



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

MATHEUS VINÍCIUS GOMES DE CARVALHO

**ESTUDO DE CARGA TÉRMICA PARA PROJETO DE CLIMATIZAÇÃO DE UMA
LOJA DE MOTOPEÇAS UTILIZANDO SOFTWARE BIM**

TERESINA

2023

MATHEUS VINÍCIUS GOMES DE CARVALHO

**ESTUDO DE CARGA TÉRMICA PARA PROJETO DE CLIMATIZAÇÃO DE UMA
LOJADE MOTOPEÇAS UTILIZANDO SOFTWARE BIM**

Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso (monografia) apresentado como exigência para obtenção do diploma do curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. Me. Edivaldo Feitosa Pereira Filho.

TERESINA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Carvalho, Matheus Vinícius Gomes de

C331e Estudo de carga térmica para projetos de climatização de uma loja de moto peças utilizando software BIM / Matheus Vinícius Gomes de Carvalho. - 2023.
57 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica)
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus Teresina Central, 2023.

Orientador : Prof Me. Edivaldo Feitosa Pereira Filho.

1. Ambiente BIM. 2. Ar condicionado . 3. Carga térmica . 4.
Conforto térmico. I. Título.

CDD - 620

Elaborado por Maria Rosismar Farias CRB 3/631

MATHEUS VINÍCIUS GOMES DE CARVALHO

**ESTUDO DE CARGA TÉRMICA PARA PROJETO DE CLIMATIZAÇÃO DE UMA
LOJADE MOTOPEÇAS UTILIZANDO SOFTWARE BIM**

Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso (monografia) apresentado como exigência para obtenção do diploma do curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. Me. Edivaldo Feitosa Pereira Filho.

Aprovado em: 01/12/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Edivaldo Feitosa Pereira Filho (Orientador)

Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Jose Weliton Nogueira Junior

Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof^a. Dra. Jayna Katia Dionisio dos Santos

Instituto Federal do Piauí (IFPI)

“Os rios não bebem sua própria água; as árvores não comem seus próprios frutos. O sol não brilha para si mesmo; e as flores não espalham sua fragrância para si. Viver para os outros é uma regra da natureza. (...). A vida é boa quando você está feliz; mas a vida é muito melhor quando os outros estão felizes por sua causa.” (Papa Francisco)

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos vão primeiramente a **Carmem Lúcia**, minha mãe, por toda parceria nas horas que mais precisei, sendo na realização desse projeto e ao longo de toda a minha vida acadêmica. Agradeço por sua saúde e poder compartilhar este momento tão gratificante da minha vida.

É uma imensa satisfação ter ao meu lado pessoas iluminadas, em especial a minha irmã **Ellen Caroline**, minha sobrinha **Maria Luísa** e meu irmão **Jefferson Carvalho** por sempre acreditar na minha resiliência em enfrentar grandes desafios na vida pessoal e profissional. Com o carinho e incentivo de vocês, minhas conquistas têm um sentido real e emocionante.

Os desafios encarados ao longo da minha jornada acadêmica não foram fáceis, mas enfrentá-los em um ambiente acolhedor com excelentes colegas de sala fez com que ele tornasse mais motivador. Em especial, gostaria de agradecer a todos os integrantes e ex-integrantes do projeto Sol do Equador, o qual tive a honra de gerenciar ao lado de **Sávio Vale**, trazendo resultados satisfatórios para esse projeto. Obrigado por ter me permitido guiar ideias e acolher pessoas incríveis.

Por fim, agradeço a todos que estão lendo este trabalho e que, a partir de suas sugestões, me permita melhorá-lo. Espero que gostem dos resultados e que tenham uma boa leitura.

RESUMO

Com a universalização do uso da climatização em ambientes fechados, ao longo dos anos percebeu-se o quanto isso facilita as relações pessoais e, conseqüentemente, relações comerciais como vendas, por exemplo. A utilização de climatizadores tem o objetivo de oferecer conforto térmico, além de melhorar a qualidade do ar interior. Em ambientes comerciais, a presença de um sistema de ar condicionado traz uma qualidade maior para os colaboradores e clientes que ali frequentam, ao controlar a temperatura interior. De forma preliminar ao dimensionamento do sistema de climatização é necessário o estudo da carga térmica da loja em estudo. Sendo assim, apresenta-se nesse presente trabalho um estudo da carga térmica do ambiente em questão, com objetivo de auxiliar um posterior projeto de climatização do ambiente. A metodologia utilizada neste trabalho será baseada na norma regulamentadora ABNT NBR 16401, na metodologia ASHRAE e na utilização de softwares em ambiente BIM, que promovem maior assertividade nos dados obtidos, além de facilitar a análise da carga térmica do recinto.

Palavras-chave: Ambiente BIM; Ar condicionado; Carga térmica; Conforto térmico.

ABSTRACT

With the universal use of air conditioning in indoor environments, over the years it has been realized how much this facilitates personal relationships and, consequently, commercial relationships such as sales, for example. The use of air conditioners aims to offer thermal comfort, in addition to improving indoor air quality. In commercial environments, the presence of an air conditioning system brings greater quality to employees and customers who frequent there, by controlling the interior temperature. As a preliminary to sizing the air conditioning system, it is necessary to study the thermal load of the store under study. Therefore, this work presents a study of the thermal load of the environment in question, with the aim of assisting a subsequent environmental air conditioning project. The methodology used in this work will be based on the regulatory standard ABNT NBR 16401, the ASHRAE methodology and the use of software in a BIM environment, which promote greater assertiveness in the data obtained, in addition to facilitating the analysis of the thermal load of the premises.

Keywords: BIM environment; Air conditioning; Thermal load; Thermal comfort.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mecanismos de transferência de calor	15
Figura 2 – Transferência de calor por condução em dois tipos de superfícies	16
Figura 3 – Fatores de Conforto térmico.....	20
Figura 4 – Representação da vazão em duto	26
Figura 5 – Fluxograma de Projeto	28
Figura 6 – Informações de localização do Weather Data View 6.0.....	32
Figura 7 – Dados Temperatura média ao longo do ano.....	33
Figura 8 – Informações de entrada para potência de iluminação	33
Figura 9 – Informações de potência de iluminação	34
Figura 10 – Informações de entrada para ganho interno de calor por ocupação	34
Figura 11 – Informações de grau de atividade na loja.....	35
Figura 12 – Informações de ganho interno de calor por equipamentos.....	35
Figura 13 – Informações de entrada para ganho interno de calor por equipamentos	36
Figura 14 – Informações de entrada para ganho interno de calor por equipamentos	36
Figura 15 – Vista frontal do recinto desconsiderando portas	37
Figura 16 – Vista traseira do recinto.....	37
Figura 17 – Vista lateral direita do recinto	38
Figura 18 – Vista lateral esquerda do recinto	38
Figura 19 – Vista lateral esquerda do recinto	38
Figura 20 – Composição estrutural da parede externa inferior (piso)	39
Figura 21 – Composição estrutural da parede interna entre pavimentos (laje).....	39
Figura 22 – Propriedade dos materiais utilizados.....	40
Figura 23 – Perfil diário por ocupação	41
Figura 24 – Constantes RTSM paredes externas.....	41
Figura 25 – Variação de temperaturas e irradiação solar em paredes externas.....	42
Figura 26 – Variação da carga térmica em paredes externas.....	42
Figura 27 – Variação da carga térmica na laje (pavimento entre pisos)	43
Figura 28 – Constantes RTSM na cobertura (teto).....	43
Figura 29 – Variação de temperaturas e irradiação solar na cobertura (teto)	44
Figura 30 – Variação de carga térmica na cobertura (teto).....	44
Figura 31 – Variação de carga térmica portas de vidro	45
Figura 32 – Cálculo da Vazão de Ar necessária para renovação (Ambiente Loja)	45

Figura 33 – Cálculo da Vazão de Ar necessária para renovação (Estoque Loja).....	46
Figura 34 – Tabela referente a vazão eficaz mínima de Ar exterior para ventilação.	46
Figura 35 – Cálculo da Vazão de Ar a ser suprida na Zona de Ventilação (Ambiente Loja)..	47
Figura 36 – Cálculo da Vazão de Ar a ser suprida na Zona de Ventilação (Estoque Loja).....	47
Figura 37 – Taxa de Carga Térmica gerada pela renovação de ar nos ambientes	47
Figura 38 – Valores de Carga Térmica Gerais calculados para o dia mais quente do ano .	48
Figura 39 – Vazão necessária para equipamento	48
Figura 40 – Loja instalada em um centro comercial.....	49
Figura 41 – Cargas de arrefecimento com prédio ao lado	49
Figura 42 – Comparativo de dados variando a localidade	50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 JUSTIFICATIVA	10
1.2 PROBLEMÁTICA	11
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 Objetivo Geral	11
1.3.2 Objetivos Específicos	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS.....	13
2.2 PRINCÍPIOS DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR	14
2.2.1 Transferência de Calor por Condução	14
2.2.2 Transferência de Calor por Convecção	15
2.2.3 Transferência de Calor por Radiação.....	16
2.2.4 Coeficiente Global de Transferência de Calor	17
2.2.5 Psicometria	17
2.2.5.1 Carta psicrométrica.....	18
2.3 CONFORTO TÉRMICO.....	19
2.4 CLIMATIZAÇÃO DE AMBIENTES	20
2.5 CARGA TÉRMICA	21
2.5.1 Temperatura de Bulbo seco, úmido e Umidade relativa	22
2.5.2 Carga Térmica ocasionada pela insolação	23
2.5.2.1 Transmissão de calor do sol através de superfícies opacas.....	23
2.5.2.2 Transmissão de calor do sol através de superfícies transparentes.....	23
2.5.3 Carga Térmica Devido as Pessoas	24
2.5.4 Carga Térmica Devido aos Equipamentos.....	24
2.5.5 Carga Térmica por Renovação de Ar.....	25
2.6 MÉTODO DAS SÉRIES TEMPORAIS RADIANTES (RTSM).....	25
2.7 VAZÃO DO EQUIPAMENTO	26
2.8 MODELAGEM EM AMBIENTE BIM.....	27
3. METODOLOGIA.....	28
2.9 AMBIENTE BIM	28
2.10 ANÁLISE DO PROBLEMA	29

2.11	MODELAGEM DO PROBLEMA	29
2.12	CÁLCULOS NO AMBIENTE DE LOJA	30
4.	RESULTADOS	32
2.13	ESTUDO DE CASO	32
2.13.1	Dados Climáticos.....	32
2.13.2	Fontes de Calor internas	33
2.13.2.1	Ganho de calor por iluminação	33
2.13.2.2	Ganho de calor por ocupação	34
2.13.2.3	Ganho de Calor Por Equipamentos internos	35
2.13.3	Ambiente da loja.....	36
2.14	PROPOSIÇÕES DE USO DO AMBIENTE	40
2.15	VALORES DE CARGA TÉRMICA	41
2.15.1	Resultados por fronteira.....	41
2.15.2	Cálculo de carga térmica por renovação de ar	45
2.15.3	Valores totais	47
2.16	VAZÃO DO EQUIPAMENTO	48
2.17	OUTRAS HIPÓTESES.....	48
2.17.1	Hipótese 1 - construção ao lado direito da loja.....	49
4.5.2	Hipótese 2 - loja localizada em São Paulo.....	49
5.	CONCLUSÃO.....	51
	REFERÊNCIAS	52

LISTA DE SIGLAS

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

BIM – Building Intelligence Modeling

CAD – ComputerAided Design

INMET – Instituto Nacional de Metereologia

PIB – Produto Interno Bruto

SBVC – Sociedade Brasileira de Varejo e Consumo

1 INTRODUÇÃO

Os conhecimentos e recursos da refrigeração existem há centenas de anos na sociedade. A procura pelo bem-estar físico vem desde os primórdios que, com o auxílio de gelo, conservavam alimentos para consumo posterior. Contudo, aos poucos as perspectivas iniciais sobre esses recursos foram transformadas em uma outra possibilidade: promover conforto térmico em ambientes com climas adversos. Com esse advento, nos últimos anos, estudiosos e especialistas têm buscado refinar os estudos referentes aos efeitos do conforto térmico em espaços fechados, pois de acordo com Silva (2005) a implementação do condicionamento do ar trouxe, de forma indireta, maior produtividade dos funcionários devido o aumento das funções do organismo quando submetidos a ambientes confortáveis térmicamente.

Diversos elementos exercem influência sobre as condições de um ambiente interno, sendo notáveis entre eles: as características do ambiente externo, os detalhes construtivos do edifício, a rotina dos seus habitantes e as atividades que estes desempenham no espaço. Cada edificação apresenta variáveis específicas que demandam monitoramento, comportando-se de maneira distinta quando comparadas a outros prédios. O conhecimento das particularidades do recinto, em especial, as relativas à qualidade do ar, é de extrema importância. Isso porque o ar desempenha um papel crucial na interação entre o clima, o edifício e seus ocupantes. Além disso, segundo Karashima (2006), a contabilização de todos esses fatores citados acima torna o cálculo de carga térmica mais detalhado. Ademais, garantir a qualidade do ar interno no recinto é de suma importância para que os ocupantes estejam protegidos e seguros de efeitos prejudiciais de determinados contaminantes (sejam de origem física, química ou biológica) (MORENO, 2017).

1.1 JUSTIFICATIVA

Representando a parcela de 11,04% do Produto Interno Bruto (PIB), e gerando mais de 1,2 milhões empregos formais em dezembro de 2020 (SBVC, 2021), o setor varejista é um dos mais importantes para a economia brasileira. Para contribuir com esse crescimento, é necessário que as lojas estejam sempre se adequando ao mercado, oferecendo benefícios aos colaboradores e clientes, como conforto acústico e térmico.

Posto isso, é primordial levar em consideração as condições geográficas e meteorológicas, tendo em vista que o Brasil que apresenta mudanças climáticas em períodos específicos ao longo do ano, promovendo problemas em certas regiões devido às sensações

térmicas, em especial na região nordeste do país.

Localizada na costa nordestina do litoral brasileiro, Recife registra temperaturas elevadas ao longo do período de inverno, em especial no mês de junho. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021), Recife registrou, em junho de 2021, o valor mais alto de calor do período; atingindo a temperatura máxima de 32°C, promovendo uma temperatura elevada quando se analisa a estação do ano.

Exposto a problemática referente às sensações térmicas na cidade, é necessário que ambientes comerciais com a presença de indivíduos sejam equipados por algum sistema de climatização. Sendo assim, é essencial o dimensionamento de um sistema de climatização em que calcula e estima no seu planejamento os diversos fatores que possam impactar no calor gerado no local. Para tanto, anteriormente ao dimensionamento, é imprescindível a obtenção da carga térmica, utilizando softwares em ambiente BIM (*Building Intelligence Modeling*), para que seja realizado um projeto de engenharia eficiente, haja vista que esses programas têm o objetivo de focar no ciclo de vida do projeto (MARCOS, 2009).

1.2 PROBLEMÁTICA

A empresa do seguinte estudo busca evoluir seu padrão de atendimento ao cliente, tendo em vista que apresenta um projeto para se instalar em todos os estados do nordeste brasileiro. Ainda nesse contexto de expansão e fidelização no mercado, a empresa busca reformular o seu leiaute, alterando a planta estrutural e instalando sistema de climatização, pois no contexto de modernização do varejo, o ambiente físico passa a ser reconhecido como uma variável fundamental para a imagem do negócio (VAROTTO, 2018).

Assim, o fluxo BIM apresenta a solução mais viável para posterior implantação, afinal, garante maior qualidade de informação para que seja realizado o dimensionamento do sistema de climatização da edificação.

1.3 OBJETIVOS

Os objetivos do presente estudo foram segmentados em gerais e específicos para gerar uma compreensão mais adequada da metodologia.

1.3.1 Objetivo Geral

Como objetivo geral, propõe-se realizar a obtenção da carga térmica da loja em ambiente BIM, abrangendo todos os fatores e situações para análise.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Simplificação e análise visual da estrutura da loja junto da planta em CAD (*Computer Aided Design*);
- Criação de modelo IFC utilizando a planta da loja em CAD;
- Desenho do problema e definição das condições de contorno;
- Levantamento de hipóteses de aquecimento do ambiente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceitos Fundamentais

Para o estudo da carga térmica detalhada, se faz essencial o entendimento sobre alguns conceitos fundamentais, esses ditam os fundamentos da 1ª lei da termodinâmica e os fundamentos da transferência de calor (condução, convecção e radiação).

Tais definições, segundo Marques (2006), têm os seguintes conceitos:

- Propriedades termodinâmicas: são todas as características macroscópicas de determinado sistema, sendo: pressão, temperatura, volume, etc;
- Estado termodinâmico: entendido como sendo a condição em que se encontra a substância, sendo caracterizado pelas suas propriedades;
- Processo termodinâmico: modificação de estado do sistema. O processo representa-se por qualquer mudança nas propriedades de um determinado sistema;
- Ciclo: defini-se como uma série de processos, em que o estado inicial e final do sistema secoincidem;
- Substância pura: qualquer substância que tenha sua composição química homogênea e invariável;
- Temperatura de saturação: definida pela temperatura na qual se dá a vaporização de uma substância pura a uma determinada pressão;
- Líquido saturado: quando uma determinada substância se encontra como líquido à temperatura e pressão de saturação;
- Líquido sub-resfriado: o líquido é tido como sub-resfriado quando a sua temperatura é menor do que a de saturação, para a pressão existente;
- Título (X): Quando uma substância se encontra parte líquida e parte vapor, na temperatura de saturação, a relação entre a massa de vapor e a massa total, isto é, a massa de líquido mais a massa de vapor, é chamada de título (x);

$$X = \frac{M_v}{M_l + M_v} = \frac{M_v}{M_t} \quad (2.1)$$

- Vapor saturado: é dado quando a substância se encontra completamente como vapor na temperatura de saturação, e seu título é dado como 1 ou 100%;
- Volume de controle: O tamanho e a forma do volume podem ser definidos de modo que

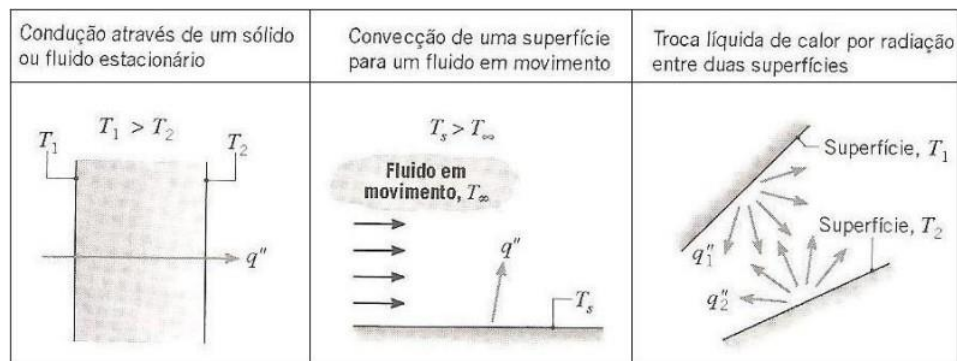
análise a ser feita seja simplificada. A superfície do volume de controle pode ser fixa ou móvel, entretanto, o movimento desta deve ser referenciado em relação a algum sistema de coordenadas (WYLEN, 2003).

2.2 PRINCÍPIOS DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Antes de iniciar o cálculo da carga térmica de ambientes, é essencial o conhecimento dos princípios que regem a transferência de calor.

Calor é energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperaturas no espaço (INCROPERA, 2008), que ocorre através de três formas: condução, convecção e radiação. A figura a seguir mostra os três tipos de transferência de calor.

Figura 1 – Mecanismos de transferência de calor.

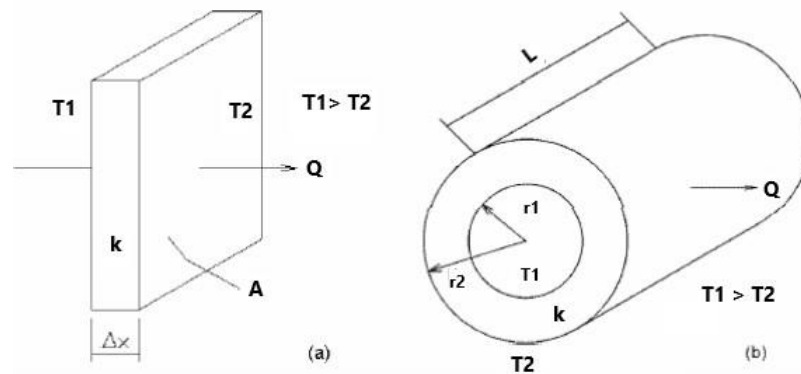


Fonte: INCROPERA (2008).

2.2.1 Transferência de Calor por Condução

Quando existe um gradiente de temperatura em um meio estacionário, que pode ser um sólido ou fluido, a transferência de calor ocorre por condução. A condução pode ser vista como a transferência de energia das partículas mais energéticas para menos energéticas de uma substância devido as interações entre partículas (INCROPERA, 2014). A figura 3 mostra dois tipos de superfícies ocorrendo transferência de calor por condução.

Figura 2 – Transferência de calor por condução em dois tipos de superfícies.



Fonte: INCROPERA (2008).

Com isso, define-se o cálculo da transmissão de calor por condução da seguinte forma para placas planas e para cilindros, respectivamente.

$$Q = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2.2)$$

$$Q = 2\pi kL \frac{\Delta T}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \quad (2.3)$$

Onde:

Q: Fluxo de calor [W]

k: condutividade térmica [W/m.k]

A: área normal ao fluxo de calor[m²]

T: diferença de temperatura [K]

x: espessura da placa [m]

r₁: raio interno do cilindro [m]

r₂: raio externo do cilindro [m]

L: comprimento do cilindro [m]

2.2.2 Transferência de Calor por Convecção

Segundo INCROPERA (2014) a convecção se refere à transferência de calor que ocorre entre uma superfície e um fluido em movimento quando eles estiverem a diferentes temperaturas. Esse modo de transferência de calor abrange dois mecanismos, sendo a transferência de energia devido ao movimento molecular aleatório (difusão) e a transferência de energia por meio do movimento

global, ou macroscópico do fluido (INCROPERA. 2014).

Define-se o modo de transferência de calor por convecção como a transferência de energia que parte do interior de um fluido, ocasionada pelos efeitos combinados da condução e do escoamento global até o macroscópico do fluido. Desta forma, apresenta-se um coeficiente de transmissão de calor por convecção, usado para resolução de problemas, com base na equação a seguir:

$$Q = hA\Delta t \quad (2.4)$$

Onde:

Q: Fluxo de calor [W]

A: área normal ao fluxo de calor [m^2]

Δt : diferença de temperatura [K]

h: coeficiente de convecção [$W/m^2.K$]

2.2.3 Transferência de Calor por Radiação

Conceitua-se radiação como a energia emitida pela matéria sob a forma de fótons (ondas eletromagnéticas) como resultado das mudanças nas configurações eletrônicas de átomos ou moléculas. Segundo Çengel (2013) a transferência de calor por radiação diverge das demais citadas, pois não exige a presença de um meio interveniente.

De acordo com (INCROPERA, 2008), todas as superfícies com temperatura diferente de zero emitem energia no formato de ondas eletromagnéticas. Com isso, na ausência de um meio inserido, existe transferência de calor líquida, por radiação, entre duas superfícies a temperaturas desiguais.

De tal forma, o calor trocado entre duas superfícies é calculado pela fórmula a seguir:

$$E = \sigma T^4 \quad (2.5)$$

$$Q = \varepsilon A \sigma (T_i^4 - T_f^4) \quad (2.6)$$

Onde:

Q: Fluxo de calor [W]

E: emissividade

T_i: temperatura superfície [K]

T_f: temperatura superfície vizinhança [K]

A: área da superfície [m^2]

2.2.4 Coeficiente Global de Transferência de Calor

Ao se posicionar como um parâmetro importante, o coeficiente global de transferência de calor (U) é usado para o cálculo de carga térmica. A tabela 3.3 do livro Instalações de Ar condicionado, CREDER (2004), expõe os valores concernentes ao coeficiente global de transmissão de calor, aplicáveis a determinados tipos de paredes. Entretanto, no caso de estruturas não convencionais, caracterizadas pelo uso de múltiplos materiais distintos, é adotado as respectivas resistências inerentes a cada componente, para um cálculo mais preciso. Tais resistências, equivalentes aos recíprocos das condutividades e condutâncias, são combinadas por meio de um procedimento análogo à associação de resistências em série, observado em circuitos elétricos.

2.2.5 Psicometria

Atualmente, é amplamente reconhecido que a psicometria constitui a ciência que investiga a influência das características do ar úmido (constituído por uma combinação de ar seco e vapor d'água) e dos processos associados (como secagem, umidificação, resfriamento e aquecimento) na mudança da temperatura ou da quantidade de vapor d'água presente na mistura.

Os princípios fundamentais da psicometria são diretamente aplicados em diversos contextos, incluindo o cálculo da carga térmica, o projeto de sistemas de ar condicionado, serpentinas de desumidificação e resfriamento, torres de resfriamento e condensadores evaporativos. (JESUS, 2002).

No desenvolvimento de projetos, sobretudo relacionados ao condicionamento de ar, a compreensão de certas propriedades é crucial. Essas propriedades são conhecidas como propriedades psicrométricas. (JESUS, 2002).

No cálculo da carga térmica, são empregados parâmetros fundamentais da psicometria, através dos quais é possível definir a faixa de conforto térmico para os seres humanos. Esses parâmetros incluem:

- Ar seco: A composição de todos os gases atmosféricos, exceto vapor d'água;
- Ar saturado e Ar não saturado: Ar saturado consiste na mistura de ar seco com vapor d'água saturado, enquanto ar não saturado é a combinação de ar seco com vapor d'água superaquecido;

- Umidade relativa: Representa a relação entre a pressão de saturação correspondente à temperatura da mistura e a pressão parcial do vapor d'água presente na mistura;
- Umidade absoluta: Definida como a razão entre a massa de vapor e a massa de ar seco, ou seja, a quantidade total de vapor d'água na atmosfera;
- Temperatura de bulbo seco: A temperatura indicada por um termômetro comum, sem considerar a influência da radiação;
- Temperatura de bulbo úmido: A temperatura registrada por um termômetro cujo bulbo está em contato com uma mecha úmida. A leitura nesse ponto é denominada temperatura de bulbo úmido do ar;
- Ponto de orvalho: A temperatura na qual o vapor d'água se satura e condensa.
- Volume específico do ar úmido: Calculado como a razão entre o volume da mistura e a massa de ar seco.

Esses parâmetros fornecem a base para a criação da chamada Carta Psicrométrica, uma ferramenta essencial para determinar a faixa de conforto térmico adequada para o condicionamento de ar em um determinado ambiente.

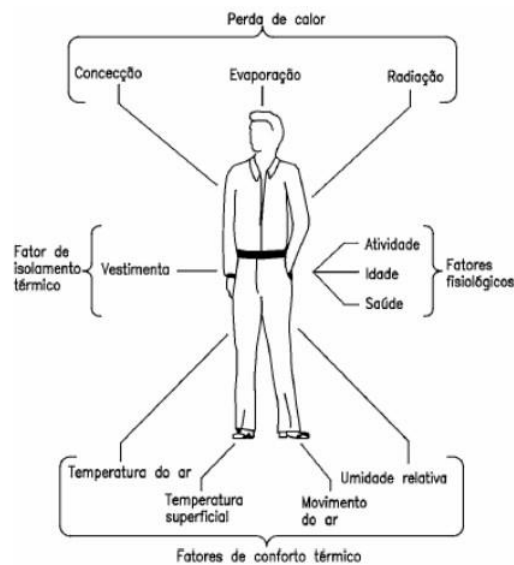
2.2.5.1 Carta psicrométrica

A carta psicrométrica constitui a representação visual dos parâmetros abordados previamente, possuindo um papel de suma importância na visualização da faixa de conforto térmico destinada ao condicionamento do ar. Por conseguinte, viabiliza a definição precisa do ciclo de ar condicionado.

2.3 CONFORTO TÉRMICO

Conforme Fanger (1970), conforto térmico é uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico. Consoante, segundo estudos realizados por Silva (2015), conforto térmico está relacionado ao desejo que o homem tem de sentir-se bem. Na figura 4 podem-se ver os fatores que influenciam o conforto térmico humano.

Figura 3 – Fatores de Conforto térmico.



Fonte: Pizzeti (1970).

Afim de relacionar o conforto térmico e sua influência no rendimento do trabalho, Frota e Schiffer (2001) afirmam que a Comissão Americana da Ventilação realizou estudos e pesquisas e vieram confirmar os seguintes resultados:

- Para o trabalho físico, o aumento da temperatura ambiente de 20°C para 24°C diminui o rendimento em 15%;
- 30°C de temperatura ambiente, com umidade relativa de 80%, o rendimento cai 28%.

Assim o conforto térmico apresenta-se como uma variável a ser analisada quando se deseja considerar melhorias nas condições de trabalho e aumento de produtividade.

Conforme Frota e Schiffer (2001) o homem precisa liberar calor em quantidade suficiente para que sua temperatura interna permaneça em média de 37°C. Com isso, as autoras associam essa capacidade com 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, p.15).

Portanto, se o indivíduo apresenta sensação de calor ou frio é porque há uma desregulação térmica, provocando um esforço adicional para que volte à condição inicial, tendo como consequência a queda do rendimento de trabalho.

2.4 CLIMATIZAÇÃO DE AMBIENTES

Segundo CREDER (2004) a conservação do ar consiste em um método de tratamento de ar cuja finalidade é regular as características do ar como a temperatura e umidade relativa de um determinado ambiente.

A conservação do ar, segundo a NBR 16401, requer o manejo das grandezas abaixo descritas, correspondendo ao estado desejado dentro do ambiente, devendo manter estes durante todo o período de atuação do sistema de climatização:

- Umidade relativa do ar;
- Movimentação do ar;
- Temperatura do ar;
- Nível de pureza do ar;
- Porcentagem de renovação do ar.

Além disso, existem outros conceitos para climatização que são fatores primordiais no dimensionamento dos sistemas:

- Temperatura: Remete a igualdade de temperatura entre dois corpos e/ou ambientes;
- Pressão: Razão da força normal pela área. A pressão em todos os pontos de um sistema em equilíbrio é a mesma em qualquer direção;
- Volume: Pode ser apresentado como o inverso da massa específica;
- Calor: Energia térmica que corre devido exclusivamente quando existe diferencial de temperatura;
- Calor latente: É a quantidade de calor que se retira ou acrescenta de um ambiente, mudando o estado, sem afetar a temperatura (CREDER, 2004);
- Calor sensível: Quantidade de calor de um recinto que deve ser retirada ou acrescentada devido à diferença de temperatura entre o exterior e interior, com o objetivo de promover as condições de conforto desejadas (CREDER, 2004);
- Temperatura de Bulbo Seco do Ar: Temperatura relacionada ao composto ar-vapor. Tendo valor igual para os dois elementos do composto;
- Temperatura de Bulbo Úmido do Ar: Temperatura menor que a de Bulbo Seco, sendo obtida por um termômetro.

2.5 CARGA TÉRMICA

Considerar a carga térmica é primordial para o dimensionamento de um sistema de climatização. Para isso, algumas especificações relacionadas devem ser adotadas nos projetos e

estas são indicadas na ABNT NBR 16401. Seu cálculo é feito levando em consideração fatores ambientais como temperaturas externas e internas, radiação solar, ganho de calor interno e umidade do recinto.

Ainda segundo a ABNT NBR 16401, é sugerido o *ASHRAE Handbook*, que cita como referência para cálculo de carga térmica o modelo RTS (*Radiant Time Series*). Esse método idealizou a criação de alguns softwares computacionais para determinação de carga térmica.

Para o correto dimensionamento do sistema de ar condicionado, faz-se importante analisar as condições ideais de conforto humano e o cálculo da carga térmica que, no presente estudo, será adotado o Software CYPETHERM LOADS, em que predefine os fatores que afetam as cargas para a determinada região que está instalado o estabelecimento.

É essencial determinar várias características do ambiente para possibilitar a realização do cálculo adequado. As características a serem definidas incluem:

- Localização do Ambiente: Isso envolve sua posição geográfica, bem como a exposição ao sol e áreas sombreadas;
- Categoria do Ambiente: Identificar se é residencial, comercial, de escritório, hotel ou de outra natureza;
- Dimensões Físicas do Ambiente: Considerar a altura, comprimento e largura do espaço;
- Materiais de Construção: Avaliar os materiais usados na construção, como o tipo de tijolo, vidros, janelas, telhado ou laje, e como esses materiais afetam a troca de calor;
- Condições Externas: Levar em conta elementos como fachada, cores e sombras presentes no ambiente externo;
- Pessoas: Determinar a quantidade de pessoas no ambiente;
- Iluminação: Especificar o tipo e quantidade de iluminação presente no espaço;
- Equipamentos: Contabilizar a quantidade e a potência dos equipamentos instalados no ambiente;
- Portas: Considerar a localização e quantidade de portas no espaço;
- Temperatura: Coletar informações sobre a temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e umidade relativa no ambiente;
- Transmissão de Calor: Avaliar a transmissão de calor causada pela exposição solar, tanto no ambiente interno quanto na parede externa e no telhado;
- Isolamento: Estudar como o calor é transmitido através de vidros, paredes e piso internos;
- Iluminação: Considerar o impacto da iluminação no ambiente e como ela afeta o calor;
- Carga de Ocupantes: Analisar a carga térmica gerada pelas pessoas presentes no espaço.

A análise e a definição destas características constituem passos cruciais para realizar cálculos precisos e eficazes.

2.5.1 Temperatura de Bulbo seco, úmido e Umidade relativa

Após levantadas todas as características da zona térmica, devem ser definidas as respectivas temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido da zona externa e interna. Em relação as condições externas deve-se utilizar a tabela A.6 (anexo) da norma NBR 16401, que, a partir da localização escolhida, definem-se as variáveis de TBS, TBU, pressão atmosférica e umidade absoluta.

Entretanto, já as condições internas são levantadas pela norma NBR 16401-2. Com isso, a umidade absoluta interna é definida a partir da expressão:

$$W = 0,622 \frac{P_s}{P_t - P_s} \quad (2.7)$$

Onde:

Ps: pressão parcial do vapor de água

Pt: pressão atmosférica

2.5.2 Carga Térmica ocasionada pela insolação

A energia solar é, na maioria dos casos, a responsável pela maior parcela da carga térmica total nos cálculos de climatização, em via de regra como convecção e radiação.

2.5.2.1 Transmissão de calor do sol através de superfícies opacas

O telhado, as lajes e as paredes do recinto transmitem a energia solar para o interior por meio da condução e convecção, o que apresenta a fórmula a seguir

$$Q = AU[(T_e - T_i) + \Delta t] \quad (2.8)$$

Onde:

A: área da superfície opaca [m^2]

U: coeficiente global de transmissão de calor [$W/m^2\text{°C}$]

Te: temperatura externa [$^{\circ}\text{C}$]

Ti: temperatura interna [$^{\circ}\text{C}$]

Δt : acréscimo de temperatura devido insolação [$^{\circ}\text{C}$]

2.5.2.2 Transmissão de calor do sol através de superfícies transparentes

Na bibliografia Instalações de Ar condicionado, CREDER (2016), tem-se os valores de fator solar obtidos através de experimentos, dados em BTU/h ou W/m^2 , admitindo que a janela não tenha proteção. Caso tenha toldos ou persianas, deve-se multiplicar os valores encontrados, pelos respectivos coeficientes de redução:

- Persianas externas ou toldos: 0,18 - 0,2
- Reflexoras ou persianas internas: 0,58 - 0,67
- Cortinas internas brancas (sem brilho): 0,43 - 0,49

Logo, a partir desses parâmetros, determina-se a transmissão de calor vindo do sol, conforme aequação a seguir:

$$q = A f_{\text{ator}} \quad (2.9)$$

Onde:

A: área de superfície transparente [m^2]

fator: fator solar [BTU/h ou W/m^2]

2.5.3 Carga Térmica Devido as Pessoas

Conforme a NBR 16401, a carga térmica devido as pessoas é dada pelo calor sensível e latente liberado pelas pessoas em um recinto, para uma determinada temperatura de bulbo seco das condições internas. Ainda na norma, encontra-se valores de calor sensível e latente liberado pelas pessoas em função da temperatura e da atividade exercida em temperatura de bulbo seco de 24°C, entretanto, pode-se calcular para qualquer temperatura de bulbo seco, como apresenta a equação 2.10.

$$Q_{\text{pessoas}} = n(q_s + q_l) \quad (2.10)$$

Onde:

n: número de pessoas na zona térmica

qs: calor sensível [W]

ql: calor latente [W]

2.5.4 Carga Térmica Devido aos Equipamentos

De acordo com a NBR 16401, é obtido a carga térmica devido aos equipamentos através de valores de dissipação de calor (equipamentos de escritório, motores e outras fontes de calor umidade) e potência dissipada.

2.5.5 Carga Térmica por Renovação de Ar

Para determinar a taxa de renovação de ar, utiliza-se como referência a NBR 16401-3, nomeada como qualidade do ar interior.

Esta parte da norma estipula a vazão mínima de ar exterior de qualidade aceitável a ser suprida pelo sistema para que ocorra a renovação do ar interior e mantenha a concentração dos poluentes em níveis baixos. Em se tratando dessa taxa, a sua determinação é com base na metodologia da ASHRAE, e se faz necessário calcular primeiramente a vazão de ar necessária para a renovação, dada pela equação 2.11:

$$V_{ef} = P_z * F_p + A_z * F_a \quad (2.11)$$

Onde:

V_{ef} : vazão eficaz de ar exterior [L/s]

F_p : vazão por pessoa [L/s pessoa]

F_a : área útil ocupada pela pessoa [m^2]

P_z : número máximo de pessoas na zona de ventilação

2.6 MÉTODO DAS SÉRIES TEMPORAIS RADIANTES (RTSM)

Com o objetivo de utilizar as ferramentas mais modernas da área, o software CYPETHERM LOADS opera em fluxo BIM que vai ao encontro das recomendações da ASHRAE.

Segundo Mcquiston (2005), o RTSM é baseado no método (Heat Balance Method) e não se aplica técnicas iterativas. Sendo assim, utiliza séries matemáticas a fim de particionar ambientes fisicamente (SPITLER, 2020).

Dessa forma, os ganhos de calor são calculados, individualmente, para cada tipo de fronteira utilizando 24 fatores de respostas, ao analisar cada hora do dia. Esses fatores apresentam

solução de séries temporais para o problema de transferência de calor por condução unidimensionale transitória (SPITLER, 2020).

$$q\theta = A\Sigma YPj(te, \theta - j\delta - trc)23j = 0 \quad (2.12)$$

Onde:

$q\theta$: transferência de calor condutiva para superfície [W]

A: área da superfície [m^2]

YPj: fator de resposta para superfície relative

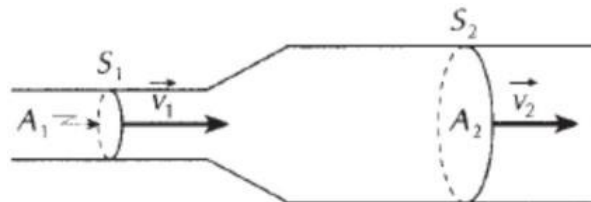
$\theta - j\delta$: temperatura SOL - AR [$^{\circ}C$]

trc: temperatura do ar do espaço, constante [$^{\circ}C$]

2.7 VAZÃO DO EQUIPAMENTO

Em consonância com Soares (2007), a vazão volumétrica corresponde ao volume de fluido que atravessa a área de uma determinada seção por unidade de tempo, expressa convencionalmente pela unidade (m^3/s).

Figura 4 – Representação da vazão em duto.



Fonte: Princípios da Mecânica dos Fluidos.

Em relação ao fluxo de calor, este dependerá da diferença entre as temperaturas internase externas, das propriedades do fluido e da carga térmica. Assim, obtendo a Carga Térmica e a temperatura externa ao recinto, pode-se calcular a vazão do ar condicionado necessária à retirada de calor suficiente para manter a temperatura desejada.

Para obtenção dessa grandeza, utiliza-se a equação 2.13 (FOX,2014).

$$Q = \frac{X}{c * \Delta T * \rho} \quad (2.13)$$

Onde:

Q: vazão (m^3/s)

X: carga térmica total (W)

c : calor específico do fluido ($\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

ΔT : diferença de temperatura externa-interna ($^\circ\text{C}$)

ρ : massa específica do fluido (kg/m^3)

2.8 MODELAGEM EM AMBIENTE BIM

O conceito de BIM (*Business Intelligence Modelling*) reúne a ideia de construir um edifício virtual antes de construí-lo efetivamente, ou seja, a modelagem de informação da construção. Dessa forma, essa modelagem prévia permite um processo de geração e compartilhamento de informações da construção de forma que ofereça benefícios em todas as fases do ciclo de vida do projeto (PEREIRA, 2017).

Garantir o ciclo de vida e avaliá-lo é fundamental na prática projetual, pois permite uma maior orientação nas tomadas de decisão no projeto e na busca de soluções avançadas. O ambiente BIM é utilizado no meio profissional principalmente para essas finalidades.

Masotti (2014) afirma que o BIM possui diversas camadas de informação, as suas dimensões. A depender da necessidade do operador, um modelo nesse software pode ser gerado de 4D em diante.

3 METODOLOGIA

A metodologia do projeto adota softwares e ferramentas que fornecem resultados concisos. Com isso, para guiar o estudo de caso, foi construída a estruturação do trabalho. O estudo de caso foi idealizado e composto por 4 etapas (análise do problema, modelagem do problema, cálculos no ambiente de loja, análise dos valores obtidos), conforme descrito no fluxograma abaixo:

Figura 5 – Fluxograma de Projeto.



Fonte: Autor.

3.1 AMBIENTE BIM

Logo, com a busca pelas praticas mais atuais, faz-se a proposta de projeto em ciclo de trabalho colaborativo. A utilização de ferramentas computacionais como o Building Intelligence Modeling (BIM) representa uma nova geração de softwares focados no ciclo de vida do projeto (MARCOS, 2009). As principais direções buscam a interoperabilidade e reutilização da informação com objetivo na melhoria contínua no processo de desenvolvimento do projeto. Assim, o fluxo em BIM apresenta a melhor solução, afinal permitem maior qualidade das informações que estarão integradas ao longo do ciclo (EASTMAN, 2014).

No contexto deste estudo, o BIM foi utilizado para criar um modelo digital completo da loja de motopeças em questão. Essa criação consistiu na representação detalhada dos elementos

estruturais, como pisos, paredes teto e sistema de ventilação, além de informações internas sobre layout, disposição de prateleiras, balcão e expositores. A partir da inserção dessas informações sobre o recinto, se inicia a análise técnica do problema.

A grande vantagem do uso do BIM foi a capacidade de simular condições e cenários internos que antes eram realizadas, via de regra, por planilhas dinâmicas, acarretando no aumento do tempo de simulação do projeto. Além disso, a ferramenta computacional permite a integração de dados climáticos externos, o que possibilitou avaliar o impacto das condições meteorológicas na temperatura interna da loja.

3.2 ANÁLISE DO PROBLEMA

A fase de análise do problema deste trabalho envolve o estudo detalhado do problema em questão, que é a carga térmica em uma loja de motopeças. Esse contexto é fundamental para identificar os pontos críticos que influenciam a temperatura interna da loja e, assim, orientar as etapas posteriores do projeto.

Para iniciar, houve a coleta de informações estruturais da construção. Para isso, a equipe de engenharia da empresa responsável pela loja forneceu dados, como especificações de materiais de construção, dimensões da área, tipo de cobertura e sistema de ventilação. Esses dados foram essenciais para a compreensão das condições de partida e para a criação do modelo BIM.

Além disso, a planta da construção foi desenvolvida utilizando um Software CAD (*Computer-Aided Design*). Esse software permite representar as características arquitetônicas do ambiente, pois considera todos os detalhes fornecidos pela equipe de engenharia. Isso inclui a disposição de elementos-chave na regulação da carga térmica.

Por conseguinte, a análise do problema também considerou as especificações da Coordenação, ao assegurar que todas as exigências e particularidades fossem incorporadas ao projeto. Isso inclui, por exemplo, requisitos de acessibilidade para clientes.

3.3 MODELAGEM DO PROBLEMA

Após o término da etapa anterior, o passo subsequente envolveu a modelagem da edificação. Neste contexto, a modelagem refere-se à criação de um modelo tridimensional detalhado da loja de motopeças, utilizando BIM.

O Software *IFC Builder* foi a ferramenta responsável nesse processo de modelagem. Ele permitiu a criação de um modelo digital completo, onde cada elemento da construção é

representado com precisão. Isso inclui paredes, pisos, tetos, pilares e todos os outros componentes relevantes para a estrutura da loja.

E essa representação tridimensional é crucial porque possibilitou uma análise mais profunda das condições térmicas internas. Com o modelo BIM, visualizou-se como o ar circula dentro da loja, identificou-se pontos quentes e frios, e além disso, avaliou a eficácia dos sistemas de ventilação.

Ademais, o BIM também incorporou informações sobre os materiais de construção. Isso significa que a condutividade térmica dos materiais presentes, sua capacidade de isolamento e outros fatores relacionados à carga térmica podem ser levados em consideração. Esses detalhes são essenciais para entender como a estrutura da loja afeta o comportamento térmico do ambiente. Após a criação do modelo 3D, a planta estrutural é integrada ao software *Cypetherm Loads*. Esta ferramenta especializada é projetada para avaliar as propriedades estruturais de edificações e analisar os elementos que podem influenciar na carga térmica do edifício. Com a integração do modelo, o *Cypetherm Loads* se tornou a ferramenta adotada para calcular a carga térmica da loja de motopeças.

Assim, a modelagem do problema não se limitou à representação visual da loja, mas também incorporou dados técnicos essenciais para a análise da carga térmica. Essa abordagem completa foi fundamental para compreender como a estrutura da loja e seus componentes afetam o ambiente térmico interno.

3.4 CÁLCULOS NO AMBIENTE DE LOJA

Os cálculos realizados no ambiente da loja tiveram como objetivo principal determinar a carga térmica, ou seja, a quantidade de calor que entra e sai do espaço em um determinado período de tempo. Esse cálculo é essencial para avaliar se o sistema de climatização existente é capaz de manter a temperatura interna dentro de limites confortáveis para os ocupantes.

Além disso, esses cálculos também permitiram identificar áreas críticas onde a carga térmica poderia ser excessiva, como locais com alta concentração de equipamentos ou exposição direta à luz solar. Com essas informações em mãos, é possível desenvolver estratégias para otimizar a eficiência energética e o conforto térmico da loja, seja por meio de ajustes nos sistemas de climatização, reorganização do layout ou melhorias no isolamento térmico.

Portanto, a fase de cálculos no ambiente da loja serviu para quantificar e compreender a carga térmica da loja de motopeças. A análise detalhada de todos os fatores internos e externos que influenciam a temperatura é fundamental para tomar decisões informadas sobre o

gerenciamento eficiente da carga térmica, visando ao conforto dos clientes e funcionários.

4 RESULTADOS

4.1 Estudo de Caso

Para fins de comprovação da metodologia exposta, será adotado um estudo de caso contendo as seguintes especificações:

Uma loja na cidade de Recife - PE com um fluxo médio de pessoas, com equipamentos eletrônicos em pleno funcionamento. Para tal, é necessário viabilizar, através da obtenção da carga térmica, o dimensionamento de um sistema de climatização para a loja, que atualmente conta apenas com ventiladores de médio porte. Com isso, levando em consideração o conforto térmico de funcionários e clientes, a assertividade no estudo da carga térmica garante a implantação de um sistema efetivo para que a loja ofereça um serviço de melhor qualidade.

4.1.1 Dados Climáticos

Para fins de obtenção dos dados climáticos, foi utilizado o *Weather Data View 6.0* em que foi inserido os parâmetros destacados (Figura 6) referentes à cidade onde fica localizada a loja (Recife - PE).

Figura 6 – Informações de localização do Weather Data View 6.0.

The screenshot shows the 'Importar' (Import) window of the Weather Data View 6.0 software. The interface includes the ASHRAE logo and a list of input fields for station data. The following table summarizes the visible settings:

Field	Value
WMO region	3 - SOUTH AMERICA
País/Região	Brazil
Nome da estação	RECIFE INTL
Nível percentil anual (Aquecimento)	99%
Nível percentil anual (Arrefecimento)	1%
Temperaturas anuais	1%
Temperaturas mensais	2%
Latitude (°)	8.13 S
Longitude (°)	34.92 W
Altitude	10.00 m

At the bottom of the window, there is a disclaimer: "The data are provided 'as is' without warranty of any kind, either expressed or implied. The entire risk as to the quality and performance of the data is with you. In no event will ASHRAE be liable to you for any damages, including without limitation any lost profits, lost savings, or other incidental or consequential damages arising out of the use or inability to use the data."

Fonte: Autor.

Por ser um ambiente comercial, o seu funcionamento é ininterrupto ao longo do ano. Para isso, os valores de temperatura média por mês adotados foram obtidos através do modelo *Clear-Sky Solar Radiation* da ASHRAE, conforme disposto na Figura 7. Atendendo às

necessidades do presente estudo.

Figura 7 – Dados Temperatura média ao longo do ano.

	Temperatura seca de dimensionamento (°C)	Temperatura úmida coincidente (°C)	Oscilação diária da temperatura seca (°C)	Oscilação diária da temperatura úmida (°C)	Irradiação direta	Irradiação difusa
JANEIRO	33,2	26,4	5,4	2,6	0.394	2.503
FEVEREIRO	33,8	26,9	5,6	2,7	0.398	2.497
MARÇO	33,9	27,2	5,9	2,8	0.397	2.507
ABRIL	32,9	26,8	6,1	2,9	0.393	2.538
MAIO	32,1	26,4	6,0	3	0.386	2.559
JUNHO	30,9	25,6	5,8	3,1	0.39	2.534
JULHO	30,2	24,9	6,0	3,3	0.391	2.517
AGOSTO	30,2	24,7	5,9	3,2	0.395	2.471
SETEMBRO	31,0	25,1	5,4	2,9	0.425	2.361
OUTUBRO	32,2	25,6	5,2	2,8	0.421	2.377
NOVEMBRO	32,9	26,0	5,2	2,8	0.399	2.451
DEZEMBRO	33,2	26,2	5,3	2,8	0.404	2.455

Fonte: Autor.

4.1.2 Fontes de Calor internas

4.1.2.1 Ganho de calor por iluminação

Em relação a iluminação da loja, os dados foram obtidos diretamente do Software Cypetherm Loads que possui em seu banco os dados já padronizados de acordo com a zona do edifício em estudo e a categoria de luminária utilizada no recinto, conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Informações de entrada para potência de iluminação.

Fonte: Autor.

Ao selecionar o tipo de zona de edifício (comércio varejista), categoria de luminária (fluorescente encastrada sem vidro) adotados na loja do presente estudo, pode-se obter os

resultados referentes ao ganho de calor relacionado à iluminação do recinto. Esses valores são encontrados na base de dados do Software Cypetherm loads e usa como biblioteca dados da ASHRAE, como demonstrado na Figura 9.

Figura 9 – Informações de potência de iluminação.

Iluminação

Ganho de calor sensível: 9.40 W/m²

Fracção radiante: 0.97

Fracção ao compartimento: 0.75

Perfil de utilização: ☒

Fonte: Autor.

4.1.2.2 Ganho de calor por ocupação

A loja do presente estudo encontra-se no centro da cidade, ofertando atendimento na modalidade presencial. Dessa forma, para a análise do estudo de caso, foi levado em consideração o ganho de calor por ocupação, com dados de entrada selecionados conforme Figura 10:

Figura 10 – Informações de entrada para ganho interno de calor por ocupação.

Densidades de ocupação por defeito

Fonte: ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013

Importar	Descrição	Densidade de ocupação (m²/pessoa)
☒	Vendas (excepto o indicado abaixo)	6.7
☐	Zonas comuns de centros comerciais	2.5
☐	Barbearia	4.0
☐	Salões de beleza e de unhas	4.0
☐	Lojas de animais (área de animais)	10.0
☐	Supermercado	12.5
☐	Lavandarias self-service	5.0

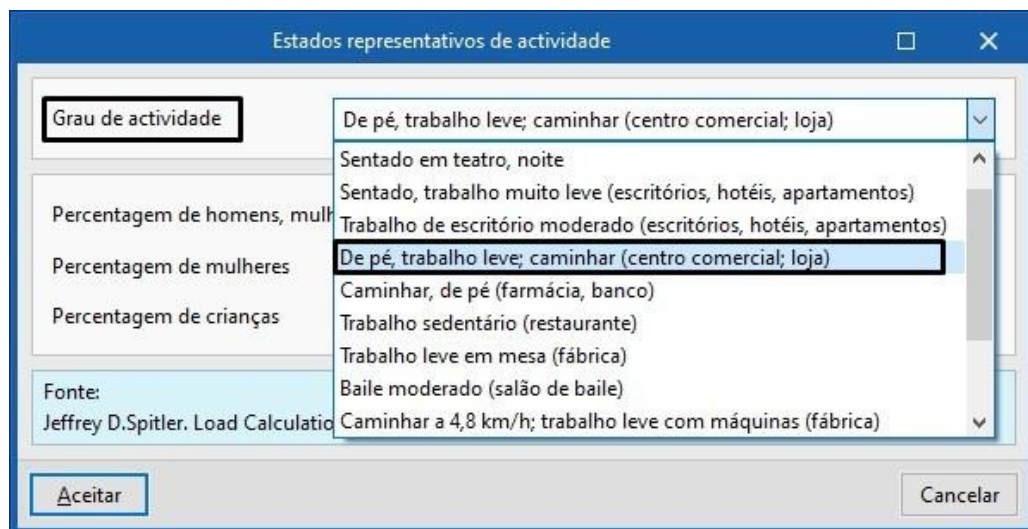
Fonte: Autor.

Após a escolha do tipo de estabelecimento, é necessário informar o grau de atividade (centro comercial; loja) que ocorre dentro do ambiente comercial. Além disso, o programa

oferece a possibilidade de estabelecer porcentagens diferentes para homens e mulheres conforme a realidade da loja que está sendo analisada. No entanto, por se tratar de um ambiente comercial, não há como prever o grau de ocupação de forma separada. Sendo assim, será adotado valores iguais de porcentagem, conforme explicitado na Figura 11:

- Porcentagem de homens, mulheres: 50%

Figura 11 – Informações de grau de atividade na loja.



Fonte: Autor.

4.1.2.3 Ganho de Calor Por Equipamentos internos

Em relação aos equipamentos que possam fornecer ganho de calor interno, a loja apresenta um computador de mesa, responsável por realizar a operação de caixa (venda e retirada de produtos) e um notebook, em que é destinado às atividades administrativas. Sendo assim, de acordo com a tabela ASHRAE, a densidade da carga térmica do escritório é classificada na categoria leve, vide Figura 12:

Figura 12 – Informações de ganho interno de calor por equipamentos.

Fonte: Autor

Com essa informação de entrada, o Software fornece na base de tabelas ASHRAE, os valores referentes ao tipo de densidade de carga térmica do escritório selecionada, observados na Figura 13. Em reunião com a equipe da empresa, foi obtido a conclusão de que a densidade de cargas térmicas provocadas por equipamentos é leve, tendo em vista que os meios eletrônicos utilizados são apenas um computador de mesa (usado no balcão para registro de produtos vendidos e consulta de preços) e um notebook (meio de trabalho do gerente de loja).

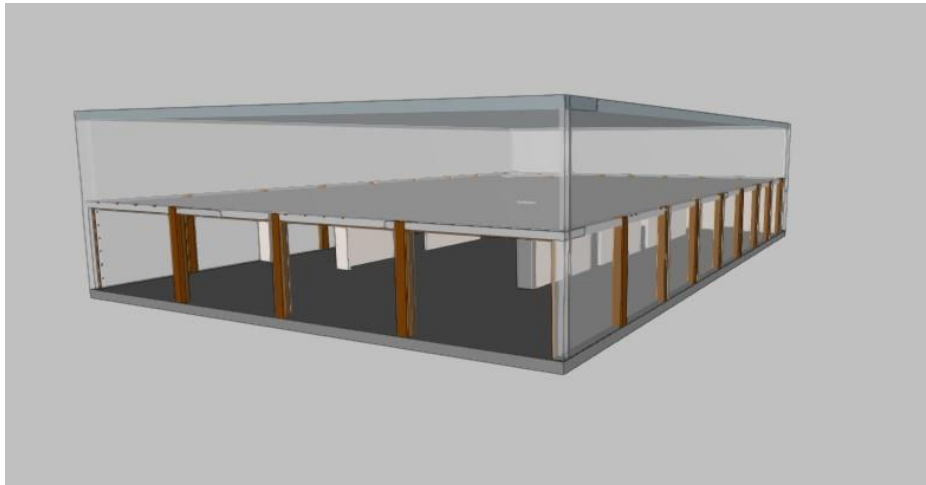
Figura 13 – Informações de entrada para ganho interno de calor por equipamentos.

Fonte: Autor

4.1.3 Ambiente da loja

O recinto foi construído conforme características solicitadas pela coordenação da empresa. A planta CAD e a composição dos materiais a serem utilizados foram fornecidos pela equipe de engenheiros responsáveis pelo projeto. Convém salientar que, o espaço construído possui um andar superior, em que fica localizado todo o estoque de produtos. A estrutura da loja está representado na Figura 14, com seus dados estruturais postos logo abaixo:

Figura 14 – Informações de entrada para ganho interno de calor por equipamentos.



Fonte: Autor.

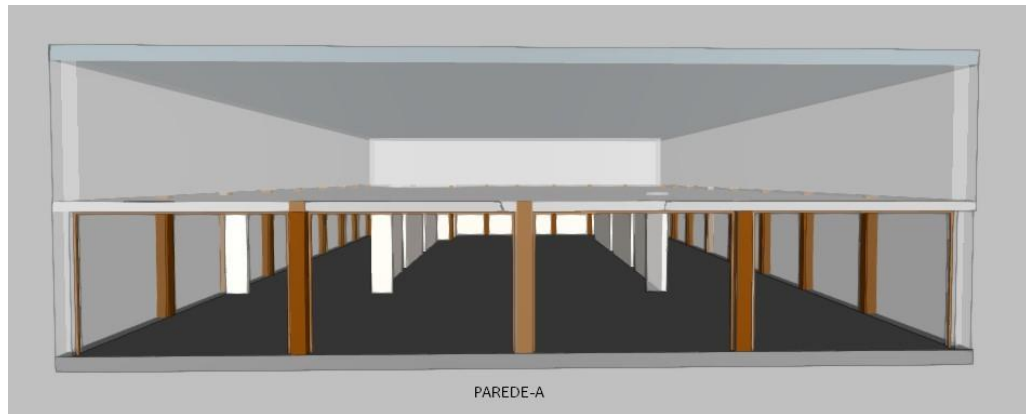
- Volume do Recinto: $1324,9 \text{ m}^3$
- Area total: $473,2 \text{ m}^2$
- Largura de paredes externas: 0.3 m
- Largura de paredes internas: 0.15 m

As vistas do ambiente da loja estão apresentadas abaixo. Para fins de identificação, existe a representação por siglas:

- **PAREDE-A:** Parede Externa Abertura
- **PAREDE-F:** Parede Externa Fundo
- **PAREDE-D:** Parede Externa Lateral Direita
- **PAREDE-E:** Parede Externa Lateral Esquerda

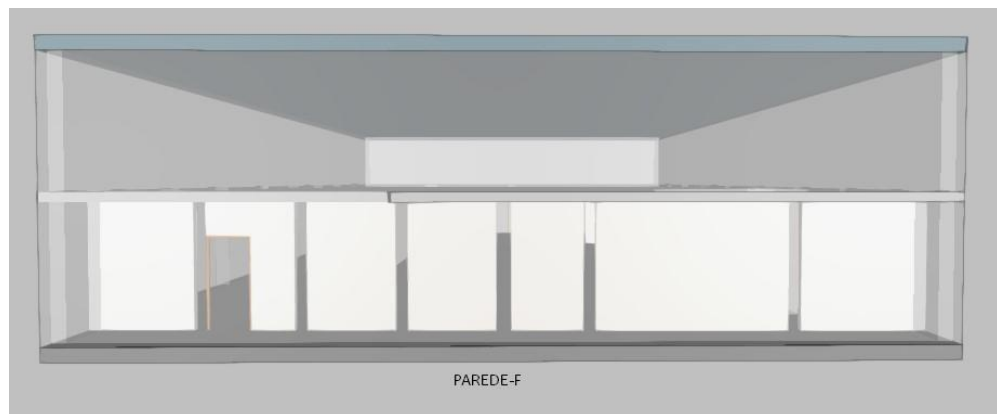
A incidência solar no recinto atinge perpendicularmente a Parede Externa Abertura.

Figura 15 – Vista frontal do recinto desconsiderando portas.



Fonte: Autor.

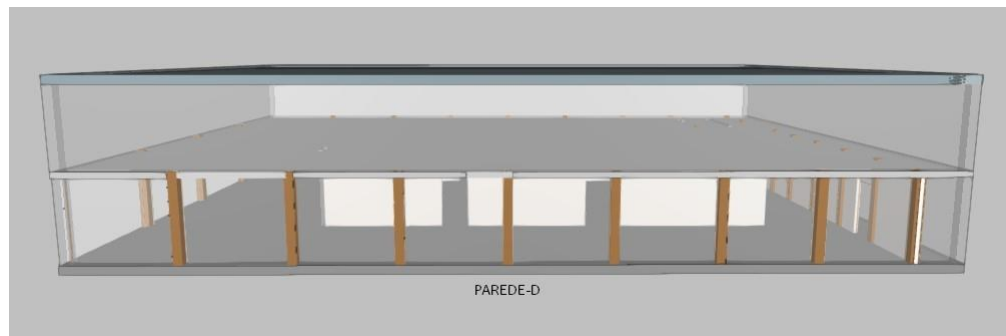
Figura 16 – Vista traseira do recinto.



Fonte: Autor.

As Figuras 15 e 16 representam, respectivamente, a frente de loja, local em que os clientes acessam o ambiente principal e o fundo de loja, espaço que é utilizado apenas para entrada e saída de colaboradores.

Figura 17 – Vista lateral direita do recinto.



Fonte: Autor.

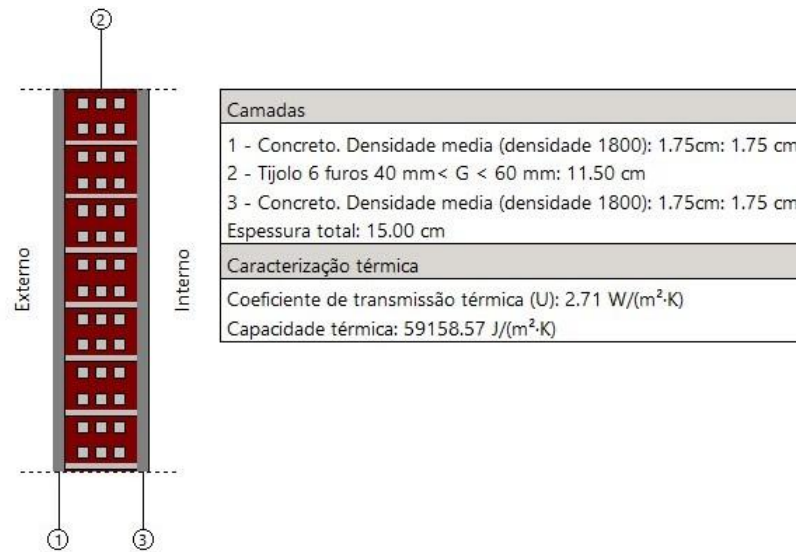
Figura 18 – Vista lateral esquerda do recinto.



Fonte: Autor

As paredes externas que estão perpendicularmente fixadas no terreno apresentam composição estrutural conforme a Figura 19 e a sua caracterização térmica foi obtida a partir da norma ISO-6946 (2017).

Figura 19 – Vista lateral esquerda do recinto.

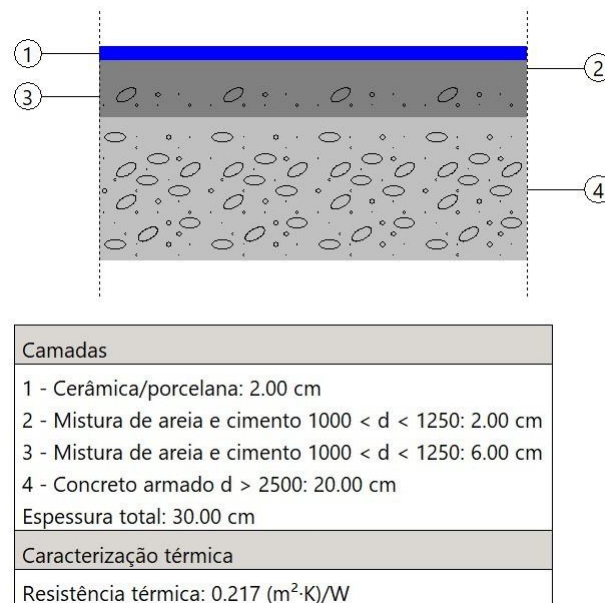


Fonte: Autor.

- **PAREDE-I:** Parede Externa Inferior (Piso)
- **PAREDE-P1:** Parede Interna Entre Pavimentos (Laje)

A Parede Externa Inferior (PAREDE-I) e a Parede Interna Entre Pavimentos (PAREDE-P1) possuem composição estrutural conforme as Figuras 20 e 21:

Figura 20 – Composição estrutural da parede externa inferior (piso).



Fonte: Autor.

Figura 21 – Composição estrutural da parede interna entre pavimentos (laje).

Camadas
1 - Cerâmica/porcelana: 2.00 cm
2 - Mistura de areia e cimento $1000 < d < 1250$: 1.00 cm
3 - Concreto armado $d > 2500$: 17.00 cm
Espessura total: 20.00 cm
Caracterização térmica
Laje superior
Coefficiente de transmissão térmica (arrefecimento): 2.26 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmissão térmica (aquecimento): 3.32 W/(m ² ·K)
Laje inferior
Coefficiente de transmissão térmica (arrefecimento): 3.32 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmissão térmica (aquecimento): 2.26 W/(m ² ·K)
Laje inferior exposta à intempérie
Coefficiente de transmissão térmica (arrefecimento): 4.14 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmissão térmica (aquecimento): 3.21 W/(m ² ·K)
Capacidade térmica: 150215.23 J/(m ² ·K)

Fonte: Autor.

As caracterizações térmicas apresentadas na figura 22 foram obtidas através das normas ISO-6946, ISO 10077, ISO 10456 e ISO 13370:

Figura 22 – Propriedade dos materiais utilizados

COMPONENTES DAS CAMADAS	Capacidade calorífica específica Cp	Resistência Térmica RT	Densidade ρ (kg/m ³)	Espessura da camada E (cm)	Condutividade Térmica λ (W/(m·K))
Mistura de areia e cimento $1000 < d < 1250$	1000.0	0,04	1125.0	2.0	0,55
Concreto armado $d > 2500$	1000.0	0,04	1800.0	10 e 17	2,5
Tijolo 6 furos 40 mm $< G < 60$ mm	1000.0	0,17	1140.0	11.5	0,68
Cerâmica/Porcelana	1000.0	0,01	2000.0	2.0	2.0

Fonte: Autor

4.2 PROPOSIÇÕES DE USO DO AMBIENTE

As proposições de uso do ambiente foram as seguintes adotadas:

- **Ganho de calor por ocupação:**

Densidade de ocupação: 6,7 m²/pessoa

Fração radiante: 58%

Calor latente: 55 W/pessoa

- **Ganho de calor por equipamento interno**

Calor sensível: 150 W

Fração radiante: 50%

Calor latente: 150 W

• **Ganho de calor por iluminação:**

Calor sensível: 13,6 W/m²

Fração radiante: 58%

• **Perfil Diário por ocupação (01)**

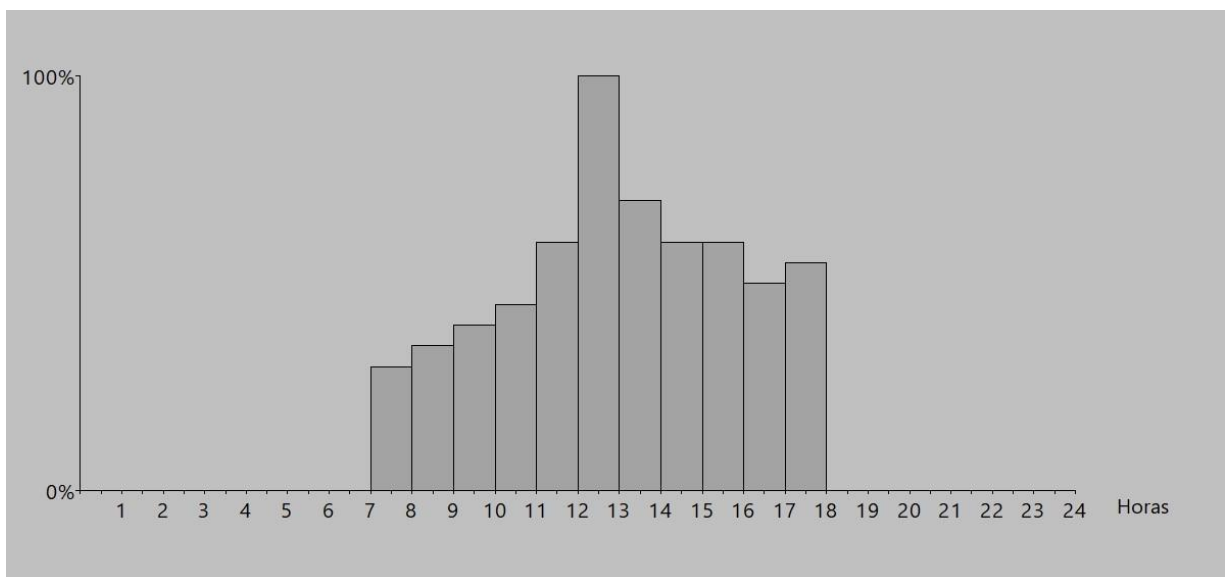
07:00 a 12:00 (aumento gradual no número de clientes - início de turno)

12:00 a 13:00 (horário com maior número de clientes na loja - horário de pico no centro comercial)

13:00 a 18:00 (diminuição no fluxo de clientes em loja)

A Figura 23 aborda as proposições para ganho de calor no ambiente e o perfil de uso diário por ocupação.

Figura 23 – Perfil diário por ocupação.



Fonte: Autor.

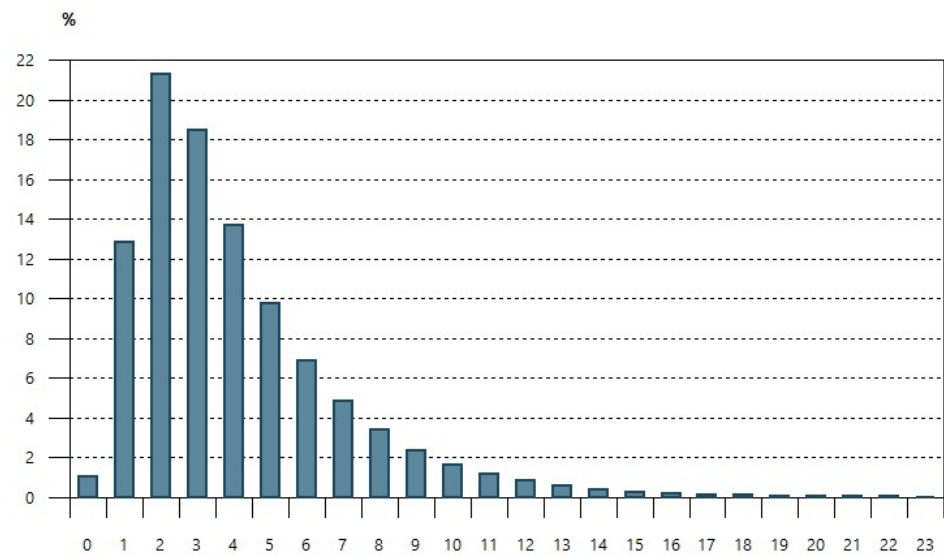
4.3 VALORES DE CARGA TÉRMICA

4.3.1 Resultados por fronteira

1. Paredes Externas:

Constante do Método das Series Temporais radiantes ao longo do dia.

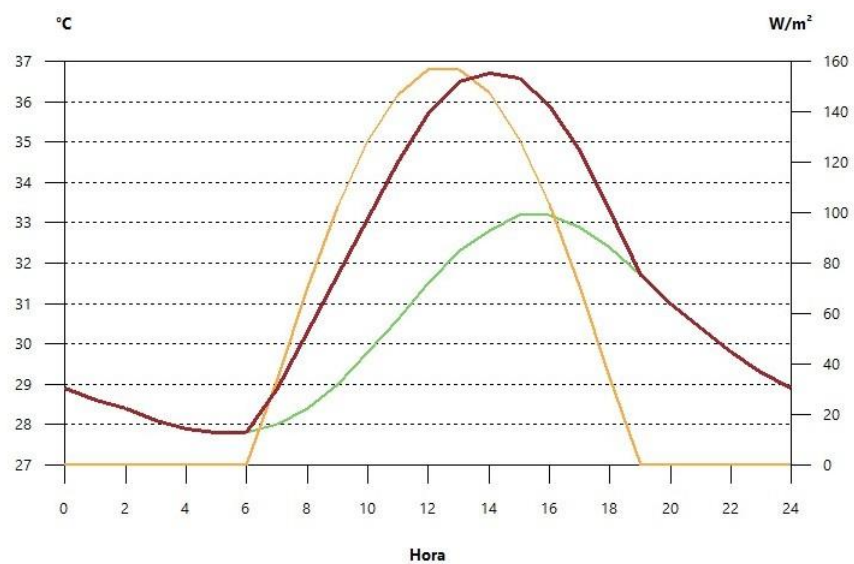
Figura 24 – Constantes RTSM paredes externas.



Fonte: Autor.

- Variação da Irradiação solar total (amarelo), da Temperatura externa(verde) e TemperaturaSol-Ar

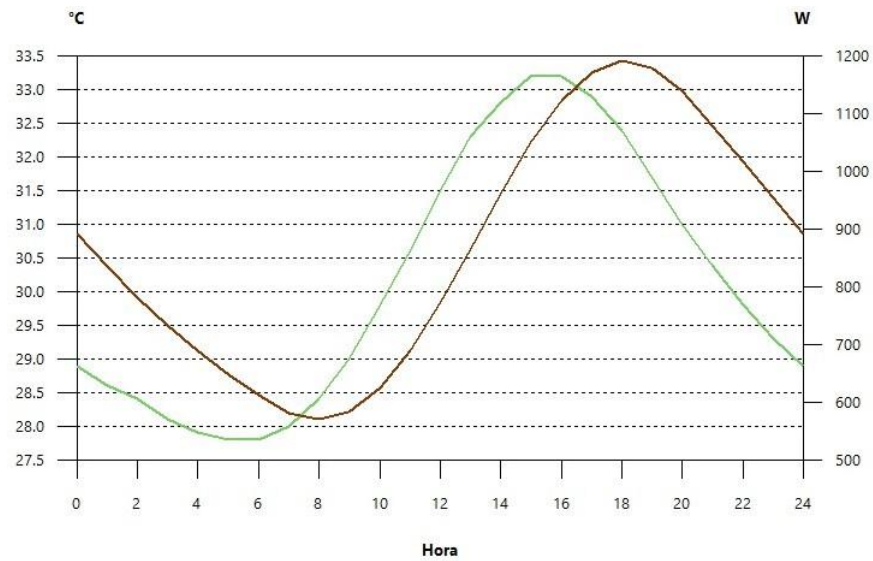
Figura 25 – Variação de temperaturas e irradiação solar em paredes externas.



Fonte: Autor.

- Variação da Carga térmica (marrom) e Temperatura exterior.

Figura 26 – Variação da carga térmica em paredes externas.

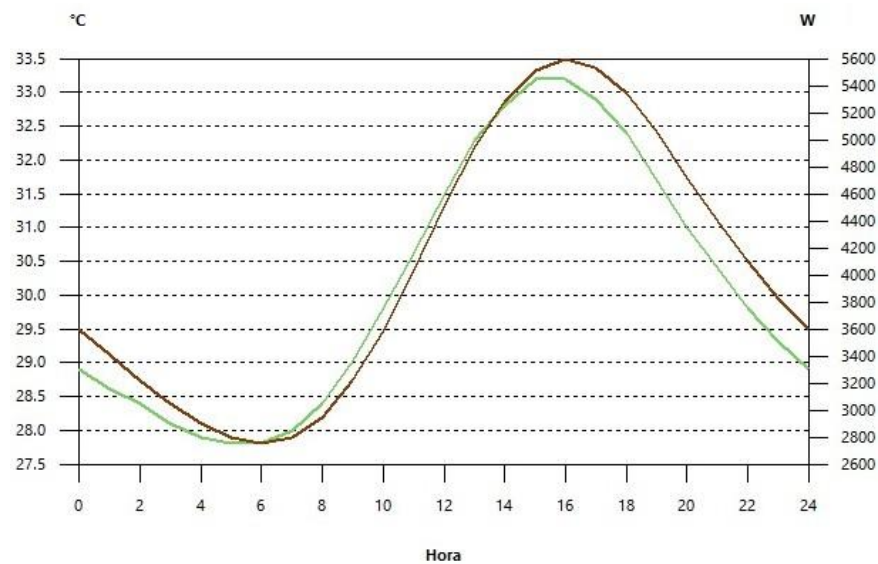


Fonte: Autor.

2. Laje (Pavimento entre pisos):

- Variação da Carga térmica (marrom) e da Temperatura externa (verde)

Figura 27 – Variação da carga térmica na laje (pavimento entre pisos).

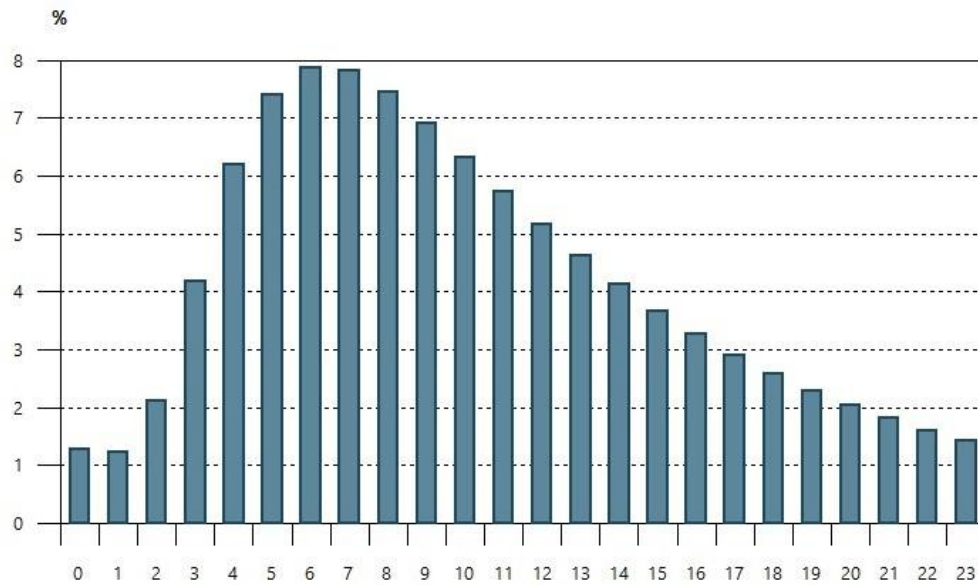


Fonte: Autor.

3. Cobertura (teto)

- Constantes do Método das Séries Temporais Radiantes para cada hora do dia:

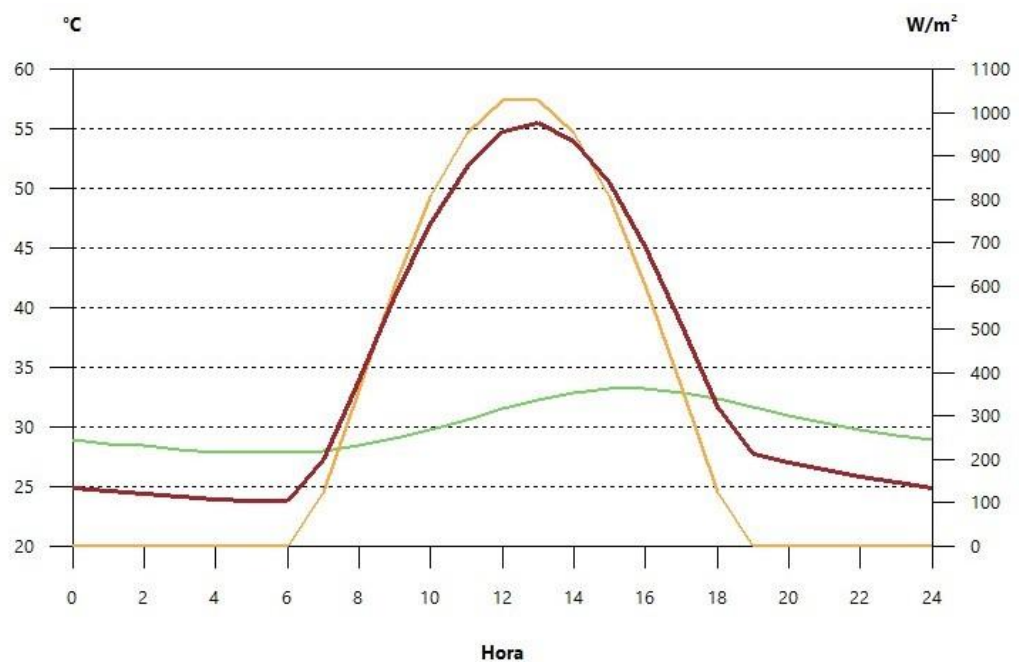
Figura 28 – Constantes RTSM na cobertura (teto).



Fonte: Autor.

- Variação da Irradiação solar total (amarelo), da Temperatura externa(verde) e TemperaturaSol-Ar (marrom):

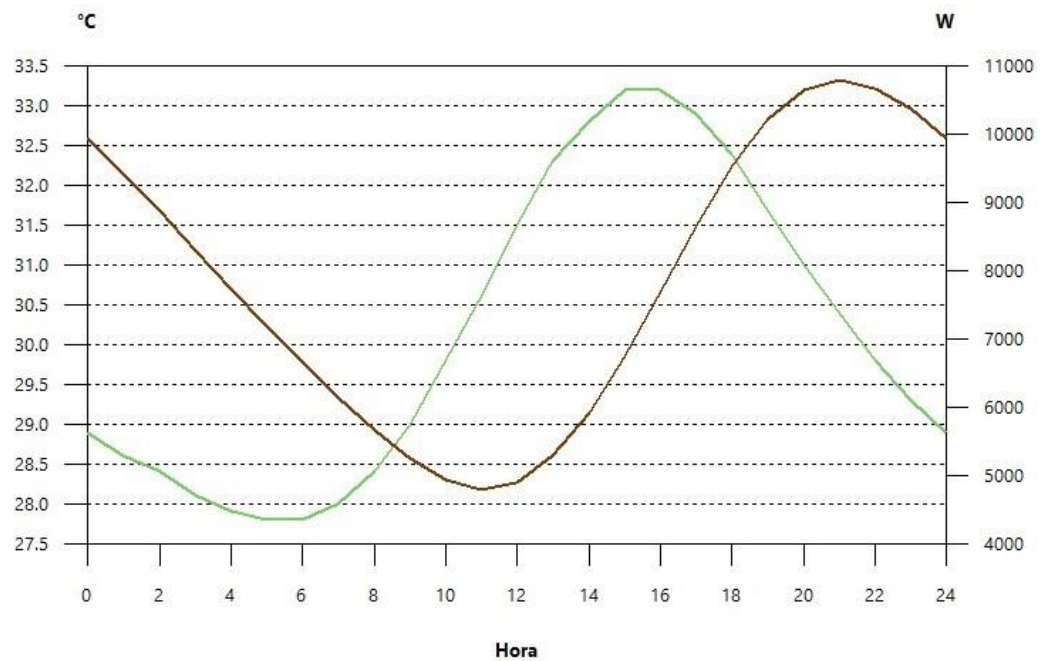
Figura 29 – Variação de temperaturas e irradiação solar na cobertura (teto).



Fonte: Autor

- Variação da Carga térmica (marrom) e da Temperatura externa (verde):

Figura 30 – Variação de carga térmica na cobertura (teto).

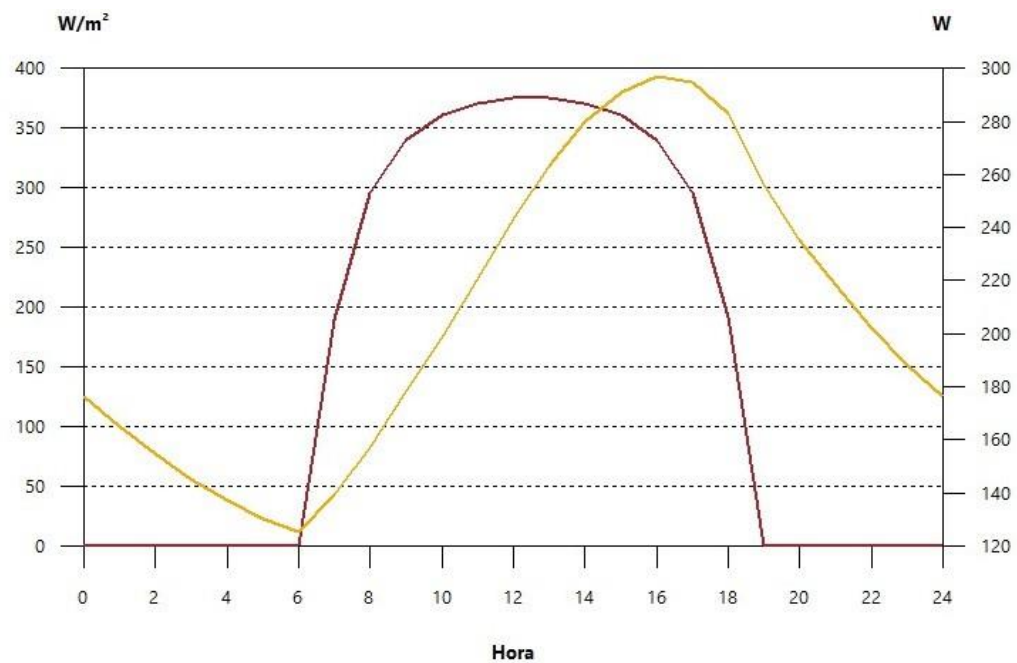


Fonte: Autor.

4. Paredes externas (porta de vidro)

- Variação da Carga térmica através das Portas de vidro

Figura 31 – Variação de carga térmica portas de vidro.



Fonte: Autor.

4.3.2 Cálculo de carga térmica por renovação de ar

Ao levantar os dados através do software, foi realizado os cálculos necessários para encontrar a vazão de ar necessária para renovação do ar interior e manter a concentração dos poluentes em nível aceitável. Para encontrar esses valores, foi utilizado o Software Excel, vide Figuras 32 e 33:

Figura 32 – Cálculo da Vazão de Ar necessária para renovação (Ambiente Loja).

Carga Térmica por Renovação de Ar		
Referência ABNT NBR 16401-3		
I) Cálculo da Vazão de Ar Necessária para Renovação (Ambiente Loja)		
Dados	Valor	Definição
Vef [L/s]	X	Vazão Eficaz de Ar Exterior
Fp [L/p*peessoa]	5,7	Vazão por pessoa
Fa [L/S *m^2]	0,9	Vazão por área útil ocupada
Pz	8	Número máximo de pessoas na zona de ventilação
Az [m^2]	220	Área útil ocupada pelas pessoas
Vef [L/s]	243,6	

Fonte: Autor.

Figura 33 – Cálculo da Vazão de Ar necessária para renovação (Estoque Loja).

Carga Térmica por Renovação de Ar		
Referência ABNT NBR 16401-3		
I) Cálculo da Vazão de Ar Necessária para Renovação (Estoque Loja)		
Dados	Valor	Definição
Vef [L/s]	X	Vazão Eficaz de Ar Exterior
Fp [L/p*peessoa]	5,7	Vazão por pessoa
Fa [L/S *m^2]	0,9	Vazão por área útil ocupada
Pz	4	Número máximo de pessoas na zona de ventilação
Az [m^2]	253,2	Área útil ocupada pelas pessoas
Vef [L/s]	250,68	

Fonte: Autor.

Para realização do cálculo, foi utilizado a tabela que trata da vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação, encontrada na NBR 16401 parte 3, conforme disposta na figura 34:

Figura 34 – Tabela referente a vazão eficaz mínima de Ar exterior para ventilação.

Local	D pessoas/ 100 m ²	Nível 1		Nível 2		Nível 3	
		F _p L/s*pers.	F _a L/s*m ²	F _p L/s*pers.	F _a L/s*m ²	F _p L/s*pers.	F _a L/s*m ²
Comércio varejista							
Supermercado de alto padrão	8	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5
Supermercado de padrão médio	10	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5
Supermercado popular	12	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5
Mall de centros comerciais	40	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5
Lojas (exceto abaixo)	15	3,8	0,6	4,8	0,8	5,7	0,9
Salão de beleza e/ou barbearia ^b	25	10	0,6	12,5	0,8	15,0	0,9
Animais de estimação ^b	10	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4
Lavanderia "self-service"	20	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5

Fonte: Adaptado (ABNT NBR 16401-3, 2008).

Seguindo, após determinação da vazão de ar necessária para renovação, agora se faz necessário determinar a vazão de ar a ser suprida na zona de ventilação. Esse valor foi calculado e obtido, conforme Figura 35 e 36.

Figura 35 – Cálculo da Vazão de Ar a ser suprida na Zona de Ventilação (Ambiente Loja).

Carga Térmica por Renovação de Ar		
Referência ABNT NBR 16401-3		
II) Cálculo da Vazão de Ar a ser suprida na Zona de Ventilação (Ambiente Loja)		
Dados	Valor	Definição
V _z	X	Vazão de Ar exterior a ser suprida
V _{ef}	243,6	Vazão eficaz de Ar exterior
E _z	1	Eficiência de Distribuição de Ar
Valor de V_z	243,6	

Fonte: Autor.

Figura 36 – Cálculo da Vazão de Ar a ser suprida na Zona de Ventilação (EstoqueLoja).

Carga Térmica por Renovação de Ar		
Referência ABNT NBR 16401-3		
II) Cálculo da Vazão de Ar a ser suprida na Zona de Ventilação (Estoque Loja)		
Dados	Valor	Definição
Vz	X	Vazão de Ar exterior a ser suprida
Vef	253,2	Vazão eficaz de Ar exterior
Ez	1	Eficiência de Distribuição de Ar
Valor de Vz	253,2	

Fonte: Autor.

Após determinação da vazão, por fim encontra-se o calor sensível e latente de renovação, assim obtém-se a taxa de carga térmica gerada pela renovação de ar, como mostra a figura 37:

Figura 37 – Taxa de Carga Térmica gerada pela renovação de ar nos ambientes.

Ambiente	CT_{renovação sensível} [kW]	CT_{renovação latente} [kW]	CT_{renovação total} [kW]
Ambiente Loja	3,08	7,73	10,81
Estoque Loja	3,20	8,04	11,24

Fonte: Autor.

4.3.3 Valores totais

Os valores de Carga térmica são obtidos através de ganhos internos e externos de calor. Além disso, para realização das análises, o *Data Weather View 6.0* calcula os valores de Carga térmica máxima a partir do dia com maiores temperaturas médias e com maiores índices de Irradiação solar, que no presente estudo é representado pelo dia 21 de Março às 17h, conforme valores descritos na Figura 38:

Figura 38 – Valores de Carga Térmica Gerais calculados para o dia mais quente do ano.

Resumo das cargas de arrefecimento da zona: Zona 3														
	Externas					Internas		Ventilação			Totais			
	A (m²)	Condução (W)	Solar (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Total (W/m²)	Total (W)
Carga máxima de arrefecimento por compartimento														
Ambiente Loja	473	9937	201	0	0	4054	8809	554	16053	5471	20107	24419	94	44525
Estoque Loja	488	19243	0	0	0	4172	9072	570	16189	5287	20361	33602	111	53962
Carga máxima simultânea de arrefecimento para o conjunto de compartimentos: 21 de Março às 17h (17 hora solar aparente)														

Fonte: Autor.

4.4 VAZÃO DO EQUIPAMENTO

Diante do valor de carga térmica máxima ao longo dos meses do ano e dos demais valores termodinâmicos do fluido (Ar), a vazão necessária para manter o recinto na temperatura ambiente requerida é de 37434,876 m³/h, conforme Figura 39:

Figura 39 – Vazão necessária para equipamento.

Carga Térmica Total (W)	98487
Calor específico do fluido (J/(Kg*°C))	1000
Temperatura Maxima no ambiente (°C)	25
Temperatura Recife (°C)	33
Variação Temperatura (°C)	8.00
Massa Específica do fluido	1.18
Vazão (m³/h)	37434.876

Fonte: Autor.

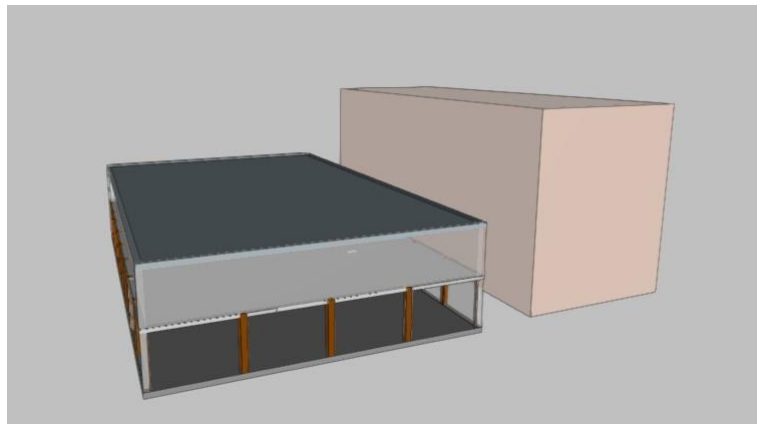
4.5 OUTRAS HIPÓTESES

Para fins de abordar diferentes hipóteses de construção, foram considerados outros fatores que estão descritos abaixo:

Hipótese 1 - construção ao lado direito da loja

Como o estabelecimento deve ser construído em um centro comercial, adotou-se na análise dessa hipótese, a construção de um edifício ao lado direito da loja, conforme figura 31:

Figura 40 – Loja instalada em um centro comercial.



Fonte: Autor.

Considerando o edifício próximo ao estabelecimento, os resultados referentes às cargas de arrefecimento obtidos estão explicitados na Figura 41:

Figura 41 – Cargas de arrefecimento com prédio ao lado.

	Externas				
	A (m ²)	Condução (W)	Solar (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)
Carga máxima de arrefecimento por compartimento					
Ambiente Loja	473	9344	201	0	0
Estoque Loja	488	18453	0	0	0

Fonte: Autor.

Assim, comparando a proposição inicial com a hipótese acima, percebe-se que as cargas externas estão bem próximas, gerando uma diferença irrisória no valor da carga térmica total.

4.5.1 Hipótese 2 - loja localizada em São Paulo

Assumindo variação de localidade para o ambiente comercial, foi levantado uma hipótese em que a loja encontra-se no estado de São Paulo. Houve variação nas cargas de arrefecimento, de acordo com a Figura 42.

Essa hipótese surgiu pois, devido ao projeto de expansão da empresa, está sendo realizado

a análise de carga térmica em demais localidades para que, no futuro, seja estimado o orçamento total referente à adaptação do estabelecimento ao novo padrão e, a partir disso, ter valores aproximados que serão investidos no projeto de climatização de todos os estabelecimentos que iniciarão seu funcionamento.

Figura 42 – Comparativo de dados variando a localidade.

	Externas				
	A (m ²)	Condução (W)	Solar (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)
Carga máxima de arrefecimento por compartime					
Ambiente Loja	473	9937	201	0	0
Estoque Loja	488	19243	0	0	0
Recife					

	Externas				
	A (m ²)	Condução (W)	Solar (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)
Carga máxima de arrefecimento por compartime					
Ambiente Loja	473	6820	217	0	0
Estoque Loja	488	14858	0	0	0
São Paulo					

Fonte: Autor.

5 CONCLUSÃO

Ao analisar os procedimentos utilizados para o estudo da carga térmica para viabilização de um sistema de climatização no ambiente em estudo, o método proposto pelo software CYPETHERM LOADS que opera em fluxo de trabalho Open BIM e que atende às recomendações da Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento (ASHRAE), juntamente com o método proposto pela ABNT NBR 16401, dispõem de uma eficácia relevante, tendo em vista suas parametrizações através de valores já determinados por tabelas.

A utilização desses softwares que operam em fluxo de trabalho Open BIM promove resultados muito satisfatórios em relação a outros métodos, desde a criação do modelo IFC da estrutura até o levantamento de hipóteses de aquecimento do ambiente, permitindo ainda ao usuário uma agilidade nos cálculos de carga térmica e na comparação de resultados com parâmetros diferentes de entrada, tornando-se uma excelente ferramenta didática de engenharia.

Diante disso, os valores apresentados mostram que o sistema de climatização adotado precisará ser adaptado para promover um conforto térmico aceitável para os ocupantes do ambiente ao longo do horário comercial.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se avaliar o dimensionamento de um sistema de climatização capaz de suprir a necessidade do ambiente, bem como realizar o levantamento de custos para a instalação, levando em consideração custo x benefício para a empresa, pois o presente trabalho detalha o total de energia gerada a ser vencida por este sistema.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16401-1: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 1: Projetos das Instalações**. Rio de Janeiro, 2008.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16401-2: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2: Parâmetros de Conforto Térmico**. Rio de Janeiro, 2008.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16401-3: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 3: Qualidade do Ar Interior**. Rio de Janeiro, 2008.

ÇENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A. **Termodinâmica**. 7 ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

CREDER, Hélio. **Instalações de Ar Condicionado**. 6ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FOX, Robert W.; MCDONALD, Alan T.; PRICHARD, Philip J.; LEYLEGIAN, John C. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 8 ed. GEN: São Paulo, 2014.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual do conforto térmico**. 5 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

INCROPERA, Frank P. **Fundamentos De Transferência De Calor E De Massa**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

INCROPERA, Frank P. **Fundamentos De Transferência De Calor E De Massa**. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

INMETRO. **Balanço do Inverno 2021 nas capitais Recife-PE e João Pessoa-PB**. 2021. Disponível em : < [Https://portal.inmet.gov.br/noticias/balan%C3%A7o-do-inverno-2021-nas-capitais-recif](https://portal.inmet.gov.br/noticias/balan%C3%A7o-do-inverno-2021-nas-capitais-recif)>.

JESUS, Marcos Fábio; SILVA, Gabriel Francisco da. Programa para estimativa das propriedades psicométricas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campo Grande, v. 4, n. 1, p. 63-70, 2002.

MARCOS, Micheline Helen Cot. **Análise da emissão de CO2 na fase pré-operacional da construção de habitações de interesse social através da utilização de uma ferramenta cad-bim**. Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

MARQUES, Milton César Silva; HADDAD, Jamil; MARTINS, André Ramon Silva. **Conservação de Energia: eficiência energética de equipamentos e instalações**. 3 ed. FUPAI: Itajubá, 2006.

MORENO, Lucas Mesquita. **Concepção e dimensionamento de redes e dutos de ventilação**

para unidades de tratamento intensivo. Monografia (Graduação)- Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2017.

VAROTTO, Luís Fernando. Varejo no brasil - resgate histórico e tendências. **Revista Brasileira deMarketing**, v. 1, p. 430, 2018.

SBVC. **O papel do varejo na economia brasileira.** 2021.

SILVA, Andreia de Oliveira. **A ergonomia no ambiente de trabalho: um estudo de caso na SUPGA/SERPRO.** Monografia (Graduação)- Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília. Brasília, 2005.

SPITLER, Jeffrey D.; COOK, Jack C.; LIU, Xiaobing. A Preliminary Investigation on the Cost Reduction Potential of Optimizing Bore Fields for Commercial Ground Source Heat Pump Systems. 45th **Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University**, Stanford, California, February 10-12, 2020.

WYLEN, Gordon Van. **Fundamentos Da Termodinâmica Clássica.** 4 ed. São Paulo: Edgard Bluncher, 2003.