

DARCY MACHADO DUARTE NETO

MARCELO SINIGALHA

THIAGO ALMEIDA PEDROSA

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE AR-CONDICIONADO PARA A
IGREJA BATISTA CENTRAL DE ITALVA - IBCI**

Itaperuna

2022

DARCY MACHADO DUARTE NETO

MARCELO SINIGALHA

THIAGO ALMEIDA PEDROSA

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE AR-CONDICIONADO PARA A
IGREJA BATISTA CENTRAL DE ITALVA - IBCI**

Projeto de graduação apresentado
ao curso de Engenharia Mecânica
da Sociedade Universitária
Redentor como parte dos
requisitos para a obtenção do título
de Bacharel em Engenharia
Mecânica.

Orientador: Daniel Passos Gallo

Itaperuna

2022

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor (a) (es):

Título: DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE AR-CONDICIONADO PARA A IGREJA BATISTA CENTRAL DE ITALVA – IBCI

Natureza: Trabalho de Conclusão de Curso

Objetivo: Título de Bacharel em Engenharia Mecânica

Instituição: Centro Universitário Redentor

Área de Concentração: Engenharia Mecânica com ênfase em Ciências Térmicas

Aprovada em: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof^a.

M.Sc. (pode ser também Me. – mestre-. Ma. – mestra)

Instituição:

Prof^a.

M.Sc.

Instituição:

Prof^a.

D.Sc. (Dr. ou Dr^a.)

Instituição:

AGRADECIMENTOS

Agradeço, a Deus, minha vó, meu avô, minha mãe, meu padrasto e à minha tia por terem me apoiado e me dado todo o suporte necessário para chegar até aqui. Aos meus colegas de grupo Marcelo e Thiago, que foram peças fundamentais para que assim conseguíssemos concluir a nossa tão sonhada graduação.

Ao nosso orientador Daniel Passos Gallo, que nos orientou e muito ajudou nessa grande e importante etapa de nossas vidas. A todo o corpo de professores e coordenadores que ajudaram direta e indiretamente nesse processo. E, de forma geral a todos que nos acompanharam desde o início de nossa trajetória.

Darcy Machado Duarte Neto

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo a Deus por me guiar ao longo dessa caminhada, me erguendo sempre, principalmente, quando mais precisei. A minha família e amigos por serem sempre a base de todo o meu esforço e dedicação para alcançar este feito. Também, a minha namorada por ter sido paciente e compreensiva, me motivando a manter firme, a fim de concluir essa etapa tão importante de minha vida, a graduação.

Minha sincera gratidão aos professores: Daniel Passos Gallo, Guilherme Lima, Sergio Souza Dias e Vinícius Barbosa; pois sem vocês não seria possível conseguir realizar este sonho. Enfim, sou grato a todos que de alguma forma contribuiu para a realização desse momento.

Marcelo Sinigalha

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois grandes foram as lutas, maiores as vitórias. Seguiremos com a certeza de que obstáculos virão, mas teremos Deus sempre conosco. Agradeço aos amigos e companheiros de turma, que dividiram comigo todas as angústias, frustrações e alegrias.

Agradeço também aos Mestres da UNIRENTOR que, com destreza, transmitiram conhecimentos e compartilharam suas experiências. Agradeço ao Prof.º Daniel Passos Gallo, pelo profissionalismo e apoio na busca e expansão de nossos conhecimentos, e, sobretudo, pelo grande estímulo e orientação que foram essenciais para a construção deste trabalho.

Thiago Almeida Pedrosa

RESUMO

A região de Italva-RJ possui clima tropical, quente e úmido, gerando uma grande necessidade de climatizar ambientes com temperaturas agradáveis, visando o conforto térmico dos locais. Esse trabalho visa o dimensionamento de um sistema de condicionamento de ar para o templo da Igreja Batista Central de Italva que está no segundo andar do edifício. O projeto teve como base as normas ABNT NBR 16401/2008 partes 1,2 e 3, e a Resolução-RE 09/2003 da ANVISA. A metodologia utilizada neste projeto foi fundamentada em Creder (2004), a fins de alcançar os princípios de refrigeração e ar condicionado. O sistema escolhido foi o split, pois une portabilidade e facilidade de instalação, além de apresentar excelente custo-benefício. No cálculo de carga térmica, obteve-se o valor de 791.653,28 BTU/h. A seleção dos equipamentos foi feita com base em uma análise da estrutura física da igreja. Foram escolhidos 10 conjuntos split piso teto da fabricante Elgin de 80.000 BTU/H, totalizando um total de 800.000 BTU/h.

Palavras-chave: climatização, carga térmica, conforto térmico, Ar-condicionado.

ABSTRACT

The Itava-RJ region is tropical, hot and humid, generating a great need for a tropical climate, the thermal comfort of local environments. This work aims to design an air conditioning system for the temple of the Central Baptist Church of Italva , which is on the second floor of the building. The project was based on ABNT NBR 16401/2008, parts 1, 2 and 3, and ANVISA Resolution-RE 09/2003. The methodology used in this project was based on Creder (2004) aiming to achieve the principles of air conditioning. The system chosen was the split, because of portability and ease of installation, in addition to presenting an excellent cost-benefit. In the calculation of the thermal load, the value of 791,653.28 BTU/h was obtained. Equipment selection was based on an analysis of the church's physical structure. There were 10 sets divided by Elgin flooring of 80,000 BTU/H, totaling a chosen total of 800,000 BTU/h.

Keywords: air conditioning, thermal load, thermal comfort, air conditioning.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Igreja Batista Central de Itálva – IBCI.....	17
Figura 2: Funcionamento do condicionador de ar.....	21
Figura 3: Esquemático de um modelo split.....	23
Figura 4: Compressor centrífugo.....	24
Figura 5: Evaporador.....	25
Figura 6: Condensador resfriado a ar.....	26
Figura 7: Válvula de Expansão Termostática.....	27
Figura 8: Sistema de ar-condicionado por expansão direta.....	28
Figura 9: Sistema de ar-condicionado por expansão indireta	29
Figura 10: Condensadora Elgin 80000 BTU/h.....	51
Figura 11: Evaporadora Elgin 80000 BTU/h.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetro de conforto térmico através da Resolução 09:2003 da ANVISA	32
Tabela 2: Velocidade do vento	35
Tabela 3: Coeficiente global de transmissão de calor dos materiais de construção	36
Tabela 4: Coeficientes globais de transmissão de calor U para janelas e paredes	37
Tabela 5: Percentual de energia radiante em função da cor	38
Tabela 6: Tipo de proteção do fechamento transparente	38
Tabela 7: Coeficientes de transmissão de calor solar através de vidros (Fator Solar)	39
Tabela 8: Acréscimo ao diferencial de temperatura	40
Tabela 9: Calor liberado por pessoas	41
Tabela 10: Valores para consumo de energia elétrica para iluminação	42
Tabela 11: Ganho de calor em Watts por HP para motores elétricos	44
Tabela 12: Troca de ar por hora nos recintos	44
Tabela 13: Fluxo de ar exterior para renovação	46
Tabela 14: Informações sobre o local	48
Tabela 15: Carga de ar à condução	48
Tabela 16: Carga de ar à insolação	49
Tabela 17: Carga de ar às pessoas	49
Tabela 18: Carga de ar aos equipamentos elétricos e iluminação	49
Tabela 19: Carga de ar devido à renovação de ar	50
Tabela 20: Carga térmica IBCI	50
Tabela 21: Lista de materiais	51
Tabela 22: Orçamento	52

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo geral	13
1.1.1 Objetivos específicos	13
1.2 Justificativa.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 História do ar-condicionado.....	15
2.2 Igreja Batista Central de Itálva - IBCI.....	16
2.3 Meios de transferência de calor	17
2.3.1 Convecção.....	17
2.3.2 Condução	18
2.3.3 Radiação	19
2.4 Condicionamento de ar.....	20
2.5 Tipos de sistemas de ar-condicionado	21
2.5.1 Sistema split systems	22
2.6 Componentes do ar-condicionado	23
2.6.1 Compressor.....	24
2.6.2 Evaporador	25
2.6.3 Condensador.....	26
2.7 Dispositivos de expansão	27
2.7.1 Expansão direta	28
2.7.2 Expansão indireta	28
2.8 Carga térmica	29
2.8.1 Carga interna	30
2.8.2 Cargas externas.....	30
2.9 Conforto térmico	31
3 METODOLOGIA	33
3.1 Cálculos da carga térmica não simplificada.....	33
3.1.1 Carga de Condução (Calor Sensível)	34
3.1.2 Carga devida à insolação	37
3.1.3 Carga devida às pessoas	40
3.1.4 Carga devida à iluminação e equipamentos elétricos	42
3.1.5 Carga Devida à renovação de ar	44
3.1.6 Carga térmica total	46
4 RESULTADOS.....	48
4.1 Cálculo de Carga térmica	48
4.2 Seleção de equipamentos	50

4.3 Orçamento	52
5 CONCLUSÃO	53
6 REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXO I: Carta Psicrométrica.....	57
APÊNDICE I.....	58
1.0 Carga Térmica devido à Condução e Insolação – Calor Sensível	58
2.0 Carga Térmica devido à Condução e insolação em Superfícies Transparentes – Calor Sensível	64
3.0 Carga Térmica devido às pessoas.....	65
4.0 Carga Térmica devido aos equipamentos elétricos e Iluminação - Calor Sensível.....	66
5.0 Carga Térmica por renovação de Ar.....	67
6.0 Carga térmica total	68
APÊNDICE II.....	69

1 INTRODUÇÃO

A climatização de um ambiente é o processo dado pelo tratamento do ar em um recinto fechado, onde é permitido controlar de modo simultâneo sua temperatura, umidade e pureza. Para que isso aconteça, é preciso colocar o ar em movimento contínuo, e desta maneira ele passará por elementos de tratamento de pureza, temperatura e umidade (SILVA, 2004).

Com o decorrer dos anos, a análise e estudo sobre climatização em ambientes vem se tornando essencial para a vida humana, visto que mantém-se ligadas aos grandes pilares da civilização moderna; sustentabilidade ambiental, eficiência energética e conforto da humanidade. Dessa maneira, o sistema de climatização torna-se imprescindível para o ambiente, pois proporciona diversos benefícios e conforto (FRANKEN, 2015).

Segundo Gonçalves (2005) no momento que se presume condicionar um ambiente, deve-se considerar uma melhoria na manutenção do conforto térmico ou do controle de um processo industrial. O condicionamento de ar para um processo industrial, estabelece que as condições que serão preservadas deveram ser mantidas pela natureza do processo, material ou equipamentos. E em um sistema de conforto térmico, as condições a serem estabelecidas deverão estar acordadas com os requisitos do corpo humano.

Sobre esse aspecto Frota e Schiffer (2001) salientam que o homem tem melhores condições de vida e de saúde, quando o seu organismo não é sujeitado a circunstâncias que se tenha fadiga ou estresse. Desta forma, deve-se oferecer condições apropriadas ao conforto térmico humano no interior dos imóveis, independente das condições climáticas externas. Mas em contrapartida, os autores dizem que a intervenção do homem pode modificar as condições climáticas do local, quando aplica-se a práticas de construções dentro dos espaços internos e externos.

Para que o dimensionamento de um sistema de condicionamento de ar alcance o conforto térmico adequado para o corpo humano, é necessário seguir as diretrizes citadas pela norma brasileira NBR 16401: 2008 (Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários), exibida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), onde estão estabelecidos termos técnicos para a realização do projeto.

Com as descrições apresentadas, nota-se que o condicionamento de ar é capaz de promover a climatização de forma artificial e trazer o conforto mesmo em

dias mais quentes.

A Igreja Batista Central de Italva – IBCI, está localizada na rua Portela Sales nº 27 – Centro – Italva – RJ. Devido as altas temperaturas da cidade no período do alto verão, torna-se desconfortável permanecer dentro do local durante os eventos.

Perante o exposto, o presente trabalho tem a finalidade de realizar o dimensionamento de um sistema de condicionamento de ar para o local em questão, com a objetivo de oferecer aos integrantes dos cultos e reuniões um ambiente confortável.

1.1 Objetivo geral

Desenvolver o projeto de condicionamento de ar para a Igreja Batista Central de Italva – IBCI, localizada na cidade de Italva/RJ. Esse projeto tem como finalidade atender os parâmetros de dimensionamento de carga térmica e condições de ocupação, seguindo às Normas Regulamentadoras Brasileiras.

1.1.1 Objetivos específicos

Para a conclusão do objetivo geral apresentado, deverão ser realizados os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar o detalhamento técnico e arquitetônico do projeto.
- Realizar a correta seleção dos equipamentos que compõem o sistema de condicionamento de ar;
- Desenvolver o memorial de cálculo;
- Apresentar o memorial descritivo;
- Calcular a carga térmica do projeto;
- Estimar o orçamento prévio do projeto;
- Fazer a seleção dos equipamentos apropriados para o sistema de condicionamento de ar.

1.2 Justificativa

A necessidade para a climatização do local, é dada pela quantidade aproximada de ocupantes em um recinto fechado, que gira em torno de 470 pessoas. Além disso, também deve-se considerar as altas temperaturas em épocas de verão, onde a carga térmica é mais alta que em outras estações do ano.

Devido a isso, o projeto justifica-se na necessidade de garantir a comodidade e bem-estar dos integrantes nos dias de cultos e reuniões na Igreja Batista Central de Itálva – IBCI.

De acordo com a Resolução-RE 09 e a portaria n.º 593, com referência nas fiscalizações da ANVISA, que estabelece a obrigatoriedade de qualidade do ar em ambientes climatizados, visando a preocupação com a saúde e o conforto dos ocupantes do ambiente.

Desta forma, o dimensionamento torna-se importante para o meio, a fim de trazer a renovação de ar estabelecidas pelas normas e o conforto para os ocupantes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura amparará a metodologia e, portanto, todo o escopo desse trabalho.

2.1 História do ar-condicionado

Segundo Alberico (2003) a primeira patente de uma máquina de refrigeração surgiu no ano de 1834 e foi inglesa. O autor ainda descreve que o seu princípio de funcionamento é semelhante aos sistemas de refrigeração atuais.

Em meados do século XIX, os equipamentos de refrigeração não eram muito eficientes, além disso eram bastantes volumosos. A partir de 1900 quando a eletricidade chega as residências e acontece o desenvolvimento do motor elétrico, a refrigeração vai se tornando mais popular em todo mundo (GONÇALVES, 2005).

No ano de 1902, deu início ao desenvolvimento do ar-condicionado pelo engenheiro norte-americano Willys Carrier. Essa tecnologia deu início na época devido a um problema em que uma empresa passava, ao realizar impressões em papel. Devido ao clima quente de verão e a umidade do ar, o papel absorvia toda a umidade de forma que as impressões saíam borradas e desfocadas. Com isso, foi desenvolvido um equipamento para fazer o resfriamento do ambiente dentro da fábrica, esse equipamento funcionava através da circulação por dutos resfriados artificialmente. Esse se tornou o primeiro modelo mecânico de um sistema de condicionamento de ar (ANTONOVICZ E WEBER, 2013).

No entanto, os autores ressaltam que a partir destas experiências, muitas outras indústrias adotaram o sistema de circulação por dutos resfriados artificialmente. Por volta de 1914, Carrier desenvolveu um aparelho para uso residencial, eram maiores e mais simples do que os de hoje em dia. Carrier também desenhou o primeiro modelo do equipamento de condicionar o ar para hospitais, onde o objetivo era aumentar a umidade e circulação do ar dentro do ambiente.

Na década de 1920 ocorreu um grande aumento ao uso do condicionamento de ar, onde colaborou muito na indústria cinematográfica, pois as salas dos cinemas encontravam-se geralmente fechadas, eram quentes e em algumas vezes lotadas, desta forma o condicionamento do ar dentro do local trazia aos usuários o conforto para assistir os filmes. Dez anos depois, em 1930, também por Willis Carrier foi desenvolvido um sistema de condicionamento de ar para arranha-céus, que usavam

a distribuição de ar em alta velocidade, desta forma economizavam espaço em relação aos produtos já usados (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

Em meados do ano de 1950, começaram a serem produzidos em grande quantidade os aparelhos residenciais. Na década seguinte, o mercado para estes equipamentos mantiveram uma extensão constante, o que gerou um desenvolvimento de novas tecnologias para o sistema de condicionamento de ar (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

No último século os sistemas de refrigeração tiveram uma amplitude grande no seu crescimento, onde passou a ocupar diversas áreas distintas. Para fins de estudos, as aplicações do sistemas de refrigeração pode ser classificados da seguinte maneira: domésticas, comercial, industrial, para o transporte e condicionamento de ar (RODRIGUES, 2010).

2.2 Igreja Batista Central de Itálva - IBCI

Os trabalhos no templo começaram como congregação da 1ª Igreja Batista de Monção (assim se chamava Itálva), na casa dos irmãos Gabino Salles e Albertina Portela Salles, em frente à Estação (AMARAL, 2003).

A organização da congregação, era constituído por um grupo de irmãos da família Salles e os colonos que trabalhavam com a família. Aquele grupo de irmãos, resolveram que iriam construir um templo e decidiram chamar uma firma, para ajudar fazer o orçamento da obra, que inicialmente teria ficado alto. No entanto, o grupo familiar, passou por momentos de enfermidades e acabou resultando em um pequeno atraso na construção. Após esse momento, voltaram para a obra com um desafio maior quanto ao orçamento, pois tinham gastado o dinheiro com parte dos tratamentos (AMARAL, 2003).

Segundo o autor, no dia 16 de julho de 1933, foi criado na congregação o Concílio para exame e organização da que seria a 1ª Igreja Batista de Monção, com 16 participantes de 14 igrejas. A diretoria tinha como o principal organizador o Pr. Antônio Morales Bentancuor como presidente e o irmão Lourinho Nolasco como seu secretário.

Depois de alguns anos, a Igreja passou a se chamar Igreja Batista Central de Itálva. O autor relata que durante os 70 Anos de existência da igreja, foram muitas lutas, mas as vitórias superaram todos os momentos difíceis. A igreja cresceu e se

fortaleceu estruturalmente e financeiramente, adquirindo bens que serão benéficos para seus ocupantes. Com o fortalecimento financeiro, tornou-se possível adquirir um patrimônio físico com excelência, sendo existente no local: um santuário; pavilhão; salas; edifícios de Educação Religiosa; casa pastoral; casa do zelador; com um ônibus e um microônibus (AMARAL, 2003).

A Figura 1 apresenta a frente da Igreja Batista Central de Itálva:

Figura 1: Igreja Batista Central de Itálva – IBCI.



Fonte: Acervo Pessoal.

2.3 Meios de transferência de calor

O calor sempre passa de um objeto (espaço) mais quente para um objeto (espaço) mais frio. A ação de refrigeração depende desta lei natural. Os três métodos pelos quais calor pode ser transferido são convecção, condução e radiação (MILLER, MILLER, 2014, p. 605).

2.3.1 Convecção

Segundo Gonçalves (2005) a transferência por convecção, acontece quando existe um fluxo de calor que passa de um lugar para outro, devido as correntes que se formam no interior de um fluido. Essas correntes, são conhecidas como: corrente de convecção; que são resultantes da transformação da densidade produzida pela expansão da parcela de fluido aquecido.

Pode-se considerar que convecção é a transferência de energia pelo movimento das moléculas de uma parte do material para a outra. Desta forma, à medida que o movimento do fluido se estende, ocorre a transferência de calor de forma convectiva. Quanto mais é elevada a movimentação, maior será a transferência de calor entre a superfície do sólido e o fluido (DEWITT *et al*, 2007).

Tipos de transferência de calor convectiva:

Convecção natural: é quando o movimento do fluido é causado por forças naturais, como a de empuxo resultante das variações de densidade devido à variação de temperatura no fluido.

Convecção forçada: é quando o fluxo é forçado a se movimentar por forças externas.

A taxa de transferência de calor por convecção é expressa pela lei de Newton do resfriamento como:

$$q'' = h(T_s - T_\infty) \quad (1)$$

Onde:

T_s , temperatura da superfície;

T_∞ , temperatura do fluido;

q'' , fluxo de calor.

2.3.2 Condução

A transferência por condução, é dada pela transição de energia, das partículas mais energéticas de uma substância para partículas menos energéticas, como resultado da interação entre elas. Este tipo de transferência pode ocorrer em sólidos, líquidos ou gases. Em sólidos, a energia é conduzida por elétrons livres, isso acontece devido à combinação das vibrações em moléculas que estão em rede. E em líquidos e gases, a condução ocorre por colisões e difusões das moléculas em movimentos aleatórios (ÇENGEL, GHAJAR, 2009).

Reforçando e completando essa ideia, Gonçalves (2005) descreve que esse tipo de transmissão de calor acontece quando a energia é transmitida por contato direto entre as moléculas de um ou mais corpos, em perfeito contato térmico. Desta forma, as moléculas aquecidas comunicam suas energias às outras que se encontram instantaneamente próximas. Nessa mesma linha de raciocínio, o autor diz que transferência de energia por condução é análogo às bolas de mesa de bilhar, onde

toda ou parte da energia do movimento de uma bola, é transmitida no momento do impacto às outras bolas.

Para a condução de calor, a equação da taxa de transferência é conhecida como lei de Fourier, como:

$$q''_x = -K \frac{dt}{dx} \quad (2)$$

Onde:

$$\frac{dt}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{L} \quad (3)$$

Onde:

q'' é a taxa de transferência de calor por condução (kcal/h.m²);
 k é o coeficiente de condutividade.

2.3.3 Radiação

A transferência de calor por radiação não necessita da presença de um material, diferentemente da transferência por condução e convecção. Isso acontece, porque a transferência por radiação ocorre mais precisamente no vácuo. A radiação pode acontecer em meio a superfícies sólidas, em líquidos e gases. Independentemente da forma da matéria, a emissão dela é relacionada a transformação das configurações eletrônicas dos átomos ou moléculas que constituem a matéria. Portanto, a energia do campo de radiação é carregada por ondas eletromagnéticas (DEWITT *et al*, 2007).

Complementando esse pensamento Çengel e Ghajar (2012) descrevem que, a radiação é um fenômeno volumétrico, e todos os sólidos, líquidos e gases emitem, absorvem ou transmitem radiação em diferentes graus. Em metais, madeiras e rochas, a radiação emitida no interior destes materiais nunca chegará a sua camada na superfície, porque a ela é absorvida por alguns microns da superfície.

A maior taxa de radiação que uma superfície pode emitir em uma temperatura termodinâmica T , (em K ou R) é dada pela lei de Stefan-Boltzmann como:

$$E_{m\acute{a}x} = \sigma \cdot T^4 \quad (4)$$

Onde:

T é a temperatura absoluta da superfície, [K];

σ , é a constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8}$ [W/m². K⁴]).

Segundo Dewitt *et al* (2007), essa superfície é denominada como um radiador ideal ou corpo negro. Onde o fluxo emitido por uma superfície real é menor que o emitido por um corpo negro com a mesma temperatura e é dado por:

$$E = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (5)$$

Onde:

ε , é a emissividade.

Os autores (DEWITT *et al*, 2007), ainda descrevem que a radiação pode ser proveniente de uma fonte especial, como o sol, e outras que seja interessante expor a sua superfície. Idepende da(s) fonte(s) a taxa de radiação reflete-se por uma área unitaria da superfície por irradiação e dada pela fórmula :

$$G_{abs} = \alpha \cdot G \quad (6)$$

Onde:

G , absortividade.

2.4 Condicionamento de ar

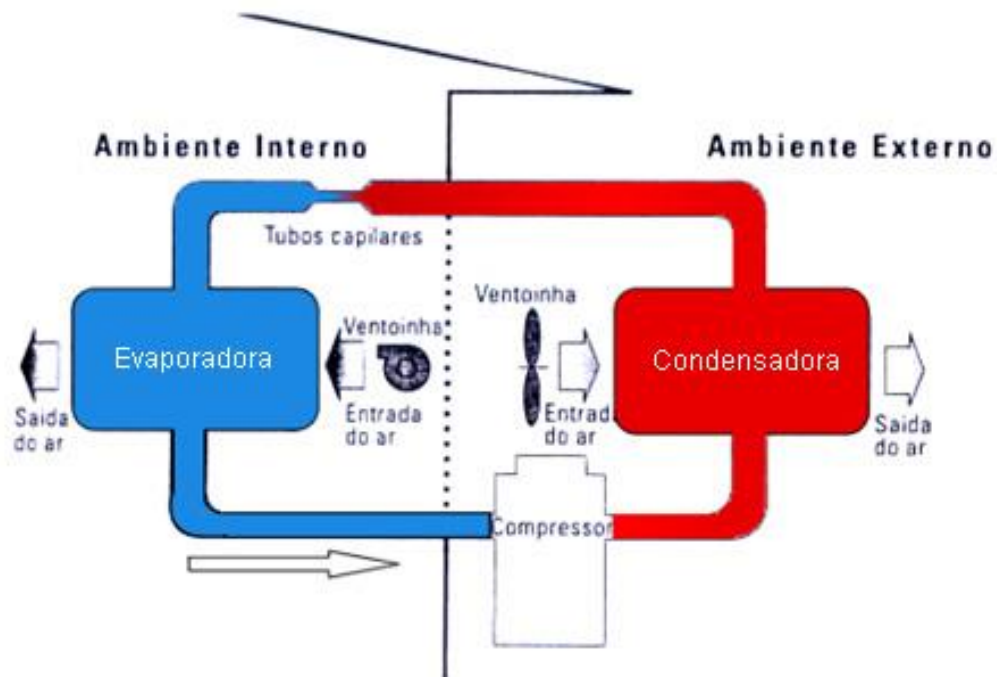
Segundo Alberico (2003) o condicionamento de ar é um sistema que tem por finalidade tratar o ar de um determinado ambiente, e proporcionar condições em que a temperatura e a umidade sejam ideais para o ser humano.

O sistema é dimensionado para proporcionar conforto térmico em um local fechado, e ser instalado em lugares estratégicos. O sistema faz a renovação, filtragem e desumidificação do ar no ambiente. Desta forma, para que as temperaturas estejam de acordo com as normas para conforto térmico, é preciso que o ar seja controlado dentro do local (GONÇALVES, 2005).

Os condicionadores de ar usam a evaporação de um fluido refrigerante a fim de proporcionar a refrigeração. O ciclo da refrigeração tem os mesmos mecanismos da geladeira e do ar-condicionado (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

A Figura 2 abaixo demonstra o funcionamento de um condicionamento de ar:

Figura 2: Funcionamento do condicionamento de ar.



Fonte: Cliniar, online.

A Figura 2 descreve o processo de funcionamento do condicionamento de ar. O compressor tem a função de comprimir o gás frio e fazer com ele se torne quente (em vermelho na figura 2). O gás quente percorrer por um trocador de calor para dissipar o calor e se condensar, para o estado líquido. Este líquido escoar por entre uma válvula de expansão, se vaporiza para torna-se gás frio de baixa pressão (em azul na figura 2). Esse gás frio percorre por um trocador de calor onde possibilita que o gás absorva calor e esfrie o ar dentro do ambiente. Misturado com o fluido refrigerante, possui uma pequena parcela de um óleo com densidade baixa. Esse óleo tem a função de lubrificar o compressor junto com o processo (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

2.5 Tipos de sistemas de ar-condicionado

Por mais que o sistema de condicionamento de ar partem do mesmo princípio de refrigeração, eles se diferenciam pelo modelo e para qual o local a ser dimensionado o sistema.

Eles podem ser divididos da seguinte forma:

- Sistema Individual ou de janela;
- Sistema Central;

- Sistema Split Systems.

Sistema Individual ou de janela: esse tipo de equipamento é conhecido como modelo janeleiro ou de parede. Este é encontrado no mercado como modelo de baixa potência, por ter baixas capacidades de trabalho, de 7000Btu/h a no máximo de 30000Btu/h. São mais fáceis para se instalar, pois possui os seus componentes no mesmo gabinete, sendo mais compactos. Sendo assim, são ideais para ambiente pequenos e para locais em que o nível de ruído não seja um problema, visto que geram um nível de ruído alto. Devido ao custo para a aquisição ser baixo, pode sofrer algumas restrições em determinados locais devido a sua estética da fachada. Esse equipamento tem a vida útil variando entre 10 a 15 anos, dependente das condições que é exposto (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

Sistema Central: esse sistema pode ser usado em todos os tipos de edificações, mas em específico para grandes edifícios e complexos, e em construções de grande porte. É composto por uma unidade condensadora ligada a várias unidades evaporadoras alocadas em diversos lugares em um edifício. Os sistemas centrais estão no mercado concorrendo com o sistema de água gelada e o sistema VRV (volume de refrigerante variável), essa concorrência se dá pela igualdade em suas aplicações (OLIVEIRA e MARTINS, 2014).

2.5.1 Sistema split systems

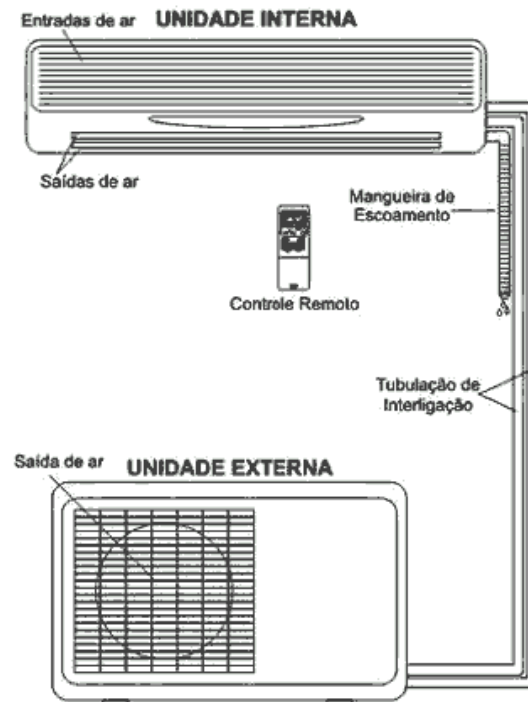
Segundo Gonçalves (2005) o modelo split é muito versátil, pois é projetado para condicionar ar em ambientes de pequeno, médio e grande porte com alta eficiência e um baixo consumo de energia. A instalação da condensadora é nas partes externas do ambiente, que dessa forma deixa os ruídos exposto do lado de fora do ambiente onde será condicionado o ar e somente o evaporador é instalado no interior, sendo assim torna-se uma vantagem desse sistema.

Complementando esse pensamento, Creder (2004) entende que esse sistema é o mais instalado do mundo. Pois é um sistema com uma boa eficiência, custo baixo e grande versatilidade. Em ambientes residenciais, comerciais de pequeno e médio porte, esse tipo de sistema é muito usado pois possuem na unidade interna o evaporador e na unidade externa o condensador, compressor e dispositivo de expansão. Nos tempos atuais encontra-se também o “split dutado” de até 20TR, que desta forma são conhecidos popularmente como “splitões”, em que também são

aplicados em edificações comerciais de médio porte.

A Figura 3 a seguir apresenta o esquema de um modelo split:

Figura 3: Esquemático de um modelo Split.



Fonte: Construindodecor, online

A Figura 3 demonstra que o sistema split possui uma unidade condensadora e uma unidade evaporadora, além de um controle remoto para controlar a temperatura e proporcionar aos usuários, comodidade e bem estar.

Para que a sua instalação sejam simples, é indicado que siga as exigências técnicas do equipamento. Eles possuem capacidade variando de 9.000 Btu/h a 80.000 Btu/h e devido as suas unidades serem independentes, permite diversas maneiras para posicionar o equipamento dentro do local (GONÇALVES, 2005 apud Bryant, 2001).

2.6 Componentes do ar-condicionado

Os sistemas de condicionamento de ar são formados por 4 componentes principais, que operam sincronicamente. São eles:

- Compressor;
- Evaporador;
- Condensador;

- Válvula de expansão.

2.6.1 Compressor

Os compressores utilizados em processos de refrigeração são classificados como: máquinas de deslocamento positivo ou máquinas de fluxos. O compressor de deslocamento positivos tem a função de aumentar a pressão do vapor do refrigerante, através da redução do seu volume interno na câmara de compressão por uma força mecânica aplicada. Compressores alternativos, de parafusos, palhetas e Scroll são classificados como de deslocamento positivo. E os compressores centrífugos, são classificados como máquina de fluxo em sistema de refrigeração. Neste tipo de equipamento, ocorre a conversão de pressão dinâmica em pressão estática (PIRANI, 2005).

De acordo com Ferzola (2010), o compressor é responsável por realizar o trabalho ao refrigerante na forma de compressão dele. No sistema é o componente mais controlável, pois torna-se capaz de determinar suas pressões máximas e mínimas, vazão volumétrica e potência do motor utilizado. Quando o equipamento não suporta a vazão mássica que é gerada pelo evaporador, pode ocorrer uma gradação da pressão de sucção, o que resultará também o aumento da temperatura de sucção.

A Figura 4 abaixo representa um compressor centrífugo:

Figura 4: Compressor Centrífugo.



Fonte: Simplusbr, online

A Figura 4 descreve o funcionamento básico de um compressor centrífugo, que

consiste em um elemento giratório com pás (rotor), que absorve o ar externo para dentro. O ar é rotacionado em alta velocidade, desta forma ele aumenta sua velocidade e pressão. Assim, ele percorre uma câmara circular (difusor) onde perde a velocidade e aumenta a pressão.

2.6.2 Evaporador

Esse tipo de equipamento tem a função de transformar o fluido refrigerante no estado de valor úmido em vapor saturado ou superaquecido. Esse processo acontece devida a troca térmica entre o fluido refrigerante e a maneira com que é refrigerado. Os evaporadores são compostos por serpentinas de tubos, para que o fluido refrigerante passe e permita acontecer a troca térmica dele com o meio onde encontra-se os evaporadores (SILVA JÚNIOR, 2014).

O autor ainda ressalta que, os evaporadores são classificados quanto ao tipo do sistema de alimentação, sendo: secos ou inundados. E quanto ao fluido a se resfriar, como: evaporadores de para ar, líquidos e de contato. São também classificados referente a sua organização: carcaça e tubo, carcaça e serpentina, cascata, de placas e de contato.

Esses equipamentos são responsáveis por fazerem o resfriamento do ar interior e o fluido refrigerante em situações de expansão direta e o ar e a serpentina em situações de expansão indireta (SILVA, 2004).

A Figura 5 abaixo representa um evaporador aletado para ar-condicionado tipo janela:

Figura 5: Evaporador



Fonte: Consul, online.

2.6.3 Condensador

O Condensador tem a função de receber o vapor superaquecido do compressor, em seguida resfriá-lo para chegar em sua temperatura de condensação, sendo contrário o que acontece nos evaporadores. Os condensadores são classificados como: resfriados a ar e resfriado à água (MILLER E MILLER, 2014).

Segundo Silva (2004) os condensadores resfriados a ar são utilizados com mais frequência em residências domésticas, que desta forma funcionam por convecção natural ou em refrigeração comercial. Neste sistema, o processo de resfriamento é dado pela troca de calor sensível, assim o fluido reduz a sua temperatura até a temperatura de saturação, e desta forma acontece a condensação do refrigerante.

O autor ainda descreve que os evaporadores à água mais comuns são: de duplo tubo, casco e serpentina, tube e carcaça.

Os condensadores à água são mais usados em instalações de grande porte, pois formam um conjunto com uma torre de arrefecimento. O calor gerado pelo evaporador e do processo de compressão é transferido para o fluido refrigerante.

Esse equipamento tem a função de retirar o calor e transferi-lo para água que está a uma temperatura menor que o fluido no estado de vapor. Para que esse processo aconteça, é necessários bombas que realizam a circulação da água do condensador até a torre de resfriamento (SILVA e SILVA, 2007).

A Figura 6 mostra o condensador resfriado a água:

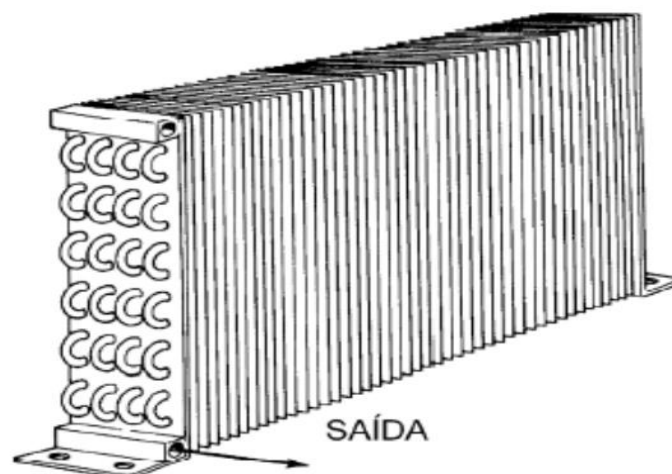


Figura 6: Condensador resfriado a ar

Fonte: MILLE E MILLER, 2014.

2.7 Dispositivos de expansão

Os dois modos mais relevantes para o sistema de expansão são: expansão direta e expansão indireta.

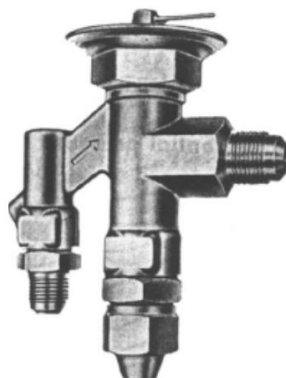
Os dispositivos de expansão são capazes de controlar a porção de líquido através evaporador, e evitar que os compressores aspirem os vapores quentes gerado pelo processo de evaporação, também tem a função de impedir a passagem do líquido para o compressor (SILVA, 2004).

Nessa mesma linha de pensamento, Miller e Miller (2014) relatam que os dispositivos operam como controladores e redutores de pressão. Desta forma, separam o lado onde tem a pressão mais elevada do lado onde a pressão é mais baixa. O lado onde a pressão é mais alta, é o caminho que ela percorre para chegar no condensador, e onde a pressão é mais baixa, é o caminho que ela percorre para chegar no evaporador. O dispositivo também controla a quantidade precisa de refrigerante que é levada para o evaporador.

Segundo os autores Silva e Silva (2007) existem alguns dispositivos que são mais utilizados nesse processo, como: válvula de expansão automática, válvula de expansão termostática e tubo capilar.

A Figura 7 apresenta uma válvula de expansão termostática muito usada em sistemas de ar condicionado:

Figura 7: Válvula de Expansão Termostática.



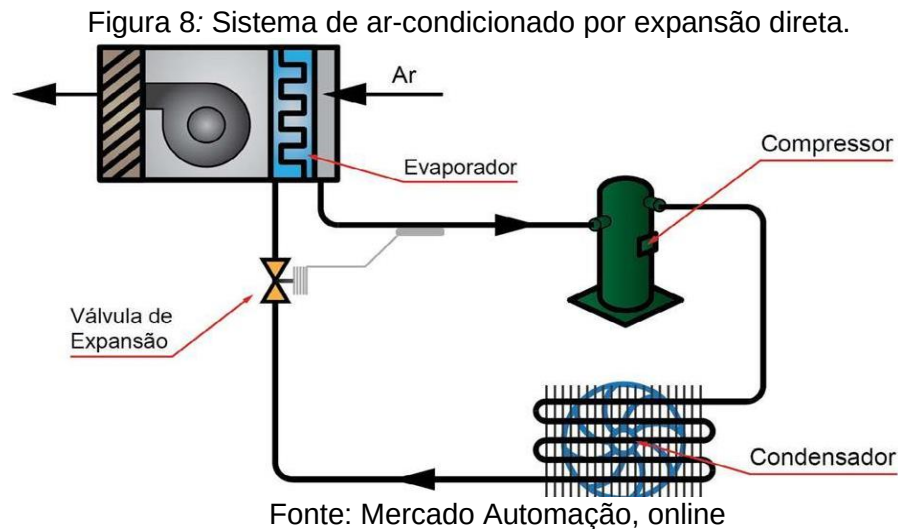
Fonte: MILLE E MILLER, 2014.

A importância desse tipo de dispositivo de expansão está na sua capacidade de evitar o refluxo de quantidades de líquido para dentro do compressor através da linha de sucção. Se esse líquido retornar para o compressor, ele poderá danificá-lo,

visto que o compressor é projetado para bombear vapores, não líquidos (MILLER E MILLER, 2014).

2.7.1 Expansão direta

De acordo com os autores Silva e Silva (2007) neste sistema o evaporador tem a função de absorver o calor do ambiente, e trocar calor com o fluido refrigerante que se expande em contato com o fluxo de ar do ambiente, assim acontece o processo de de evaporação do fluido na serpentina da evaporadora e assim refrigera o ambiente de maneira direta. Para esse tipo de sistema, são usados condicionadores de ar dos tipos: individual ou janela, Split Systems e Câmaras Frigoríficas. A Figura 8 ilustra o sistema de expansão direta para um condicionamento de ar:



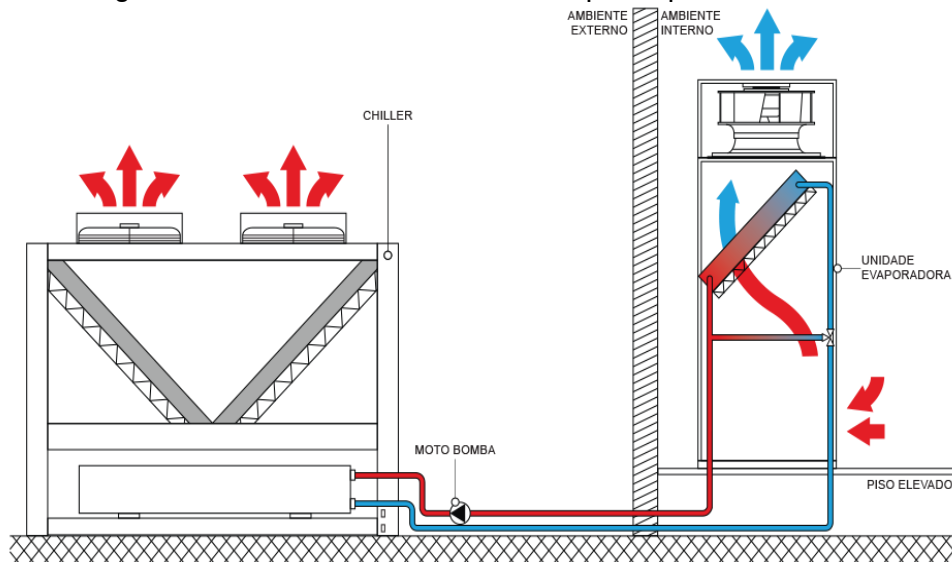
A Figura 8 demonstra o caminho que o fluido refrigerante percorre para realizar a troca de calor. O ar insuflado percorre a serpentina no condensador, onde circula o refrigerante, é assim ele tende a perder o calor para a mesma.

2.7.2 Expansão indireta

Na expansão indireta, o evaporador absorve o calor do ambiente de maneira indireta, para isso usa-se geralmente a água afins de causar à absorção do calor (MILLER E MILLER 2014). No entanto, os autores ressaltam que o tipo mais popular é o resfriador de líquido chiller, do tipo casco e tubo. Neste sistema o fluido refrigerante passa pelos tubos e o líquido que será resfriado escoar no casco que contorna os tubos. Essa organização também pode ocorrer de maneira invertida, onde o líquido

passa pelo interior dos tubos e o refrigerante pelo casco. A Figura 9 ilustra o sistema de expansão indireta:

Figura 9: Sistema de ar-condicionado por expansão indireta.



Fonte: Restau Ar, online.

Esse sistema utiliza uma unidade de água gelada (Chiller), onde é distribuída pelo sistema de tratamento do ar. A água gelada percorre a serpentina que está em contato com o ar, e desta forma resfria indiretamente o ambiente. Como pode ser visto na Figura acima.

2.8 Carga térmica

Para um projeto de climatização, deve-se considerar tudo que pode gerar carga térmica dentro do recinto onde será feita a climatização. Com essas considerações, classifica-se as cargas térmicas como internas ou externas. Logo, para efetuar o dimensionamento do sistema de condicionamento de ar, é preciso fazer um levantamento de toda a carga térmica existente no ambiente (PENA, 2002).

De acordo com Gonçalves (2005) para que aconteça a transferência de fluxo de calor, é essencial que aconteça por um processo físico, sendo ele: convecção, condução e radiação. Para facilitar as análises de cargas do processo de dimensionamento de condicionamento de ar, é necessário separar por grupos das fontes de calor existentes no ambiente. Desta forma, tem-se os seguintes grupos:

Ganhos Externos: tetos, paredes, vidros e pisos.

Ganhos Internos: pessoas, luzes, equipamentos.

2.8.1 Carga interna

Segundo Pena (2002) todo calor gerando dentro de um ambiente onde irar ocorrer o condicionamento de ar, é proveniente dos ocupantes do local, equipamentos elétricos, iluminação artificial e ambiente paralelos com temperaturas mais altas.

Na mesma linha de pensamento, Creder (2004) afirma que os ocupantes transmitem calor latente e sensível. E a quantidade desses calores, é de acordo com a característica de cada ocupante e a atividades físicas que cada ocupante realiza no local poderá emitir mais calor do que em estado de repouso. Levando em consideração a temperatura do corpo humano, pode manter-se aproximadamente a 37 °C. Que desta maneira, acontece devido ao corpo humano possuir um mecanismo chamado de termostático, onde atua sobre o metabolismo do corpo mantendo a temperatura.

O autor ainda apresenta detalhes sobre à temperatura da vizinhança, que quando for maior que 37 °C, o calor será passado do ar vizinho até o corpo, acionando o calor latente e assim haja à transpiração. Quando a temperatura é inferior a 15,6 °C, ocorre a transferência de calor do corpo para o ar vizinho, que desta forma aciona o calor sensível (CREDER, 2004).

Levando em consideração que todo ambiente fechado deverá ser iluminado, torna-se indispensável a atenção sobre os calores emitidos pela iluminação elétrica e todos os equipamentos da mesma natureza. E desta forma, para efeito de cálculos converte-se integralmente e instantaneamente em uma carga térmica (PENA, 2002).

2.8.2 Cargas externas

Diante das descrições, Creder (2004) afirma que a maior fonte de energia recebia pelo planeta é a energia solar. E que na maioria das vezes é a maior responsável pela parcela de carga térmica nos cálculos para dimensionamento de um condicionamento de ar. Essa energia é aproveitada como fonte térmica, sendo elas radiação e convecção.

Em um ambiente, pode haver diferentes ganhos de calor devido a cargas externas. Podem acontecer causas pelas diferenças de temperaturas do meio exterior e interior por razão da condução nas paredes, provenientes da insolação através das janelas, lajes ou pisos (PENA, 2002).

Uma grande importância para análises de cargas externas, é o estudo do local

que receberá o sistema de condicionamento de ar. Desta forma, é levada em observação essas análises por fazerem parte das considerações de cargas totais. A localização da edificação, também pode influenciar nos ganhos de calor. Pois eles são decorrentes da condução do diferencial de temperatura dos elementos a serem considerados (PENA, 2002).

O autor acrescenta que, o ar que é infiltrado no ambiente por meio de aberturas pode transportar carga térmica, visto que o ar externo estará aquecido com temperaturas superiores devido ao clima. A parcela de vazão que entra no ambiente climatizado, é uma grandeza que se considera a carga devido a infiltração.

2.9 Conforto térmico

As causas que provocam a sensação de conforto térmico nos seres humanos são divididas em: individuais e ambientais. Os tipos de atividades e vestuários são as principais variáveis individuais, e as variáveis ambientais estão relacionada a temperatura radiante e de bulbo seco, velocidade e umidade relativa do ar (SILVA e SILVA, 2007).

Segundo Gonçalves (2005) o metabolismo gerado pelo corpo está relacionado ao grau de atividade física realizada por uma pessoa. Por esse motivo, é primordial levar em consideração a edificação e arquitetura do ambiente a fim de pressupor o grau das atividades que poderão ser realizadas dentro do ambiente, e desta forma buscar proporcionar a sensação de conforto térmico aos ocupantes.

O autor ainda ressalta que, em relação às diferenças de cada indivíduo, tais como suas características metabólicas e área superficial do corpo, é possível satisfazer todos com as condições térmicas ideais.

De acordo com a ABNT NBR 16401 (2008) quando a temperatura do corpo se encontrar maior que a temperatura que o rodeia, ele poderá sentir a sensação de frio, que em algumas vezes será desconfortável para o indivíduo.

Para que o corpo humano tenha o conforto térmico ideal, deveram ser considerados alguns fatores. E que estes estão relacionados a norma brasileira ABNT 16402-2 (2008), onde considera o ambiente a ser condicionado e aos ocupantes. Os aspectos que estão associados aos ocupantes, de acordo com a norma é a taxa metabólica e o isolamento das roupas. E os fatores associados ao ambiente, estão relacionados a temperatura do ar e a radiante média, umidade e velocidade do ar.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) determina que, os valores

mais recomendados para o conforto térmico em ambientes internos estão apresentados na Resolução 09:2003, a qual pode-se observar pela Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetro de conforto térmico através da Resolução 09:2003 da ANVISA.

Temperatura	23 °C ± 16 °C
Umidade relativa	50 % ± 10 %

Fonte: Adaptado ANVISA, 2009.

3 METODOLOGIA

O objetivo deste capítulo é apresentar os materiais e métodos necessários para a realização do dimensionamento do projeto, como equações e considerações que serão relevantes para o cálculo de carga térmica não simplificada.

Com base no estudo detalhado do local onde acontecerá o condicionamento de ar, torna-se possível calcular a carga térmica total e realizar a seleção dos equipamentos ideais para efetuar a climatização do ambiente. É importante considerar as exigências dos responsáveis, sendo que neste caso não haja mudanças na arquitetura do local.

Para realizar um levantamento de informações sobre as características da edificação do local, foi feita uma visita técnica. Que teve a finalidade de buscar as dimensões básicas: área total, aberturas e frestas, paredes externas, espessura das paredes, o tipo do material que foi usado no local (cimento, gesso, argamassa e vidro) e a quantidade de janelas e portas.

Também foi feito um levantamento dos equipamentos elétricos e tipo de iluminação, que estavam presentes nos cálculos de cargas térmicas. Da mesma forma, também deve-se levar em consideração a capacidade de pessoas que ocuparam o local, o tipo de movimentação e o tempo em que estarão presentes.

Para estimar as cargas térmicas, será utilizado os valores da quantidade de calor sensível e latente de todos os itens listados, que iram ter como unidade de medida o BTU/h ou Kcal/h.

3.1 Cálculos da carga térmica não simplificada

Para estabelecer as condições de conforto térmico adequada, o cálculo para a carga térmica deverá utilizar parâmetros para quantidade de calor latente e sensível, representadas em BTU/h ou kcal/h (CREDER, 2004).

Neste caso, a carga térmica pode ser apresentada no ambiente por:

- Condução;
- Insolação;
- Pessoas;
- Iluminação;
- Equipamentos;

- Renovação de ar.

3.1.1 Carga de Condução (Calor Sensível)

A expressão geral da transmissão de calor por condução e por hora ser expressa, para materiais homogêneos, paredes planas e paralelas (CREDER, 2004):

$$Q = \frac{A \cdot K \cdot \Delta T}{x} \quad (7)$$

Onde:

Q= taxa de fluxo de calor transmitida em kcal/h

A = área da superfície normal ao fluxo em m²;

x = espessura do material em metros;

K = condutividade térmica do material por unidade de comprimento e unidade de área em kcal.m/h.m². °C;

ΔT = diferença de temperatura entre duas superfícies separadas pela espessura x em °C.

Quando o material não é homogêneo, como, por exemplo, uma parede construída com tijolos, massa e isolamento, a equação toma a seguinte forma (CREDER, 2004):

$$Q = A \cdot C \cdot \Delta T \quad (8)$$

Onde:

Q = fluxo de calor em kcal/h;

A = área em m²;

C = condutância em kcal/h.m².°C;

T = diferença de temperatura entre as superfícies em °C.

A transferência de calor do ar a uma superfície, ou vice-versa, se processa por meio da condutância da superfície de contato ou filme (CREDER, 2004).

A condutância superficial é a quantidade de calor transferido, do ar para a superfície, ou vice-versa, por metro quadrado e por de diferença de temperatura. (CREDER, 2004)

Se o fluxo for uniforme, esta transferência pode ser expressa pela fórmula:

$$Q = A \cdot h \cdot \Delta T \quad (9)$$

Onde:

Q = fluxo de calor em kcal/h;

A = área em m^2 ;

h = condutância superficial em kcal/h. m^2 . $^{\circ}C$;

T = diferença de temperatura entre a superfície e o ar em contato em $^{\circ}C$.

Os valores de h dependem da cor e rugosidade da superfície, bem como da velocidade do vento (CREDER, 2004).

Os valores médios para h estão apresentados na Tabela 2:

Tabela 2: Velocidade do Vento.

Ar parado	7,96 Kcal/h. m^2 . $^{\circ}C$
Ar a 3,3 m/s	19,5 Kcal/h. m^2 . $^{\circ}C$
Ar a 6,7 km/h	29,3 Kcal/h. m^2 . $^{\circ}C$

Fonte: (CREDER, 2004).

De acordo com Creder (2004), para estimar a carga térmica do condicionamento de ar, deve-se usar o coeficiente U , onde é mais fácil para ser obtido, onde é encontrado medindo-se a temperatura do ar em ambos os lados da superfície. Esse coeficiente é chamado coeficiente global de transmissão de calor.

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T \quad (10)$$

Onde:

Q = fluxo de calor em kcal/h;

A = área em m^2 ;

U = coeficiente global de transmissão de calor em kcal/h. m^2 . $^{\circ}C$;

ΔT = Diferença de temperatura em $^{\circ}C$

Abaixo a Tabela 3 apresensata os coeficientes de transmissão de calor para materiais usados em construção civis.

Tabela 3: Coeficiente global de transmissão de calor dos materiais de construção.

MATERIAIS	CONDUTIVIDADE K		CONDUTÂNCIA C	
	BTU. in/h. ft². °F	Kcal/h. m. °C	BTU. in/h. ft². °F	Kcal/h. m². °C
1 - Acabamentos				
Cimento asbestos	4	0,496		
Gesso ½"			2,25	10,99
Lambris	0,8	0,09		
Lambris ¾"			1,07	5,22
Fibra de madeira	1,4	0,173		
Emboço ou reboco (2cm)			0,49	2,39
2 - Alvenaria				
Lã mineral (vidro ou rocha)	0,27	0,03		
Vermiculite	0,46	0,05		
Concreto simples	5	0,62		
Massa de cimento com agregados	1,7	0,21		
Concreto com areia e pedra	12	1,48		
Estuque	5	0,62		
Tijolo comum (meia vez)	5	0,62		
Tijolo comum (uma vez)	9	1,11		
Tijolo de concreto furado de 10cm	1,4	0,17		
Tijolo de concreto furado de 20cm	0,9	0,11		
Ladrilho ou cerâmica	0,9	0,11		
Alvenaria de pedra	12,5	1,55		
3 - Isolamento				
Fibras e lãs minerais (vidro ou rocha)	0,27	0,3		
Fibra de madeira	0,25	0,03		
Vidro celular	0,39	0,04		
Cortiça	0,27	0,03		
Fibra de vidro	0,25	0,03		
Isoflex		0,039		
4 - Argamassas				
Nata de cimento com areia	5	0,62		
Nata de gesso com areia	5,6	0,69		
Agregado de vermiculite	1,7	0,21		
5 - Coberturas				
Placa de agreg. de asfalto	6,5	0,8		
Teto com 10cm	3	0,37		
6 – Madeiras				
De lei (cedro, canela, etc)	1,1	0,13		
Pinho	0,8	0,09		

Fonte: CREDER, 2004.

Em locais que necessitam a utilização de vários materiais nas paredes que separam os ambientes, para cálculos mais precisos deve-se utilizar as resistências que cada material resiste ao fluxo. Essas resistências são o inverso da condutividade e condutância de cada material e são somadas como são as resistências em série de um circuito elétrico (CREDER, 2004).

Para janelas e paredes a Tabela 4 apresenta os coeficientes globais de transmissão de calor U em kcal/h.m²:

$$U = \frac{1}{R_{total}} \quad (11)$$

Tabela 4: Coeficientes Globais de Transmissão de Calor U para janelas e paredes.

<i>Elementos</i>	<i>U em kcal/h · m² · °C</i>
<i>a) Janelas</i>	
– Janelas de vidros comuns (simples)	5,18
– Janelas de vidros duplos	3,13
– Janelas de vidros triplos	1,66
<i>b) Paredes externas</i>	
– Tijolos maciços (20 × 10 × 6 cm):	
meia-vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos	2,88
uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos	1,95
– Tijolos furados (20 × 20 × 10 ou 30 × 30 × 10 cm):	
meia-vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos	2,59
uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos	1,90
<i>c) Paredes internas</i>	
– Tijolos maciços (20 × 10 × 6 cm):	
meia-vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos	2,29
meia-vez (10 cm) = 6 tijolos + 2 revestimentos	2,68
uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos	1,66
– Tijolos furados (20 × 20 × 10 ou 20 × 10 × 6 cm):	
meia-vez (10 cm) = 6 tijolos + 2 revestimentos	2,54
meia-vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos	2,10
uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos	1,61
<i>d) Concreto externo ou pedra</i>	
15 cm	3,81
25 cm	3,03
35 cm	2,54
50 cm	2,00
<i>e) Concreto interno</i>	
10 cm	3,17
15 cm	2,83
20 cm	2,59

Fonte: CREDER, 2004.

3.1.2 Carga devida à insolação

A energia solar, na maioria das vezes, é a maior responsável pela parcela de carga térmica nos cálculos para o condicionamento de ar, em formas de radiação e convecção. A energia por radiação solar, é absorvida e introduzida nos recintos dependendo da quantidade de brilho tiver a superfície refletora (CREDER, 2004).

As tabelas 5 e 6 apresentam, respectivamente, o fator multiplicador de acordo com a borda do fechamento transparente e fator de proteção usada em janelas.

Tabela 5: Percentual de Energia Radiante em Função da Cor.

	CALOR REFLETIDO	CALOR ABSORVIDO
Alumínio Polido	72%	28%
Vermelho-Claro	37%	63%
Preto	6%	94%

Fonte: Creder, 2004.

Tabela 6: Tipo de proteção do fechamento transparente.

PROTEÇÃO DO FECHAMENTO	ϕ
Toldos e persianas externas	0,20
Persianas internas e refletoras	0,66
Cortinas internas branca (opaca)	0,50
Sem proteção ou cortina escura	1,0

Fonte: Creder, 2004.

Segundo Creder (2004) esse percentual também tem haver com a função da rugosidade da superfície. Assim, a temperatura dos tetos e paredes depende dos seguintes fatores:

- coordenadas geográficas do local (latitude);
- inclinação dos raios do Sol (depende da época do ano e da hora consideradas);
- tipo da construção;
- cor e rugosidade da superfície;
- refletância da superfície.

Segundo o autor, para estimar a carga térmica é importante saber o horário de utilização da dependência e realizar os cálculos usando os parâmetros onde haver a maior incidência de sol. A quantidade de calor por radiação e convecção são provenientes do sol, que desta maneira torna-se difícil obter uma precisão em suas quantidades de calor a ser transferido. Desta forma, obtem-se uma estimativa aceitável através de todas as tabelas existentes que são usadas para os cálculos na

prática do ar condicionado.

Abaixo a Tabela 7 apresenta o Percentual do Coeficiente de Transmissão de calor solar através dos vidros, durante alguns meses do ano:

Tabela 7: Coeficientes de transmissão de calor solar através de vidros (Fator solar)

22° 54' Latitude Sul		kcal/h · m² (Fator Solar) de Áreas de Vidro													Valores Máximos em Cada Orientação entre Setembro e Março	
Verão		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Hora Local																
Dia do Ano	Face do Prédio														kcal/h · m²	W/m²
22 DEZEMBO	S	87	98	68	54	49	43	41	43	49	54	65	98	87	98	113,5
	SE	260	421	388	290	190	73	41	38	38	38	38	27	11	420	488,8
	E	263	440	475	426	277	122	38	38	38	38	38	27	11	474	551,8
	NE	95	193	222	214	157	84	43	38	38	38	38	27	11	222	358,6
	N	11	27	33	38	41	49	49	49	41	38	38	27	11	49	56,7
	NO	11	27	33	38	38	38	43	84	157	214	217	193	95	217	352,2
	O	11	27	33	38	38	38	38	122	277	426	434	440	263	440	510,8
	SO	11	27	33	38	38	38	41	73	190	290	364	421	260	420	488,8
	CLARABÓIA	41	176	361	515	629	684	738	412	629	515	429	176	41	740	857,8
21 JANEIRO 21 NOVENBRO	S	60	65	49	41	41	38	38	38	41	41	43	65	60	65	75,6
	SE	228	383	372	279	160	65	38	38	38	35	35	24	11	384	444,6
	E	244	442	480	431	296	130	38	38	38	35	35	24	11	480	558,2
	NE	100	214	260	250	193	109	49	38	38	35	35	24	11	245	302,7
	N	11	24	33	38	46	54	57	54	46	38	35	24	11	57	66,2
	NO	11	24	33	35	38	38	38	109	193	250	247	214	100	250	290,1
	O	11	24	33	35	38	38	38	130	296	431	440	442	244	443	514,0
	SO	11	24	33	35	38	38	38	65	160	279	334	383	228	384	444,6
	CLARABÓIA	30	171	347	515	624	692	733	692	624	515	407	171	30	734	851,4

Fonte: Adaptado CREDER, 2004.

3.1.2.1 Superfícies transparentes

Segundo Creder (2004) as superfícies transparentes são protegidas por toldos ou persianas, desta maneira deve-se multiplicar os valores obtidos pela equação 12, pelos seguintes coeficientes de redução:

- Toldos ou persianas externas: 0,15 – 0,20
- Persianas internas e reflexoras: 0,50 – 0,66;
- Cortinas internas brancas (opacas): 0,25 – 0,61

Estes coeficientes são para janelas com esquadrias de madeiras; para esquadrias metálicas multiplicar por 1,15 (CREDER, 2004).

$$Q = F \cdot A \cdot \varphi_1 \quad (12)$$

F = Fator solar em kcal/h.m² (Tabela 7);

A = Área em m²;

φ = coeficiente de redução.

A tabela 8 mostra o Acréscimo ao Diferencial de Temperatura de acordo com as áreas ocupadas por vidros com incidência solar:

Tabela 8: Acréscimo ao Diferencial de Temperatura

SUPERFÍCIE	Cor Escura	Cor Média	Cor Clara
	°C	°C	°C
Telhado	25	16,6	8,3
Parede Norte	8,3	5,5	2,7
Parede Sul	0	0	0
Parede Leste	16,6	11,1	5,5
Parede Oeste	16,6	11,1	5,5

Fonte: Adaptado CREDER, 2004.

3.1.2.3 Superfícies Opacas

As paredes, lajes e telhados transmitem a energia solar para o interior dos recintos por condução e convecção, segundo a fórmula (CREDER, 2004):

$$Q = AU[(te - ti) + \Delta t] \quad (13)$$

Onde:

Q = watts;

A = área em m²;

U = coeficiente global de transmissão de calor em Kcal/h.m².°C;

te = temperatura do exterior em °C;

ti = temperatura do interior em °C;

Δt = acréscimo ao diferencial de temperatura mostrado pela tabela 8.

3.1.3 Carga devida às pessoas

Todo ser humano emite calor sensível e calor latente, que variam conforme esteja o indivíduo em repouso ou em atividade (CREDER, 2004).

O corpo humano emite cinco vezes mais calor quando submetido às atividades físicas violentas. Quando levado em consideração que a temperatura média normal

do corpo de uma pessoa é de 37°C, percebe-se que quanto maior é a temperatura externa, maior é a quantidade de calor latente emitida, e quanto menor esta temperatura, maior é o calor sensível (CREDER, 2004).

No entanto, o autor ressalta que, quando a temperatura exterior ultrapassa 37°C, o calor passa a ser transferido do exterior para o corpo, e isso provoca a transpiração, que adiciona o calor latente ao ar devido a eliminação de vapor d'água pela respiração. Quando a temperatura do exterior é inferior a 15,6°C, ocorre a transferência de calor do corpo para o ambiente, mas somente em forma de calor sensível. Entre essas temperaturas (15,6°C e 37°C), o corpo humano é capaz de emitir calor sensível e latente ao ambiente, mas mantendo constante o calor total. (CREDER, 2004).

Baseada na NBR 16401, a tabela 9 apresenta valores do calor liberado por pessoas em função da temperatura e da atividade:

Tabela 9: Calor Liberado pelas Pessoas.

Temperatura Ambiente	Pessoa Sentada ou em Movimento Lento			Pessoa em Exercício Físico Moderado		
	Calor Sensível	Calor Latente	Calor Total	Calor Sensível	Calor Latente	Calor Total
°C	Kcal/h	Kcal/h	Kcal/h	Kcal/h	Kcal/h	Kcal/h
29	45,1	54,9	100	38,1	128	166,1
28	50,2	50,2	100	45,1	121	166,1
27	54,9	45,1	100	51,9	144,1	166,1
26	58	42,1	100	58	108,1	166,1
25	62	38,1	100	64	101,8	166,1
24	66	34	100	72,1	94	166,1
23	69,1	31	100	77,1	89	166,1
22	72,1	28	100	82,2	83,9	166,1
21	75,1	24,9	100	88	78,1	166,1

Fonte: Adaptado CREDER, 2004.

A carga devida as pessoas, é calculada através da equação 14 e 15, junto com os dados das variáveis que são fornecidos pela tabela 8:

$$Q_s = n \cdot q'_s \quad (14)$$

$$Q_l = n \cdot q'_l \quad (15)$$

Onde:

Q_s : taxa de transferência de calor sensível liberado pelas pessoas em kcal/h;

Q_l : taxa de transferência de calor latente liberado pelas pessoas em kcal/h;

n : número de pessoas no ambiente;

q'_s : fator de calor sensível liberado pelas pessoas em kcal/h.pessoa;

q'_l : fator de calor latente liberado pelas pessoas em kcal/h.pessoa;

3.1.4 Carga devida à iluminação e equipamentos elétricos

A iluminação fluorescente necessita de um reator, para promover a tensão necessária para a partida e a limitação de corrente. Desta forma, é preciso levar-se em consideração para o cálculo da carga térmica, pois nem sempre todas as lâmpadas estavam ligadas ao momento que se tomou por base para os cálculos, geralmente na hora em que a carga térmica de insolação é máxima, muitas lâmpadas podem estar desligadas (CREDER, 2004).

Quando não se dispões de dados reais de carga elétrica devida à iluminação, devem-se usar os valores em W/m^2 dados pela NBR 5410 (CREDER, 2004).

Para se ter a carga térmica em Kcal/h, usar a relação: $1KWh = 860Kcal$

Os valores recomendados parao consumo de energiar elétrica para iluminação, estão descritos na tabela 10:

Tabela 10: Valores para Consumo de Energia Elétrica para Iluminação.			
<i>Local</i>	<i>Tipos de Iluminação</i>	<i>Nível de Iluminação (lux)</i>	<i>Potência Dissipada W/m^2</i>
Escritórios	Fluorescente	1.000	40
Lojas	Fluorescente	1.000	50
Residências	Incandescente	300	30
Restaurantes	Incandescente	150	25
Auditórios:			
a)Tribuna	Incandescente	1.000	50
b)Platéia	Incandescente	500	30
c)Sala de Espera	Incandescente	150	20

Fonte: Adaptado CREDER, 2004.

Os cálculos para a carga térmica devida a iluminação, são apresentados pelas equações abaixo:

- Iluminação incandescente:

$$Q = n \cdot P \quad (16)$$

$$Q = n \cdot (P \cdot 0,86) \quad (17)$$

Onde:

Q: taxa de transferência de calor emitido pela iluminação em kcal/h;

n: número de lâmpadas;

P: potência elétrica de iluminação em W;

0,86 é o fator de conversão de Watts para kcal/h.

- Iluminação Fluorescente:

$$Q = n \cdot P \cdot q \cdot 0,86 \quad (18)$$

Onde:

Q: taxa de transferência de calor emitido pela iluminação em kcal/h;

n: número de lâmpadas;

P: potência elétrica de iluminação em W;

q = fator devido ao reator;

0,86 é o fator de conversão de Watts para kcal/h.

Para encontrar o calor emitido pelos os equipamentos, deve-se verificar se existe dissipação de calor, para isso é necessário que examine o manual técnico do fabricante para verificar se possui estes dados. Dependendo do equipamento no ambiente, poderá transmitir calor sensível e latente (CREDER, 2004).

O calor emitido nos equipamentos elétricos, é encontrado pela seguintes equações:

$$Q_s = (P_s \cdot 0,86) \cdot n \quad (19)$$

$$Q_l = \frac{P_l}{0,86} \cdot n \quad (20)$$

Q_s: taxa de transferência de calor sensível liberado pelas pessoas em kcal/h;

Q_l: taxa de transferência de calor latente liberado pelas pessoas em kcal/h;

P_s : potência líquida emitida por calor sensível do equipamento em W;

P_l : potência líquida emitida por calor latente do equipamento em W;

N: Numero de equipamentos;

0,86 é o fator de conversão de Watts para kcal/h.

A tabela 11 apresenta o rendimento esperado de cada equipamento com base em sua potência.

Tabela 11: Ganho de calor em Watts por HP para motores elétricos

POTÊNCIA HP	RENDIMENTO APROXIMADO %	GANHO DE CALOR POR W/HP
Até ¼	60	1231
1/2 –1	70	1055
1 ½ -5	80	938
7,5 –20	85	879
Maior que 20	88	850

Fonte: CREDER, 2004

3.1.5 Carga Devida à renovação de ar

O movimento do ar exterior ao ambiente, onde irar ocorrer o condicionamento de ar, possibilita a sua penetração através das frestas nas portas, janelas ou outras aberturas. Por tanto, essa penetração ar acrescenta a carga térmica em forma de calor sensível ou latente. Essa carga não possui um cálculo com precisão nos resultados, desta forma há dois métodos que permitem a sua estimativa: o método da troca de ar e o método das frestas (CREDER, 2004).

3.1.5.1 Método de troca de ar

Nesse tópico se propõem a troca de ar por hora dos recintos, de acordo com o número de janelas e com base na Tabela 12.

Tabela 12: Trocas de Ar por Hora nos Recintos

Janelas Existentes	Trocas por Horas
Nenhuma janela ou porta para o exterior	3 / 4
Janelas ou portas em 1 parede	1
Janelas ou portas em 2 parede	1 1 / 2
Janelas ou portas em 3 parede	2
Lojas	2

Fonte: CREDER, 2004.

Segundo Creder (2004) fazer a troca do ar significa renovar todo o ar contido no ambiente por hora. Desta maneira, teremos o calor aumentando o ar do recinto. Depois de estabelecido o fluxo de ar em pés cúbicos por minuto e conhecidas as temperaturas do ar exterior e do recinto, é necessário que ache o calor sensível que entra no recinto.

A fórmula abaixo mostra como encontrar o calor sensível no recinto.

$$Q = 0,29 \cdot q \cdot (t_e - t_i) \quad (21)$$

Onde:

Q= calor sensível em Kcal/h;

q= fluxo de ar, m³/h;

t_e = temperatura do ar exterior em °C;

t_i = temperatura do interior em °C.

A carga de calor latente é dada pela equação abaixo:

$$Q = 583 \cdot C \quad (22)$$

Onde:

Q= calor latente em kcal/h;

C= equação 24.

3.1.5.2 Método por Fresta

A entrada do ar exterior no interior do recinto depende da velocidade do vento. De acordo com os valores da Tabela 12, deverá multiplicar o comprimento linear da fresta, pela a quantidade de calor que penetra no recinto.

Quando no recinto a pressão do ar é superior à do ar exterior, não há penetração do ar de fora e essa parcela pode ser desprezada. O ar introduzido aumenta a carga térmica em calor sensível e calor latente (CREDER, 2004, p. 106).

A carga de calor sensível é dada pela mesma expressão do Item 3.1.5.1, e a carga de calor latente é dada pela expressão:

$$C = (UE_2 \cdot UE_1) \cdot \gamma \cdot Q \quad (24)$$

Onde:

UE2 = umidade específica do ar no interior em kg/kg;

UE1 = umidade específica do ar na entrada em kg/kg;

γ = peso específico do ar em kg/m³;

Q= fluxo de ar em m³/h.

A tabela 13 apresenta o valor recomendado e mínimo de fluxo de ar de acordo com a quantidade de pessoas e ambiente.

Tabela 13: Fluxo de ar exterior para renovação

LOCAL	m ³ / h por pessoa		Concentração de Fumantes
	Recomendável	Mínimo	
Bancos	17	13	Ocasional
Barbearias	25	17	Considerável
Salões de beleza	17	13	Ocasional
Bares	68	42	(-)
Cassinos-Grill-Room	45	35	(-)
Escritórios			
Públicos	25	17	Alguns
Privados	42	25	Nenhum
Privados	51	42	Considerável
Outros Ambientes			
Estúdios	35	25	Nenhum
Lojas	17	13	Ocasional
Salas de hotéis	51	42	Grande
Residências	35	17	Alguns
Restaurantes	25	20	Considerável
Salas de diretores	85	50	Muito Grande
Teatros-Cinemas-Auditórios	13	8	Nenhum
Teatros-Cinemas-Auditórios	25	17	Alguns
Salas de aula	50	40	Nenhum
Salas de reuniões	85	50	Muito grande
Aplicações Gerais			
Por pessoa (Não fumando)	13	8	(-)
Por pessoa (fumando)	68	42	(-)

Fonte: ASHRAE Handbook of fundamentals, 1997.

3.1.6 Carga térmica total

Após a realização dos cálculos para condução, insolação, pessoas, iluminação, equipamentos, infiltração, deve-se adicionar, o somatório de calor sensível e calor latente (retirar ou introduzir) do recinto para alcançar as condições de conforto desejadas. Desta forma, faz o somatório de todos estes itens para obter o calor total. Para obter às penetrações eventuais de calor no local, deve-se usar como medida de

segurança o acréscimo a mais de 10% aos cálculos (CREDER, 2004).

Normalmente desejamos o resultado em toneladas de refrigeração, por isso dividimos por 12.000 o total de BTU/h, por 3,52 o total de kW ou por 3.024 kcal/h o total de kcal/h (CREDER, 2004. p, 109).

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos seguindo uma organização e ordem de acordo com o assunto demonstrado no capítulo anterior. A tabela 14, apresenta a característica do local, de construção e a área que será climatizada, respectivamente:

Tabela 14: Informações sobre o local

Informações sobre o local		
Nome: Igreja Batista Central De Itálva - IBCI		
Endereço: Rua Portela Sales - Bairro: Centro - Nº: 27		
CEP.: 28250-000 - Cidade: Itálva- RJ		
	Temp. bulbo seco (°C)	Umidade Relativa (%)
Ambiente Externo	31°	85%
Ambiente Interno	22°	50%
Telhado	Claro	
Paredes Externas	Cores Claras	
Janelas	Sem Proteção	
Área Total da Igreja	459,5 (m²)	

Fonte: Acervo Pessoal.

4.1 Cálculo de Carga térmica

As cargas térmicas encontradas, poderão ser observadas pelas tabelas abaixo. Elas apresentam os resultados de todas as cargas térmicas existentes no projeto e que foram citadas no capítulo anterior. O detalhamento dos cálculos encontra-se no Apêndice I. Para os cálculos de área total das paredes, foram desconsideradas as áreas das janelas e portas.

A Tabela 15 apresenta os resultados obtidos através das cargas térmicas de condução:

Tabela 15: Carga devida à condução

CARGA DEVIDA À CONDUÇÃO				
	Area Total (m²)	U (Kcal/h m² °C)	Δt (°C)	Q (kcal/h)
Parede externa – Leste	63,5	0,8639	9 + 5,5	795,44
Parede externa – Norte	95,35	0,8639	9 + 2,7	829,9005
Parede externa – Sul	95,35	0,8639	9 + 0	548,0475
Parede externa - Oeste	91,312	0,8639	9 + 5,5	861,2175
Telhado	459,5	2,93	9 + 8,3	23.286,53
Carga total devida à condução				26.930,90

Fonte: Acervo Pessoal.

A Tabela 16 apresenta os valores obtidos por cargas térmicas devida à insolação:

Tabela 16: Carga devida à Insolação

INSOLAÇÃO				
	f	φ	A (m ²)	Q (kcal/h)
Superfícies transparentes Leste	475	1.1,15	25	13.656,25
Superfícies transparentes Norte	57	1.1,15	16,25	1.065,19
Superfícies transparentes Sul	98	1.1,15	16,25	1.831,38
Superfícies transparentes Oeste	97,5	1.1,15	0	0
Carga total por insolação				16.552,80

Fonte: Acervo Pessoal.

Para os cálculos de cargas térmicas devida às pessoas, são considerados os tipos de movimentos e a quantidade de pessoas que deverão ocupar o lugar. A Tabela 17 apresenta os valores obtidos:

Tabela 17: Carga devida às pessoas

CARGA DEVIDA ÀS PESSOAS			
Tipo de movimento	Quantidade de pessoas	Calor Sensível (kcal/h)	Calor Latente (kcal/h)
Sentadas ou em movimento leve	450	32.445	12.600
Pessoas em movimento moderado	20	1.644	1.678
Total de Calor Sensível e Latente (kcal/h)			48.367

Fonte: Acervo Pessoal.

A Tabela 18 apresenta os resultados obtidos de toda a parte elétrica, visto que usam os mesmos procedimentos para cálculos:

Tabela 18: Carga devida aos equipamentos elétricos e iluminação

CARGA TÉRMICA POR EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ILUMINAÇÃO			
Equipamentos	Quantidades	Potência (W)	Calor Sensível (kcal/h)
Lâmpadas Fluorescentes	20	50	1032
Datashow	1	5	5,16
Sistema completo de som	1	3600	2.988
Computador	1	300	309,6
Ventilador	6	600	853,71
Total de Calor Sensível (kcal/h)			5.188,47

Fonte: Acervo Pessoal.

As considerações para os cálculos de carga térmica devido a renovação de ar

estão descritas na tabela 19:

Tabela 19: Carga devido à renovação de ar

CARGA TÉRMICA DEVIDA À RENOVAÇÃO DE AR		
Variáveis	Calor latente (kcal/h)	Calor Sensível (kcal/h)
Q (Fluxo de ar por pessoa) = 13 m ³ /h		
Temperatura de bulbo seco e umidade relativa externa = 31 °C – 85%		
Temperatura de bulbo seco e umidade relativa interna = 22°C – 50%		
Número de pessoas = 470	68.385,9	15947,1
Umidade específica interna = 0,008 kg ar/kg ar seco		
Umidade específica externa = 0,024 kg ar/kg ar seco		
Peso específico do ar = 1,2 kg/m ³		
C = 117,3		
Total de Calor Sensível e Latente (kcal/h)		84.333

Fonte: Acervo Pessoal.

A tabela 20 apresenta o valor total de carga térmica requerida encontrada a partir da metodologia descrita em kcal/h e BTU/h.

Tabela 20: Carga térmica IBCI

CARGA TÉRMICA IBCI		
Descrição	kcal/h	BTU/h
Condução (Paredes e Telhado)	26.930,90	106.861,81
Insolação (Superfícies Transp.)	16.552,80	65.681,51
Pessoas	48.367	191.920,26
Eq. Elétricos e Iluminação	5.188,47	20.587,85
Renovação de ar	84.333	334.633,34
Total	181.372,17	719.684,80
Total + 10%	199.509,39	791.653,28

Fonte: Acervo Pessoal.

4.2 Seleção de equipamentos

Tendo em vista os valores de carga térmica encontrados e levando em conta o custo-benefício solicitado pelo cliente, foram selecionados 10 conjuntos *splits* tipo piso

teto de 80.000 BTU/h, somando um total de 800.000 BTU/h. A disposição das unidades pode ser consultada no desenho técnico do apêndice B. A tabela 21 mostra os materiais que serão adquiridos e instalados pela igreja.

Tabela 21: Lista de materiais

Modelo	Quant.	Descrição
PEFI80B2NC	10	Unidade condensadora trifásica Elgin - 80.000 BTU/h
OUE80B4NA	10	Unidade evaporadora trifásica Elgin - 80.000 BTU/h

Fonte: Acervo Pessoal.

As figuras 9 e 10 mostram, respectivamente, as unidades condensadoras e evaporadora Elgin 80.000 BTU/h.

Figura 9: Condensadora Elgin 80.000 BTU/h



Fonte: ELGIN, adaptado, 2015

Figura 10: Evaporadora Elgin 80.000 BTU/h



Fonte: ELGIN, adaptado, 2015

Considerando que as unidades condensadoras serão instaladas próximas às evaporadoras, não será necessário considerar tubulação, visto que o material enviado com os equipamentos será suficiente para efetuar a instalação.

4.3 Orçamento

O orçamento levará em conta valores médios para a aquisição por pessoa física. Portanto, esse orçamento serve, apenas, para dar uma visão geral dos custos envolvidos. Para obter os valores reais referentes à parte de aquisições desse projeto, o cliente deverá entrar em contato com os fabricantes ou fornecedores do produto indicado ou equivalente. A tabela 22 apresenta o orçamento para os 4 conjuntos requisitados.

Tabela 22: Orçamento

Produto	Valor Unit.	Quant.	Valor Total
Conjunto Elgin 80000 BTU/h	R\$ 10.350,00	10	R\$ 103.500,00
VALOR TOTAL:			R\$ 103.500,00

Fonte: Acervo Pessoal.

5 CONCLUSÃO

De acordo com os cálculos de cargas térmicas apresentados, é possível estimar um valor aproximado, visto que não é possível ser calculado precisamente. Os resultados obtidos, são determinados por parte à grande quantidade de pessoas presentes considerando uma lotação máxima do templo. Além disso, o acesso de pessoas é constante e, portanto, há grande demanda de renovações de ar. Com isso, o valor de carga térmica requerida é de 791.653,28 BTU/h.

A metodologia utilizada para execução do projeto foi toda descrita nesse trabalho, de forma que o leitor se ambienta ao que está sendo executado em cada etapa do apêndice I. Todos os valores utilizados para cálculo estão indicados nas tabelas presentes na parte teórica desse estudo.

Levando em conta a necessidade do cliente de promover um ambiente agradável aos participantes da cerimônia religiosa de forma econômica, foram designados para a igreja modelos de ar-condicionado tipo split tipo piso teto. Esse tipo de condicionador de ar atende as demandas da igreja e possuem ótimo custo-benefício.

A carga térmica requerida, considerando margem de segurança que abrange eventuais imprevistos, é de 791.654,28 BTU/h. A carga térmica entregue pelos 10 equipamentos designados é de 800.000 BTU/h, portanto, a demanda será atendida.

Por fim, podemos pressupor que o projeto terá um orçamento total aproximado de R\$: 103.500,00. O valor para cada conjunto de condicionadores de ar é de R\$ 10.350,00. É importante lembrar que os valores reais referentes para esse projeto, são encontrados com os fabricantes ou fornecedores do produto indicado ou equivalente.

Fica proposto para trabalhos futuros, o dimensionamento de uma cortina de ar para a porta principal, em razão de estar aberta durante todo período de cultos e reuniões.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE. **Enginners, Ashrae Handbook**. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16401 - 1**. Instalações de ar condicionado, sistemas centrais e unitários – Projeto das instalações. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16401 - 2**. Instalações de ar condicionado, sistemas centrais e unitários – Projeto das instalações. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16401 - 3**. Instalações de ar condicionado, sistemas centrais e unitários – Projeto das instalações. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16402 - 2**. Instalações de ar condicionado, sistemas centrais e unitários – Parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ALBERICO, A; **Estudo em Power Point sobre Sistema de Condicionamento de Ar da Obra Eldorado** – Apresentação Ansett Tecnologia e Engenharia. São Paulo: 2005.

AMARAL, Ronem Rodrigues do. Bíblia Sagrada. *In*: **HISTÓRIA da Igreja Batista Central de Itáva**. Acervo da Igreja, julho de 2003.

ANTONOVICZ, Diego; WEBER, Rhuann Georgio Bueno. **PMOC - Plano de Manutenção Operação e Controle - nos condicionadores de ar do Câmpus Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. TCC – Curso de graduação de Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira. 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1380/1/MD_COMIN_2012_2_10.pdf>. Acesso em out.2021.

Bryant. **“O Ar Condicionado na Climatização de ambientes”** – Apostila Bryant A United Technologies Company. São Paulo: 2001.

CLINIAR Ar Condicionado Ltda. *Em*: **Condicionamento de Ar** . [S. l.], 2020. Disponível em: <https://cliniar.com/>. Acesso em: 5 out. 2021.

CONSTRUINDODECOR. **Como instalar o ar condicionado**. Disponível em: <<https://construindodecor.com.br/como-instalar-o-ar-condicionado>>. Acessado em 01/10/2021.

CONSUL ELETRODOMÉSTICOS. *Em*: **Evaporador**. Disponível em: <https://loja.consul.com.br/>. Acesso em: 5 out. 2021.

CREDER, H. **Instalações de Ar Condicionado**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2004. 301p.

ÇENGEL, Yunus A.; GHAJAR, Afshin J. **Tranferência de Calor e Massa**. Amgh Editora, 2009.

DEWITT, Frank P.; Icropera, David P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

ELGIN. **Manual de instalação**: Condicionadores de Ar Split Piso-Teto PEFC/PEQC. São Paulo: Elgin, 2021.

ELGIN. **Manual de operação**: Condicionadores de Ar Split Piso-Teto PEFC/PEQC. São Paulo: Elgin, 2021.

FERZOLA, J. F. **Análise global de um sistema de refrigeração industrial**. 2010. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

FRANKEN, Tiago Andriel. **Análise Situacional e Proposta De Um Novo Sistema De Climatização**. 2015. (bacharelado em engenharia mecânica) - fahor - faculdade horizontina, horizontina, 2015. Disponível em: <https://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Mecanica/2015/TiagoAndrielFranken.pdf>. Acesso em setembro de 2021.

FROTA A. B.; SCHIFFER S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 7ª ed. São Paulo: Editora AMPUB Comercial Ltda, 2007. 244p. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18350/material/ManualConfortoTERMICO.pdf>>. Acesso em setembro de 2021.

GONÇALVES, Luciene Pavanello. **Condicionamento de ar e sua evolução tecnológica**. São Paulo: universidade Anhembi Morumbi, 2005. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/5292114-Condicionamento-de-ar-e-suaevolucaotecnologica.html>>. Acesso em setembro de 2021.

MERCATO AUTOMAÇÃO. *Em: Sistema de ar-condicionado por expansão direta*. Disponível em: <https://www.mercatoautomacao.com.br/blogs/novidades/voce-sabe-o-que-sao-sistemas-de-expansao-direta>. Acesso em: 5 out. 2021.

MILLER, Rex; MILLER, Mark R. **Ar-condicionado e Refrigeração**. 2ª Edição. Rio de Janeiro, 2014.

OLIVEIRA, D. F.; MARTINS, J. C. Metodologia para análise e escolha de sistemas de condicionamento de ar. **British Jornal of Psychiatry, Vitória**, v. 205, 2014.

PENA, Sergio Meirelles. **Sistemas de Ar Condicionado e Refrigeração**. 1ª ed. 2002.

PIRANI, M.J. **Refrigeração e ar condicionado**. Apostila. Bahia: Universidade Federal da Bahia (Departamento de Engenharia Mecânica), 2005.

RESTAU AR. *Em: Sistema de ar-condicionado por expansão indireta*, 2020. Disponível em: <https://restauar.com.br/index.php/teams/sistemas-de-expansao-indireta/>. Acesso em: 6 out. 2021.

Resolução da ANVISA Nº 09, de 16 de Janeiro de 2003, Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/re_09_2003_1.pdf/629e e4fe-177e-4a78-8709-533f78742798?version=1.0](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/re_09_2003_1.pdf/629e%20e4fe-177e-4a78-8709-533f78742798?version=1.0)>. Acesso em 17 de setembro de 2021. SILVA, Jesué Graciliano da. **Introdução à Tecnologia da Refrigeração e da Climatização**. 1 ed. São Paulo. Artliber, 2004.

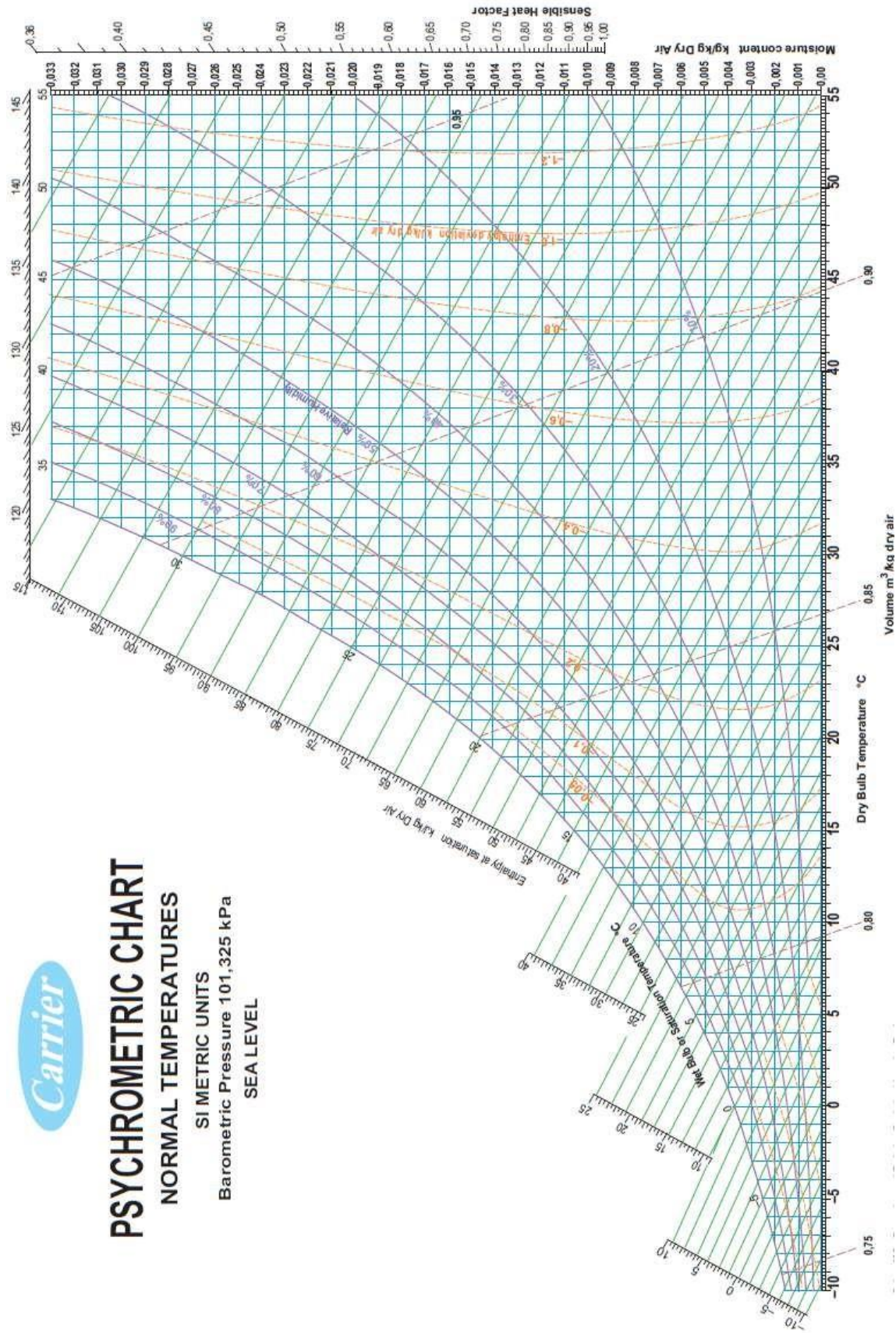
RODRIGUES, Zélia Medeiros. **O Planejamento Estratégico como Indicador da Controladoria Aplicado à Gestão de uma Microempresa do ramo de ar condicionado**. Fortaleza: Faculdade Lourenço Filho, 2010.

SILVA, J. de C.; SILVA, A.C. G. C. **Refrigeração e Climatização para Técnicos e Engenheiros**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2007. 346p.

SILVA JÚNIOR, F.J.R. da. **Estimativa de carga térmica do bloco 10 do centro de tecnologia da Universidade Federal do Piauí**. 2014. Monografia (Bacharel em Engenharia Mecânica). Teresina: Universidade Federal do Piauí, 2014.

SIMPLUSBR. *Em: Compressor Centrifugo*, 2019. Disponível em: <https://blog.simplusbr.com/compressor-centrifugo-e-lysholm>. Acesso em: 5 out. 2019.

ANEXO I: Carta Psicrométrica



APÊNDICE I

Memorial de Cálculo

1.0 Carga Térmica devido à Condução e Insolação – Calor Sensível

Parede Norte

$$A_T = A_{parede} + A_{janelas}$$

$$A_T = (196 \cdot 5) + (34 \cdot 4) = 111,6 \text{ m}^2$$

$$A_{janelas} = (0,5 \cdot 2,5 \cdot 2) + (0,7 \cdot 2,5) + (1 \cdot 2,5 \cdot 4) + (1 \cdot 2) = 16,25 \text{ m}^2$$

$$A_{parede} = A_T - A_{janelas} = 95,35 \text{ m}^2$$

Definir o Coeficiente Global U :

$$U = \frac{1}{R}$$

Sendo,

R = Resistência do material da parede.

$$R_{total} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{C_{reboco}} + \frac{1}{C_{tijolo}} + \frac{1}{C_{reboco}} + \frac{1}{h_i}$$

h_e = Condutância superficial exterior = $19,5 \text{ kcal} / \text{h.m}^2.^\circ\text{C}$

h_i = Condutância superficial interior = $7,96 \text{ kcal} / \text{h.m}^2.^\circ\text{C}$

C_{reboco} = Condutância do reboco = $2,39 \text{ kcal} / \text{h.m}^2.^\circ\text{C}$

$$C_{tijolo} = \frac{K}{X}$$

Sendo,

$K = 0,62 \text{ kcal} / \text{h.m}^2.^\circ\text{C}$

$X = 0,09\text{m}$

$$C_{tijolo} = \frac{0,62}{0,09} = 6,89 \text{ kcal} / \text{h.m}^2.^\circ\text{C}$$

Calcula-se então o R total:

$$R_{total} = \frac{1}{19,5} + \frac{1}{2,39} + \frac{1}{6,89} + \frac{1}{2,39} + \frac{1}{7,96}$$

$$R_{total} = 1,1589 \text{ h.m}^2.^\circ\text{C/kcal}$$

Calcula-se o coeficiente global de transmissão de calor U :

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{1,1589} = 0,8639 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$$

Calcula-se o calor sensível por condução e insolação na parede

$$Q_{sn} = A_{parede} \cdot U \cdot [(t_e - t_i) + \Delta_t]$$

$$Q_{sn} = 95,35 \cdot 0,8639 \cdot [(31 - 22) + 2,7]$$

$$Q_{sn} = 963,76 \text{ kcal/h}$$

Parede Leste

$$A_T = A_{parede} + A_{janelas} + A_{porta}$$

$$A_T = 17,7 \cdot 5 = 88,5 \text{ m}^2$$

$$A_{janelas} = 1 \cdot 2,5 \cdot 4 = 10 \text{ m}^2$$

$$A_{porta} = 6 \cdot 2,5 = 15 \text{ m}^2$$

$$A_{parede} = A_T - A_{janelas} - A_{porta} = 88,5 - 10 - 15 = 63,5 \text{ m}^2$$

Definir o Coeficiente Global U :

$$U = \frac{1}{R}$$

Sendo,

R = Resistência do material da parede.

$$R_{total} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{C_{reboco}} + \frac{1}{C_{tijolo}} + \frac{1}{C_{reboco}} + \frac{1}{h_i}$$

h_e = Condutância superficial exterior = $19,5 \text{ kcal / h.m}^2.\text{°C}$

h_i = Condutância superficial interior = $7,96 \text{ kcal / h.m}^2.\text{°C}$

C_{reboco} = Condutância do reboco = $2,39 \text{ kcal / h.m}^2.\text{°C}$

$$C_{tijolo} = \frac{K}{X}$$

Sendo,

$K = 0,62 \text{ kcal / h.m}^2.\text{°C}$

$$X = 0,09\text{m}$$

$$C_{tijolo} = \frac{0,62}{0,09} = 6,89 \text{ kcal} / \text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Calcula-se então o R total:

$$R_{total} = \frac{1}{19,5} + \frac{1}{2,39} + \frac{1}{6,89} + \frac{1}{2,39} + \frac{1}{7,96}$$

$$R_{total} = 1,1589 \text{ h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{kcal}$$

Calcula-se o coeficiente global de transmissão de calor U :

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{1,1589} = 0,8639 \text{ kcal} / \text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Calcula-se o calor sensível por condução e insolação na parede

$$Q_{sl} = A_c \cdot U \cdot [(t_e - t_i) + \Delta_t]$$

$$Q_{sl} = 63,5 \cdot 0,8639 \cdot [(31 - 22) + 5,5]$$

$$Q_{sl} = 795,44 \text{ kcal/h}$$

Parede Oeste

$$A_T = A_{parede} = (3,87 \cdot 4 \cdot 2) + (9,43 \cdot 3,2 \cdot 2) = 91,312 \text{ m}^2$$

Definir o Coeficiente Global U :

$$U = \frac{1}{R}$$

Sendo,

R = Resistência do material da parede.

$$R_{total} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{C_{reboco}} + \frac{1}{C_{tijolo}} + \frac{1}{C_{reboco}} + \frac{1}{h_i}$$

h_e = Condutância superficial exterior = $19,5 \text{ kcal} / \text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

h_i = Condutância superficial interior = $7,96 \text{ kcal} / \text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

C_{reboco} = Condutância do reboco = $2,39 \text{ kcal} / \text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

$$C_{tijolo} = \frac{K}{X}$$

Sendo,

$$K = 0,62 \text{ kcal} / \text{h.m}^2.^\circ\text{C}$$

$$X = 0,09\text{m}$$

$$C_{tijolo} = \frac{0,62}{0,09} = 6,89 \text{ kcal} / \text{h.m}^2.^\circ\text{C}$$

Calcula-se então o R total:

$$R_{total} = \frac{1}{19,5} + \frac{1}{2,39} + \frac{1}{6,89} + \frac{1}{2,39} + \frac{1}{7,96}$$

$$R_{total} = 1,1589 \text{ h.m}^2.^\circ\text{C/kcal}$$

Calcula-se o coeficiente global de transmissão de calor U :

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{1,1589} = 0,8639 \text{ kcal/h.m}^2.^\circ\text{C}$$

Calcula-se o calor sensível por condução e insolação na parede

$$Q_{so} = A_c \cdot U \cdot [(t_e - t_i) + \Delta_t]$$

$$Q_{so} = 91,312 \cdot 0,8639 \cdot [(31 - 22) + 5,5]$$

$$Q_{so} = 1.143,82 \text{ kcal/h}$$

Parede Sul

$$A_T = A_{parede} + A_{janelas}$$

$$A_T = (196 \cdot 5) + (34 \cdot 4) = 111,6 \text{ m}^2$$

$$A_{janelas} = (0,5 \cdot 2,5 \cdot 2) + (0,7 \cdot 2,5) + (1 \cdot 2,5 \cdot 4) + (1 \cdot 2) = 16,25 \text{ m}^2$$

$$A_{parede} = A_T - A_{janelas} = 95,35 \text{ m}^2$$

Definir o Coeficiente Global U :

$$U = \frac{1}{R}$$

Sendo,

R = Resistência do material da parede.

$$R_{total} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{C_{reboco}} + \frac{1}{C_{tijolo}} + \frac{1}{C_{reboco}} + \frac{1}{h_i}$$

h_e = Condutância superficial exterior = $19,5 \text{ kcal} / \text{h.m}^2. ^\circ\text{C}$

h_i = Condutância superficial interior = $7,96 \text{ kcal} / \text{h.m}^2. ^\circ\text{C}$

C_{reboco} = Condutância do reboco = $2,39 \text{ kcal} / \text{h.m}^2. ^\circ\text{C}$

$$C_{tijolo} = \frac{K}{X}$$

Sendo,

$K = 0,62 \text{ kcal} / \text{h.m}^2. ^\circ\text{C}$

$X = 0,09\text{m}$

$$C_{tijolo} = \frac{0,62}{0,09} = 6,89 \text{ kcal} / \text{h.m}^2. ^\circ\text{C}$$

Calcula-se então o R total:

$$R_{total} = \frac{1}{19,5} + \frac{1}{2,39} + \frac{1}{6,89} + \frac{1}{2,39} + \frac{1}{7,96}$$

$$R_{total} = 1,1589 \text{ h.m}^2. ^\circ\text{C} / \text{kcal}$$

Calcula-se o coeficiente global de transmissão de calor U :

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{1,1589} = 0,8639 \text{ kcal} / \text{h.m}^2. ^\circ\text{C}$$

Calcula-se o calor sensível por condução e insolação na parede

$$Q_{ss} = A_c \cdot U \cdot [(t_e - t_i) + \Delta_t]$$

$$Q_{ss} = 95,35 \cdot 0,8639 \cdot [(31 - 22) + 0]$$

$$Q_{ss} = 741,36 \text{ kcal/h}$$

Telhado

$$A_{Telhado} = \text{Área do telhado do templo}$$

$$A_{Telhado} = 459,40 \text{ m}^2$$

A área do telhado foi calculada pelo software AutoCAD.

Sendo,

R = Resistência do material do telhado.

$$R = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{C_{gesso}} + \frac{1}{h_e}$$

Onde:

R = resistência térmica do material;

$$h_e = h_i = 7,96 \text{ kcal/h.m}^3;$$

$$C_{gesso} = 10,99 \text{ kcal/h.m}^3;$$

$$R = \frac{1}{7,96} + \frac{1}{10,99} + \frac{1}{7,96}$$

$$R = 0,341 \frac{\text{h.m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Kcal}}$$

$$U = \frac{1}{R}$$

$$R = \frac{1}{0,341}$$

$$U = 2,93 \frac{\text{kcal}}{\text{h.m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$Q_{st} = 459,40 \cdot 2,93 [(31 - 22) + 8,3]$$

$$Q_{st} = 23.286,53 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Total de condução nas paredes e telhado

$$\sum Q_{tp} = Q_{sn} + Q_{ss} + Q_{sl} + Q_{so} + Q_{st}$$

$$\sum Q_{tp} = 963,76 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} + 741,36 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} + 795,44 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} + 1143,82 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} + 23286,53 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$\sum Q_{tp} = 26.930,9 \text{ kcal/h}$$

2.0 Carga Térmica devido à Condução e insolação em Superfícies Transparentes – Calor Sensível

Superfícies transparentes norte

$$Q_s = f \cdot A \cdot \varphi_1$$

Onde,

f = Fator solar = 57 kcal / h.m² (Horário considerado: 12h)

$\varphi_1 = 1.1,15$ [Bordas metálicas sem proteção]

$A_{jn} = 16,25 \text{ m}^2$

$$Q_{sn} = 57 \cdot 16,25 \cdot (1.1,15)$$

$$Q_{sn} = 1.065,19 \text{ kcal/h}$$

O fator solar “ f ” pode ser encontrado por meio da tabela 7.

Superfícies transparentes leste

$$Q_s = f \cdot A \cdot \varphi_1$$

Onde,

f = Fator solar = 475 kcal / h.m² (Horário considerado: 8h)

$\varphi_1 = 1.1,15$ [Bordas metálicas sem proteção]

$A_T = A_{porta} + A_{janelas} = 10 + 15 = 25 \text{ m}^2$

$$Q_{sl} = 475 \cdot 25 \cdot (1.1,15)$$

$$Q_{sl} = 13.656,25 \text{ kcal/h}$$

Superfícies transparentes sul

$$Q_s = f \cdot A \cdot \varphi_1$$

Onde,

f = Fator solar = 98 kcal / h.m² (Horário considerado: 7h ou 17h)

$\varphi_1 = 1.1,15$ [Bordas metálicas sem proteção]

$A_{jn} = 16,25 \text{ m}^2$

$$Q_{ss} = 98 \cdot 16,25 \cdot (1.1,15)$$

$$Q_{ss} = 1.831,38$$

Carga térmica total de superfícies transparentes

$$\sum Q_{tst} = Q_{sn} + Q_{ss} + Q_{sl}$$

$$\sum Q_{tst} = 1065,19 + 1831,38 + 13656,25 = 16.552,8 \text{ kcal/h}$$

3.0 Carga Térmica devido às pessoas

Calor Sensível e Latente

Temperatura do Ambiente = 22°C

$$q = n \cdot q'$$

Pessoas em movimento lento

Número de pessoas = 450.

$$q_s = 450 \cdot 72,1 \text{ kcal/h}$$

$$q_s = 32.445 \text{ kcal/h}$$

$$q_l = 450 \cdot 28 \text{ kcal/h}$$

$$q_l = 12.600 \text{ kcal/h}$$

Pessoas em movimento moderado

Número de pessoas = 20.

$$q_s = 20 \cdot 82,2 \text{ kcal/h}$$

$$q_s = 1.644 \text{ kcal/h}$$

$$q_l = 15 \cdot 83,9 \text{ kcal/h}$$

$$ql = 1.678 \text{ kcal/h}$$

Calor sensível total

$$q_{st} = 32445 + 1644 = 34.089 \text{ kcal/h}$$

Calor latente total

$$q_{lt} = 12600 + 1678 = 14.278 \text{ kcal/h}$$

Carga térmica total devido às pessoas

$$\sum Q_{tp} = Q_{st} + Q_{lt}$$

$$\sum Q_{tpe} = 34089 + 14278 = 48.367 \text{ kcal/h}$$

4.0 Carga Térmica devido aos equipamentos elétricos e Iluminação - Calor Sensível

1 Computador (300 Watts)

$$q = 1,2 \cdot P_w \cdot 0,860 \cdot n$$

$$q_s = 1,2 \cdot 300 \cdot 0,860 \cdot 1$$

$$q_s = 309,6 \text{ kcal/h}$$

1 Projetor (5 Watts)

$$q = 1,2 \cdot P_w \cdot 0,860 \cdot n$$

$$q_s = 1,2 \cdot 5 \cdot 0,860 \cdot 1$$

$$q_s = 5,16 \text{ kcal/h}$$

20 Lâmpadas Fluorescentes Bulbo Light (50 Watts)

$$q_s = 1,2 \cdot P_w \cdot 0,860 \cdot n$$

$$q_s = 1,2 \cdot 50 \cdot 0,860 \cdot 20$$

$$q_s = 1.032 \text{ kcal/h}$$

Sistema de som (3600 Watts) = 4,8HP

$$q_s = \left(\frac{4,8}{0,8} - 4,8 \right) \cdot 2490$$

$$q_s = 2.988 \text{ kcal/h}$$

6 Ventiladores (600 Watts) = 0,8 HP

$$q_s = \left(\frac{0,8}{0,7} - 0,8 \right) \cdot 2490$$

$$q_s = 853,71 \text{ kcal/h}$$

Total de Equipamentos

$$\sum Q_{te} = 309,6 + 5,16 + 1032 + 2988 + 853,71$$

$$\sum Q_{te} = 5.188,47 \text{ kcal/h}$$

5.0 Carga Térmica por renovação de Ar

Calor Sensível

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

Q = fluxo de ar por pessoa = 13 m³/h;

t_e = temperatura do ar exterior = 31°C;

t_i = temperatura do interior = 22 °C;

470 = Número de pessoas.

$$q_s = 0,29 \cdot 13 \cdot 470 \cdot (31 - 22)$$

$$q_s = 15.947,1 \text{ kcal/h}$$

Calor Latente

Calcula-se primeiro o C em base nos dados obtidos na carta psicrométrica

$$C = (UE_2 - UE_1) \cdot y \cdot Q$$

$UE1$ = umidade específica do ar no interior = 0,008 kg ar /kg ar seco;

$UE2$ = umidade específica do ar na entrada 0,024 kg ar/kg ar seco;

y = peso específico do ar = 1,2kg/m³;

Q = fluxo de ar 13 m³/h.

$$C = (0,024 - 0,008) \cdot 1,2 \cdot 13 \cdot 470$$

$$C = 117,3$$

Calcula-se então a carga térmica pelo calor latente:

$$q_l = 583 \cdot C$$

$$q_l = 68.385,9 \text{ kcal/h}$$

Calor total devido à renovação de ar

$$\sum Q_t = Q_s + Q_l$$

$$\sum Q_{tr} = 15947,1 + 68385,9 = 84.333 \text{ kcal/h}$$

6.0 Carga térmica total

A carga térmica total é o somatório de todos os resultados obtidos nos tópicos acima, ou seja:

$$\sum Q_t = Q_{tp} + Q_{tst} + Q_{tpe} + Q_{te} + Q_{tr}$$

$$\sum Q_t = 26930,9 + 16552,8 + 48367 + 5188,47 + 84333$$

$$\sum Q_t = 181.372,17 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$\sum Q_t = 719.684,8 \text{ BTU/h}$$

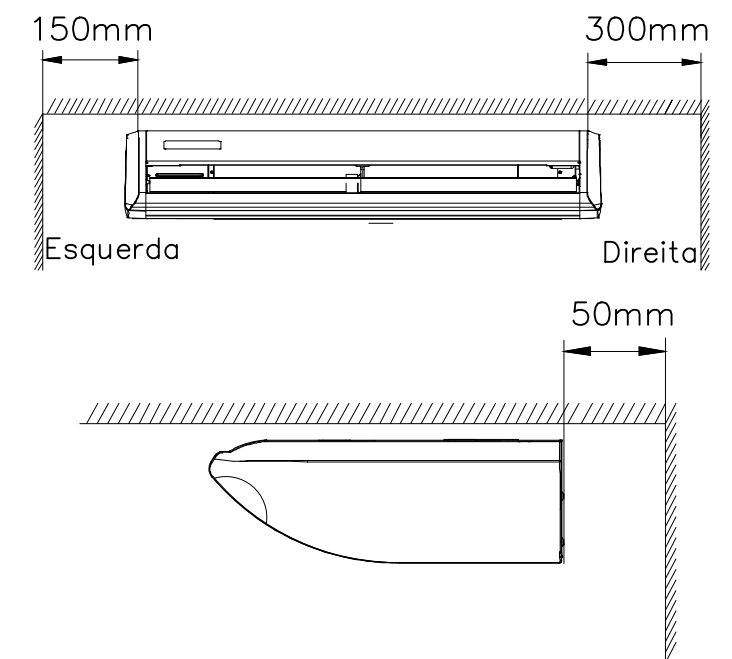
$$Q_t + C.S. = 719.684,8 + 10\%$$

$$Q_t = 791.653,28 \text{ BTU/h}$$

APÊNDICE II

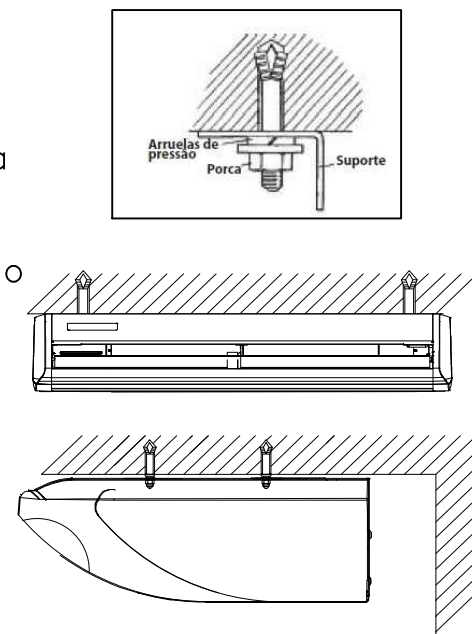
Desenho técnico A3

DETALHE FIXAÇÃO – UNIDADES EVAPORADORAS

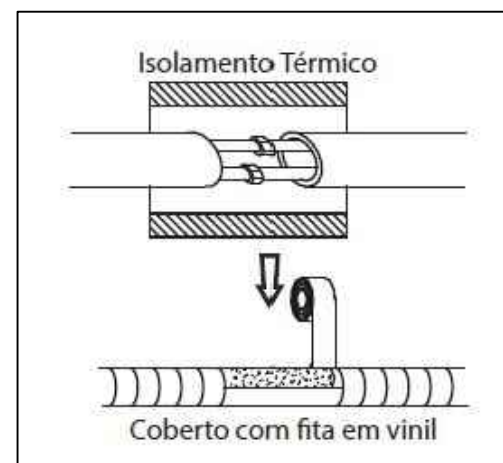


ESCALA 1:10

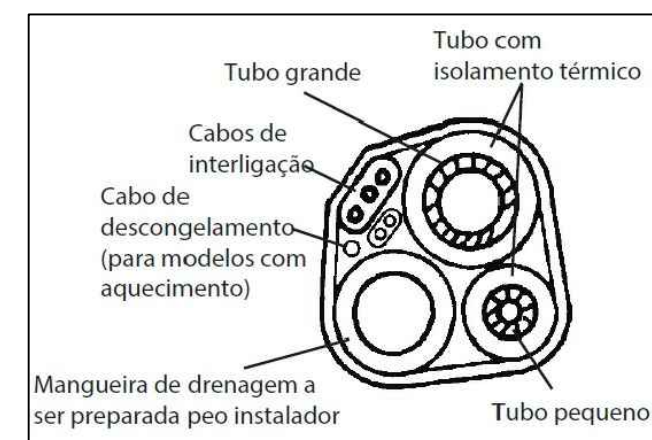
- Faça furos com aproximadamente 10mm de diâmetro (Figura A) e para os parafusos de ancoragem, inserindo os parafusos comuns com um martelo (Figura B) para instalar o suporte.
- Instale a unidade interna no suporte utilizando porcas, arruelas e arruelas de pressão.
- Faça um furo na parede para a passagem das tubulações e cabeamentos.



INDICAÇÃO DE ISOLAMENTO DAS JUNTAS DOS TUBOS



INDICAÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO DOS TUBOS



Status			Alteração:		Descrição:							
SI	Somente para leitura (informativo)					Este documento é de nossa exclusiva propriedade e poderá ser utilizado somente para fins por nós estabelecidos, não devendo portanto ser copiado, reproduzido, exibido ou cedido à terceiros, no todo ou em parte, sem nosso prévio consentimento por escrito, conforme as Leis vigentes em nosso país.						
AP	Aprovação da gerência requerente											
P	Preliminar (estudo)											
FC	Final, a ser completado											
F	Final /Certificado				Nome:	Data:	Cliente :		ART N°:			
Ordem de fabricação			Desenho:		Darcy/Marcelo/ Thiago		26/05/2022		Centro Universitário Redentor			
LF	Liberado	Data:	26/05/2022		Examin.				Título:		Desenho N°:	
SS n°		Data:			Projeto:		26/05/2022		Projeto de Climatização – I.Batista Central – Itava		PC-1	
RM n°		Data:			Projeto:		Darcy/Marcelo/ Thiago		26/05/2022			
NF	Não liberado		Aprov.		Darcy/Marcelo/ Thiago		26/05/2022		Assinatura e Carimbo:			
QUANDO NÃO ESPECIFICADAS DIFERENTEMENTE, USAR PARA Furos -0,0 +0,2 Eixo -0,0 +0,2 Comprimentos +/- 0,3 Ângulos +/- 1/2°			 JUMP		 DESABR		Liberado		DPT°:		Escala:	
			 ACAB. COMUM		 ACAB. LISO		ENG° E PROJ.		INDICADA			
			 RETIF. LISO		 ACAB. LISO							
			 ACAB. LISO		 RETIF. LISO							
									Página		Data:	
									01/04		26/05/2022	