) afirma o fluxo da velocidade da região externa influencia diretamente no recinto a ser climatizado, tornando assim vinculado aos processos de carga.

✓ **Estipular a umidade específica em torno de temperaturas indicadas**

**1ª etapa** - cálculo de pressão de saturação (para as temperaturas estipuladas):

$$es = 0,6108 * 10^{\left[\frac{7,5xT}{237,3+T}\right]} \quad (3.12)$$

$$es = 0,6108 * 10^{\left[\frac{7,5xT}{237,3+T}\right]} \quad (3.13)$$

**Onde:**

es – Pressão de saturação de vapor;

T – Temperatura do ar em °C.

✓ **Estipular a umidade específica em torno de temperaturas indicadas**

**2ª etapa** - cálculo da umidade específica (para as temperaturas estipuladas):

$$ue1 = \frac{0,622 \times ea}{[Patm - (0,378 \times ea)]} \quad (3.14)$$

**Onde:**

UE - Umidade específica;

ea - Pressão atual de vapor; (multiplicado pela umidade relativa estipulada)

Patm - Pressão atmosférica em kPa.

❖ **Aberturas de portas e janelas**

Seguindo a NBR 6401, é examinado que a que a vazão de infiltração nas constantes aberturas de portas e janelas:

$$qsa(\text{inf}) = Vpi \times 0,29 (T2 - T1) \quad (3.15)$$

$$qla(\text{inf}) = Vpi \times 0,71 (ue2 - ue1) \quad (3.16)$$

**Onde:**

Vpi – vazão de infiltração

### 3.3.2.5 Cargas de renovação

Para Strobel (2013), as cargas de renovação para ambientes climatizados, ocasionam em melhoramento significativo do calor proveniente, advinda de infiltrações e ventilação e remove aos poucos ares poluentes (fumaças, poeiras, entre outros). Para isso é avaliado a vazão da renovação de ar:

$$Vr = \frac{Fp \times np + Fs \times A}{1000} \quad (3.17)$$

**Onde:**

$Vr$  – Vazão de renovação ( $m^3/s$ )

$Fp$  – Fator de infiltração por pessoa (l/s . pessoas)

$np$  – número de pessoas

$Fs$  – Fator de infiltração por área (l/s. $m^2$ )

$A$  – área ( $m^2$ )

Logo após são mostradas as cargas térmicas sensível e latente de renovação:

$$qsr = Vr \times 0,29(T2 - T1) \quad (3.18)$$

$$qlr = Vr \times 0,71 (ue2 - ue1) \quad (3.19)$$

### 3.4 Seleção dos principais equipamentos

Depois de colhidos todos os dados possíveis, será possível a escolha dos equipamentos ideais para serem instalados, visando o menor custo possível. Muitas fabricantes despontam no mercado de refrigeração, mas baseando-se em padrões de ambientes amplos, fabricantes como Carrier, Elgin, Electrolux e Springer, buscam facilitar esta procura através de manuais, tendo mais praticidade e flexibilidade.

Para selecionar os equipamentos ideais no recinto, há a necessidade de encontrar a capacidade térmica que o sistema de ar condicionado poderá comportar. Além disso, o tempo por ser um local de grandes dimensões e de bastante movimentos de fieis, o tipo de ar condicionado é previamente escolhido. A categoria Split-teto em sua maioria é recomendável por sua grande capacidade de circulação de ar, tendo uma vantagem maior em relação ao split tradicional.

A colocação adequada dos aparelhos no interior do ambiente também é determinante. Com a finalidade de facilitar a escolha, foi selecionado alguns manuais regentes que guiam as posições ideais de onde o fluxo de ar não fosse prejudicado e confortar termicamente o recinto e seus ocupantes.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a avaliação do ambiente, serão salientados os resultados, tendo todo o baseamento por meio de normas essenciais para essas aplicações. Nesta seção, em destaque, temos os tópicos 4.1, com as considerações iniciais, logo em 4.2, a análise de carga térmica dos parâmetros e no último tópico foram escolhidos os equipamentos essenciais para os procedimentos de instalação.

### **4.1 Considerações iniciais**

Levando em consideração dados do item 3.1, no qual foi baseado na norma da ABNT NBR 16401-1:2008, o mês escolhido para efetivação do cálculo da carga térmica foi o mês de novembro, onde é apurado que as temperaturas de bulbo seco (TBS) e úmido (TBUc) giram em torno de 33,1 °C e 26,1 °C respectivamente, em uma frequência anual de 2,0% (cuja frequência influencia positivamente nos custos finais do projeto, visto ter sido acordado com os coordenadores da igreja) (LEIROS, 2018).

Para a análise de carga térmica máxima (visando usar um valor de segurança para habituar as máquinas que serão utilizadas), baseou-se na norma ISO 7730 (2005) para a aplicação do horário de 17:00 horas (quando o recinto começa a ser utilizado), com condições climáticas favoráveis para a aplicação do projeto em questão. Foram estabelecidos, também através da norma ISO 7730, que a temperatura externa gira em torno de 32°C, com a temperatura interior de 25 °C, não fugindo dos aspectos climáticos.

#### **4.1.1 Dimensões do ambiente e suas atribuições**

Abaixo teremos as medições realizadas na área e seus pontos principais, tais como estão inseridas portas e janelas. Para a aferição dos dados, foram utilizadas trenas (física e digital), paquímetros e réguas. Utilizando o software de simulação AUTOCAD 2010, foi elaborada figura



(Anexo A) em função de demonstrar a posição e as medidas do ambiente. Vale lembrar que na figura, as portas e janelas laterais são semelhantes.

Tabela 4.1 – Determinação de medidas do templo

<b>Medidas</b>	<b>Dimensões (m)</b>
Comprimento	18
Largura	14
Altura	4,5

Vale lembrar que as portas e janelas, particularmente em sua maioria são compostas de vidro temperado, no qual possuem uma proteção com película de segurança. A única diferença ocorre na face de saída, em que a porta de madeira seja o acesso ao anexo inserido na igreja.

Tabela 4.2 - Face central (face S)

<b>Elementos</b>	<b>Dimensões (cm)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Espessura (mm)</b>	<b>Quantidade</b>
Porta central	305 x 250	7,625	20	1
Janela central C1	230 x 110	2,53	20	2
Janela central C2	200 x 100	2	10	2
Janela central C3	Ø80	2,01	10	1

Tabela 4.3 - Face lateral direita e esquerda (face L e face O)

<b>Elementos</b>	<b>Dimensões (cm)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Espessura (mm)</b>	<b>Quantidade</b>
Porta lateral	234 x 220	5,148	20	1
Janela lateral D1	163 x 260	4,238	20	3

Janela lateral D2	100 x 230	2.3	20	1
-------------------	-----------	-----	----	---

Tabela 4.4 - Face saída (face N)

Elementos	Dimensões (cm)	Área ( $m^2$ )	Quantidade
Porta de saída	210x80	1,68	1

## 4.2 Análise das cargas térmicas

Após o dimensionamento das variáveis anteriores, o foco principal tende a apresentar os resultados da aferição das cargas oriundas do recinto. Determinando a análise de carga térmica, foram utilizados programas auxiliares e facilitaram mais nos cálculos das cargas oriundas. Um detalhe importante a ser mencionado é a transformação de unidade, onde:

$$\underline{1 \text{ Watt (W)} = 0,859845 \text{ Quilocalorias por hora (kcal/h)}}$$

Será utilizado o valor de 0,86 kcal/h para aproximarmos os valores em resultados exatos. Esta conversão foi utilizada para todas as cargas apresentadas abaixo.

Inicialmente, foram avaliadas as cargas oriundas do lado externo, tal como as cargas por condução solar. Por haver portas e janelas, o nível de insolação também foi calculado. Posteriormente, constataram as cargas internas do ambiente, as cargas de infiltração, cargas de renovação e ao final a soma de todas as cargas térmicas.

Foram observados que as paredes do ambiente são de alvenaria de tijolo cerâmico, com massa corrida para a área interna e massa acrílica no ambiente externo, tendo como revestimento, tinta acrílica, sendo revestido internamente com a cor azul e utilizada a cor amarela para as paredes externas.

Nas cargas internas, introduziram-se as acumulações de energia térmica existentes no ambiente em que o ar será condicionado. Pessoas, iluminações presentes e as cargas diversas (tais como aparelhos eletrônicos), obtiveram resultados significativos, ou seja, dados que de fato, puderam ser adicionados aos totais de cálculo de carga térmica.

#### 4.2.1 Cargas Externas

Nas cargas externas, foram filtrados os dias característicos (onde houve predominância de sol e chuva. Por meio de tabelas e fórmulas, as análises simularam os dias mais quentes, onde serviram de parâmetro para o cálculo térmico de segurança e conseqüente escolha do equipamento.

##### 4.2.1.1 Condução por paredes externas, piso e teto

As cargas de condução possuem grande influência neste projeto, pois em 75% dos eventos que ocorrem durante o dia, tendo assim um impacto térmico solar constante. De acordo com a figura 4.1, na face norte não houve um cálculo semelhante aos demais, por haver um anexo inserido ao templo na região onde se encontra em destaque de cor vermelha:

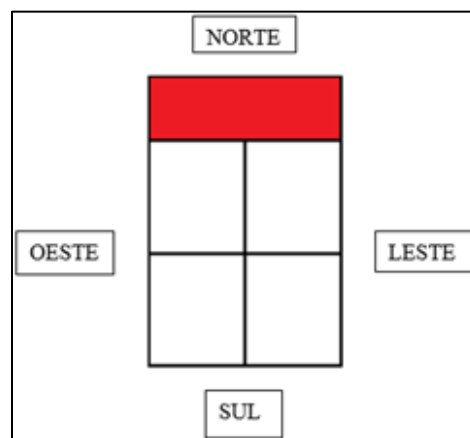


Figura 4.1 – Esboço simples do recinto

As paredes dos lados Oeste e Leste, assim como os lados Sul e Norte, possuem áreas iguais, ou seja, não houve a necessidade de verificação de área de cada superfície plana. Abaixo estão calculadas as áreas em questão:

$$Al = bl \times hl \quad (4.1)$$

$$\underline{Al = 18 \times 4,5 = 81 \text{ m}^2}$$

**Onde:**

Al – área lateral (m)

bl – base lateral (m)

hl – altura lateral (m)

Já na parede da entrada, podemos calcular:

$$Af = bf \times hf \quad (4.2)$$

$$\underline{Af = 14 \times 4,5 = 63 \text{ m}^2}$$

**Onde:**

Af – área frontal (m)

bf – base frontal (m)

hf – altura frontal (m)

#### ❖ Face Oeste (O)

- **Parede em contato com o ambiente externo**

Para a análise da parede do lado Oeste, pode-se verificar que a parede possui janelas e portas, portanto o valor área da face terá decréscimo de valor (serão retiradas as áreas das janelas e portas). O valor da área lateral já foi atribuído de acordo com a equação 4.1:

$$A_l = 81m^2$$

As áreas das janelas e a porta, juntamente com a quantidade estão na tabela 4.3. Sendo assim calculamos:

$$A(\text{porta lateral}) = 5,148 m^2 \times 1 = 5,148 m^2$$

$$A(\text{janela lateral d1}) = 4,238 m^2 \times 3 = 12,714 m^2$$

$$A(\text{janela lateral d2}) = 2,3 m^2 \times 1 = 2,3 m^2$$

$$A(\text{parede}) = A_l - A(\text{porta lateral}) - A(\text{janela lateral d1}) - A(\text{janela lateral d2}) \quad (4.3)$$

$$\underline{A(\text{parede}) = 81 - 5,148 - 12,714 - 2,3 = 60,838 m^2}$$

Já a equação 3.1 nos guia para calcular tal carga atribuída, visto que de acordo com a tabela 4.5 elaborada por Creder (2004), temos o diferencial de temperatura DT ou simplesmente  $\Delta t$  como:

$$\Delta t = 9,4^\circ\text{C}$$

Tabela 4.5 – Diferencial de temperatura usado nos projetos – DT – baseado na diferença entre a temperatura externa e o recinto condicionado (Adaptado de Creder, 2004)

	DT (°C)	
1	Paredes exteriores	9,4
2	Vidros nas paredes exteriores	9,4
3	Vidros nas divisórias	5,5
4	Vitrines de lojas com grande carga de luz	16,6
5	Divisórias	5,5
6	Divisórias junto de cozinha, lavanderias ou aquecedores	13,8

7	Pisos sobre recintos não-condicionados	5,5
8	Pisos do térreo	0
9	Pisos sobre porão	0
10	Pisos sobre porão com cozinha, lavanderias e aquecedores	19,4
11	Pisos sobre espaços ventilados	9,4
12	Pisos sobre espaços não ventilados	0
13	Tetos sobre espaços não condicionados	5,5
14	Tetos sobre espaços com cozinhas, lavanderias e aquecedores	11,1
15	Tetos sob telhados com ou sem sótão	9,4

Baseado na resumida tabela 4.6, onde foi elaborado por Gerner (2012), o coeficiente global de transmissão de calor em materiais utilizados aqui no Brasil foi aplicado, norteando as taxas de transferências térmicas da parede.

Tabela 4.6 – Coeficiente Global de Transferência de calor (U) para materiais de construção (Adaptado de Gerner, 2012)

Superfície	$\frac{kcal}{h} . m^2$
Paredes de Alvenaria	
Tijolo cerâmico, argamassa ambos os lados e=15cm;	2,71588

Por fim, é calculado a taxa térmica de condução de calor presente nesta parede:

$$q(\text{parede oeste}) = 2,71588 \times 60,838 \times 9,4 = 1553,15 \frac{kcal}{h}$$

❖ **Face Norte (N)**

- **Parede em contato com o ambiente interno**

Na face norte, será diferenciada das demais por haver o contato com o ambiente vizinho, ou seja, a parede do templo divide-se com o anexo inserido por trás da igreja. Primeiramente foi medido a área da parede:

$$A_f = 63 \text{ m}^2$$

Utilizando o método do tópico 4.2.1.1.1, foram decrescidas as áreas das portas e janelas da parede:

$$A(\text{porta de saída}) = 1,68 \text{ m}^2 \times 1 = 1,68 \text{ m}^2$$

$$A(\text{parede}) = A_f - A(\text{porta de saída}) = 63 - 1,68 = \mathbf{61,32 \text{ m}^2}$$

Fundamentando-se na tabela 4.7, onde é buscado o coeficiente de transferência de calor para paredes internas (paredes divisórias):

Tabela 4.7 – Coeficiente globais da transmissão de calor em U em kcal/h.m<sup>2</sup>.°C

(Adaptado de Creder, 2004)

<b>Elementos</b>	<b>U em kcal/h.m<sup>2</sup>.°C</b>
b)Paredes internas	
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 10 x 10 x 6 cm)	
Meia-vez (10 cm) = 6 tijolos + 2 revestimentos	2,54
Meia-vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos	2,1
Meia-vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos	1,61

Verificada tabela 4.7, foram optadas por escolher “tijolos furados meia vez (14 cm), tendo seu coeficiente de:

$$U = 2,1 \text{ kcal/h. m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Com relação a diferença de temperatura ( $\Delta t$ ), utilizamos a tabela 4.5, para paredes divisórias:

$$\Delta t = 5,5^\circ\text{C}$$

Após apurados todos os dados, calculamos a carga de condução  $q$  (norte),

- Dados:

$$A(\text{parede}) = 61,32 \text{ m}^2$$

$$U = 2,1 \text{ kcal/h. m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 5,5^\circ\text{C}$$

$$q(\text{norte}) = 2,1 \times 61,32 \times 5,5 = 708,246 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

#### ❖ Face Sul (S)

- Parede em contato com o ambiente externo

A face Sul apresentou vários aspectos, devido ser a face de entrada da igreja e consequentemente do templo. Tendo a área frontal no valor de:

$$A_f = 63 \text{ m}^2$$

Sendo assim:



$$A(\text{porta central}) = 7,625 \text{ m}^2 \times 1 = 7,625 \text{ m}^2$$

$$A(\text{janela central c1}) = 2,53 \text{ m}^2 \times 2 = 5,06 \text{ m}^2$$

$$A(\text{janela central c2}) = 2 \text{ m}^2 \times 2 = 4 \text{ m}^2$$

$$A(\text{janela central c3}) = 2,01 \text{ m}^2 \times 1 = 2,01 \text{ m}^2$$

$$A(\text{parede}) = Af - A(\text{porta central}) - A(\text{janela central c1}) - A(\text{janela central c2}) \\ - A(\text{janela central c3})$$

$$A(\text{parede}) = 63 - 7,625 - 5,06 - 4 - 2,01 = \mathbf{44,305 \text{ m}^2}$$

Já nos resultados do coeficiente global (U) e diferencial de temperatura ( $\Delta t$ ), serão empregadas as tabelas 4.5 e 4.6 para determinar os resultados, logo:

$$U = \mathbf{2,71588 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}}$$

$$\Delta t = \mathbf{9,4 \text{ °C}}$$

Desta forma:

$$q(\text{sul}) = 2,71588 \times 44,305 \times 9,4 = \mathbf{1083 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}$$

#### ❖ **Piso**

Na avaliação de carga de condução no piso, não obtivemos resultados expressivos, portanto será considerado nulo, conforme os parâmetros estabelecidos.

❖ **Teto (Cobertura)**

Levando em consideração informações da tabela 4.6, o calor transmitido para o telhado e o forro que será colocado:

$$U = 2,41895 \frac{kcal}{h} \cdot m^2 \cdot ^\circ C$$

Foi calculada a área da cobertura de acordo com o comprimento e a largura do espaço. Nota-se que, por ser utilizado telhado, verificou que há um acréscimo na área a ser observada. Aplicando as devidas estimativas, temos:

$$A = 284m^2$$

Complementando os dados necessários para a equação, o diferencial de temperatura divulga que, “tetos sob telhados com ou sem sótão” condiz com os métodos do projeto.

$$\Delta t = 9,4^\circ C$$

Ponderamos:

$$q(teto) = 2,41895 \times 284 \times 9,4$$

$$q(teto) = 6457,62 kcal/h$$

#### 4.2.1.2 Condução por janelas e portas

Baseando em algumas informações necessárias contidas no tópico 4.2.1.1, foram determinadas as acumulações térmicas de condução de portas e janelas, visto que os elementos são de sua maioria constituído de vidro opaco e não recebe a intensidade de insolação térmica.

##### ❖ Face Norte (N) – Porta de madeira

A porta com superfície de madeira, troca calor com o anexo inserido da igreja. Tendo mais clareza, não recebe nenhum tipo de transmissão solar e apenas conduz calor com ambiente interno. Usou-se novamente a Equação 3.1 para determinar as cargas provenientes. Feito isto, foram buscadas na Tabela 4.6, que no parâmetro “porta de madeira maciça (e = 4,0 cm)” temos:

$$U = 2,24623 \frac{kcal}{h} \cdot m^2 \cdot ^\circ C$$

$$A = 1,68 m^2$$

$$\Delta t = 5,5^\circ C$$

$$q(\text{porta de madeira}) = 20,75 \frac{kcal}{h}$$

##### ❖ Face Sul (S) – Portas e janelas de vidro centrais

A face Sul do templo, durante o horário estabelecido para certa afluência de pessoas na igreja, não recebe nenhum tipo de irradiação solar, porém a condução de calor das superfícies de vidro influencia ativamente para o aumento e capacidade térmica.

- **Porta de vidro central**

$$U = 5,27858 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$A = 7,625 \text{ m}^2$$

$$\Delta t = 9,4^\circ\text{C}$$

$$q(\text{porta de vidro central}) = 378,34 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

- **Janelas de vidro**

- ✓ Janela central C1

$$U = 2.70175 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$A = 2,53 \text{ m}^2$$

$$\Delta t = 9,4^\circ\text{C}$$

$$q(\text{janela de vidro c1}) = 64,25 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

- ✓ Janela central C2

$$U = 2.70175 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$A = 2 \text{ m}^2$$

$$\Delta t = 9,4^\circ\text{C}$$

$$q(\text{janela de vidro c2}) = 50,79 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

- ✓ Janela central C3

$$U = 2.70175 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$A = 2,01 \text{ m}^2$$

$$\Delta t = 9,4^\circ\text{C}$$

$$q(\text{janela de vidro c3}) = 51,04 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

❖ **Face Oeste (O) – Janelas e Portas de vidro laterais**

Na situação da face oeste, percebe-se que:

• **Janelas de vidro**

✓ Janela lateral D1

$$U = 2.70175 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$A = 4,238 \text{ m}^2$$

$$\Delta t = 9,4^\circ\text{C}$$

$$q(\text{janela lateral d1}) = 107,63 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

✓ Janela lateral D2

$$U = 2.70175 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$A = 2,3 \text{ m}^2$$

$$\Delta t = 9,4^\circ\text{C}$$

$$q(\text{janela lateral d2}) = 58,41 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

- **Porta lateral de vidro**

$$U = 5,27858 \frac{kcal}{h} \cdot m^2 \cdot ^\circ C$$

$$A = 5,148 m^2$$

$$\Delta t = 9,4^\circ C$$

$$q(\text{porta lateral de vidro}) = 255,43 \frac{kcal}{h}$$

#### **4.2.1.3 Carga por insolação em paredes, janelas e portas**

Nos cálculos de insolação térmica, a irradiação do sol na face norte é nula, conforme a figura 4.1 e a explicação do tópico 4.2.1.2. Nas faces sul e oeste, a incidência de radiação solar durante o horário estipulado, não afetou nas cargas de exposição. O lado Leste, durante o horário de 17:00 horas sofre com a irradiação solar, porém a cargas contidas pela a absorção solar e mesmo não tendo a intensidade acerca do meio-dia, afeta assim portas e janelas, assim como a parede do templo.

- ❖ **Face Leste**

- **Parede lateral**

$$A = 60,838 m^2$$

Encontrado o acréscimo de temperatura ( $\Delta t$ ), já marcado na tabela 3.2. Por ser uma parede de cor amarela (média), adotaremos  $11,1^\circ C$  para estabelecer os cálculos.

Para paredes exteriores escolhemos os dados da tabela 4.6,

$$U = 2,71588 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \cdot \text{m}^2$$

Por fim, foi utilizado a média do mês de novembro da temperatura externa ambiente e a temperatura estabelecida em que recinto se encontrava:

$$T_{\text{ext}} = 32^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{int}} = 25^\circ\text{C}$$

$$q(\text{parede insolação}) = 60,838 * 2,71588 * [(32 - 25) + 11,1]$$

$$q(\text{parede insolação}) = 165,22 * 18,1$$

$$q(\text{parede insolação}) = 2990,5 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

- **Superfícies de vidro**

Para os vidros expostos a irradiação solar e consequente insolação térmica. Em vidros insulados, onde ocorre pouca incidência de calor. De acordo com o anexo, utilizamos o dia 21 de novembro para avaliar a insolação da parede leste na hora de 17:00 horas:

$$\text{Fator Solar} = 85$$

- **Porta de Vidro**

$$A = 5,148 \text{ m}^2$$

$$q(\text{porta insolação}) = 85 * 5,148$$

$$q(\text{porta insolação}) = 437,58 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

- **Janelas de vidro**

- ✓ **Janela lateral D1**

$$A = 4,238 \text{ m}^2$$

$$q(\text{janela d1 insolação}) = 85 \times 4,238$$

$$q(\text{janela d1 insolação}) = 360,23 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

✓ **Janela lateral D2**

$$A = 2,3 \text{ m}^2$$

$$q(\text{janela d2 insolação}) = 85 \times 2,3$$

$$q(\text{janela d2 insolação}) = 195,5 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

## 4.2.2 Cargas Internas

Foram analisadas bem específicas, todas as cargas presentes no templo da igreja de São Miguel Arcanjo. As normas presentes aqui neste tópico, guiaram de forma excepcional todos os pontos levantados.

### 4.2.2.1 Pessoas

A quantidade estimada de pessoas no espaço foi de 300 ocupantes, a equipe celebrante (composta de 20 integrantes, incluindo padres, coroinhas, ministros) e a banda musical (composta de 10 pessoas, aproximadamente). Totalizando 330 pessoas presentes no recinto, isso baseados em grandes eventos que ocorrem durante o ano.

De acordo com a tabela 4.8, baseado na ABNT NBR 16401-1:2008 e resumida em pequenas tabelas, as pessoas ocupantes no templo possuem uma quantidade significativa de calor sensível e latente, especialmente quando estão em movimento ou parada em pé. No caso da banda musical e da equipe celebrante os níveis de atividade serão diferentes das pessoas que assistem à celebração.



➤ **Ocupantes assistindo a missa**

Tabela 4.8 – Taxas típicas de calor liberado por pessoas (Adaptado da tabela C.1 de ABNT NBR 16401-1, 2008)

<b>Nível de atividade</b>	<b>Calor Sensível (W)</b>	<b>Calor Latente (W)</b>
Parado em pé	75	55

Utilizando a equação 3.2, calculamos a carga dos ocupantes:

- **Carga Térmica Sensível – QTS**

$$QTS = 75 \times 300 = 22500 \text{ W}$$

Convertendo W em kcal/h

$$QTS = 22500 \times 0,86 = \mathbf{19350 \text{ kcal/h}}$$

- **Carga Térmica Latente – QTL**

$$QTL = 55 \times 300 = 16500 \text{ W}$$

Convertendo W em kcal/h

$$QTL = 16500 \times 0,86 = \mathbf{14190 \text{ kcal/h}}$$

➤ Equipe celebrante

Tabela 4.9 - Taxas típicas de calor liberado por pessoas (Adaptado da tabela C.1 de ABNT NBR 16401-1, 2008)

Nível de atividade	Calor Sensível (W)	Calor Latente (W)
Sentado, trabalho leve	70	45

• **Carga Térmica Sensível – QTS**

$$QTS = 70 \times 20 = 1400 \text{ W}$$

Convertendo W em kcal/h

$$QTS = 1400 \times 0,86 = \mathbf{1204 \text{ kcal/h}}$$

• **Carga Térmica Latente – QTL**

$$QTL = 55 \times 20 = 1100 \text{ W}$$

Convertendo W em kcal/h

$$QTL = 1100 \times 0,86 = \mathbf{946 \text{ kcal/h}}$$

➤ Banda musical

Tabela 4.10 - Taxas típicas de calor liberado por pessoas (Adaptado da tabela C.1 de ABNT NBR 16401-1, 2008)

Nível de atividade	Calor Sensível (W)	Calor Latente (W)
Trabalho leve em bancada	80	140

- **Carga Térmica Sensível – QTS**

$$QTS = 80 \times 10 = 800 \text{ W}$$

Convertendo W em kcal/h

$$QTS = 800 \times 0,86 = \mathbf{688 \text{ kcal/h}}$$

- **Carga Térmica Latente – QTL**

$$QTL = 140 \times 10 = 1400 \text{ W}$$

Convertendo W em kcal/h

$$QTL = 1400 \times 0,86 = \mathbf{1204 \text{ kcal/h}}$$

- ❖ **Resumo das cargas de ocupação**

Tabela 4.11 – Soma de todas as cargas de ocupação

<b>Elementos</b>	<b>Calor Sensível (kcal/h)</b>	<b>Calor Latente (kcal/h)</b>	<b>QS + QL (kcal/h)</b>
Ocupantes assistindo a missa	19350	14190	33540
Equipe celebrante	1204	946	2150
Banda musical	688	1204	1892
<b>Totais</b>	<b>21242</b>	<b>16340</b>	<b>37582</b>

#### 4.2.2.2 Carga térmica de iluminação

Tabela 4.12 – Componentes da carga de iluminação

<b>Iluminação</b>	<b>Potência consumida (W)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência total (W)</b>
Lâmpadas Fluorescentes Principais	80	10 (divididas em duas fileiras de 5)	80 x 10 = 800
Lâmpadas Fluorescentes de Apoio	20	4 (para iluminar o ambiente do apoio de som)	20 x 4 = 80
Lâmpadas leds em torno da cruz	5	6 (entre os pontos da cruz)	5 x 6 = 30
<b>Totais</b>	<b>105</b>	<b>20</b>	<b>910</b>

Na conversão da carga de iluminação, multiplicamos a potência total (em W) com 0,86, assim:

$$Q_i = P_t \times 0,86$$

$$Q_i = 910 \times 0,86 = \mathbf{782,6 \text{ kcal/h}}$$

De acordo com a Tabela 4.13, que detalha a norma NBR 16401-1, temos:

Tabela 4.13 – Taxas típicas de dissipação de calor pela iluminação (Adaptado da tabela C.2 de ABNT NBR 16401-1, 2008)

Local	Tipos de iluminação	Nível de iluminação (Lux)	Potência dissipada ( $\frac{W}{m^2}$ )
Auditórios	Fluorescente	150	10
b)Plateia			

Onde em um outro valor mais preciso (sendo mais crítico) foi obtido que:

$$Pt = Pd \times A$$

$$Pt = 10 \times 252 = 2520 \text{ W}$$

$$Qi = 2520 \times 0,86 = \mathbf{2167,2 \text{ kcal/h}}$$

#### 4.2.2.3 Diversas

Na análise de cargas diversas foram constatados todos estes equipamentos usados durante algum movimento realizado dentro do templo, tendo em vista que são essenciais para os eventos em que ocorrem.

Tabela 4.14 – Equipamentos utilizados no templo

Equipamentos	Potência (W)	Quantidade	Potência Total (W)
Notebook	30	1	30 x 1 = 30
Projektor de imagem	200	1	200 x 1 = 200
Estabilizador de energia	300	1	300 x 1 = 300
Roteador	10	2	10 x 2 = 20
Caixas de som	540	4	540 x 4 = 2160
Sistema de alarme	4	1	4 x 1 = 4

<b>Totais</b>	1084	10	<b>2714</b>
---------------	------	----	-------------

Convertendo a carga térmica de aparelhos diversos, obtivemos:

$$Q_{ds} = 2714 \times 0,86 = \mathbf{2334,04 \text{ kcal/h}}$$
 (Calor Sensível)

$$Q_{dl} = \mathbf{0 \text{ kcal/h}}$$
 (Calor Latente)

### 4.3 Cargas de infiltração

Levantados os dados específicos, de acordo com a norma NBR 6401/1980, foram realizadas análise das infiltrações provenientes das aberturas que afetam diretamente nas cargas térmicas do local. Neste tópico, o destaque se dar pelo fato das infiltrações que saem das frestas de portas e janelas. Logo em seguida as entradas de ar decorridas da abertura e fechamento.

#### ➤ Infiltração por frestas

As infiltrações oriundas das janelas e portas podem ocorrer primeiramente por meio de frestas (aberturas) que estão ao redor. Abaixo os cálculos avaliados das infiltrações por frestas.

- **Frestas em janelas**

Para as cargas de infiltração foram considerados alguns parâmetros da tabela. Assim para a obtenção da vazão de infiltração, foram escolhidas a janela com guilhotina com caixilho metálico com vedação, pois está de acordo com o formato dos originais:

$$V_{fj} = 1,8 \frac{m^3}{h}$$

**Onde:**

V<sub>fj</sub> – vazão de infiltração pelas janelas

As janelas do ambiente, todas possuem películas protetoras, desta forma, as aparições de frestas tornam-se menos afluentes, facilitando assim no melhor desempenho do aparelho selecionado.

Tabela 4.15 – Frestas localizadas nas janelas

Localização de janela	Quantidade	Medida das frestas (m)
Janela lateral inferior (V <sub>li</sub> )	6	5,0
Janela lateral superior (V <sub>ls</sub> )	2	2,5
Janela frontal central (V <sub>fc</sub> )	2	3,5
Janela frontal lateral (V <sub>fl</sub> )	2	3,0
Janela frontal superior (V <sub>fs</sub> )	1	0,5

$$V_{li} = 1,8 \times (6 \times 5,0) = 54 \frac{m^3}{h}$$

$$V_{ls} = 1,8 \times (2 \times 2,5) = 9 \frac{m^3}{h}$$

$$V_{fc} = 1,8 \times (2 \times 3,5) = 12,6 \frac{m^3}{h}$$

$$V_{fl} = 1,8 \times (2 \times 3,0) = 10,8 \frac{m^3}{h}$$

$$V_{fs} = 1,8 \times (1 \times 0,5) = 0,9 \frac{m^3}{h}$$

$$V_{tj} = 54 + 9 + 12,6 + 10,8 + 0,9 = 87,3 \frac{m^3}{h}$$

**Onde:**

V<sub>tj</sub> – Vazão total de frestas das janelas

- **Frestas em portas**

Nas portas de vidro e na porta de madeira foram estimadas como bem ajustadas, portanto:

$$V_{ap} = 6,5 \frac{m^3}{h}$$

**Onde:**

$V_{ap}$  – vazão de infiltração pelas portas

Os cálculos das frestas pelas portas são mais simples, já que possuem apenas 4:

Tabela 4.16 – frestas localizadas em portas

Localização da porta	Quantidade	Medida das frestas (m)
Porta lateral ( $V_{pl}$ )	2	6,5
Porta frontal ( $V_{pf}$ )	1	8,2
Porta de saída ( $V_{ps}$ )	1	5,0

$$V_{pl} = 6,5 * (2 * 6,5) = 84,5 \frac{m^3}{h}$$

$$V_{pf} = 6,5 * (1 * 8,2) = 53,3 \frac{m^3}{h}$$

$$V_{ps} = 6,5 * (1 * 5,0) = 32,5 \frac{m^3}{h}$$

$$V_{tp} = 84,5 + 53,3 + 32,5 = 170,3 \frac{m^3}{h}$$

✓ **Cálculo da umidade específica das temperaturas 25°C e 32°C com umidade relativa  $\Phi$ -50% e 60 % respectivamente.**

➤ Umidade específica em 25°C ( $ue_1$ )

$$es = 0,6108 \times 10^{\left[ \frac{7,5 \times 25}{237,3 + 25} \right]}$$

$$es = 3,1 \text{ Kpa}$$

$$ea = 3,1 \times 0,5 = 1,55 \text{ Kpa}$$



$$ue1 = \frac{0,622 \times 1,55 \times 10^3}{[101,325 \times 10^3 - (0,378 \times 1,55 \times 10^3)]} = 9,57 * \frac{10^{-3}kg}{kg} = \mathbf{9,57g/kg}$$

➤ Umidade específica em 32°C (ue2)

$$es = 0,6108 * 10^{\left[\frac{7,5 \times 32}{237,3 + 32}\right]}$$

$$es = 4,7 \text{ Kpa}$$

$$ea = 4,7 \times 0,6 = 2,82 \text{ Kpa}$$

$$ue2 = \frac{0,622 \times 2,82 \times 10^3}{[101,325 \times 10^3 - (0,378 \times 2,82 \times 10^3)]} = 0,0175 \frac{kg}{kg} = \mathbf{17,5 \frac{g}{kg}}$$

**Onde:**

es – Pressão de saturação de vapor

ea – Pressão atual de vapor

✓ **Cálculo das cargas térmicas latente e sensível**

▪ qsi – Carga térmica sensível de infiltração

$$qsi = 170,3 \times 0,29 \times (32 - 25)$$

$$qsi = \mathbf{345,709 \frac{kcal}{h}}$$

▪qli – Carga térmica latente de infiltração

$$qli = 170,3 \times 0,71 \times (17,5 - 9,57)$$

$$qli = \mathbf{958,84 \frac{kcal}{h}}$$

➤ **Infiltração por abertura de portas e janelas**

Agora serão mostrados os cálculos do ar de infiltração na abertura das portas temos como baseamento a continuação da tabela da norma NBR 6401/1980.

A vazão utilizada nesses parâmetros de infiltração teremos:

$$V_{pi} = 3 \frac{m^3}{h} \text{ (por pessoa)}$$

Considerando que há assistindo a missa 330 ocupantes, estas que saem e entram constantemente, o valor total da vazão por infiltração fica:

$$V_{ti} = 3 \times 330 = 990 \text{ m}^3/h$$

#### ✓ Cálculo das cargas térmicas latente e sensível

$$q_{si} = 990 \times 0,29(32 - 25)$$

$$q_{li} = 2009,7 \frac{kcal}{h}$$

$$q_{li} = 990 \times 0,71(17,5 - 9,57)$$

$$q_{li} = 5574 \frac{kcal}{h}$$

#### 4.4 Carga de renovação

Sendo dado a finalidade nos tópicos das cargas oriundas e influenciadores do desconforto térmico do ambiente, a carga de renovação do ar possui uma das mais significativas taxas de calor do sistema. Tendo a norma NBR 6401:1980 como seguimento, abaixo é mostrado os cálculos da vazão de renovação e as cargas térmicas sensível e latente:

$$V_r = \frac{(F_p \cdot n_p + F_s \cdot A)}{1000} = \frac{3,5 \times 330 + 0,4 \times 252}{1000} = 1,2558 \frac{m^3}{s} = 4520,88 \frac{m^3}{h}$$

- Carga térmica sensível de renovação de ar

$$qsr = 4520,88 \times 0,29(32 - 25)$$

$$qsr = 9177,38 \frac{kcal}{h}$$

- Carga térmica latente de renovação de ar

$$qlr = 4520,88 \times 0,71(17,5 - 9,57)$$

$$qlr = 25453,9 \frac{kcal}{h}$$

#### ❖ Avaliação da vazão de equipamento

Neste ponto é calculado a saída de ar que a máquina pode fornecer por hora, ou seja, o fluxo ponderante. A quantidade de calor sensível calculada (39131,106 kcal/h), a temperatura almejada (25° C) e a temperatura insuflada (15° C) compõem as estimativas. Com o intuito de determinar e auxiliar na vazão prévia que a máquina irá fornecer, usaremos a equação abaixo:

$$Vazão(equipamento) = \frac{q(sensível)}{[T(almejada) - T(insuflado)] \times 0,29}$$

$$Vazão(equipamento) = 13493,48 \frac{m^3}{h}$$

#### 4.5 Carga térmica total

Todas as cargas obtidas no decorrer dos tópicos, foram somadas afim de pontear a escolha da máquina ideal para o recinto estudado.

Tabela 4.17 – Soma de cargas térmicas do recinto

Cargas Térmicas	Faces	Pontos Avaliados	Totais (Kcal/h)
Condução - Parede		Condução Face Oeste	1553,15

		Condução Face Norte	708,246
		Condução Face Sul	1083
		Piso	0
		Teto (Cobertura)	6457,62
Condução - Janelas e portas		Face Norte - porta de madeira	20,75
	Face Sul	Porta de vidro central	378,34
		Janela central C1	64,25
		Janela central C2	50,79
		Janela central C3	51,04
	Face Oeste	Janela de vidro D1	107,63
		Janela de vidro D2	58,41
		Porta lateral de vidro	255,43
Carga por insolação (Leste)		Parede lateral	2990,5
		Porta de vidro	437,58
		Janela de vidro D1	360,23
		Janela de vidro D2	195,5
Cargas internas		Pessoas	37582
		Iluminação	782,6
		Diversas	2334,04
		Cargas de infiltração	8888,249
		Cargas de renovação	34631,38
<b>TOTAIS</b>			<b>98990,735</b>

Tabela 4.18 – Carga térmica convertida em unidades de refrigeração

<b>Em Kcal/h</b>	<b>Em BTU/h</b>	<b>Em TR</b>
98990,735	<b>392564,274</b>	<b>32735.58</b>

#### **4.6 Escolha adequada do equipamento**

Demonstrados todos os resultados, foi escolhido o tipo de aparelho adequado para o conforto térmico dos fiéis durante algum movimento realizado dentro do templo, onde se possa utilizar com o objetivo de diminuir a temperatura ali presente. Marcas como Electrolux, Elgin, Carrier e Springer, tiveram em suas descrições o aperfeiçoamento em aparelhos condicionadores de ar em grandes locais e de intenso movimento.

Os aparelhos da marca Carrier e Elgin, estão mais adequados em relação a capacidade térmica e a vazão da máquina que o templo exige, pois, tratando-se de ambientes abertos, onde há uma quantidade excessiva de pessoas, o fluxo de ar é modificado constantemente, tendo assim alguns parâmetros escolhidos para tal aplicação. Para a aplicação foi escolhida um aparelho Elgin, através das buscas no site da POLOAR (2019) e da própria fabricante do ar condicionado.

O modelo Split Piso Teto Eco Elgin, da fabricante Elgin, com capacidade térmica de 80000 BTU/h, adequou-se mais com ambientação do templo, tendo uma vazão média da máquina de 3025  $m^3/h$ . Dimensionou-se em 5 máquinas em torno do local de celebração, sendo 2 (aparelhos de ar condicionado) em cada lateral e 1 máquina na área central, precisamente na face sul. Ao total, tivemos 400000 BTU/h com vazão média da máquina de  $15125 \frac{m^3}{h}$ , compatível com os resultados estipulados e de acordo com a norma ABNT NBR 6401:1980.

#### **4.7 Discussões dos resultados**

Finalizado todas as etapas, é essencial discutir cada um dos resultados prestados neste trabalho e como este se adequa, de forma em que a configuração do ambiente fornece um leque variados de medidas e parâmetros que estão presentes e que influem na pesquisa.

A medidas foram realizadas em dias diferentes, com o auxílio de ferramentas de medição e de pessoas que forneceram ajuda para concluir tal estudo. Aos poucos foram sendo modeladas tabelas de dimensionamento para a simplificação das estimativas de cargas provenientes. Medidas da área do local, de janelas e portas norteiam o passo a passo.

Nas cargas externas, foram extraídas as diversas conduções de calor e insolações térmicas presentes no templo. Paredes externas, janelas, portas e a cobertura alteram significativamente suas taxas de calor devido ao intenso contato com a energia térmica solar. Para delinear cada condição, usamos normas e tabelas com o propósito de colher um resultado aproximado.

Para as cargas internas, foram considerados todos os tipos de iluminação, equipamentos diversos (eletrônicos) que foram apontados durante a pesquisa. Já no cálculo de carga humana, consideramos ao todo 330 pessoas dentro do recinto estudado, sendo avaliado a condição de ambiente com maior temperatura (o momento mais crítico para o ambiente com o máximo de indivíduos incorporados).

A análise das cargas de infiltração e renovação de ar, dispõe de destaque entre as demais, pois apresenta quase 50% das acumulações térmicas no templo avaliado. A causa disto, se deve muito ao fato de existir muitas frestas e constantes aberturas de portas, influenciando na circulação de ar e conseqüente aumento real do fluxo térmico.

Após a avaliação de diversas marcas, enfim a escolha da máquina ideal para o funcionamento do sistema central para o conforto ambiente no templo. Teve como determinação, o ar condicionado Piso Teto Eco Elgin 80.000 BTU/h Frio 380V atende todos os requisitos para o dimensionamento. Como já foi dito, serão um total de 5 máquinas, sendo 2 em cada lateral e 1 na face sul central do ambiente, dando um conforto necessário, sem prejudicar os fiéis.

## CONCLUSÃO

Diante de todos esses arranjos de resultados, conclui-se que o cálculo térmico total do templo da igreja São Miguel Arcanjo teve como valor encontrado de 392564,274 BTU/h. Por consequência utilizou-se um sistema de ar condicionado Split Piso Teto da fabricante Elgin de capacidade térmica de 80000 BTU/h, com um total de 5 aparelhos em torno do ambiente, alocados de forma que conforte o ambiente e melhore o bem-estar dos fiéis. Sendo assim o projeto foi um sucesso, pois buscou sempre voltar-se as normas e aos parâmetros que envolvem a refrigeração.

Para obter os resultados esperados, situações em que as pesquisas em torno do local apontado (templo), tiveram variadas medições, para atingir o alcance fundamental. Os estudos amplos na literatura, guiaram para um caminho mais intermediário, visto que, em algumas circunstâncias, a aprendizagem na área é necessária.

O projeto elaborado, trouxe uma importância para todos os lados envolvidos. Tanto para o autor, que, além de desenvolver amplamente o conhecimento na área de refrigeração e ar condicionado, investigou todos os pontos possíveis que poderiam ser colocados, quanto para a igreja, que além de receber o TCC como base projetual para desenvolvimentos estruturais futuros, serviu como apoio em todos os momentos de aprendizagem.

Sendo assim, o trabalho por si só, trouxe um leque de emoções, finalizando assim mais uma etapa no curso de Engenharia Mecânica.

## REFERÊNCIAS

A.W. Smith e J.N. Cooper, Elements of Physics, 8th edition (New York, New York: McGraw-Hill Publishing, 1972), p. 241.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-1**: instalação de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 1: Projetos das instalações: elaboração. Rio de Janeiro, 2008. 60p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: instalações elétricas de baixa tensão: elaboração. Rio de Janeiro, 2004. 209p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6401**: instalações centrais de ar condicionado para conforto – Parâmetros básicos de projeto: elaboração. Rio de Janeiro, 1980. 17p.

BRAZ, José Reinaldo Cerqueira. Fisiologia da termorregulação normal. Neurociências. Revista Neurociências V13 N3 (supl-versão eletrônica) – jul/set, 2005. Disponível em <<http://www.revistaneurociencias.com.br/edicoes/2005/>> acesso em 12/06/2019.

CARNEIRO, Joaquim. Mecanismos de Transferência de Calor, Termodinâmica. Licenciatura em Ciências do Ambiente. 2015. 120p.

CLIMATE-DATE, Clima São Luís. Disponível em < <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/maranhao/sao-luis-1671/>> acesso em 11/06/2019.



CREDER, Helio, Instalações de Ar Condicionado / 6. ed. Rio de Janeiro LTC c2004. 318p

ELGIN (Brasil). Manuais de ar condicionado. Disponível em <<https://www.elgin.com.br/institucional/downloadcenter.php>> acesso em 10/06/2019.

FARIAS, Risôlda, & BEZERRA, Nelson. Física, EJA 1ª Fase. 2018. 20 p.

GOOGLE, INC. Google Maps. Disponível em <<https://www.google.com.br/maps/place/Igreja+de+S%C3%A3o+Miguel+Arcanjo/@-2.5435953,44.2686008,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x7f68fc818ffbe31:0x71fe84e1ce484a4c!8m2!3d-2.5436007!4d-44.2664121?hl=pt-BR>> acesso em 02/04/2019.

GARRIDO, Ana Paula. Comportamento dos fluidos refrigerantes em um sistema de refrigeração. Disponível em: <<http://www.ambientegegado.com.br/index.php/artigos-tecnicos/fluidos-refrigerantes/tipos-de-fluidos/371-comportamento-dos-fluidos-refrigerantes-em-um-sistema-de-refrigeracao>> acesso em: 11/04/2019.

GERNER, Valter Rubens. Coeficiente Global de Transmissão de Calor, (Materiais de Construção Utilizados no Brasil), 2012. 3p

ISO 7730. Ergonomic of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.2005.

LEIROS, Octávio Augusto de. Projeto de Climatização da igreja cristã evangélica do vintg rosado (Mossoró-RN). 2018. 51p. Tese (Monografia) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

MILLER, Rex; MILLER, Mark R.. Refrigeração e ar condicionado. Rio de Janeiro: LTC, 2014. xvii, 524p.

MYBRAIN. Condução, radiação e convecção térmica. Disponível em: <<https://mybrainsociety.blogspot.com/2016/06/conducao-radiacao-e-conviccao-termicas.html>> acesso em 18/04/2019.

OLIVEIRA, W. M. de, & ROSA, L. D. Locomotivas a Vapor. Faculdade de Engenharia Mecânica – Unicamp. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/locom0/locom0.html> acesso em 02/06/2019.

POLOAR (Brasil). Ar condicionado. Click Qi, VTEX. Disponível em <<https://www.poloar.com.br/ar-condicionado-piso-teto-eco-elgin-80000-btu-h-frio-220v-/p>> acesso em 29/05/2019.

SAVI, Arlindo Antonio. Termodinâmica 10 / Arlindo Antonio Savi, César Canesin Colucci.-- Maringá: Eduem (Coleção Formação de Professores em Física - EAD, v. 10), 2010. cap 1 p 12-15.

SHAPIRO, H.N.; MORAN, M.J. Princípios de termodinâmica para engenharia. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC (Grupo GEN), 2009. 864p.

SILVA, Luís Fernando Ferreira. Projeto de um sistema de ar condicionado para o restaurante universitário do campus Colemar Natal e Silva da UFG, 2014. 90p. Tese (Monografia) – Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SCHULZ, Daniel. Primeira Lei da Termodinâmica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Disponível em: < [https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/primeira\\_lei.htm](https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/primeira_lei.htm)> acesso em 15/05/2019.

Só Física. 2ª Lei da Termodinâmica Virtuosa Tecnologia da Informação, 2008-2019. Disponível em: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Termodinamica/2leidatermodinamica.php> acesso em 10/04/2019.

SONNTAG, R. E., BORGNAKKE, C., VAN WYLEN, G. J. Fundamentos da Termodinâmica, tradução da 6ª edição americana, São Paulo: Edgard Blücher, 2003, 537 p.

STOECKER, W. F.; JONES, J. W. Refrigeração e ar condicionado. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985. cap 4, p 65-96.

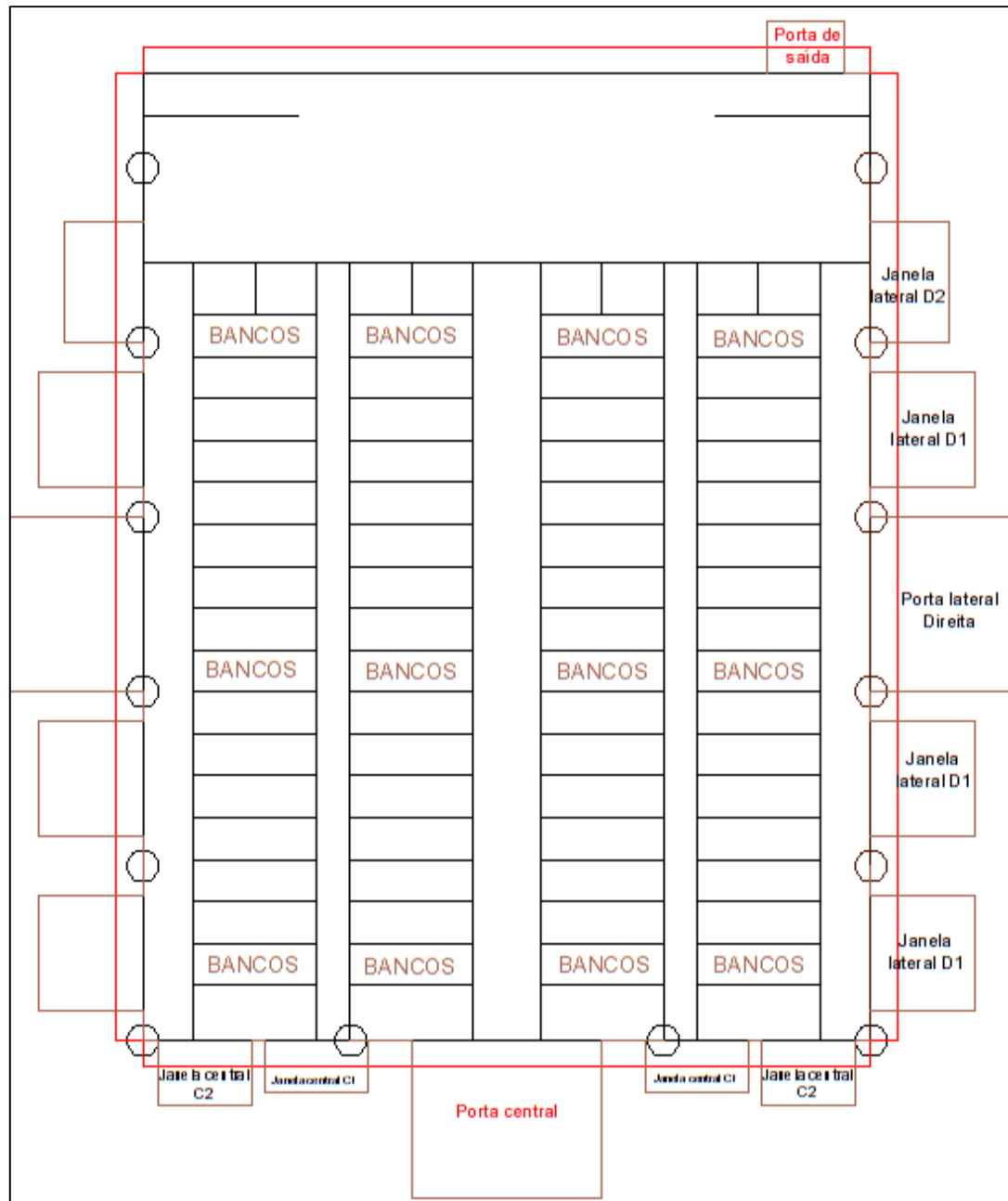
STROBEL, Christian. Conforto Térmico e Carga Térmica de Climatização – Refrigeração e Ar condicionado, Universidade Federal do Paraná, 2013. 25p.

## ANEXO A – INFILTRAÇÃO DE AR

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

Fonte: (Adaptado de ABNT 6401/1980)

## APÊNDICE A – ESBOÇO GERAL DO LOCAL DIMENSIONADO



Fonte: (Elaborado pelo autor no programa AUTOCAD 2010)