



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS

CAMPUS MANAUS CENTRO

DEPARTAMENTO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

LILIANE FROZ COSTA

2018002125

PROPOSTA CORRETIVA EM SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO NO PAVIMENTO  
PREDIAL APRESENTANDO ELEVADO NÍVEL DE DIÓXIDO DE CARBONO

Manaus – AM

2022

PROPOSTA CORRETIVA EM SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO NO PAVIMENTO  
PREDIAL APRESENTANDO ELEVADO NÍVEL DE DIÓXIDO DE CARBONO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Departamento Acadêmico de Processos Industriais, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Dr. JOSÉ JOSIMAR SOARES

Manaus – AM

2022

---

**Biblioteca do IFAM- Campus Manaus Centro**

---

C837p Costa, Liliane Froz.  
Proposta corretiva em sistema de climatização no pavimento predial apresentando elevado nível de dióxido de carbono / Liliane Froz Costa. – Manaus, 2022.  
47 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2022.

Orientador: Prof. Dr. José Josimar Soares.

1. Engenharia mecânica. 2. Climatização. 3. Renovação de ar. 4. Dióxido de carbono. I. Soares, José Josimar. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Título.

CDD 621



## ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No dia vinte e um do mês de dezembro de dois mil e vinte e dois, às 18:15 horas no Laboratório de Ensaios dos Materiais, o acadêmico **Liliane Froz Costa** apresentou o seu Trabalho de Conclusão de Curso para avaliação da Banca Examinadora presidida pelo Prof.Dr: José Josimar Soares (avaliador – IFAM) e Profa. Dr<sup>a</sup>. Camila da Costa Pinto (avaliador – IFAM) Prof. MSc. Plácido Ferreira Lima. A sessão pública de defesa foi aberta pelo Presidente da Banca Examinadora, que fez a apresentação da mesma e deu continuidade aos trabalhos, fazendo uma breve referência ao TCC que tem como título: **PROPOSTA CORRETIVA EM SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO NO PAVIMENTO PREDIAL APRESENTANDO NÍVEL ELEVADO DE DIÓXIDO DE CARBONO.** Na sequência, o acadêmico teve até 30 minutos para a comunicação oral de seu trabalho, e em seguida, cada integrante da Banca Examinadora fez suas arguições. Ouvidas as explicações do acadêmico, os membros da Banca Examinadora, reunidos em caráter sigiloso, para proceder à avaliação final, deliberaram por **aprovar** e atribuir à **nota 10,0** ao trabalho. Foi divulgado o resultado formalmente ao acadêmico e demais presentes, dando ciência ao mesmo que a versão final do trabalho deverá ser entregue até o prazo máximo de 15 dias, com as devidas alterações sugeridas pela banca. Nada mais a tratar, a sessão foi encerrada às **(18h 45min)**, sendo lavrada a presente ata, que, uma vez aprovada, foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo acadêmico.

**Prof. Orientador / Presidente: Prof. Dr:** José Josimar Soares

**Prof. Membro 1: Profa.Dr<sup>a</sup>:** Camila da Costa pinto

**Prof. Membro 2: Prof. MSc:** Plácido Ferreira Lima

**Acadêmico: Liliane Froz Costa**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS

null N° 362/2022 - DPI/CMC (11.01.03.01.16.12)

N° do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO

Manaus-AM, 21 de Dezembro de 2022

**liliane\_Froz.pdf**

**Total de páginas do documento original: 1**

*(Assinado digitalmente em 01/02/2023 18:43 )*

**JOSE JOSIMAR SOARES**

*PRESIDENTE*

*1961168*

*(Assinado digitalmente em 03/02/2023 17:24 )*

**PLACIDO FERREIRA LIMA**

*PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO*

*981395*

*(Assinado digitalmente em 31/01/2023 08:12 )*

**CAMILA DA COSTA PINTO**

*PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO*

*3268641*

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.ifam.edu.br/documentos/>  
informando seu número: **362**, ano: **2022**, tipo: **null**, data de Assinatura: **21/12/2022** e o código de  
verificação: **fc5dccc1c**

## AGRADECIMENTOS

Devo a meus pais não somente por concluir mais uma etapa em minha vida, mas por tudo o que me tornei, por todas as conquistas, cada pequeno degrau necessário para alcançar esse trabalho de conclusão de curso. Pois eu sou apenas a semente que vocês deram atenção, amor, educação, sempre apoiando a planta que germina firme graças a suas mãos.

Porém não posso esquecer de meus mentores: Desde os professores que dedicam sua carreira em construir outras, até os colegas de sala, os amigos, pois de cada um obtive conhecimento. De todos sempre recebi apoio que devo muito recordar durante essa trajetória. Sem suas presenças, seria bem mais difícil perdurar até aqui.

“(...)E você aprende a construir todas as estradas no hoje  
Porque o terreno de amanhã é incerto demais para planos  
E que o futuro tem o hábito de cair em meio ao voo(...)

E você aprende

Com cada adeus, você aprende.”

Verônica A. Shoffstall

## RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo uma abordagem termodinâmica de um projeto pré-existente, contemplando sua inadequação a respeito do elevado nível de dióxido de carbono para apontar suas principais causas, enfatizando o quesito qualidade do ar. A metodologia utilizada para o desenvolvimento das análises agrega normas da ABNT, instruções técnicas dos fabricantes de equipamentos do objeto de avaliação, tendo em vista a fiscalização exercida previamente a esse estudo. Para tanto serão contemplados os tipos de sistemas de climatização envolvidos nas principais partes afetadas do sistema, além de reunir os temas essenciais envolvidos a respeito da renovação de ar do complexo a fim de obter diferentes observações em relação ao embasamento geral.

**Palavras-chave:** Climatização; Renovação de ar, Dióxido de Carbono; Qualidade do ar;

## ABSTRACT

This work aims at a thermodynamic approach of a pre-existing project, contemplating its inadequacy regarding the high level of carbon dioxide to point out its main causes. The methodology used for the development of the analyzes boils down ABNT standards, technical instructions from the equipment manufacturers of the object of evaluation, in view of the inspection carried out prior to this study. To do so, the types of air conditioning systems involved in the main affected parts of the system will be considered, in addition to bringing together the essential topics involved with respect to air renewal in the complex in order to obtain different observations in relation to the general foundation.

**Keywords:** Air conditioning; Air Renewal, Carbon Dioxide; Air quality;

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	9
1.1.	OBJETIVO GERAL .....	11
1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
2	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO .....	12
3	JUSTIFICATIVA.....	13
4	REFERÊNCIAL TEÓRICO .....	14
4.1.	PROPAGAÇÃO DE CALOR .....	14
4.1.1.	Radiação .....	14
4.1.2.	<b>Condução</b> .....	15
4.1.3.	<b>Convecção</b> .....	15
4.1.4.	<b>Propagação de calor combinada</b> .....	16
4.2.	CLIMA.....	16
4.3.	UMIDADE RELATIVA DO AR .....	16
4.4.	CONFORTO TÉRMICO .....	17
4.5.	CONDICIONAMENTO DE AR .....	18
4.5.1.	<b>Sistema de refrigeração por compressão</b> .....	18
4.6.	CARGA TÉRMICA .....	24
4.6.1.	<b>Presença de pessoas</b> .....	24
4.6.2.	<b>Iluminação</b> .....	24
4.6.3.	<b>Equipamentos e processos envolvidos</b> .....	25
4.6.4.	<b>Irradiação solar</b> .....	25
4.6.5.	<b>Ventilação</b> .....	26
4.7.	RENOVAÇÃO DE AR .....	29
4.7.1.	<b>Dióxido de carbono</b> .....	31
4.7.2.	<b>COVID19</b> .....	34
5	DETERMINAÇÕES DO PROJETO .....	37

5.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DE SISTEMA.....	37
6 RESULTADOS.....	39
7 CONCLUSÃO .....	43
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

## 1 INTRODUÇÃO

Compreender como funciona a propagação de calor é importantíssimo para envolvimento geral dos fatores envolta de diversas áreas na engenharia mecânica, afinal a circulação de energia ocorre em qualquer setor com maquinários etc. Quando se trata de refrigeração comercial, entender o ciclo frigorígeno, como eles afetam as fontes frias e fontes quentes do sistema, a explanação a respeito do seu funcionamento e necessidades, possibilita uma expansão visual de suas inadequações. (MORAN et al., 2013a)

A climatização diz respeito a mitigação da sensação térmica, a fim de estabelecer o bem-estar nesse quesito ao seu usuário. Sendo assim, ela é fator essencial, senão obrigatório quando se trata de ambientes corporativos, locais com que uma grande quantidade de pessoas convive por um determinado período, seja ele longo ou curto. Tal exigência é uma medida para estabelecer o conforto, qual apresenta maiores solicitações a depender dos fatores climáticos, como é o caso da região de Manaus com clima equatorial quente e úmido. Para apresentar soluções nesse âmbito, é necessário compreender o contexto envolvido, como os processos em torno do ambiente fechado, quais os elementos que o compõem. Um desses componentes com solicitação termal são os próprios usuários, que apresentam diferentes reações a depender de suas atividades, ou ainda da roupa que vestem etc.(FROTA; SCHIFFER, 2001)

A sensibilidade a temperatura é o principal fator apontado a quem está observando um ambiente climatizado. Contudo há várias características envolvidas além dessa, e por conta de enfatizarmos a anteriormente citada, ocorre de subestimarmos a importância do aglomerado de fatores como: umidade, concentração de gases. A desconsideração desses fatores, a longo prazo, compromete a qualidade do ar, o que perdura por um longo período até que ocorram as devidas correções. Dependendo de quão grave for a consequência de menosprezar esse conjunto de elementos que envolvem o condicionamento do ar, durante a transição dos níveis limite nesse fluido até a constatação de sua inconformidade, os usuários desse local estarão a mercê das probabilidades de ser algo perigoso ou não a sua saúde. (CARMO; PRADO, 1999)

Quando se fala de saúde, por exemplo, pode-se apontar sobre como o ser biológico está correspondendo ao estado do ar com determinado acúmulo de dióxido de carbono. Isso porque nesse contexto, sua presença afeta no rendimento do usuário pois evidentemente modula a sua respiração. As respostas variarão conforme cada indivíduo, porém apresentam potencial para compor desde um nariz resfriado com frequência, dentre semelhantes, até deficiências ósseas a fim de equilibrar a alta concentração do fluido no sangue. (HEALTH CANADA, 2021)

Além disso, o mesmo gás do parágrafo anterior é utilizado como referência para compreender o quão limpo está o ar em questão. Seu uso como sinalizador deve-se a renovação de ar que grandes circuitos de climatização exigem, diferentemente de um caso particular, domésticos, em que essa se dá de modo natural com o fluxo de pessoas, abertura de passagens de ar através de portas e janelas. (CARMO; PRADO, 1999)

A divergir de um caso de pequeno porte, em um ambiente climatizado, a renovação de ar, em muitos casos subestimada por conta de seu valor de investimento, custo para manutenção além do quanto mantê-lo em atividade, agrega grande valor quando trata-se da concentração de gases, partículas de contaminantes, além é claro de elementos patológicos. E sobre esse último, evidencia-se um tema que está em pauta nesse período de pandemia do covid-19. A higienização do ar no contexto coletivo é uma necessidade e por isso houve mais rigidez na sua fiscalização.(US EPA, 2021)

No caso do ambiente sob análise nesse estudo, a maior solicitação ao sistema de climatização diz respeito principalmente aos indivíduos presentes nos pavimentos do estabelecimento predial. E, conforme denotado no título estudo, em resposta a solicitação humana além de problemas na renovação de ar, há um nível inadequado nos níveis de CO<sub>2</sub>.

Esse Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) agrega informações a respeito de climatização aplicada em uma obra real, no caso especificamente no pavimento de um sistema misto de climatização. E possui como delimitação de tema a análise do circuito observado para o indicativo do elevado nível de dióxido de carbono, além de do mesmo modo apresentar solução, correções nesse âmbito.

### 1.1.OBJETIVO GERAL

Avaliar os principais fatores que propiciam o funcionamento inadequado do sistema de climatização predial com projeto pré-existente sob avaliação.

### 1.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar os dados sobre os componentes do sistema de climatização examinado que traduzam o elevado nível de CO<sub>2</sub> nos setores aclimados.
- Propor as devidas correções para adequação dos integrantes do objeto de estudo de modo que seu conjunto implique sob os níveis acordados por normas regulamentadoras.
- Gerar mais estudos para a recorrente temática da climatização e suas vertentes envolvidas em relação a renovação de ar.

## **2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

O estudo desse trabalho de conclusão de curso inicia-se no aval da fiscalização exercida em todos os pavimentos do prédio sob análise. A partir dos laudos do inspecionamento feito por uma empresa, com a leitura das informações ditadas sobre o estado da qualidade do ar em cada andar do recinto, implica-se na adequabilidade do sistema de climatização desse. Para realizar tal avaliação serão feitas diversas visitas técnicas ao local com intuito de obter dados, seguindo criteriosamente as regras da empresa, e também em horário comercial, quando há maiores solicitações. A respeito da renovação de ar nos pavimentos: nos dutos, difusores, será utilizado um anemômetro para contemplar a velocidade com que o ar passa, denotando a sua vazão; a corrente do equipamento será aferida com um alicate amperímetro, para medição dos ambientes será utilizada uma trena a laser; entre outros fatores críticos. As coletas serão feitas utilizando instrumentos devidamente calibrados. Conforme as informações obtidas, durante estudo, se necessário serão utilizados softwares indicados pelo(s) fabricante(s) dos equipamentos para o redimensionamento de projeto.

Quando imprescindível a troca dos equipamentos atualmente em uso, será levantada a carga de renovação de ar solicitada, contextualizando às necessidades atuais dos ambientes aclimados, como a exemplo a quantidade de pessoas, volume dos cômodos, conforme tabelado pela (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008).

### 3 JUSTIFICATIVA

O condicionamento de ar é um dos fatores mais presentes nas cidades em busca de conforto térmico, sendo recurso obrigatório em grandes empresas. E sua aplicação indevida, inadequada, interfere diretamente na saúde de quem convive no ambiente climatizado, no caso os funcionários da empresa cujo prédio será estudado. Além disso, a ocorrência de acidentes devido a falta de manutenção ou adequabilidade do projeto se eleva por tais condições. (CARMO; PRADO, 1999) Sendo essas consequências de relevância social nessa pesquisa, enquanto a dissolução dos estudos, do contexto abordado, revisão teórica, são as importâncias resultantes agregadas.

A qualidade do ar de um ambiente fechado é um dos assuntos de recorrência em meio ao contexto envolvido pela pandemia de 2020. Há grande demanda para estudos e abordagens a respeito da renovação de ar, principalmente quando há alta densidade demográfica, ou grande circulação no local. Manter um sistema de climatização adequado — padrões operacionais em todos os componentes, não somente priorizando o conforto térmico, como também dar a devida atenção quanto a concentrações de material no ar —, sendo esse recurso muito solicitado em regiões de clima equatorial quente e úmido, é essencial em questões de priorização da saúde e bem-estar do usuário, a respeito de reduzir o índice de contaminação.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1. PROPAGAÇÃO DE CALOR

Dispositivos, em geral, operam com energia e são propensos a intempérie da troca de calor. Para mensurar essa propriedade há várias dimensões a se avaliar em vista dos tipos de propagação de calor, que são o fator: comprimento, massa, tempo e temperatura.(INCROPERA et al., 2007) Para que ocorra a transferência de energia seja ela mecânica, elétrica ou o que importa nessa abordagem, térmica, se faz necessário estabelecer um potencial, ou magnitude, nas vizinhanças da fronteira condutiva. Através desse potencial ocorre o calor sensível para fornecer uma temperatura desejável ao ambiente climatizado.(CREDER, 2004)

Na transferência de calor em um sistema consideramos: A primeira lei da termodinâmica, em que sua energia resultante equivale a inicial menos a soma de todas as outras do processo; e segunda, a respeito de que o corpo com maior temperatura cede parte desse calor ao outro. Um dos mecanismos para ocorrer essa troca chama-se calor sensível. Enquanto o calor latente proporciona essa propagação no âmbito termo higrométrico, através da mudança de estado de agregação contudo sem mudança de temperatura. O principal elemento em questão é a água em evaporação ou o contrário, de estado gasoso para líquido.(FROTA; SCHIFFER, 2001) Em um exemplo mais cotidiano, pode-se salientar que durante a mudança de estado físico observamos o calor latente, em que não ocorre variação de temperatura, porém se inserido mais calor ao sistema ele irá atenuar-se mais rapidamente para o atual ou próximo estado de agitação(MILLER; MILLER, 2014)

#### 4.1.1. Radiação

A transferência de calor por radiação térmica ocorre por conta de mudanças a nível atômico através de fótons(MORAN et al., 2013a). Diferentemente das outras formas de propagação de energia térmica, ela ocorre transmitindo de um corpo a outro linearmente através de ondas viajando na velocidade da luz sem necessitar de um meio.(CREDER, 2004)

##### 4.1.1.1. Radiação solar

A irradiação não exige um meio intermitente entre os corpos, ou seja, não sofre interferências na ausência de matéria, sendo justamente por isso que a Terra é aquecida pelo Sol. (ÇENGEL; GHAJAR, 2011). A radiação solar é parcialmente absorvida pela atmosfera sendo então uma onda curta, e sua maior influência está na variação de temperatura no globo terrestre o que varia em função da época do ano. (FROTA; SCHIFFER, 2001) Em geral, essa é o percentual maior nas solicitações térmicas sendo absorvido para o sistema.

### 4.1.2. Condução

A troca de calor por contato apresenta comportamento semelhante a passagem de corrente elétrica, ou até mesmo o comportamento atômico, molecular, desse elemento físico (CREDER, 2004) E para que ocorra o fluxo, a corrente, é necessário um potencial, no caso a diferença de temperatura assim como denotado nas células, na hidrostática, na homeostase física no geral: Sem uma imposição de força, carga, energia, os elementos conectados irão alcançar naturalmente o equilíbrio de suas propriedades. Por analogia concreta, a diferença de temperatura dos meios será equivalente conforme o tempo, a taxa de condução.

O índice de transferência de calor por condução, conforme o próprio verbo afirma, ocorre através do contato direto entre as matérias. E tratando-se de estado físico molecular, a agitação condicional do fluido que transmite essa energia térmica é primordial. Pois, os átomos movimentam-se de diferentes maneiras conforme o estado físico de sua matéria, no caso da refrigeração, o fluido refrigerante. (INCROPERA et al., 2007)

Figura 1 – Condutividade Térmica  
Tabela 1.4 Condutividades Térmicas em kcal/s m°C — K

Metals	Gases	Diversos
Aço ..... $1,1 \times 10^{-2}$	Ar ..... $5,7 \times 10^{-5}$	Amianto ..... $2 \times 10^{-5}$
Latão ..... $2,6 \times 10^{-2}$	Hidrogênio ..... $3,3 \times 10^{-5}$	Concreto ..... $2 \times 10^{-4}$
Alumínio ..... $4,9 \times 10^{-2}$	Oxigênio ..... $5,6 \times 10^{-6}$	Cortiça ..... $4 \times 10^{-5}$
Chumbo ..... $8,3 \times 10^{-3}$		Vidro ..... $2 \times 10^{-4}$
Cobre ..... $9,2 \times 10^{-2}$		Gelo ..... $4 \times 10^{-4}$
Prata ..... $9,9 \times 10^{-2}$		Madeira ..... $2 \times 10^{-3}$

Obs.: Para se ter as condutividades por hora, multiplicar por 3.600.

Fonte: (INCROPERA et al., 2007).

O estado físico do material não evita que ocorra a transferência de calor, contudo ele se dá de formas diferentes, por exemplo, as paredes metálicas do tubo onde flui o refrigerante apresenta a transmissão dessa energia térmica através dos elétrons em sua camada de valência (ÇENGEL; GHAJAR, 2011).

### 4.1.3. Convecção

Semelhante a condução, a convecção ocorre pelo contato dinâmico dos corpos através de um terceiro elemento em contato com os primeiros (CREDER, 2004). Esse quem irá fluir, elevando choque dos átomos e consequentemente a troca de calor. Entretanto, há também a advecção, com mesmo conceito, porém tratando-se do movimento global do fluido de estudo, cuja "(...) contribuição (...) origina-se no fato de que a espessura da camada limite que cresce à medida que o escoamento progride" (INCROPERA et al., 2007). A troca de energia entre um sólido, uma parede, e outro corpo em estado gasoso ou condensado em fluxo sobre a superfície desse é a convecção. (MORAN et al., 2013a)

Há ainda tipos de convecção:

- Forçada: induzido por alguma força, trabalho;
- Livre: ocasionada pelo empuxo;

Como dito acima a trocas de calor por convecção são ativadas pela velocidade do ar quando deparado com superfícies verticais. Contudo apesar do ar se mover naturalmente pelo vento, ainda se considera uma convecção forçada. Na troca de energia por convecção com um corpo horizontal, o sentido do fluxo faz toda a diferença, pois quando descendente, os corpos seguem fluxos contrários, o contato do fluido com a superfície precisa superar uma barreira para sua ascensão, dificultando a convecção seu deslocamento e sua substituição por nova camada à temperatura inferior à sua. (FROTA; SCHIFFER, 2001)

#### **4.1.4. Propagação de calor combinada**

Dentre os mecanismos de troca térmica, sua coexistência depende do meio. Por condução ela ocorre apenas em sólidos opacos, enquanto a condução e radiação em semitransparentes. Para elementos sólidos não há convecção, exceto se exposto a um fluido, terceiro. Quando se trata de um fluido estático observa-se a troca de calor por condução bem como por radiação. Mas um fluido escoando já apresenta essa taxa por convecção e radiação. Ainda, considera-se a convecção como uma combinação com escoamento do fluido, e a condução em fluido pode ser vista como um caso especial de convecção na ausência de qualquer movimento do fluido.(CREDER, 2004)

## **4.2. CLIMA**

Um elemento fundamental a respeito da transferência de energia é a condição do fluido que envolve esse ambiente observado, o ar, é o clima. Dependendo do local, sua localização geográfica, o revestimento do solo é completamente diferente, o que interferirá nas condições climáticas. Pois o índice de umidade do solo é diretamente proporcional a sua condutibilidade térmica, afinal o ar não conduz bem o calor. (FROTA; SCHIFFER, 2001)

## **4.3.UMIDADE RELATIVA DO AR**

A densidade de água em vapor no ar diz respeito a umidade relativa do ar, conseqüentemente as propriedades da mistura que compõe esse fluido. A principal delas diz respeito a diferença entre suas temperaturas máxima e mínima, e quanto menor for o percentual de água, maior é a diferença entre esses extremos térmicos. Um exemplo dinâmico é a temperatura em uma região no deserto, que durante o dia pode ser excessivamente quente e do mesmo modo fria a noite. A alta concentração dessas partículas de água em vapor no ar atua

retendo a radiação, assim como sua dispersão na sua ausência. Com esse raciocínio uma superfície em clima seco sofre maior intempérie da radiação solar em relação ao mesmo no clima mais úmido. A temperatura do ar é inversamente proporcional a umidade relativa do ar pois, quando essa diminui, a sua capacidade de reter água é reduzida, o que eleva a umidade relativa até saturar e condensar. A temperatura de saturação é também a do ponto de orvalho.(FROTA; SCHIFFER, 2001)

#### 4.4.CONFORTO TÉRMICO

Naturalmente os seres vivos usufruem do que os materiais disponíveis lhes proporcionam, o próprio homem neandertal quando repousava em cavernas, além de abrigar-se de predadores mantendo uma fogueira na entrada, conseguia um ambiente confortável termicamente. O meio material utilizado como isolante do ambiente climatizado do exemplo supracitado é a rocha, o que se segue futuramente em casas com lareira, chaminés. Outros exemplares se dão com o desenvolvimento da tecnologia como o piso duplo para saída dos gases e fuligem. E além de considerar o material empregado, como no uso da mica no auge de Roma, fatores importantes, no caso o aquecimento solar, estão presentes há muito (INCROPERA et al., 2007).

O objetivo de um ambiente climatizado é a mitigação da temperatura. Tal atividade caracteriza-se pela passagem de energia térmica de um ambiente a outro através da permanência de uma diferença de potencial da propriedade estudada. Essa característica ocorre graças ao calor sensível, uma taxa necessária para estabelecer tal conforto termal, bem como pelo controle da umidade relativa(CREDER, 2004). E diferentemente do difundido, nem sempre o resfriamento é sinônimo de condicionar o ar. Para estabelecer determinada temperatura ambiente resfria-se, umidifica-o ou retira a sua umidade, bem como a limpeza e desodorização. Contudo, para o efetivo condicionamento do ar precisa-se compreender o agradável ao usuário, indivíduos, em sua maioria pois cada um apresenta particularidades sendo impossível atender a todas ao mesmo tempo. E apresentar um ambiente apenas com uma propriedade, no caso a temperatura, supostamente confortável não é definitivo para o conforto térmico. Pois além desse primeiro, há também a umidade relativa, a circulação de ar que atua diretamente na sensibilidade térmica; ainda é importante considerar o clima regional, pois as condições ambientais em uma região de clima quente e úmido são completamente diferentes para um usuário em clima quente e seco ou frio.(INCROPERA et al., 2007)

Além das vertentes supracitadas, que compõem o conforto térmico, é preciso considerar fatores de vestimenta, atividade exercida pelo usuário, ou seja, o contexto habitual. Confrontar

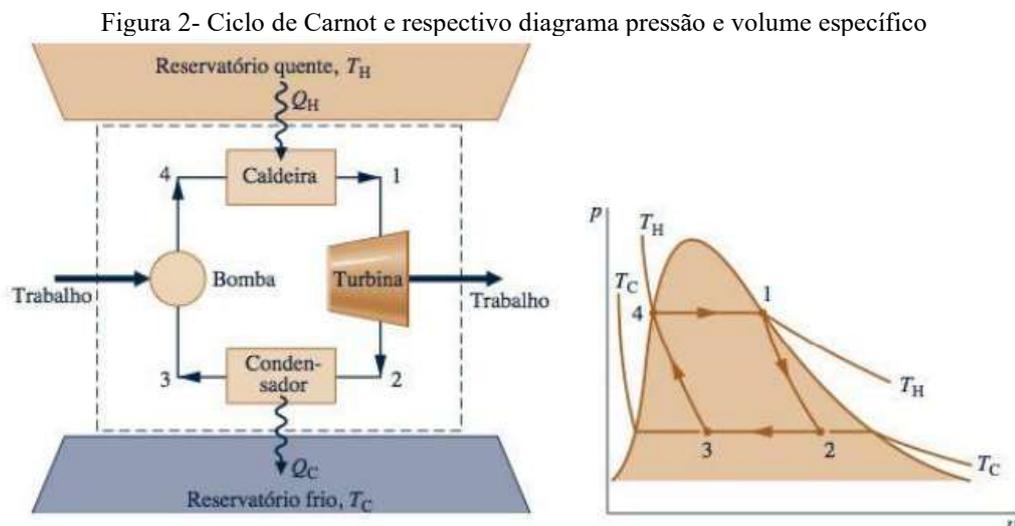
todos esses fatores, pode-se enumerar vários graus de satisfação com o ambiente climatizado, apresentando reações iguais ou atípicas. Nessa discussão foi desenvolvido os índices de conforto térmico em que se agrupam resultados positivos e que se repetem. A Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers - A.S.H.R.A.E.*), para os climas quente norte americano, considera a conhecida temperatura ideal de 25°C, varia entre 23 e 27°C, contudo esse valor refere-se juntamente aos fatores da seguinte contextualização: Velocidade do ar= 0,5 m/s; Umidade relativa desejável entre 30% à 70%; Pessoas em atividade leve, ou sedentária, devidamente trajadas no clima de inverno; Temperatura radiante média igual à temperatura do ar. Contudo ainda é interessante acrescentar à temperatura: A cada 0,25 m/s, 2°C; Para umidade de 90%, 1°C; Ao verão, 1°C; Em banheiros ou semelhantes, 3 a 5°C; 5°C para ocupação ativa e mais 3 a 5°C para áreas de fluxo.(FROTA; SCHIFFER, 2001)

#### 4.5.CONDICIONAMENTO DE AR

Conforme (AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDICTINING ENGINNERS, 2019), o condicionamento de ar é” o processo de tratamento do ar para atender aos requisitos de um espaço condicionado controlando sua temperatura, umidade, limpeza e distribuição.”.

##### 4.5.1. Sistema de refrigeração por compressão

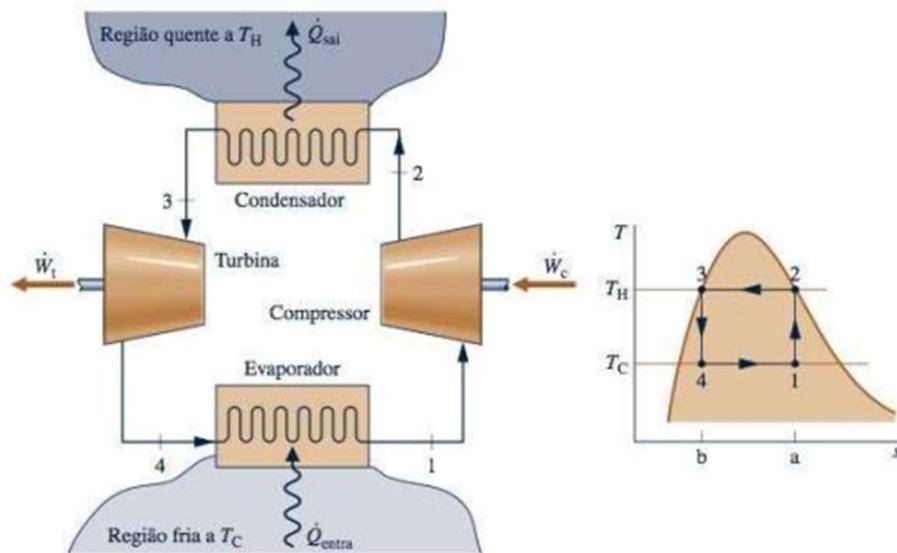
Para iniciarmos os estudos sobre refrigeração por compressão, é essencial revisarmos sobre o Ciclo de Carnot. Sendo o princípio do estudo de máquinas térmicas, esse parâmetro trata-se de um ciclo teórico, apresentando uma inaplicabilidade por desconsiderar as irreversibilidades, com idealização dos processos e do fluido compreendido no sistema.



Fonte:(MORAN et al., 2013b)

O ciclo de Carnot, conforme a figura 2, inicia-se com entrada de calor através de uma fonte quente, uma caldeira, essa energia é convertida em trabalho mecânico numa turbina. Com a expansão desse fluido, no caso vapor de água, atinge-se um estado de mistura. Após perder calor para uma fonte fria é estabelecido um novo grau de mistura. Nessa etapa é acrescentado trabalho ao sistema, para que receba novamente calor da fonte quente assim fechando o ciclo. E utilizando a inversão do fluxo, simultaneamente ao sentido oposto com que ocorre a transferência de calor nas etapas antes compreendidas,

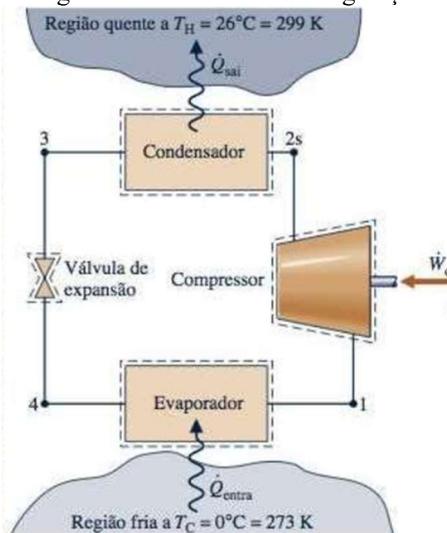
Figura 3- Ciclo de Carnot de refrigeração e respectivo diagrama temperatura entropia



Fonte:(MORAN et al., 2013b)

O grande diferencial desse ciclo diz respeito a turbina, que no ciclo ideal de refrigeração substitui-se pela válvula de expansão, ou em muitos casos quando o equipamento solicita um fluxo constante através do capilar, conforme observamos na figura 4.

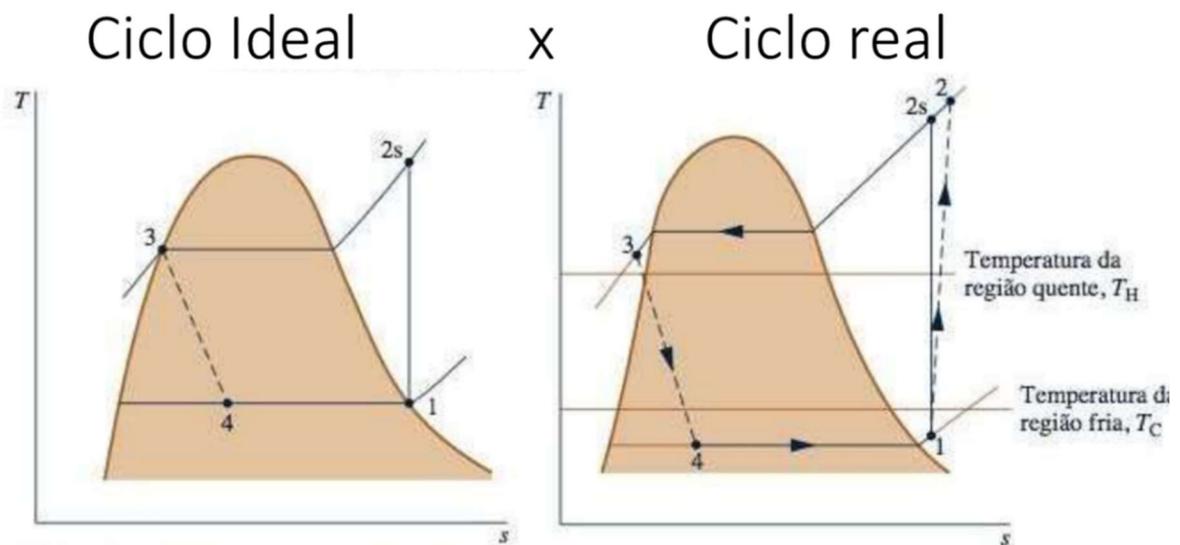
Figura 4- Ciclo ideal de refrigeração



Fonte:(MORAN et al., 2013b)

Em um ciclo de refrigeração ideal ocorrem 4 principais etapas, sejam elas: Compressão isentrópica; Troca de calor gerando condensação; Expansão do fluido refrigerante passando para o estado gasoso em baixa temperatura, também chamado de estrangulamento; Troca de calor com o ambiente. Essas, para um ciclo ideal devem ser consideradas reversíveis, contudo, nesse caso a terceira citada ainda é desconsiderada nesse contexto, sendo ainda irreversível e parte dessa idealização.(MORAN et al., 2013b) Porém, em condições reais, o ciclo precisa compreender irreversibilidades do processo, como o aquecimento do compressor, apresentando assim as seguintes diferenças:

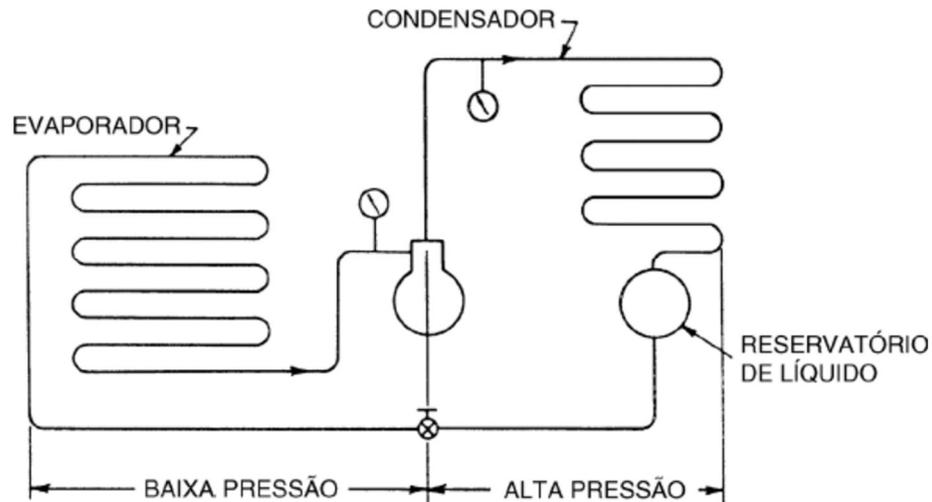
Figura 5- Comparativo entre o diagrama Temperatura e entropia



Fonte:(MORAN et al., 2013b)

Outro fator importante é a pressão que varia conforme a geologia: a altitude é inversamente proporcional a pressão atmosférica e o ponto de ebulição. Essa característica está presente nos estudos de refrigeração, pois a exemplar, se despejar-se um tanque com fluido líquido após aplicar-se uma pressão, um trabalho, em pressão atmosférica, condição em que muda para vapor, através de um orifício (válvula de expansão); nessa ocasião é reduzido o seu ponto de vaporização ou ebulição e parte do líquido vaporiza ou ferve ao ceder o próprio calor interno, e por consequência resfriou-se todo material inclusive a parte ainda líquida. Esse, na região em que tem contato (serpentina do evaporador), por condução, ou por convecção, apresenta uma troca de calor até ser evaporado também. Tal ciclo continuaria ocorrendo se do mesmo modo aplicar-se pressão (compressor) no tanque (reservatório de líquido). Quase todas as partes de um sistema de refrigeração foram citados, sendo eles essenciais para que o material refrigerante possa ser mantido no ciclo de refrigeração e assim reutilizado.(MILLER; MILLER, 2014)

Figura 6 – Ciclo típico de um sistema de refrigeração.



Fonte: (MILLER; MILLER, 2014)

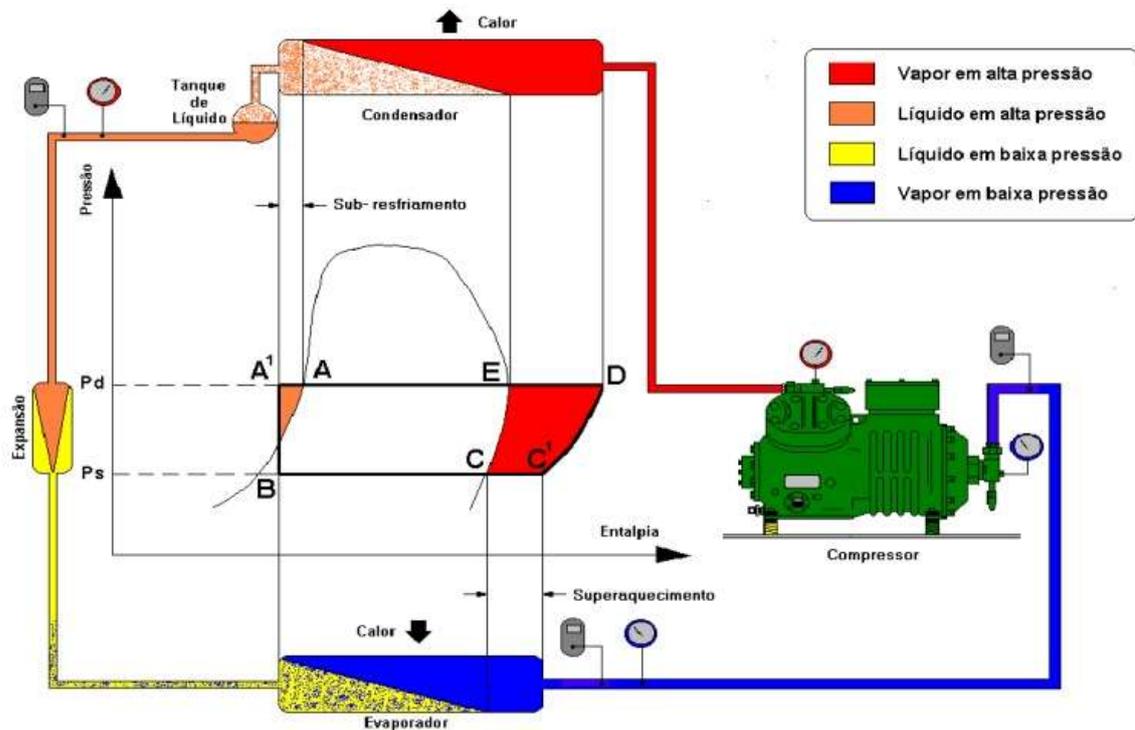
Após passar pelo compressor, evidenciado juntamente da válvula de expansão como o divisor entre os lados de alta e baixa pressão na figura 5 o fluido refrigerante sob alta pressão acumula-se no reservatório de líquido; pós passagem pela válvula de expansão, a pressão cai repentinamente evaporando-o fenômeno que ocorre durante sua passagem pela serpentina do evaporador. Nessa ocasião, com a magnitude térmica e o fluido com menos calor que a serpentina em contato com o ambiente climatizado recebe essa energia térmica, passando ao estado de vapor à baixa pressão.(MILLER; MILLER, 2014)

Amplamente utilizados, os tubos capilares são um dispositivo de expansão que atendem desde aparelhos domésticos à bomba de calor. Seu funcionamento não necessita de partes moveis, contudo, seu comprimento demanda precisão para produzir uma queda de pressão predeterminada no sistema. Com o fluxo ininterrupto de fluido refrigerante, o capilar sempre apresenta a mesma pressão do lado de baixa e do lado de alta, durante o ciclo de desligamento. Isso demanda uma carga de fluido tal que ela possa ser mantida no lado de baixa pressão do sistema sem danos ao compressor, sendo inspecionada, pesada na quantia que atenda. E para evitar atravessamento de fluido em estado líquido na linha de sucção utiliza-se um acumulador, ou uma câmara de grandes dimensões (MILLER; MILLER, 2014)

Para que ocorra a mudança de estado físico de um material, por exemplo sólido, deve-se acrescentar calor ao mesmo, agitando suas moléculas até separar parte de suas ligações senão deixá-las completamente livres, estado de vapor. E a recíproca se faz verdadeira, sendo possível reconectar as conexões da substância quando essa cede sua energia térmica. Cada material possui um calor específico, consecutivas temperaturas de ebulição etc, o que também lhe agrega

a quantidade de calor necessária, sendo bem maior por exemplo para moldar um metal em seu estado líquido em processos de fabricação como fundição.(MILLER; MILLER, 2014) E isso ocorre no fluido refrigerante, recebendo temperatura do ambiente quando evapora após a queda brusca de pressão.(COSTA, 1982)

Figura 7 – Ciclo de refrigeração



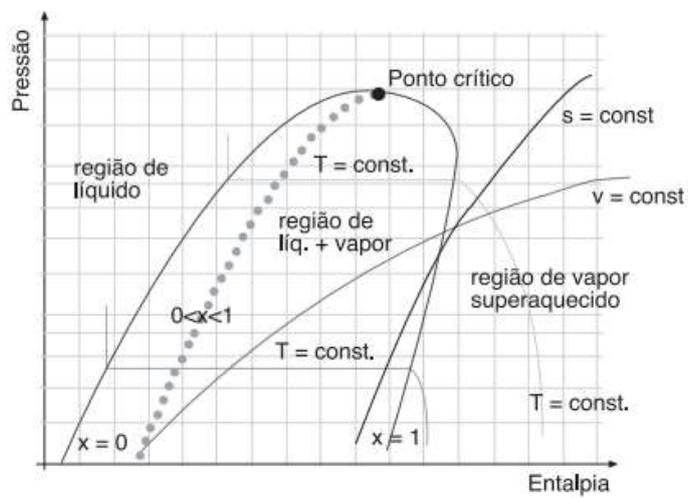
Fonte: (WELLINGTON, 2020)

No processo de refrigeração, conforme antes tratado, há dois pontos de mudança de temperatura e que são primordiais. Esses fatores se dão sucessivamente após as mudanças de estado físico do fluido refrigerante sejam elas nas etapas condensação e de evaporação. Sobre a primeira, define-se o subprocesso de resfriamento, ou subresfriamento, que diz respeito ao abaixamento da temperatura do fluido frigorífico após sua condensação. Do mesmo modo compreende-se como superaquecimento a elevação da temperatura do material que circula no sistema, conforme a queda de pressão a ponto de evaporá-lo. (COSTA, 1982) Ambos referem-se a uma carga a mais de energia térmica para compensação da entropia do processo, por exemplo: O primeiro supracitado é a carga excedente no processo, servindo não somente para a climatização ambiente, como também para atender o compressor, que superaquece conforme seu funcionamento o que pode danificá-lo, por isso necessitando dessa troca de calor. Para tanto, o fluido refrigerante precisa conter consigo essa temperatura excedente, qual faria parte da climatização do ambiente o que não acontece somente se a transferência de calor com a serpentina da evaporadora ter início tardio. Dessa forma, o fluido estabiliza a temperatura do

compressor, contudo a próxima passagem térmica na condensação irá ser afetada, pois se trata de um ciclo, o que pode interferir na quantidade de líquido presente para ser evaporado ressaltando-se assim a importância de equilíbrio entre o subresfriamento e o superaquecimento. (“Como o seu Ar Condicionado funciona?”, 2020)

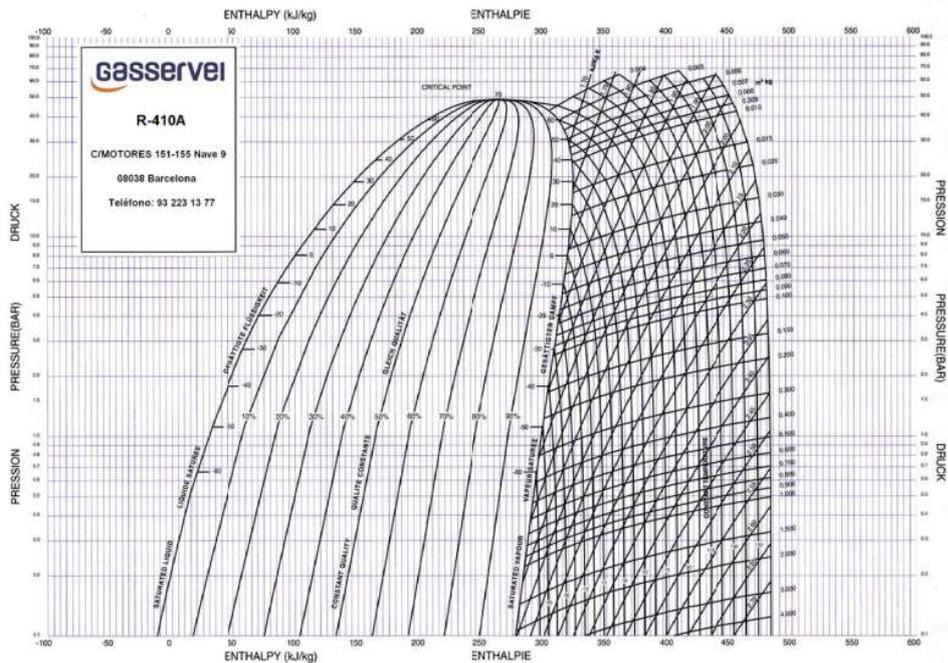
Comumente utilizado para observação dos níveis desses dois processos citados no parágrafo anterior, o diagrama de Mollier apresenta algumas particularidades. Através desse determina-se as propriedades termodinâmicas tal qual outros diagramas, em que se apontam duas propriedades sendo possível observar demais com as funções a direita, conforme segue-se no diagrama a seguir:

Figura 8 – Fatores no Ciclo de Mollier



Fonte:(SILVA, 2005)

Figura 9 – Ciclo de Mollier para R-410A



Fonte: (“Dados técnicos R-410A”, [s.d.]

Conforme o esquema da figura 9, podemos observar na seguinte, a de número dez, esse diagrama especificamente para o gás R-410A (Foi citado tal exemplo pois é o que se aplica nas correções conforme observa-se nas seções seguintes).

#### 4.6.CARGA TÉRMICA

##### 4.6.1. Presença de pessoas

A carga térmica solicitada por um organismo humano para o ambiente depende essencialmente de sua atividade, para o ganho de calor. A figura 11 apresenta uma tabela com as informações a respeito de cada tipo de calor conforme as atividades explicitadas nas linhas. Sobre elas considera-se apenas o calor sensível.

Figura 10 – Condutividade Térmica

<b>Atividade</b>	<b>Calor Metabólico</b>	<b>Calor Sensível</b>	<b>Calor Latente</b>
durante o sono (basal)	80	40	40
sentado, em repouso	115	63	52
em pé, em repouso	120	63	57
sentado, cosendo à mão	130	65	65
escritório (atividade moderada)	140	65	75
em pé, trabalho leve	145	65	80
datilografando rápido	160	65	95
lavando pratos	175	65	110
confeccionando calçados	190	65	125
andando	220	75	145
trabalho leve, em bancada	255	80	175
garçom	290	95	195
descendo escada	420	140	280
serrando madeira	520	175	345
nadando	580	—	—
subindo escada	1280	—	—
esforço máximo	870 a 1400	—	—

Fonte: (FROTA; SCHIFFER, 2001)

##### 4.6.2. Iluminação

A energia luminosa empregada nos ambientes climatizados irradia de modo a ocorrer uma transferência de calor, ou calor sensível, sendo assim mais uma carga que precisa ser considerada para mitigação da temperatura. Mas essa propagação ocorre não somente por radiação, como também pelo contato com superfícies, por condução, e ainda por convecção pela corrente de ar. Dependendo das necessidades do local de estudo, o tipo de iluminação irá

solicitar mais do sistema de climatização. A exemplar temos as lâmpadas incandescentes em que 90% da energia empregada é dispersa em forma de calor e desse percentual apenas 10% é dissipado por condução e convecção, todo o restante ocorre por radiação sendo assim adota-se como carga térmica a própria potência instalada. Enquanto que para lâmpadas fluorescentes o valor empregado em calor é de 75%, dos quais somente 25% é dissipado no reator dela por ondas eletromagnéticas, ou seja, em forma radiante, e o substrato por convecção e condução. Esse fator considerado ao balastro, o indutor de corrente nesse último modelo de lâmpada, acresce o mesmo percentual a potência nominal total que é de 125%.(FROTA; SCHIFFER, 2001)

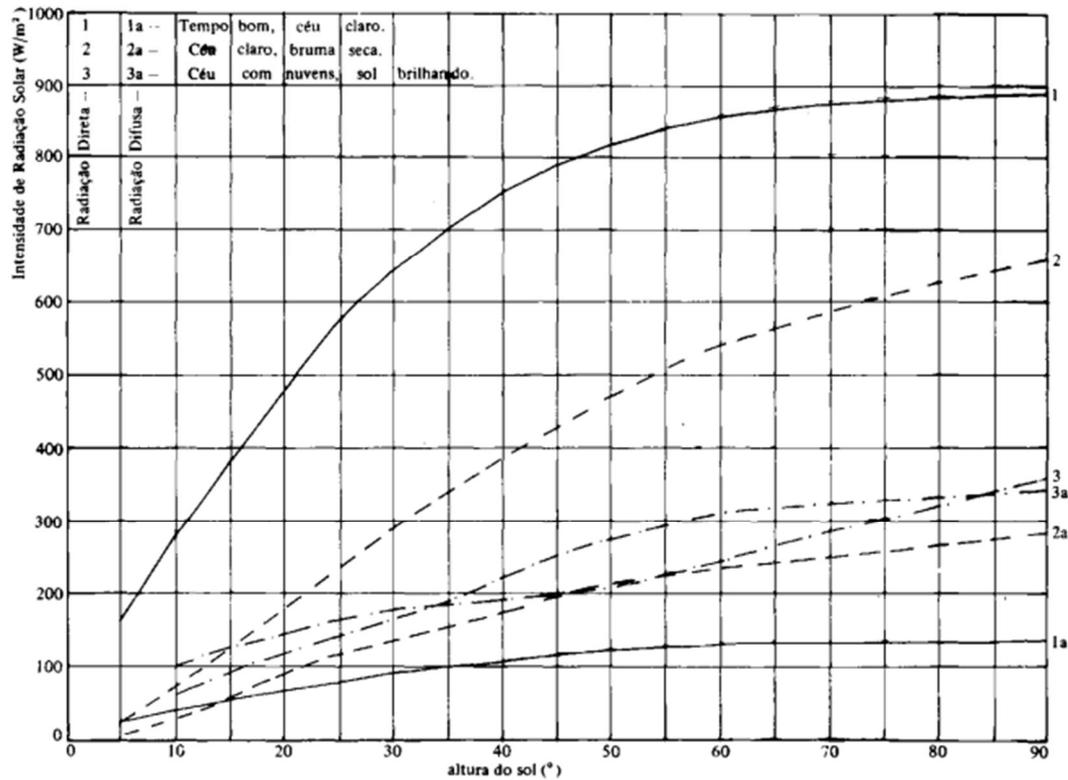
#### **4.6.3. Equipamentos e processos envolvidos**

Quando se trata a solicitação térmica de equipamentos cuja função não é gerar calor, através de uma resistência, a potência solicitada atinge cerca de 60% de sua potência nominal. Na ausência de informações vindas diretamente do fabricante sobre a potência de cada equipamento, pode-se utilizar informações tabeladas como referência. Além disso, dependendo do local em que se pretende climatizar, assim como a solicitação térmica de cada equipamento, há processos que a carga solicitada é altíssima como em siderúrgicas.(FROTA; SCHIFFER, 2001)

#### **4.6.4. Irradiação solar**

Há uma complexidade alta em relação ao calor sensível provocado pelo Sol que incide nas paredes do ambiente em estudo, com intensidade em função da localização latitudinal geográfica, bem como pelas propriedades do material da fronteira entre a fonte fria e quente do sistema. Contudo dependendo da posição global, longitude e latitude, nebulosidade, poluição do ar etc, há diferentes formas com que a movimento solar irá incidir nesses parâmetros limitadores, toda a fachada da construção. Dados esses que podem ser compilados em gráficos como o da figura abaixo, em que a radiação difusa se refere ao contato com superfícies horizontais sendo no caso a metade que da incidência solar direta no plano normal. As funções apresentadas são conforme variações conforme nebulosidade, poluição dentre outras implicações relativas ao denominado “clima urbano”. O Instituto Astronômico e Geofísico, da Universidade de São Paulo, juntamente do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, coletou os mesmos dados que comparados aos da figura 12 são distintos, claramente devido as diferenças de latitude, localização continental, altitude.(FROTA; SCHIFFER, 2001)

Figura 11- Variação da intensidade de radiação solar



Fonte: (FROTA; SCHIFFER, 2001) Apud LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, de Lisboa)

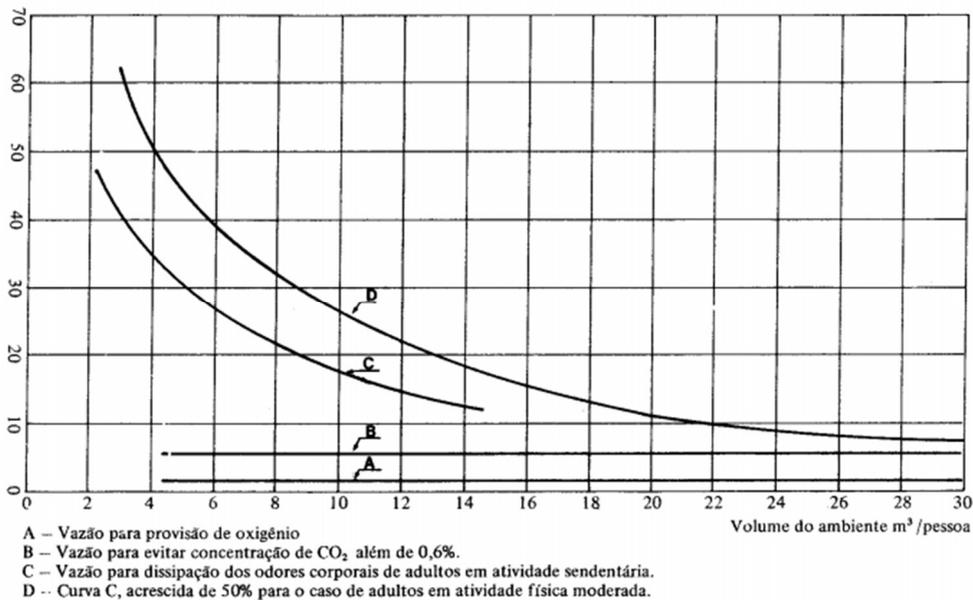
O incentivo a construção com arquitetura compacta traria inúmeros benefícios ecológicos, econômicos, além de ser vantajoso quanto a perda de carga por radiação solar, por apresentar menor área de contato com as fachadas e ainda menor volume para carga térmica. Outra forma de compactar e trazer esse benefício são as construções aglutinadas, aproveitando assim as sombras. (FROTA; SCHIFFER, 2001)

#### 4.6.5. Ventilação

Ainda sobre construções compactas, a respeito do tópico anterior, a sua viabilidade também envolve a ventilação que é mais um elemento somatório para carga térmica. Quando se diminui as frestas possíveis devido a aplicação de uma arquitetura com alto proveito do espaço disponível, em clima seco, diminui-se também a passagem de poeira em suspensão. Mas além disso há outros fatores que tornam o ar interno ruim, desde consequências biológicas, como emissão de dióxido de carbono, ou contaminantes em função cultural, nicotina, ainda fatores patológicos. (FROTA; SCHIFFER, 2001) O modo mais assertivo de corrigir, por exemplo, o nível elevado de CO<sub>2</sub> no ar interno, seria controlando as fontes desse gás, o que não seria praticável nesse caso. A ferramenta ideal para a correção é a ventilação ou renovação de ar, natural ou mecânica. (CARMO; PRADO, 1999) Ademais essa é fator para o conforto térmico de verão em regiões de clima temperado e de clima quente e úmido (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Imprescindível para o conforto e saúde do usuário, a renovação de ar além de suprir uma necessidade humana, a respiração, ainda atua na diluição do que é expelido a posteriori, no caso o dióxido de carbono. Contudo a vazão somente para atender esse fator não é suficiente para a desconcentração, a exemplo, do odor corporal. Também, ao mesmo tempo que há essa troca de gases pelo corpo humano, emite-se de vapor de água tanto pelo respirar quanto pelo suor, elevando assim a umidade relativa do ar. Outra função da renovação de ar é: remover o excesso de calor dos ambientes. Na figura abaixo são indicadas as funções entre volume e o quantitativo de pessoas conforme a necessidade de fluxo de ar (FROTA; SCHIFFER, 2001)

Figura 12- Fluxo de ar requerido por hora, por pessoa, em função da provisão de oxigênio, da diluição da concentração de gás carbônico e da dissipação de odores corporais, em atividade sedentária



Fonte: (FROTA; SCHIFFER, 2001) Apud .C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists); A.S.H.R.A.E. (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers)

Ainda de acordo com Frota (2001), quando a temperatura externa é maior que a interna, a renovação do ar dos ambientes solicita carga térmica, ou calor sensível, e a recíproca se faz verdadeira, ou seja, retirando calor do sistema. Essa carga térmica transferida pelo fluxo de ar pode ser calculada, após definir-se uma taxa de renovação adequada ao ambiente e consequentemente dimensiona suas aberturas. O resultado do cálculo é encontrado através do coeficiente de  $0,35 \left[ \frac{W}{(m^3 \times ^\circ C)} \right]$  sendo a multiplicação do calor específico com a densidade do ar. Esse valor segue com a operação matemática com os respectivos valores de N (número, ou taxa, de renovações por hora no ambiente) e  $\Delta t$  [°C] — diferença de temperatura do ar interno e externo. segue a por:

$$Q_{vent} = 0,35 \cdot N \cdot V \cdot \Delta t(W)$$

#### 4.6.5.1. Ventilação natural

O fluxo de natural do ar ocorre devido a diferença de pressão do ar entre os ambientes internos e externos, em função de diferentes densidades dos fluidos, chamado efeito chaminé; ora em conjunto a passagem do vento pelas aberturas, dentre uma série de implicações relativas à incidência do vento e formato do ambiente climatizado, o que se denomina ação dos ventos. Quando esses dois fatores ocorrem simultaneamente podem se somar ou subtrair, ora prejudicar a ventilação dos ambientes. (CARMO; PRADO, 1999)

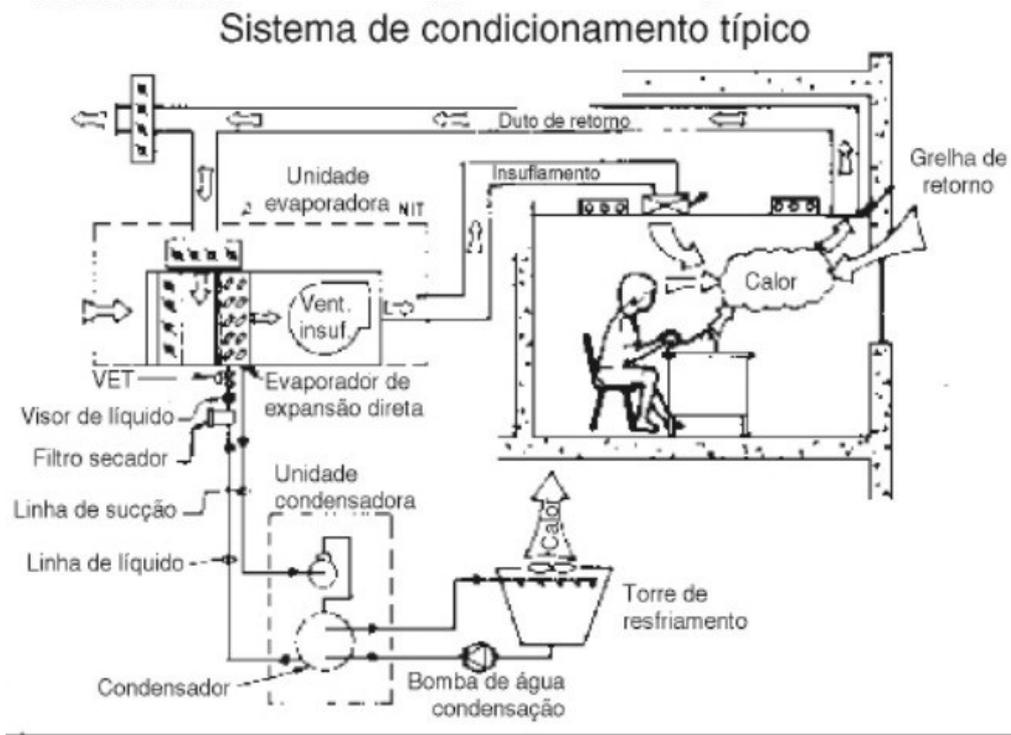
Contudo, a ventilação natural apresenta grande dependências a respeito das condições do ar externo, pois como citado anteriormente, o efeito chaminé só ocorre com a diferença de temperatura. Outro exemplo é o efeito de sucção induzida pelo arraste da ventilação externa. Ambos dependem do estado atmosférico, ou condições climáticas.(CREDER, 2004)

#### 4.6.5.2. Ventilação mecanizada

Os sistemas mecânicos de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC - *Heating, Ventilating and Air Conditioning*) atuam em grandes edifícios no suprimento de ar em condições desejáveis de temperatura, umidade e composição. Desses processos a ventilação é o cerne para de uma boa qualidade do ar interno, sendo ela além da introdução de ar externo para dentro do ambiente, chamado de insuflamento, a retirada do “ar poluído” de dentro de um ambiente, a sua exaustão; mas somente o conjunto dos processos de HVAC funcionando corretamente garantem-lhe um fluido saudável. (CARMO; PRADO, 1999)

Em casos de ventilação mecânica, ou forçada, utiliza-se uma rede de dutos, filtros, ou simplesmente ventiladores, a escolha depende do orçamento de projeto, assim como do conforto estabelecido. O ventilador como um conjunto único é menos oneroso, contudo agrega precariedades diferentemente da exaustão por dutos.(CREDER, 2004) O uso desse equipamento mais acessível é relevante quando há pouca resistência, sem necessidade de aplicar rede de dutos. Quanto a uma aplicação mais exigente, o ar pode passar por um processo de filtragem a seco ou úmida a fim de purificar o ar. Em ambientes com frequente presença humana, a sujeira acumulada é composta por materiais indesejáveis, além da poeira que pode conter óxidos, rejeitos biológicos, cabelo, químicos. (MILLER; MILLER, 2014)

Figura 13- Condicionamento do ar por insuflamento



Fonte:(MILLER; MILLER, 2014)

No âmbito urbano, as pessoas tem frequentado ambientes fechados por um longo período o que ressalta a importância da qualidade do ar interno.(SCHERER, 1996) Entretanto as aplicações em torno desse assunto ainda são recentes, por consequência ainda há alta frequência de prédios recém construídos ou reformados em que os usuários sentem desconforto, os conhecidos como edifícios doentes; ou esses apresentam problemas de longo prazo, que persistem mesmo após ações corretivas. Tal fato se explica por conta do contexto anterior ao qual os prédios eram estruturados, em sua maioria com janelas operáveis, dessa forma a renovação de ar se torna inconsistente em novos projetos aplicados nessa construção.(CARMO; PRADO, 1999)

#### 4.7.RENOVAÇÃO DE AR

Para fins de isolamento térmico, ou seja, redução de fatores agravantes a perda de carga térmica, as construções corporativas mais recentes não apresentam janelas operáveis em sua grande maioria. Com a necessidade de diluir os gases poluentes, contaminantes, acumulados em um recinto como esse, a renovação de ar entra como um pilar para estabelecimento do conforto ao usuário. Nesse âmbito, o controle dos odores e dos níveis de CO<sub>2</sub> ocorre com uma taxa de entrada do ar externo no ambiente interno, valor esse que é especificado por normas. Anteriormente adotava-se 25 m<sup>3</sup>/h de ar externo por ocupantes, o que era custoso nesse momento tecnológico, o que gerou necessidade de revisão dos padrões de ventilação. Por fim, com a tecnologia atual, a Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração

e Ar Condicionado ( A.S.H.R.A.E. *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*) concluiu que é possível fornecer tal taxa por usuário sem gastos adicionais de energia. Contudo, dependendo das atividades desenvolvidas no local, elevar essa vazão atende os requisitos solicitados no ar caso a distribuição desse ar for equivalente nas áreas assistidas.(CARMO; PRADO, 1999)

Fontes de contaminantes podem ocorrer ainda e por isso sistemas de exaustão independentes são necessários em locais com maior probabilidade de apresentar essas causas, como por exemplo com máquinas de fotocópia ou que utilizem solventes. Importante salientar a proporcionalidade contrária entre o comprimento dos tubos de exaustão e a viabilidade de seu sistema de ventilação. Para sua análise, deve-se considerar também o período de funcionamento do sistema de ventilação. Mantê-lo traz custos, por isso sua atividade costuma iniciar no próprio horário comercial, o que prejudica as condições internas do ar. O correto é o sistema funcionar por um período considerável previamente e pós a ocupação do ambiente climatizado.(CARMO; PRADO, 1999)

Obter o fluxo solicitado na renovação que atenda a necessidade de oxigênio de acordo com os ocupantes do ambiente – caso não for apresentado a quantidade de usuários do ambiente considera-se requisitos para a categoria de ocupação listada –, utiliza-se a equação 6-1, conforme a (AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDICTINING ENGINNERS, 2019), somando-se o produto da taxa de fluxo de ar externo necessária por pessoa ( $R_p$  – tabelado vide figura abaixo) com o número de população da zona ocupada, ao produto da mesma taxa porém por unidade de área ( $R_a$ , também conforme a tabela na figura) pela área líquida que se pode ocupar ( $A_z$ ):

$$V_{bz} = R_p \times P_z + R_a \times A_z$$

Figura 14- Tabela de taxas de fluxo por pessoa e unidade de área para

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate $R_p$		Area Outdoor Air Rate $R_a$		Default Values		Air Class
	cfm/ person	L/s- person	cfm/ft <sup>2</sup>	L/s-m <sup>2</sup>	Occupant Density		
					#/1000 ft <sup>2</sup> or #/100 m <sup>2</sup>		
<b>Office Buildings</b>							
Breakrooms	5	2.5	0.12	0.6	50		1
Main entry lobbies	5	2.5	0.06	0.3	10		1
Occupiable storage rooms for dry materials	5	2.5	0.06	0.3	2		1
Office space	5	2.5	0.06	0.3	5		1
Reception areas	5	2.5	0.06	0.3	30		1
Telephone/data entry	5	2.5	0.06	0.3	60		1

Fonte:(AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDICTINING ENGINNERS, 2019)

Essa mesma equação é estabelecida pela (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008) em que ocorre apenas algumas adaptações de nomenclatura, no caso para as taxas tabeladas de vazão por área ou por pessoa que se apresentam com a consoante F, provavelmente de fator, ao lugar de R e adapta-se a unidade mais habitual ao contexto de engenharia no Brasil. Interessante salientar que a NBR aborda de modo eloquente sobre o tema, apresentando uma tabela com níveis de densidade demográfica de 1 a 3 tal qual a exaustão mecânica:

Figura 15- Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação

Local	D pessoas/ 100 m <sup>2</sup>	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m <sup>2 a</sup>
		F <sub>p</sub> L/s*pess.	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	F <sub>p</sub> L/s*pess	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	F <sub>p</sub> L/s*pess	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	
<b>Edifícios de escritórios</b>								
Hall do edifício, recepção	10	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritórios de diretoria	6	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com baixa densidade	11	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com média densidade	14	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com alta densidade	20	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Sala de reunião	50	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Legenda <b>Nível 1</b> - Nível mínimo vazão de ar exterior para ventilação. <b>Nível 2</b> - Nível intermediário da vazão de ar exterior para ventilação. <b>Nível 3</b> - Vazões ar exterior para ventilação que segundo estudos existem evidências de redução de reclamações e manifestações alérgicas <b>F<sub>p</sub></b> - Fração do ar exterior relacionada às pessoas (L/s*pessoa) <b>F<sub>a</sub></b> - Fração do ar exterior relacionada ao recinto (L/s*m <sup>2</sup> ) <b>D</b> - Densidade de ocupação esperada, referida à área útil ocupada (pessoas/100 m <sup>2</sup> )								
NOTA 1 A aplicação desta Tabela está condicionada à obediência a todos os demais requisitos desta parte da ABNT NBR 16401. NOTA 2 O nível (1,2 ou 3) de ar externo a ser utilizado no projeto deve ser definido entre o projetista e o cliente. NOTA 3 As vazões de ar exterior estipuladas são baseadas na proibição de fumar nos recintos (exceto local reservado). NOTA 4 Ar exterior com densidade do ar 1,2 kg/ m <sup>3</sup> (a vazão deve ser corrigida para a densidade efetiva).								

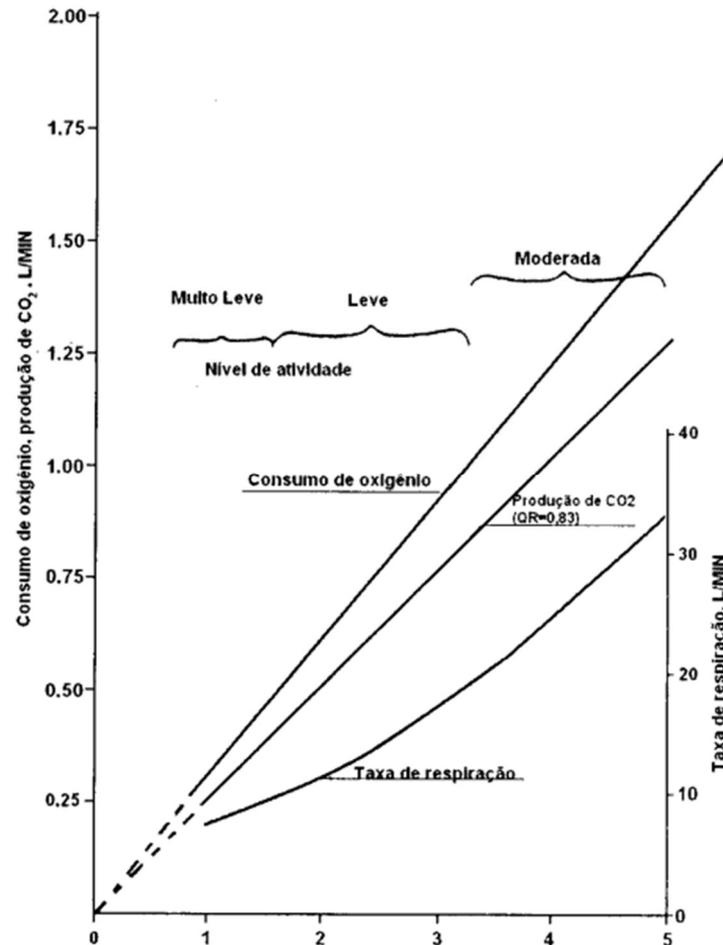
Fonte: Adaptado de (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008)

#### 4.7.1. Dióxido de carbono

O Dióxido de carbono é um poluente gasoso não inflamável, sem cor ou cheiro; relativamente não tóxico a curto prazo, gerado por combustão concreta, como em fogões a gás, porém mais conhecido por ser resultado do metabolismo humano, assim como ocorre na maioria dos organismos vivos; sua alta concentração isoladamente ou em combinação com outro gás, pode provocar efeitos adversos à saúde humana, como tontura, dor de cabeça, mal-estar, ainda irritações na pele. Na atmosfera sua concentração média de CO<sub>2</sub> varia muito dependendo do local, sendo cerca de 340 ppm. Em um ambiente fechado esse valor aumenta, isso faz sentido e é aceitável dependendo da intensidade.(CARMO; PRADO, 1999) "Povos indígenas podem ser considerados mais vulneráveis aos efeitos do CO<sub>2</sub> na saúde(...) Indivíduos

que vivem em habitações de baixa renda também (...), pois é mais provável que vivam em casas com más condições.”(HEALTH CANADA, 2021)

Figura 16- Taxa de respiração, consumo de oxigênio e produção de CO<sub>2</sub>

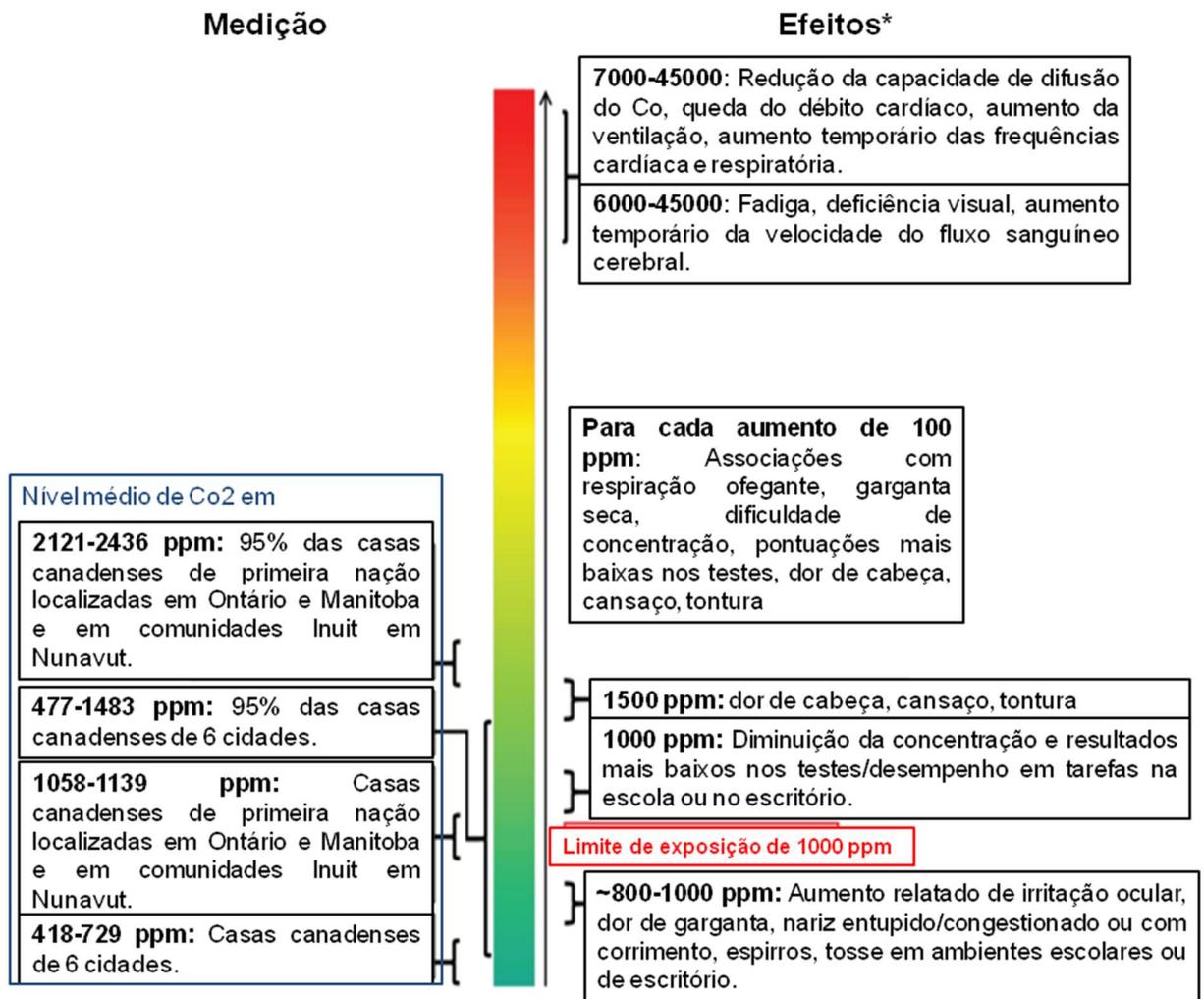


Fonte:(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008)

Mesmo valores acima de 10.000 ppm não ocorrem reações significativas na saúde humana exceto afetar a taxa de respiração, pois taxas elevadas de dióxido de carbono no sangue elevam a sua acidez, o sistema respiratório tenta compensar essa falta de ar elevando a frequência respiratória: “O CO<sub>2</sub> não é tóxico, irritante e de nenhuma maneira nocivo a saúde ou bem-estar, exceto em concentrações altas, quando desloca o oxigênio do ar em proporção tal que dificulta a respiração, podendo se tornar fator asfíxiante.”(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008). Contudo ainda se tornaria preocupante se houver o convívio frequente em ambiente apresentando tal condição, com efeito de desmineralização dos ossos, e exposição frequente a concentrações extremas, como 50.000 ppm, causam reações no sistema nervoso central, como problemas visuais, além de efeitos cardiovasculares. É comum que locais mal ventilados e muito frequentados, ou seja com fonte de dióxido de carbono apenas pela exalação do gás pós respiração, em uma residência ocorra a concentração do gás acima de 3.000 ppm. (CARMO; PRADO, 1999).

No quesito de produtividade, entretanto, mesmo a concentrações ainda não altíssima como dito a pouco, importante destacar a ocorrência de:” garganta inflamada ou seca, nariz entupido, congestionado ou com corrimento nasal, espirros, tosse e rinite); redução do desempenho do teste (por exemplo, tomada de decisão (...) sintomas neurofisiológicos (como dor de cabeça, cansaço, fadiga, tonturas ou dificuldade de concentração)”(HEALTH CANADA, 2021)

Figura 17- Comparativo da concentração de CO<sub>2</sub> em residências canadenses com efeitos na saúde conforme esse nível



\*Algumas associações foram observadas em estudos epidemiológicos (em escritórios e escolas) e estudos de exposição controlada (geralmente de 1 a 5 horas exposições). No entanto, muitas limitações do estudo foram observadas e a causalidade não foi ligada ao CO<sub>2</sub>.

\*Níveis de dióxido de carbono mais perto do fundo (verde) representam o menor risco potencial de efeitos à saúde.

Fonte: Adaptado de (HEALTH CANADA, 2021)

Apesar de não representar um risco alarmante para a saúde, o grande aval de estabelecer um nível adequado de concentração de dióxido de carbono deve-se a sua relação direta com a qualidade do ar interno pois conforme sua concentração no ar indica o funcionamento adequado

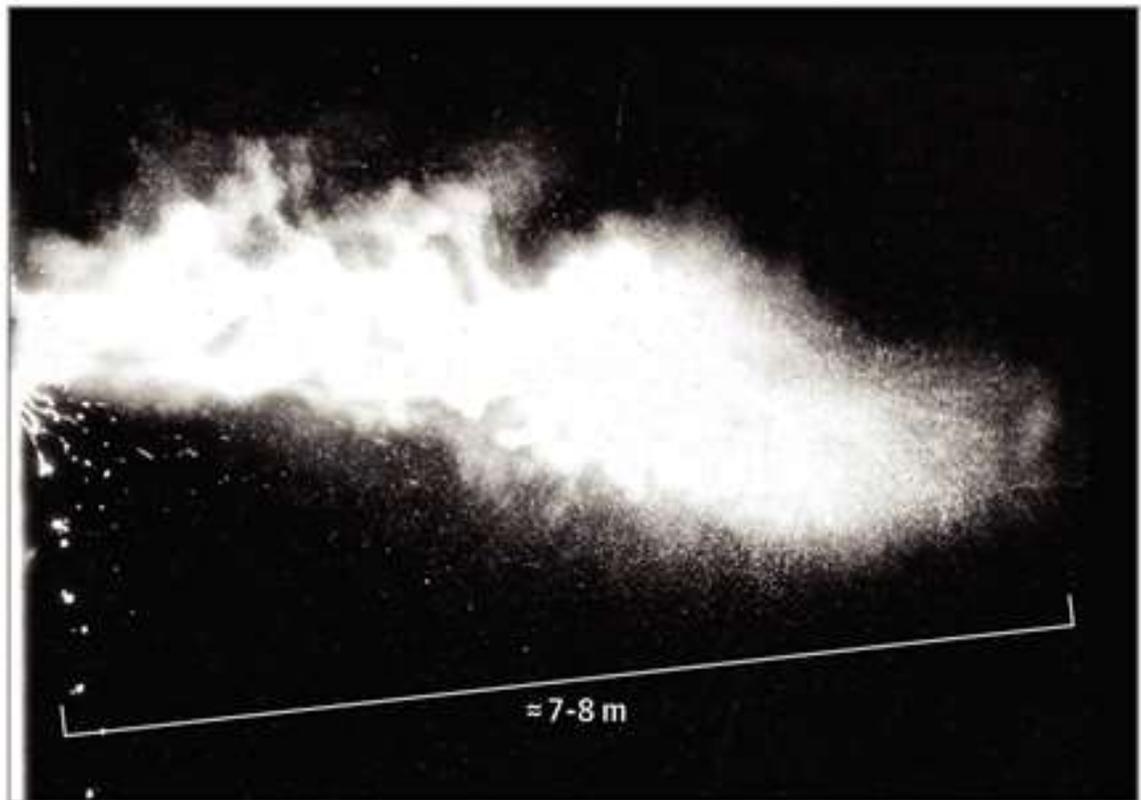
do sistema de renovação de ar logo a conformidade com vários padrões. O mesmo valor citado no parágrafo anterior, dessa vez não isoladamente, 10.000ppm, sem mudança considerável na presença de indivíduos, representa um indicativo nocivo por ausência de ar puro para diluir outros poluentes. Além disso, dependendo de onde houver picos os picos desse gás, por exemplo, em uma zona geral de fluxo, a que atende uma demanda de respiração humana, se comparada a uma área de ar circulado, pode-se supor a deficiência na mistura do ar. Ou seja, entende-se que junto do acúmulo do dióxido de carbono, outros gases o fazem. Entretanto, suponhamos que o sistema de renovação de ar funcione adequadamente contudo alguma fonte de gás nocivo eleve demais a sua concentração no ambiente, independentemente das medidas de CO<sub>2</sub> isso não será identificado. (CARMO; PRADO, 1999) Portanto, apesar de ser diretamente proporcional a efluentes biológicos humanos como odores, atuando então como indicador de poluição produzida por pessoas, utilizar sua concentração como indicador de qualidade do ar pode apresentar uma interpretação errada quando não se considera condições essenciais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008).

#### 4.7.2. COVID-19

Foram amplamente compartilhados os meios de propagação do vírus que parou o mundo ao início do ano de 2020: O canal de transmissão do vírus SARS CoV-2 são gotículas de fluidos respiratórios também chamadas de partículas de aerossol, classificadas amplamente em tamanhos macro até microscópicas, expelidas por atos corriqueiros como respiração silenciosa, fala, ou ainda os mais alarmantes como tosse, espirro. Esse aerossol tem grande capacidade de espalhar-se atingindo no mínimo dois metros de distância, quando se trata de fala por exemplo. Ou seja, apenas um indivíduo infectado pode contaminar toda uma ala interna, mesmo após sua retirada desse ambiente, com o fluido durando algumas horas no ar. O contato com a mucosa ocorre principalmente pela respiração, mas também ocorre, apesar de menos provável, pelo toque indireto em superfícies contaminadas. (US EPA, 2021)

A pandemia desse acarretou um cenário de mudanças em fatores econômicos, mas também em uma cultura do uso de máscaras, além dos cuidados para diminuir o número de infecções mesmo com o convívio em um ambiente com possíveis doentes. Tal consequência exigiu dos locais comerciais, corporativos em geral, as devidas atitudes preventivas, zelando pelo bem do usuário, seja ele um funcionário ou um cliente, por exemplo.

Figura 18 – A dinâmica da nuvem de gás turbulento multifásico de um espirro humano



Fonte: (BOUROUIBA, 2020)

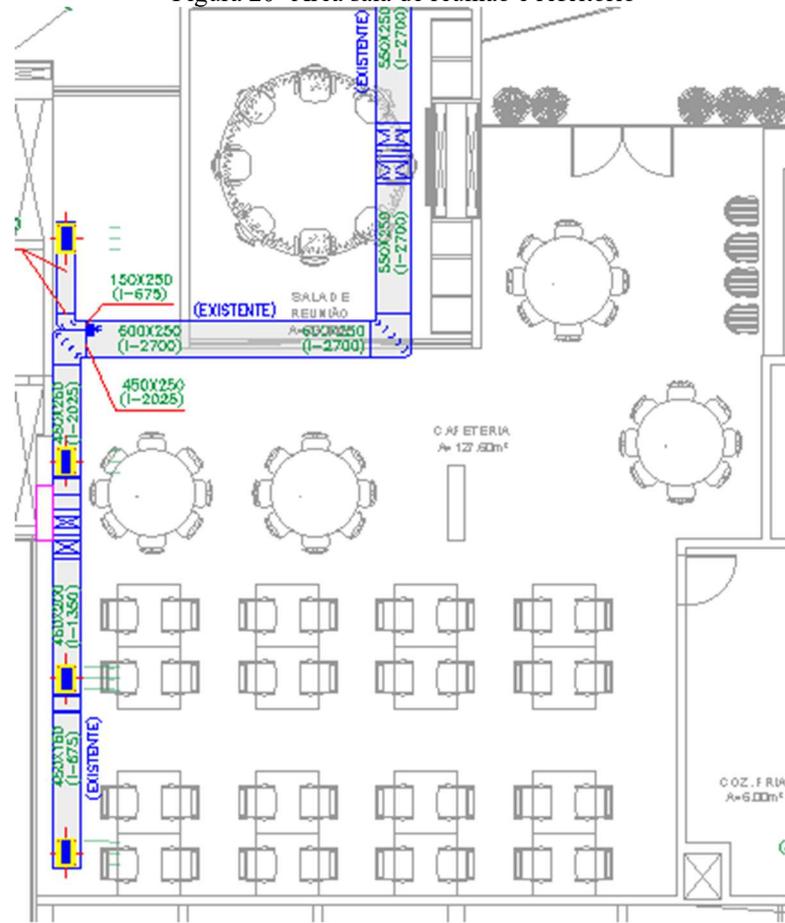
Mesmo o uso de máscaras de proteção cirúrgica, dentre outras, costuma ser pauta questionável pois utilizá-la reduz a probabilidade de dispersão das partículas que alguém infectado pode expelir, seja qual for o vírus que se propague pelo ar, não somente quando espirra, mas quando fala etc. Ou seja, reduz a propagação do vírus e consequentemente a quantidade de indivíduos contaminados diminui. Contudo, apesar do medo que o pico da pandemia causou, a realidade atual aponta como as questões culturais afetam diretamente no uso máscara. Tal acessório já era presente no cenário de outros países como a Coreia do Sul, dentre outros da Ásia, numa iniciativa de prevenir a disseminação de mesmo um resfriado comum. No atual cenário do segundo semestre de 2022, no Brasil, o uso desse acessório deixou de ser obrigatório na circulação em geral, contudo por aumento dos contaminados no cenário nacional, a ANVISA determinou novamente sua obrigatoriedade nos aeroportos. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022)

O distanciamento foi adotado, em que se deve manter pelo menos dois metros de distância entre os indivíduos, como muito observou-se em ambientes públicos, a exemplo os assentos que não podem ser utilizados por questões de segurança, justamente a tratada. Porém, o risco de contaminação se eleva quando há convívio: Em ambientes internos com ventilação de ar externo é inadequada; Com alta emissão de fluidos respiratórios a exemplo ao falar alto, ou

ainda sub exercício físico; De longos períodos; Em locais lotados e com acessórios de proteção indevidamente utilizados; Existem medidas simples que podem ser tomadas para reduzir o potencial de transmissão aérea do COVID-19 e o foco deste material está nessas medidas. O layout e o design de um edifício, bem como a ocupação e o tipo de sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC), podem afetar a potencial propagação do vírus no ar. Embora as melhorias na ventilação e limpeza do ar não possam por si só eliminar o risco de transmissão aérea do vírus SARS-CoV-2, a EPA recomenda aumentar a ventilação com ar externo e filtragem de ar como componentes importantes de uma estratégia maior que pode incluir distanciamento físico, uso de coberturas faciais ou máscaras de pano, limpeza de superfícies, lavagem das mãos e outras precauções. Consulte as orientações dos Centros de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) e das autoridades locais sobre as diretrizes atuais sobre o uso de máscaras. (US EPA, 2021)



Figura 20- Área sala de reunião e refeitório



Fonte: Seção de planta baixa retirada pelo autor, material cedido por cliente.

Nos focos com solicitação de renovação de ar, justamente apresentando elevado nível de CO<sub>2</sub>, qual subiu de 838 ppm, em um ano, para 1423ppm no ambulatório; 816 ppm na recepção e área de Recurso Humanos (RH) nas medições feitas em dezembro de 2021 conforme apresentado na figura 22. Através de vistorias constatou-se que, setores do mezanino, o sistema encontra-se estacionado, sem funcionamento sendo esses cômodos: RH; Ambulatório; Sala de descompressão; Refeitório; Sala de reunião.

Figura 21- Valores medidos de CO<sub>2</sub>

Pavimento do Mezanino	CO <sub>2</sub> [ppm]	
	Período	
	26/11/2020 - 07/12/2020	06/12/2021 - 07/12/2021
Ambulatório	838	1423
RH Recrutamento	-	409
Sala de jogos	816	-

Fonte: Material cedido por cliente.

## 6 RESULTADOS

Para início de estudos, o embasamento está voltado para as análises das estruturas sobre cada ambiente. Apresenta-se a seguinte tabela com estimativa de ocupação, e por conta da variação da quantidade de pessoas que ocupam determinados pavimentos, foi obtida uma média entre os pavimentos citados para assim estabelecer a densidade média por 100m<sup>2</sup>, D, a fim de obtermos os valores da tabela apresentada na seção 4.7.

Figura 22- Cálculo da densidade média D

Pavimento	Ambiente Climatizado	Quantidade		Medidas do pav.			Área usual	Taxa de ocupação			D
		Assento	Pessoa	C	L	Área [m <sup>2</sup> ]		Máxima	Mínima	Média	
											[n° pessoas/m <sup>2</sup> ]
MEZANINO	RH	20	12	12,0	11,0	132,0	424,3	0,152	0,091	0,121	12,121
	Ambulatório	8	8	8,0	2,0	16,0		0,500	0,500	0,500	50,000
	Refeitório	63	48	15,5	16,0	124,0		0,508	0,387	0,448	44,758
	Recepção	39	0	21,0	17,0	178,5		0,218	0,000	0,109	10,924
	Sala de reunião	15	8	7,5	3,5	26,3		0,571	0,305	0,438	43,810
	<b>TOTAL</b>	<b>145</b>	<b>68</b>	<b>64,0</b>	<b>49,5</b>	<b>476,75</b>		<b>1,378</b>	<b>0,978</b>	<b>1,178</b>	
TERREO	Shield	55	55	22,5	21,0	472,5	1072,8	0,116	0,116	0,116	11,640
	Amostra	11	11	13,0	3,0	39,0		0,282	0,282	0,282	28,205
	Amostra		0	13,0	4,5	29,3		0,000	0,000	0,000	0,000
	Conect.	12	12	13,5	8,0	108,0		0,111	0,111	0,111	11,111
	Monitor.	7	7	8,0	6,0	48,0		0,146	0,146	0,146	14,583
	GA	5	5	5,0	3,8	19,0		0,263	0,263	0,263	26,316
	Recepção	39	19	21,0	17,0	357,0		0,109	0,053	0,081	8,123
	Sala de reunião	20									
	<b>TOTAL</b>	<b>83</b>	<b>43</b>	<b>96,0</b>	<b>63,3</b>	<b>1072,75</b>		<b>1,028</b>	<b>0,972</b>	<b>0,601</b>	
SS2		10	10	22,6	5,0	113,0	178,0	0,088	0,088	0,088	8,850
SS1		35	0	13,0	5,0	65,0		0,538	0,000	0,269	26,923
Sala de reunião	10										
	Descarga	25									
	<b>TOTAL</b>	<b>80</b>	<b>10</b>	<b>35,6</b>	<b>10,0</b>	<b>178,00</b>		<b>0,627</b>	<b>0,088</b>	<b>0,358</b>	
<b>Taxa de ocupação média entre Mezanino, Terreo e SS1,SS2</b>											<b>13,352</b>

Fonte: Autor.

Vale observar que para apresentar a quantidade de assentos disponíveis e de pessoas durante expediente foram contadas durante as visitas ao local, diferentemente do que foi representado no projeto, planta baixa, bem como uso da trena a laser para medir comprimentos dos cômodos.

Figura 23 – Vazão eficaz

Pavimento	Ambiente Climatizado	CÁLCULO DA VAZÃO						
		Pz nº pess	Fp n/a	Az [m <sup>2</sup> ]	Fa n/a	$\frac{V_{ef}}{F_c}$	Fc	Vef [m <sup>3</sup> /h]
MEZANINO	RH	20,0	3,1	132,0	0,4	114,8	3,6	413,28
	Ambulatório	8,0		16,0		31,2		112,32
	Refeitório	63,0		124,0		244,9		881,64
	Recepção	39,0		178,5		192,3		692,28
	Sala de reunião	15,0		26,3		57,0		205,2
	<b>TOTAL</b>						<b>2099,52</b>	
TERREO	Shield	55,0	3,1	472,5	0,4	359,5	3,6	1294,2
	Amostra	11,0		39,0		49,7		178,92
	Amostra	0,0		29,3		11,7		42,12
	Conect.	12,0		108,0		80,4		289,44
	Monitor.	7,0		48,0		40,9		147,24
	GA	5,0		19,0		23,1		83,16
	Recepção	39,0		357,0		263,7		949,32
	Sala de reunião							
	<b>TOTAL</b>						<b>2984,4</b>	
SS2		10,0	3,1	113,00	0,4	76,2	3,6	274,32
SS1		35,0		65,00		134,5		484,2
	Sala de reunião	0		0,00		0,0		
	Descarga	0		0,00		0,0		
	<b>TOTAL</b>							<b>758,52</b>

Fonte: Autor.

Como houve um cálculo médio da densidade ocupacional em cada cem metros quadrados, por fins de maiores observações apresentaram-se juntamente as demandas dos demais ambientes. Contudo, o foco do estudo trata-se do pavimento do Mezanino, que solicita uma vazão de 2099,52 metros cúbicos por hora conforme feito a conversão com Fc (fator de conversão). Para essa solicitação, o fabricante Hitachi, para 100% de ar externo, especifica o equipamento Unidade de Tratamento de ar Externo (UTE) SERIE CXA (“Boletim técnico BT VRF 008 L - Especificações técnicas das unidades sigma splitão 100% ar externo”, 2019). Sua vazão atende 3800 metros cúbicos por hora justamente para suprir a renovação de ar, o que também compreende as solicitações do EPA conforme a seção 4.7.2.

Figura 24 – Unidade de Tratamento de ar Externo



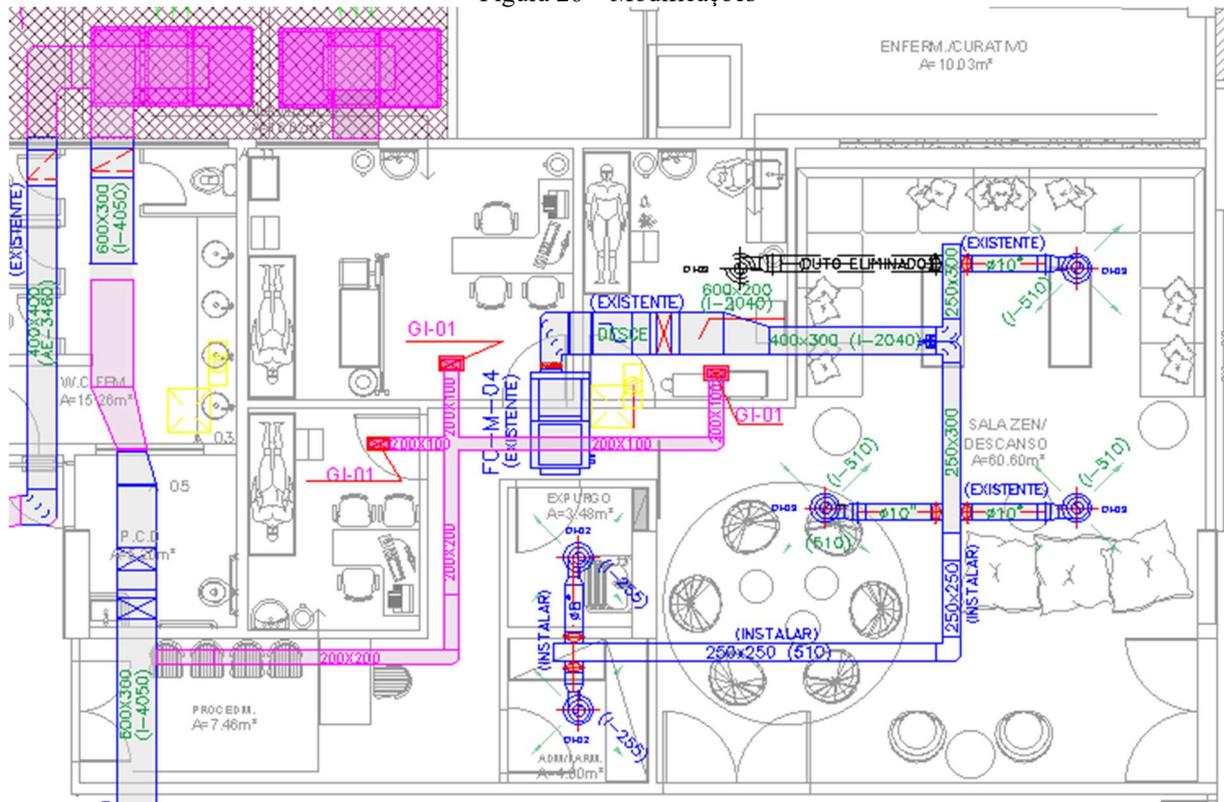
Fonte: (“Boletim técnico BT VRF 008 L - Especificações técnicas das unidades sigma splitão 100% ar externo”, 2019).

Figura 25 – Informações sobre a unidade

UNIDADE CONDENSADORA		TENSÃO	CORRENTE NOM	CAP	TOTAL CORRENTE
DESCRIÇÃO	Modelo UC	[V]	[A]	[TR]	[A]
SIGMA SPLITÃO	RAS10	380	21,5	8,64	27
MODELO UNID EVAPORADORA		TENSÃO	CORRENTE	VAZÃO	
MODULO TROCADOR	MODULO VENTILADOR	[V]	[A]	[m3/h]	
RTCIV075CNP	RVT075CXA	380	5	3800	

Fonte: Adaptado de (“Boletim técnico BT VRF 008 L - Especificações técnicas das unidades sigma splitão 100% ar externo”, 2019).

Figura 26 – Modificações



Fonte: Seção de planta baixa retirada e modificada pelo autor, material cedido por cliente.

A respeito do pavimento Mezanino, os equipamentos dispostos na ala leste, sobre banheiros, devem ser retirados, substituídos pelo que foi determinado acima. Todas as mudanças estão representadas na cor rosa. A área técnica será deslocada para fora do prédio, em que pode-se utilizar chapa expandida sobre colunas pré-existentes. Mas também serão implementados os dutos para renovação do ar nas salas do ambulatório.

## 7 CONCLUSÃO

Através desse estudo foi possível compreender com mais abrangência os diversos fatores envolvidos na climatização, e no qual esse assunto agrega principalmente a respeito do tema em pauta nos últimos anos: A pandemia do Covid 19. O ambiente de estudo, apesar de, em geral, dispor a decisão de optar ou não por uma jornada de trabalho presencial aos seus funcionários, esteve sob solicitação, ou seja, operante. Nos últimos meses quando se amenizaram as medidas de proteção quanto aos meios contaminantes por aerossóis, houve um novo ápice de infectados no mundo, e por consequência eleva a probabilidade de contaminação em um local fechado populoso e com deficiência na renovação de ar. A carga térmica era satisfatória no ambiente, e só com os indícios de mal funcionamento, como a invasão de odor vindo dos banheiros, por exemplo, ocorreu a inspeção do ambiente.

Ressalta-se a sensibilidade que um sistema inadequado acarreta, bem como a importância da climatização, independentemente de qual etapa está se tratando, desde dimensionamento a execução. Foi possível observar como a inoperabilidade do sistema ocorre em função da disposição inviável dos equipamentos bem como erros no projeto implementado, em que os dutos não alcançam a área que se deseja renovar o ar. E, a identificação desses erros, além das novas solicitações do sistema, são o essencial para se estabelecer as correções necessárias tal qual indicado na seção anterior. Por fim, foram reunidas informações essenciais para compreensão da base a respeito de climatização e renovação de ar.

Ainda, para fins de melhoria do sistema, em fatores de economia de energia e de custos para mantê-lo, interessante em estudos seguintes observar a viabilidade da renovação de ar com uso de um equipamento que identifique as necessidades de renovação de ar, para então o abastecer variavelmente, ou ainda a adaptação de uma máquina comum nessa ocasião, a exemplar o equipamento indicado pelo fabricante nesse estudo.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Standard 62.1 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality**. Atlanta: [s.n.].

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: [s.n.].

**Boletim técnico BT VRF 008 L - Especificações técnicas das unidades sigma splitão 100% ar externo.** . [s.l: s.n.].

BOUROUBA, L. Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions. **JAMA**, 26 mar. 2020.

CARMO, A. T.; PRADO, R. T. A. **Qualidade do ar interno**. São Paulo: [s.n.].

ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de Calor**. 4. ed. [s.l: s.n.].

**Como o seu Ar Condicionado funciona?** <https://youtu.be/CNofxbMUsnY>, 13 fev. 2020.

COSTA, Ê. C. DA E. **Refrigeração**. 3. ed. São Paulo : Edgard Blucher, 1982.

CREDER, H. **Instalações de Ar Condicionado**. Sexta ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2004.

**Dados técnicos R-410A.** . [s.l: s.n.].

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual do Conforto Térmico**. 5. ed. [s.l.] Studio Nobel, 2001.

HEALTH CANADA. **Residential Indoor Air Quality**. Ottawa: [s.n.].

INCROPERA, F. et al. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. Sexta ed. [s.l: s.n.].

MILLER, R.; MILLER, M. **Ar condicionado e refrigeração**. 2. ed. [s.l.] LTC, 2014.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Anvisa atualiza medidas a serem adotadas em aeroportos e aeronaves**.

MORAN, M. et al. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**. 7. ed. [s.l: s.n.].

MORAN, M. J. et al. Sistemas de Refrigeração e de Bombas de Calor. Em: **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013b.

SCHERER, G. Conference Report - 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate (Indoor Air 96) July 21-26, 1996, Nagoya, Japan. **Contributions to Tobacco & Nicotine Research**, v. 17, n. 1, p. 15–16, 1 dez. 1996.

SILVA, M. **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial e comercial**. Rio de Janeiro: [s.n.].

US EPA. **Indoor Air and Coronavirus (COVID-19)**.

WELLINGTON. **Sub resfriamento e Superaquecimento**.