

CENTRO UNIVERSITARIO ASSIS GURGACZ

LEONARDO JACOB RIBEIRO

TERMOSTATO COMO DISPOSITIVO DE SEGURANÇA PARA VENTILADORES

**CASCADEL
2018**

CENTRO UNIVERSITARIO ASSIS GURGACZ

LEONARDO JACOB RIBEIRO

TERMOSTATO COMO DISPOSITIVO DE SEGURANÇA PARA VENTILADORES

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz – FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador: Carlos Alberto Breda

**CASCADEL
2018**

CENTRO UNIVERSITARIO ASSIS GURGACZ

LEONARDO JACOB RIBEIRO

TERMOSTATO COMO DISPOSITIVO DE SEGURANÇA PARA VENTILADORES

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz – FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel/ Licenciado em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Professor Carlos Alberto Breda

BANCA EXAMINADORA

Professor Orientador: Me. Carlos Alberto Breda
Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Engenheiro Mecânico

Professor Avaliador: Geovane Duarte Pinheiro
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro de Controle de Automação

Professor Avaliador: Carlos Eduardo Goulart Ferreira
Universidade Estadual de Maringá FAG
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 04 de Dezembro de 2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe, que amo mais que minha própria vida. Fonte da minha inspiração, extrema dedicação e motivação

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus pela força divina em minha vida.

Ao Professor Me. Carlos Alberto Breda, meu orientador, pela retidão, atenção e todos os ensinamentos transmitidos.

A minha mãe Clenda, juntamente com meu pai José (*in memoriam*), por terem me norteado sempre no caminho da dignidade e ensinado o valor do esforço.

RESUMO

O presente trabalho de pesquisa aborda o estudo sobre o uso do ventilador que é um dos agentes responsáveis pelo conforto térmico, principalmente pelo conforto térmico em ambientes de trabalho. Uma vez que o ventilador é utilizado de forma errônea acarreta a queima do produto. Para fins de evitar o descarte desnecessário do aparelho ventilador e dirimir danos ambientais, visando à sustentabilidade, foi estudada a possibilidade de acoplar um dispositivo de segurança, constituído de lâminas bimetálicas, nominado protetor térmico bimetálico (termostato) como dispositivo de segurança para ventilador. O termostato foi instalado o mais próximo possível da maior fonte de calor fornecida pelo motor. Neste enfoque, surge o problema principal, que se insere no âmbito da Engenharia Mecânica, a ser elucidado por esta pesquisa: Como evitar que venha a queimar o ventilador através de um aumento de corrente elétrica? O objetivo é analisar a possibilidade de acoplar o termostato como dispositivo de segurança que possa evitar a queima do ventilador. Para responder a questão foi utilizada a metodologia de pesquisa qualitativa e também foi realizado procedimentos de testes em dias alternados. Como resultado esperado, de fato o termostato é um dispositivo de segurança que evita a queima do ventilador pelo aumento de corrente elétrica. O dispositivo é eficaz e possui longa vida útil, suportando até 10.000 ciclos com carga.

Palavras-chaves: Ventiladores; Protetor térmico bimetálico; Dispositivo de segurança.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Visualização do aspecto interno e externo do termostato.....	34
FIGURA 2: Vista lateral do motor do ventilador.....	37
FIGURA 3: Instalação do termostato.....	38
FIGURA 4: Vista inferior do ventilador.....	39
FIGURA 5: Ventilador Arno Turbo Silencioso SF30 vista frontal.....	42
FIGURA 6: Termostato Bimetálico.....	42
FIGURA 7: Características dimensionais do Termostato.....	44
FIGURA 8: Termostato acoplado.....	45

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Número de trocas de ar por hora	24
TABELA 2: Trocas de ar por hora (N)	25

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1: Vasão de ar externa.....	26
EQUAÇÃO 2: Ração de ar por pessoa	26
EQUAÇÃO 3: Dilatação linear	32
EQUAÇÃO 4: Calculo da corrente	40

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ART. – Artigo

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

IBUTG – Índice de bulbo úmido natural em temperatura de globo

NR – Norma regulamentadora

N – Número de troca de ar por hora

L – Comprimento final

L_0 – Comprimento inicial

Q – Volume de ambiente m^3

Q_e – vazão de ar externo

Q_p – razão de ar por pessoa em $[(m^3/h) / \text{pessoa}]$

VLE – Ventilação local exaustora

VGD – Ventilação geral diluidora

TG – Temperatura de globo

TBN – Temperatura de Bulbo úmido natural

TBS – temperatura de bulbo seco

α – Coeficiente de dilatação linear

V – volume de ambiente, m^3

ΔL -variação de comprimento

α - coeficiente de dilatação linear

$\Delta\theta$ - variação de temperatura

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	14
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	14
1.3.1 Objetivo geral	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 ORIGEM HISTÓRICA DA VENTILAÇÃO	15
2.2 VENTILAÇÃO	16
<u>2.3 VENTILAÇÃO E O AMBIENTE DE TRABALHO</u>	<u>17</u>
2.4 CONFORTO TÉRMICO E A QUALIDADE DO AR EM AMBIENTES	21
2.5 RAÇÃO DE AR POR PESSOA.....	22
2.6 VENTILADORES	26
2.7 DILATAÇÃO LINEAR.....	31
2.8 LÂMINA BIMETÁLICA – TERMOSTATO	32
2.9 MOTORES ELÉTRICOS.....	35
2.10 TERMOSTATO COMO DISPOSITIVO DE SEGURANÇA PARA VENTILADORES	38
3 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO.....	41
3.1 EXECUÇÃO DO PROJETO	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

É fato que no Brasil as estações climáticas não são bem definidas, uma vez que pode haver variação de temperaturas repentinamente durante o dia ou durante as estações do ano. O calor do verão pode chegar ao registro da temperatura de 40°C trazendo desconfortos e consequências imensuráveis para o ambiente de trabalho (LANDO, 2006).

A ventilação mecânica ou natural são formas de amenizar a sensação de desconforto causado por elevadas temperaturas. Quando não for possível utilizar a ventilação natural é obrigatório o uso da ventilação mecânica (SCIGLIANO e HOLLO, 2011).

O presente estudo versa sobre a ventilação mecânica, mais especificamente sobre o ventilador. No uso residencial é mais comum utilizar o ventilador de mesa ou de teto e o uso errôneo deste aparelho em alguns casos acarreta a queima do produto. Como forma de garantir o prolongamento da vida útil do ventilador, a presente pesquisa destinou-se em elaborar um protótipo de dispositivo de segurança nominado termostato para evitar a queima do ventilador. É de mui importância o presente estudo no campo social, científico, econômico e ambiental, uma vez que o consumidor terá diminuição de gastos com um novo eletrodoméstico, acarretando menos descarte de materiais no meio ambiente, visando à sustentabilidade (COSTA, 2005).

O trabalho está estruturado em quatro capítulos. O primeiro capítulo trata sobre o direcionamento da pesquisa, bem como objetivos. No segundo capítulo estão contidas as noções introdutórias e conceituais sobre: ventilação, conforto térmico, conforto térmico no ambiente de trabalho, dilatação linear, lâmina bimetálica, termostato e motores. No quarto capítulo é possível vislumbrar a metodologia e modo de execução para atingir o objetivo geral.

1.1 JUSTIFICATIVA

Inicialmente ao pensar e idealizar o projeto de pesquisa I foi proposto o tema “Fusível como Dispositivo de Segurança para Ventilador”. O fusível escolhido para tanto, seria o fusível de vidro.

Para Bonjoro (1984), a conceituação de fusível é :

“o fusível se comporta como uma válvula de segurança nos circuitos elétricos que permite a passagem de corrente até determinado valor. Quando a corrente é excessiva, ele “queima” interrompendo o circuito e, desse modo, protege os fios da instalação e os aparelhos elétricos nela conectados” (BONJORO, 1984, P.86).

Entretanto, verificou-se que o fusível não seria o melhor dispositivo para se acoplar no ventilador e servir de dispositivo de segurança, uma vez que ocorreu um avanço ao que tange estes dispositivos, deixando assim o fusível ultrapassado. Com base em pesquisas e estudos averiguou-se que o termostato é mais eficiente que o fusível, sendo mais atual e com uma mão de obra melhor. Uma vez acoplado e acionado o fusível como dispositivo de segurança para o ventilador ele deve ser descartado, não sendo reutilizável. Por outro lado, o termostato após acionado pode ser reutilizado por 10.000 ciclos com corrente, ou seja, haverá menos descarte de materiais no meio ambiente (WEG, 2011)

Dentre as diversas áreas da Engenharia Mecânica uma em especial chama atenção, qual seja a Eletrodinâmica. É notório que o contato com os fenômenos abordados pela eletrodinâmica diariamente, tanto na natureza como em casa, desde a formação de um raio até o funcionamento de uma hidrelétrica.

O ventilador é um aparelho muito utilizado em residências para reduzir a energia térmica e aumentarmos a circulação do ar e o uso errôneo deste acarreta a queima. Assim, surgiu o interesse e a necessidade de aumentarmos a vida útil dos ventiladores. E mais além, achamos importante o presente estudo no campo social, científico, econômico e ambiental, uma vez que o consumidor terá diminuição de gastos com um novo eletrodoméstico, acarretando menos descarte de materiais no meio ambiente, visando à sustentabilidade (COSTA, 2005).

O presente trabalho tem como escopo abordar: “O termostato como dispositivo de segurança para ventilador”, esta pesquisa objetiva a possibilidade de acoplar um dispositivo de segurança para evitar a queima do ventilador.

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Neste enfoque, surge o problema principal, que se insere no âmbito da Engenharia Mecânica, a ser elucidado por esta pesquisa: Como evitar que venha queimar o ventilador através de um aumento de corrente elétrica?

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a possibilidade de acoplar um dispositivo de segurança que possa evitar a queima do ventilador

1.3.2 Objetivos Específicos

Em acordo com o objetivo geral, têm-se os seguintes objetivos específicos que servem como caminho para a obtenção dos resultados esperados:

- Conceituar Ventilação e sua origem
- Explicar sobre ventilação no ambiente de trabalho
- Analisar o conforto térmico
- Identificar os tipos de ventiladores existentes
- Verificar os resultados obtidos através da implantação de um protetor térmico bimetálico, denominado termostato para evitar a queima do ventilador.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORIGEM HISTÓRICA DA VENTILAÇÃO

A ventilação, conforme alguns estudos empíricos surgiu dos povos da antiguidade. Pode-se observar no percurso histórico que os romanos utilizavam a indução da ventilação natural através do fogo. Marcos Vitrúvio Polião deixou o ensinamento de que a ventilação natural foi o sistema mais utilizado até o fim do século XVIII.

Segundo Clezar e Nogueira (1999) um dos mais antigos sistemas de ventilação foi projetado para as Casas do Parlamento Inglês, no século XVII, o físico Sir Christopher Wren estava na direção do projeto. Apesar de mal sucedido, este sistema pode ser considerado como o primeiro sistema de ventilação para edifícios, sendo o marco inicial da história da ventilação.

Por muitos anos as preocupações referentes às questões de ventilação (por exemplo, questão da salubridade de ambientes) foram deixadas de lado. Na década de 40 são evidenciados dois autores clássicos sobre ventilação. O primeiro foi Alden, J. L., com a publicação *Design of Industrial Ventilation System* com a primeira edição datada em 1939 e Hemeon, W. C. L., cuja obra foi *Plant and Process Ventilation* publicado pela primeira vez em 1954. Posteriormente, só em 1985 é que este ramo da Engenharia voltou a despertar o interesse de pesquisadores, como por exemplo, Howard D. Goodfellow, autor do livro *Advanced Design Of Ventilation Systems for Contaminant Control* (CLEZAR e NOGUEIRA, 1999).

Todos esses autores supracitados contribuíram para o conhecimento atual sobre a ventilação, conforme defendido por Costa (2005) a ventilação permitiu uma grande evolução ao que tange o conforto ambiental, sendo indispensável na moderna técnica de construções.

2.2 VENTILAÇÃO

A ventilação é um dos ramos do desenvolvimento tecnológico e está presente no meio social, uma vez que é aplicada em quase todas as atividades humanas. Costa (2005, p.117) no livro que discorrem a cerca da ventilação industrial intitula o primeiro capítulo como “generalidades”, deixa clara a ideia de que ventilação “é um processo de renovação do ar de um recinto” e este possui um objetivo principal, qual seja o de “controlar a pureza e o descolamento do ar em um ambiente fechado”.

Ventilação nas palavras de Montenegro (1984, p.4) é “a ação do vento” e segundo Costa (2005), ventilação é quando o ar de um recinto é renovado, possui o objetivo de controlar a pureza e o deslocamento do ar.

Quando se fala em ventilação não pode ser deixado de citar a sua funcionalidade, uma vez que ela é fundamental para que haja o equilíbrio térmico do ser humano. Adentrando o campo da ventilação, pode-se observar a sua classificação quanto ao sistema de ventilação, sendo este a natural ou espontânea e a artificial ou forçada (COSTA, 2005).

Nas palavras de Costa (2005, p.35) a ventilação natural ou espontânea se traduz como sendo “diferença de pressão natural” podendo ser provocada por ventos e gradientes de temperatura.

Um ponto que chama a atenção e deve ser observado, é que a ventilação artificial ou forçada pode também ser nominada como ventilação mecânica. Clezar e Nogueira (1999, p.75) mostram que a ventilação mecânica é “aquela obtida através do uso de equipamentos mecânicos”. Costa (2005, p.75) acerca da ventilação mecânica mencionam que “sempre que os meios naturais não proporcionam o índice de renovação de ar desejado, ou ainda, como elemento de segurança nas condições de funcionamento precário da circulação natural do ar”.

Ainda, a ventilação mecânica pode ser subdivida em: ventilação local exaustora e ventilação geral diluidora.

Quanto aos tipos de ventilação mecânica Clezar e Nogueira (1999) ensinam que:

Ventilação local exaustora (VLE), a qual é realizada por meio de um equipamento captor de ar junto à fonte poluidora. É um tipo de ventilação indicada para situação em que as fontes de poluição sejam perfeitamente identificadas e localizadas no interior do ambiente. Ventilação geral diluidora (VGD), a qual proporciona a ventilação de um ambiente, de um modo global. É indicada para situação em que a fonte de poluição do ar não está confinada em pontos perfeitamente identificáveis (CLEZAR e NOGUEIRA, 1999, p.21).

2.3 VENTILAÇÃO E O AMBIENTE DE TRABALHO

É fato que no Brasil as estações climáticas não são bem definidas, uma vez que pode haver variação de temperaturas repentinamente durante o dia ou durante as estações do ano. O calor do verão pode chegar ao registro da temperatura de 40°C trazendo desconfortos e consequências imensuráveis para o ambiente de trabalho (LANDO, 2006).

Quanto aos limites de exposições extremas no ambiente de trabalho Clezar e Nogueira (1999, p.251) entendem “por temperaturas extremas, aquelas que provocam sérios riscos à saúde do trabalhador”. Ainda, os autores mostram que:

O nível de temperatura dos órgãos internos fica estabelecido por meio de um balanço de energia, considerando-se o corpo humano com um volume de controle. Quando exposto a ambientes quentes e perdas de energia mais significativos se resumem nos seguintes mecanismos:

- Ganho de calor. 1- por radiação devido à insolação direta; 2- por radiação entre as superfícies quentes próximas e a pele, quando estas temperaturas superficiais são mais elevadas que a da pele; 3- por convecção junto à superfície da pele, quando a temperatura do ar for superior à da pele; 4- por produção interna de energia em nível celular, decorrendo do metabolismo.
- Perdas de calor. 1- pela vaporização do suor, produzido pelas glândulas sudoríparas; 2- por radiação entre as superfícies próximas e a pele, quando estas temperaturas superficiais são inferiores à da pele; 3- por convecção junto à superfície da pele, quando a temperatura do ar for inferior à da pele (CLEZAR e NOGUEIRA, 1999, p.251).

No mesmo contexto, sobre a temperatura quente no ambiente de trabalho:

Em ambientes quentes a temperatura interna do corpo é mantida dentro de seus estreitos limites através do sangue que vai das áreas de geração de energia para superfície do corpo, transferindo o calor interno dos músculos para superfície do corpo, transferindo o calor interno dos músculos e dos tecidos profundos para a pele. Na pele, a energia que deve ser eliminada do corpo é transferida para o ar. Quando se trabalha em ambientes quentes, além do desconforto geral causado pelo esforço do coração que bate mais rapidamente, aumentando a circulação do sangue para resfriar o corpo, as pessoas podem sentir náuseas, enjoos e até desmaiar, sintomas estes que são indicativos da necessidade de se suspender o trabalho. Em alguns casos estes sintomas podem não ser tão óbvios e os indivíduos podem não perceber o stress a que estão sendo submetidos, aumentando muito os riscos de acidentes. As condições ambientais adversas de calor pode, em prazo o maior ou menor, minar e abalar a resistência dos organismos, favorecendo o estabelecimento de uma série de doenças (SCIGLIANO e HOLLO, 2001, p.8).

Há dados referentes à reação do organismo em temperaturas elevadas, para Scigliano e Hollo (2001, p.9) “há uma perda de eficiência humana de 1,8% para cada grau que a temperatura ambiente subir acima de 27°C, comprometendo a produtividade” e ainda “os acidentes de trabalho aumentam na proporção que o conforto térmico abaixa, podendo crescer 40% quando a temperatura subir 10°C acima do nível do conforto”.

Uma forma de amenizar a sensação térmica é o uso de ventilação natural ou mecânica. Neste sentido, Scigliano e Hollo no capítulo 2 do seu livro “Conforto Térmico em Edifícios Comerciais e Industriais em regiões de Clima Quente”, discorreram a cerca da importância da ventilação:

A ventilação tem importância fundamental na sensação de conforto térmico percebida pelo ser humano. Ela é responsável direta pelo aumento da intensidade dos processos físicos através dos quais o homem transfere seu excesso de calor para o meio que o circunda (SCIGLIANO e HOLLO, 2001, p.8).

Uma vez já denotada a importância da ventilação, minucioso se faz analisar que, a ventilação mecânica é tida como uma forma de amenizar a sensação de desconforto trazida por altas temperaturas:

O ser humano sente frescor frente à corrente de ar de um ventilador, aliviando assim sua sensação de calor. A ventilação, seja ela mecânica ou

natural, aumenta a evaporação do suor e o efeito da condução, aumentando o processo de transferência de calor da pessoa para o ambiente quando o ar se desloca sobre a pele de uma pessoa, devido ao aumento desta evaporação, ela tem a sensação de que a temperatura do ambiente é mais baixa do que na realidade é (SCIGLIANO e HOLLO, 2001, p14).

Vê-se claramente que a ventilação mecânica (no caso exemplificado acima, foi utilizado um ventilador), é um agente promotor do equilíbrio térmico no ambiente de trabalho.

A Consolidação das Leis Trabalhistas no Título II, Capítulo V, denota em seu artigo 176 sobre a ventilação no local de trabalho. Conforme o local de trabalho a ventilação deve ser compatível, a ventilação natural é tida como obrigatória, porém a ventilação artificial será utilizada sempre que a natural não for suficiente para cumprir com as condições de conforto térmico, como segue o teor do artigo supramencionado:

Art. 176 – Os locais de trabalho deverão ter ventilação natural, compatível com o serviço realizado. Parágrafo único- A ventilação artificial será obrigatória sempre que a natural não preencha as condições de conforto térmico” (BRASIL. Decreto Lei nº 5.452, 1943).

Ficou claro e evidenciado que os locais de trabalho deverão ter ventilação natural, todavia quando essa não preencher as condições de conforto térmico a ventilação artificial poderá ser obrigatória. O ventilador é uma ferramenta largamente utilizada para o controle do conforto térmico, uma vez que este é utilizado por um grande número de pessoas e está presente em quase todas as residências, por exemplo, escritórios de trabalho (COSTA, 2005).

Clezar e Nogueira (1999, p.253) ensinam que “O IBUTG é um índice utilizado na indústria para especificação de níveis de exposição a ambientes quentes, seguros para o trabalhador”. E ainda, “como seu próprio nome indica, é um índice (I) obtido a partir da medida de temperatura de bulbo úmido natural (BU) e da temperatura do globo (TG).

A Norma Regulamentadora do Ministério de Trabalho, NR-15, Anexo 3, Portaria nº 3.214, de 8 de julho de 1978., trás os limites de intolerância para exposição ao calor:

1. A exposição ao calor deve ser avaliada através do "Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo" - IBUTG definido pelas equações que se seguem: Ambientes internos ou externos sem carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg}$$

Ambientes externos com carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,1 \text{ tbs} + 0,2 \text{ tg}$$

onde:

tbn = temperatura de bulbo úmido natural

tg = temperatura de globo

tbs = temperatura de bulbo seco.

2. Os aparelhos que devem ser usados nesta avaliação são: termômetro de bulbo úmido natural, termômetro de globo e termômetro de mercúrio comum.

3. As medições devem ser efetuadas no local onde permanece o trabalhador, à altura da região do corpo mais atingida (NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. NR-15 - Atividades e Operações Insalubres. 2009.).

Como uma medida de controle para a exposição excessiva de calor, é adotado um descanso no próprio local de trabalho bem como o descanso fora do ambiente de trabalho, levando sempre em consideração o índice IBUTG. Para Clezar e Nogueira (1999), além dessas duas medidas de segurança, existem quatro parâmetros como forma mais importante de controle sobre condições de trabalho envolvendo conforto térmico, sendo elas:

a) temperatura do ar: permite o controle da troca de calor por convecção ; b) umidade do ar: permite o controle sobre o processo evaporativo; c) velocidade do ar: permite o controle tanto da parte convectiva de calor, bem como da parcela evaporativa do balanço energético; d) temperatura das superfícies próximas: permite o controle da troca de calor por radiação entre as superfícies vizinhas e a superfície corpórea (CLEZAR e NOGUEIRA, 1999, p.259) .

Portanto, é possível através do uso ventilador através da ventilação mecânica, proporcionar o conforto térmico tão desejado no ambiente de trabalho, para aumentar a produtividade e diminuir riscos de problemas de estado físico e mental para o ser humano.

2.4 CONFORTO TÉRMICO E A QUALIDADE DO AR EM AMBIENTES

O conforto térmico está diretamente ligado à ventilação, uma vez que segundo ASHRAE (1999) “é o estado mental que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda”.

Um conceito mais abrangente sobre conforto térmico é trazido pelo novo projeto da NBR 16401-3, no qual denota:

Conforto térmico pode ser definido como o estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico e a temperatura do corpo como um todo. Como existem grandes variações fisiológicas e psicológicas de pessoa para pessoa, é muito difícil satisfazer a todos em um mesmo ambiente. Por esse motivo, pode-se afirmar que as condições ambientais que resultam em conforto térmico não são as mesmas para todos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA, 2017, p. 2).

Segundo Kroemer e Grandjean (2005) é através da condução, convecção, radiação e evaporação, que o homem realiza as trocas de calor. Deste modo, a troca de calor depende de variáveis, como por exemplo, as vestimentas, o tipo de intensidade da atividade realizada, a temperatura superficial, como também a presença de radiação solar direta, temperatura, umidade e velocidade do ar.

Segundo esse pensamento, o novo projeto da NBR 16401-3 aduz:

São 6 as principais variáveis que devem ser consideradas na definição de conforto térmico. Existem outras variáveis que afetam o conforto em algumas circunstâncias, mas as principais abordadas por esta parte da Norma são: 1. Taxa metabólica; 2. Isolamento da vestimenta; 3. Temperatura do ar; 4. Temperatura radiante média; 5. Umidade do ar; 6. Velocidade do ar. As duas primeiras são variáveis relativas aos ocupantes, e as demais ao ambiente térmico (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA, 2017, p. 2).

Conforme denota Kromer e Grandjean (1998, p. 293) “a sensação de desconforto pode ser um incômodo ou até um tormento, conforme a intensidade da perturbação do equilíbrio calórico”. Logo, zona de conforto pode ser conceituada como sendo:

Zona de conforto faixa de variação bidimensional (geralmente representada sobre a carta psicrométrica da temperatura operativa e umidade relativa do ar na qual se prevê condições de aceitabilidade térmica para valores particulares de velocidade do ar, taxa metabólica e isolamento de vestimenta) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA, 2017, p. 9).

Como descrito no capítulo 2.3 da presente pesquisa, o ambiente de trabalho, por exemplo, influencia na eficiência humana, logo, pode-se dizer que o conforto térmico é um estado mental.

Pela linha de pesquisa que aqui se desenvolveu, é possível verificar que o uso do ventilador é uma ferramenta viável no combate ao desconforto térmico. No dia a dia as pessoas sentem-se mais confortáveis, dispostas e mais produtivas em ambientes agradáveis.

Portanto, o ventilador é tido como uma ferramenta de custo/benefício acessível para a maior parte das classes da população.

2.5 RAÇÃO DE AR POR PESSOA

Sobre razão do ar por pessoa Costa (2005, p.31) afirma que “para locais onde a contaminação do ar se deve unicamente às pessoas que os ocupam, pode-se calcular a quantidade de ar necessária à ventilação”, ainda, o autor traz a conceituação de razão do ar como sendo “uma quantidade de ar recomendada por pessoa, em função da finalidade do ambiente a ventilar”.

A ventilação geral diluidora com o fim de aplicações gerais, possui critérios de razão de ar por número de pessoas. Clezar e Nogueira (1999, p.85), discorrem que “para locais com pé direito normal e onde ocorre a aglomeração de

peçoas, tais como cinemas, teatros, ginásios de esportes etc.” a vazão do ar conforme alguns critérios podem ser calculados.

Com base no número de trocas de ar por hora, que por ser um método empírico pouco rigoroso deve ser utilizado com reservas, a vazão de ar externo é obtida por:

$$Q_e = N \cdot V$$

Onde

N = número de trocas de ar por hora

V = volume de ambiente, m^3

Com base na razão de ar por pessoa, para remover odores e fumaça. A vazão de ar externo é obtida por:

$$Q_e = Q_p \cdot (n^\circ \text{ de pessoas})$$

Onde Q_p é a razão de ar por pessoa em $[(m^3/h)/\text{pessoa}]$.

Valores de N e de Q_p podem ser encontrados na literatura específica (CLEZAR e NOGUEIRA, 1999, p.85).

Neste contexto, Clezar e Nogueira (1999) completam o ensinamento de que:

Pode-se observar que para as situações em que se deseja remover apenas os contaminantes emitidos pelos ocupantes do recinto, até oito trocas de ar por hora são suficientes. O limite superior da faixa é recomendado para a remoção de calor e valor d'água em zonas temperadas. Em climas quentes sugere-se o dobro dos valores [...] Em ambientes com grande aglomeração de pessoas fumantes, deve-se utilizar o dobro dos valores sugeridos (CLEZAR e NOGUEIRA, 1999, p. 86).

Conforme demonstrado pela “tabela 1” pode-se verificar a razão de ar por pessoa:

Tabela 1: Razão de ar por pessoa

Local	M³/h	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
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: NBR 6401, 1980)

Conforme “tabela 2” pode-se verificar a troca de ar por hora (N):

Tabela 2: Trocas de ar por hora, (N)

Situação	Trocas de ar por hora - N
Auditórios e salas de reuniões	4-6
Padarias	20-30
Bancos	2-4
Salões de banquete	6-10
Salões de bilhar	6-8
Casas de caldeiras	20-30
Lanchonetes	10-12
Cantinas	4-6
Igrejas	0,5-1
Cinemas e teatros	10-15
Salões de clubes	8-10
Salões de dança	6-8
Salões de tingimento de tecidos	20-30
Salas de máquinas	20-30
Oficinas	6-10
Fundições	20-30
Salas de fornos	30-60
Garagens	6-8
Hospitais, geral	4-6
Cozinhas	10-20
Laboratórios	4-6
Lavatórios	10-15
Lavanderias	20-30
Escritórios	4-6
Salões de pintura	30-60
Câmaras escuras (fotografia)	10-15
Casas de carnes	6-10
Restaurantes	6-10
Salas de aula	2-3
Residências	1-2
Piscinas internas	20-30
Cabines de passageiros (navios)	10-20
Compartimentos de alimentos (navios)	10-30

(Fonte: CLEZAR e NOGUEIRA, 1999)

Para fins de complementação do entendimento dos ilustres autores, têm-se o seguinte exemplo:

Em um escritório privado, cuja área é de 15m² e pé direito de 3m². Trabalham 05 (cinco) pessoas. Calcule a vazão de ar externo:

A resolução deste cálculo pode ser feita através de duas equações segundo Clezar e Nogueira (1999). Conforme verifica-se nas equações (1) e (2):

Com base no número de trocas de ar por hora é calculado a vazão de ar externa pela Equação 1.

$$\begin{aligned} Q_e &= N \cdot V \\ Q_e &= 6 \cdot 45 \\ Q_e &= 270 \text{ troca de ar por hora} \end{aligned} \quad (1)$$

Onde:

Q_e = vazão de ar externa m³/h
 N = número de trocas de ar por hora
 V = volume de ambiente, m³

Com base na razão de ar por pessoa é calculado a vazão de ar externa pela Equação 2.

$$\begin{aligned} Q_e &= Q_p \cdot (\text{nº de pessoas}) \\ Q_e &= 42 \cdot 5 \\ Q_e &= 210 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{pessoa} \end{aligned} \quad (2)$$

É garantida a adequada renovação do ar de interior dos ambientes climatizados, ou seja, de no mínimo 27m³/pessoas. Ainda, é adotado para fins de regulamento técnico os ambientes climatizados, ar de renovação e a boa qualidade do ar interno. (BRASIL, 1998)

2.6 VENTILADORES

Clezar e Nogueira (1999, p.231) ensinam que ventiladores são “estruturas mecânicas para converter energia mecânica de rotação, aplicadas em seus eixos, em aumento de pressão do ar”. Ainda, para fins de complementação:

Ventiladores são turbomáquinas geratrizes ou operatrizes, também designadas por máquinas turbodinâmicas, que se destinam a produzir o

deslocamento dos gases. Analogamente ao que ocorre com as turbobombas, a rotação de um rotor dotado de pás adequadas, acionado por um motor, em geral o elétrico, permite a transformação da energia mecânica do rotor nas formas de energia que o fluido é capaz de assumir, ou seja, a energia potencial de pressão e a energia cinética. Graças à energia adquirida, o fluido (no caso o ar ou os gases) torna-se capaz de escoar em dutos, vencendo as resistências que se oferecem ao seu deslocamento, proporcionando a vazão desejável de ar para a finalidade que se tem em vista (MACINTYRE, 1990, p. 157).

Macintyre (1990) denota a importância de se estudar os ventiladores:

Já tivemos necessidade de nos referirmos aos ventiladores nas instalações de renovação de ar por insuflamento e por exaustão e por ambas. É imprescindível que nos detenhamos a estudar, embora sem grande profundidade, essas máquinas usadas nas indústrias não apenas em ventilação e climatização, mas também em processos industriais, como indústrias siderúrgicas nos altos-fornos e em sinterização; em muitas indústrias nas instalações de caldeiras; em pulverizadores de carvão, em queimadores, em certos transportes pneumáticos e em muitas outras aplicações. O ventilador é estudado como uma máquina de fluido incompressível, uma vez que o grau de compressão que nele se verifica é tão pequeno, que não é razoável analisar seu comportamento como se fosse uma máquina térmica. Quando a compressão é superior a aproximadamente $2,5 \text{ kgf cm}^{-2}$, empregam-se os turbocompressores, cuja a teoria de funcionamento, em princípio, é a mesma que a dos ventiladores, havendo porém a necessidade de levar em consideração os fenômenos termodinâmicos decorrentes da compressão do ar e os aspectos inerentes ao resfriamento dessas máquinas (MACINTYRE, 1990, p. 157).

Há uma classificação técnica dos tipos de ventiladores existentes, que podem ser classificados quanto ao nível energético de pressão, modalidade construtiva, forma das pás, número de entrada de aspiração no motor e número de rotores.

Conforme Macintyre (1990) “a classificação segundo o nível energético de pressão que estabelecem, os ventiladores podem ser”:

Baixa pressão: até uma pressão efetiva de $0,02 \text{ kgf. cm}^{-2}$ ($200 \text{ mm H}_2\text{O}$); média pressão: para pressões de $0,02$ a $0,08 \text{ kgf. cm}^{-2}$ (200 a $800 \text{ mm H}_2\text{O}$). Ex., Ventilador Higrotc Radial TIP série 1.800 e 4.800 IRT. Pressões de 125 a $890 \text{ mm H}_2\text{O}$; Alta pressão: para pressões de $0,08$ a $0,250 \text{ kgf.cm}^{-2}$ (800 a $2.500 \text{ mm H}_2\text{O}$). Ex., Ventilador Higrotc PA-série 2.300. pressões de 125 a $2,413 \text{ mm H}_2\text{O}$ e vazões até $101.000 \text{ m}^3/\text{h}$; muito alta pressão: para pressões de $0,250 \text{ kgf}$

cm^{-2} a 1,00 kgf . com -2 (2.500 a 10,000 mmH₂O) (MACINTYRE, 1990, p.157).

Segundo a modalidade construtiva, Macintyre (1990) define como sendo:

Centrífugos, quando a trajetória de uma partícula gasosa no rotor se realiza em uma superfície que é aproximadamente um plano normal ao eixo, portanto, uma espiral; Hélico-centrífugos, quando a partícula em sua passagem no interior do rotor descreve uma hélice sobre uma superfície de revolução cônica cuja geratriz é uma linha curva; axiais, quando a trajetória descrita por uma partícula em sua passagem pelo rotor é uma hélice descrita e uma superfície de revolução aproximadamente cilíndrica (MACINTYRE, 1990, p. 157).

Quanto à classificação sobre a forma de pás, os ventiladores centrífugos são subdivididos em:

Pás de perfil aerofólio inclinadas para trás: são os de maior eficiência entre os centrífugos. São aplicados em sistemas de aquecimento ventilação e ar-condicionado. Usados em tamanhos grandes para aplicações onde o ar é limpo e a economia de energia significativa. Pás retas inclinadas ou curvadas para trás: de rendimento um pouco inferior que o anterior, possui as mesmas aplicações. Também é usado em algumas instalações industriais onde a pá aerofólio não é aceitável devido ao ambiente corrosivo ou abrasivo. Pás radiais: o mais simples e o menos eficiente de todos os centrífugos. Usados basicamente para transporte de materiais em plantas industriais. Também utilizado para aplicações que exigem altas pressões de trabalho. Pás curvadas para frente: O rendimento é menor que o dos ventiladores aerofólio e o dos de pás retas, Normalmente de construção leve e de baixo custo. Usado basicamente em sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado de baixa pressão. Ex. fornalhas domésticas, centrais de ar-condicionado, aparelhos de ar-condicionado de janela e equipamentos "roof top" (OTAM, 2003 p. 76).

Os ventiladores axiais conforme Costa (2005) é utilizado para a “extração do ar, em que as diferenças de pressões necessárias são pequenas”. Clezar e Nogueira (1999, p.239) completam o ensinamento sobre ventiladores axiais deixando claro que “os ventiladores axiais são menos eficientes e mais ruidosos do que ventiladores centrífugos”.

Quanto à classificação sobre a forma de pás, os ventiladores axiais são divididos em:

Propeller: o rendimento é baixo. A hélice tem construção barata e é limitada a aplicações de baixa pressão. Aplicados como circuladores de ar e para ventilação através de paredes sem a presença de dutos. Tuboaxial: Algo mais eficiente que o propeller, é capaz de desenvolver mais pressão. Aplicados a sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado de baixa e média pressão onde a distribuição do ar a jusante não é crítica. Também usados em aplicações industriais como fornos, usados em aplicações industriais como fornos.

Vaneaxial: Um bom projeto das pás permite capacidade de média e alta pressão aliada a um bom rendimento. Aplicados em sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado de baixa, média e alta pressão. É vantajoso quando se quer uma instalação compacta e quando o ventilador precisa estar em linha com os dutos (OTAM, 2003, p. 76).

Segundo o número de entradas de aspiração do rotor, pode-se subdividir em entrada unilateral ou simples aspiração e entrada bilateral ou dupla aspiração. A Entrada de aspiração do rotor unilateral possui apenas uma boca de sucção para entrada do fluido. Por sua vez, a entrada de aspiração dupla ou entrada bilateral:

O rotor é de forma tal que permite receber o líquido por dois sentidos opostos, paralelamente ao eixo de rotação, construtivamente, o rotor de dupla sucção nada mais é que a justaposição de dois rotores de simples sucção pelo costado. Nas bombas de entrada bilateral, tendo uma forma simétrica em relação a um plano normal ao eixo, o rotor equivale hidráulicamente a dois rotores simples montados em paralelo e é capaz de elevar, teoricamente, uma descarga dupla, daquela que se obteria com o rotor simples. O empuxo longitudinal do eixo, que ocorre nas bombas de entrada unilateral em razão da desigualdade de pressão nas faces das coroas do rotor, é praticamente equilibrado nas bombas de rotores bilaterais, também chamados geminados, em virtude da simetria das condições de escoamento. Geralmente, o rendimento dessas bombas é muito bom, o que explica seu largo emprego para descargas médias. Para permitir a montagem do eixo com o rotor (ou os rotores), a carcaça da bomba é bipartida, isto é, constituída de duas seções separadas por um plano horizontal à meia altura do eixo e aparafusadas uma à outra (BRASIL, 2010, p.85).

Para Macintyre (1990, p.158) a classificação referente ao número de rotores se dá pelo “simples estágio, com um rotor apenas” que “é o caso mais usual”

e o “duplo estágio, com dois rotores montados num mesmo eixo”. O autor completa a conceituação quanto ao duplo estágio:

“o ar, após passar pela caixa do 1º estágio penetra na caixa do 2.º estágio com a energia proporcionada pelo 1.º rotor (menos as perdas_ e recebe a energia do 2º rotor, que se soma à do 1.º estágio. Conseguem-se assim pressões elevadas, de ordem de 3.000 a 4.000 mm H₂O”. (MACINTYRE, 1990, p.158)

Além desta classificação técnica, os ventiladores podem ser classificados por uma forma usual, “existem diversos tipos de ventiladores, dos menores e mais portáteis, aos grandes ventiladores e exaustores, que variam de acordo com a necessidade de cada ambiente”, por exemplo, ventilador de teto, ventilador de mesa, ventilador de parede, ventilador de coluna, ventilador de teto e exaustor (VINHAS, [201-?]).

O ventilador de mesa é usado em boa parte das residências, possui uma ventilação mais direcionada e por ser móvel pode ser usado em qualquer parte da casa. Esse ventilador não fica suspenso e é portátil, possui três velocidades e uma base de aproximadamente 40cm e com grade feita em aço (VINHAS, [201-?]).

O ventilador de parede é geralmente usado em grandes espaços, como empresas, igrejas, lojas e outras construções de maior porte. É fixado na parede e não no teto, possuindo uma área de circulação de em média 20m². Este tipo de ventilador é instalado conforme a ventilação natural do ambiente, para que o efeito seja ainda maior (VINHAS, [201-?]).

O ventilador de coluna é sustentado por uma coluna que normalmente é regulável, pode-se dizer que este é um ventilador “alto” que permite variações de posições e ângulos (VINHAS, [201-?]).

Segundo Vinhas ([201-?]) o ventilador de teto é eficiente em termos de circulação de ar a distribuição do vento é mais uniforme e direta por estar acoplado no teto e não ter nada em sua frente. Normalmente possui de duas a três pás (VINHAS, [201-?]).

Os exaustores possuem o intuito de melhorar a qualidade em locais que possuem vapor de água, gordura e fuligem, nesse caso o exaustor faz a retirada do ar (possivelmente poluído) do ambiente. Além do exaustor de coifa de fogão, há

também o exaustor que se localiza nas regiões mais altas das residências, gerando uma circulação vertical, ou seja, o ar quente sobe e é mandado para fora e o ar fresco entra através de aberturas espalhadas pela casa (VINHAS, [201-?]).

2.7 DILATAÇÃO LINEAR

Sampaio e Calçada (2005, p. 174) denotam que “a temperatura do corpo está relacionada com a agitação de suas moléculas”, assim “quando a temperatura aumenta, aumenta também a agitação das moléculas”, isso acarreta “um aumento da distância entre elas”, ou seja, “uma expansão (ou dilatação) do corpo”.

Assim como para os gases, um dos efeitos da variação da temperatura é a variação de dimensões em corpos sólidos e líquidos. Esta variação é nominada Dilatação Térmica. (SÓ FÍSICA, 2008)

Considerarmos uma barra homogênea, por exemplo, de comprimento L_0 a uma temperatura inicial θ_0 . Quando esta temperatura é aumentada até uma $\theta (>\theta_0)$, observa-se que esta barra passa a ter um comprimento $L (>L_0)$. Com isso é possível concluir que a dilatação linear ocorre de maneira proporcional à variação de temperatura e ao comprimento inicial L_0 . Mas ao serem analisadas barras de dimensões iguais, mas feitas de um material diferente, sua variação de comprimento seria diferente, isto porque a dilatação também leva em consideração as propriedades do material com que o objeto é feito, este é a constante de proporcionalidade da expressão, chamada de coeficiente de dilatação linear (α). Assim podemos expressar: $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$ A unidade usada para α é o inverso da unidade de temperatura, como: $^{\circ}\text{C}^{-1}$ (SÓ FÍSICA, 2008).

De forma geral, os corpos, ao serem aquecidos, têm suas dimensões aumentadas. A esse fenômeno damos o nome de dilatação térmica. Em um dia quente, por exemplo, uma porta oferece mais dificuldade para ser aberta, pois a madeira se expande (SAMPAIO e CALÇADA, 2005).

Segundo Sampaio e Calçada (2005) a chamada dilatação linear é tida como a dilatação em todo o corpo, porém a dilatação é mais expressiva (linear) no sentido do comprimento, por isso chamamos de dilatação linear, como exemplo pode-se citar a dilatação no comprimento: trilhos de trem, cabos de energia elétrica, arestas de cubos e entre outras.

Utiliza-se a equação da dilatação linear para se calcular e/ou projetar algum tipo de dispositivo de segurança ou até mesmo o espaço que se deve deixar entre trilhos e trem, conforme é verificado na “equação 3”:

O cálculo de dilatação linear se dá pela equação 3.

$$\Delta L = L_o \cdot \alpha \cdot \Delta \theta \quad (3)$$

onde:

ΔL = variação de comprimento (m);

L_o = comprimento inicial (m);

α = coeficiente de dilatação linear ($^{\circ}\text{C}^{-1}$);

$\Delta \theta$ = variação de temperatura ($^{\circ}\text{C}$);

2.8 LÂMINA BIMETÁLICA – TERMOSTATO

Como citado anteriormente, dilatação linear é utilizada no cotidiano, por exemplo, na construção de lâminas bimetálicas, que é conceituada como sendo:

Duas placas de materiais diferentes, e portanto, coeficientes de dilatação linear diferentes, soldadas. Ao serem aquecidas, as placas aumentam seu comprimento de forma desigual, fazendo com que esta lâmina soldada entorte. As lâminas bimetálicas são encontradas principalmente em dispositivos elétricos e eletrônicos, já que a corrente elétrica causa aquecimento dos condutores, que não podem sofrer um aquecimento maior do que foram construídos para suportar. Quando é curvada a lâmina tem o objetivo de interromper a corrente elétrica, após um tempo em repouso a temperatura do condutor diminui, fazendo com que a lâmina volte ao seu formato inicial e reabilitando a passagem de eletricidade (SOFISICA, 2018).

A Lâmina bimetálica é formada por duas lâminas muito finas, de metais diferentes, e fortemente ligada. Uma das aplicações dessas lâminas é servir como termostato (dispositivo que liga ou desliga ao atingir determinada temperatura). Elas são colocadas em circuitos elétricos de modo que, quando a temperatura desejada é

atingida, as lâminas adquirem uma curvatura tal que ligam (ou desligam) o circuito. (SAMPAIO e CALÇADA , 2005)

Segundo o manual técnico WEG, pode-se conceituar o protetor térmico bimetálico:

São sensores térmicos do tipo bimetálico com contatos de prata normalmente fechados, que se abrem abrem ao atingir determinada elevação de temperatura quanto a temperatura de atuação do bimetálico baixa, este volta a sua forma, original instantaneamente permitindo o fechamento dos contatos novamente (WEG, 2011, p.36).

Um dos tipos de protetor térmico existente é o termostato como supracitado, ele é constituído das lâminas bimetálicas:

Os termostatos podem ser destinados para sistemas de alarme, desligamento ou ambos(alarme e desligamento) de motores elétricos trifásicos. Em motores, os termostatos são instalados nas cabeças de bobinas de fases diferentes e ligados em série com a bobina do contator (WEG, 2011, p. 37).

O termostato foi utilizado com a função de desligamento, para atingir a finalidade de dispositivo de segurança para ventiladores. O manual técnico WEG (p. 37, 2011), trás a informação que “os termostatos de desligamento deverão atuar na temperatura máxima do material isolante” e “os termostatos também são utilizados em aplicações especiais e motores monofásicos” e “nessas aplicações, o termostato pode ser ligado em série com a alimentação do motor, desde que a corrente do motor não ultrapasse a máxima corrente admissível do termostato”.

Conforme ilustrado pela “figura 1” pode-se verificar o aspecto interno e externo do termostato:

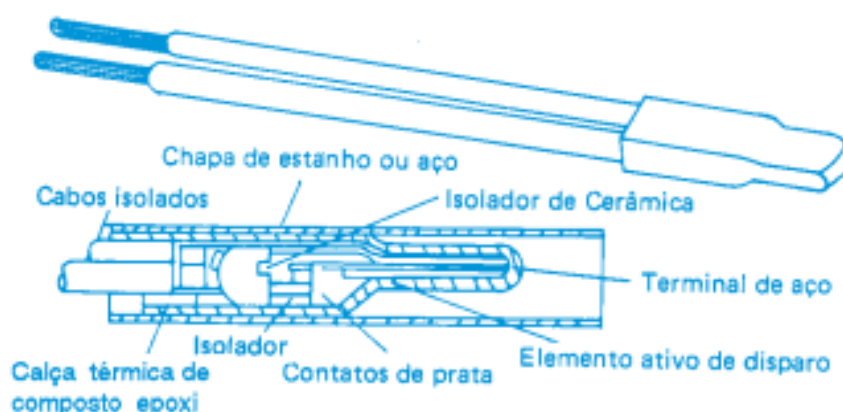


Figura 1: visualização do aspecto interno e externo do termostato

(Fonte: WEG, 2011)

Ainda, os termostatos podem ser classificados por classe:

As classes de isolamento utilizadas em máquinas elétricas e os respectivos limites de temperatura conforme ABNT NBR 17094 e IEC 60034-1, são as seguintes: Classe A (105°C); Classe E (120°C); Classe B (130°C); Classe F (155°C); Classe H (180°C) (WEG, 2011)

As principais causas que contribuem para o sobreaquecimento dos motores segundo Filho (2000) são a “obstrução da ventilação, temperatura ambiente elevada, variação excessiva da tensão e da frequência da rede, bloqueio do rotor, sobrecarga excessiva”.

É válido destacar que “os termostatos também são utilizados em aplicações especiais de motores monofásicos”. Deste modo, “o termostato pode ser ligado em série com a alimentação do motor, desde que a corrente do motor não ultrapasse a máxima corrente admissível do termostato”. Caso isso ocorra “o termostato deve ser ligado em série com a bobina do contator. Os termostatos são instalados nas cabeças de bobinas de fases diferentes”. (WEG, 2011, p.7)

2.9 MOTORES ELÉTRICOS

Motor elétrico segundo o manual de especificação de motores elétricos WEG (2011, p. 6) é “a máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica”. Os motores elétricos são divididos em dois grandes grupos:

a) motor de corrente contínua: são motores de custo mais elevados e, além disso, precisa de uma fonte de corrente contínua, ou de um dispositivo que converta a corrente alternada comum em contínua. Podem funcionar com velocidade ajustável entre amplos limites e se prestam a controles de grande flexibilidade e precisão. Por isso seu uso é restrito a casos especiais em que estas exigências compensam o custo muito mais alto da instalação e da manutenção. b) motores de corrente alternada: são mais utilizados, porque a distribuição de energia elétrica é feita normalmente em corrente alternada. Os principais tipos são: motor síncrono: funciona com velocidade fixa, ou seja,, sem interferência do escorregamento; utilizado normalmente para grandes potências (devido ao seu alto custo em tamanhos menores). Motor de indução: funciona normalmente com uma velocidade constante, que varia ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo. Devido a sua grande simplicidade robustez e baixo custo, é o motor mais utilizados de todos sendo adequado para quase todos os tipos de máquinas acionadas, encontradas na prática. Atualmente é possível o controle da velocidade dos motores de indução com o auxílio de inversores de frequência (WEG, 2011, p. 6).

Os motores de corrente contínua podem ser fabricados com três diferentes características:

a) Motores de série: são aqueles em que a corrente de carga é utilizada também como corrente de excitação, isto é, as bobinas de campo são ligadas em série com as bobinas do induzido. Estes motores são podem operar a vazio, pois sua velocidade tenderia a aumentar indefinidamente, danificado a máquina; b) motores em derivação: são aqueles em que o campo está diretamente ligado à fonte de alimentação e em paralelo com o induzido. Sob tensão constante, estes motores desenvolvem uma velocidade constante e um conjugado variável de acordo com a carga; c) Motores compostos: são aqueles em que o campo é constituído de duas bobinas, sendo uma ligada em série e a outra em paralelo com o induzido. Estes motores acumulam as vantagens do motor série e do de derivação, isto é, possuem um elevado conjugado de partida e velocidade aproximadamente constante no acionamento de carga variáveis (FILHO, 2006, p. 264)

“No Brasil, o sistema de alimentação de motores pode ser monofásico ou trifásico”(WEG, 2011, p.18)

Os sistemas monofásicos são utilizados em serviços domésticos, comerciais e rurais, enquanto os sistemas trifásicos, em aplicações industriais, ambos com frequência de rede em 60 Hz. As tensões trifásicas mais usadas nas redes industriais são: Baixa tensão: 220 V, 380 V e 440 V. Alta tensão: 2.300 V, 4160 V e 6.600 V. As tensões monofásicas padronizadas no Brasil são as 127 V e 220 V. (WEG, 2011, p. 18).

Como existe um grande número de motores de corrente alternada a presente pesquisa se limita a estes, mais especificamente motor elétrico monofásico:

Um outro tipo de motor de indução monofásico merece citação. Trata-se de motor de pólos sombreados, também chamado de motor “shaded-pole”. Ele é extremamente barato e aplicado para potências inferiores 0,1 cv, tipicamente em pequenos aparelhos domésticos. Seu rendimento é muito baixo, porém não inviabiliza sua aplicação, dadas as baixíssimas potências envolvidas. Seu rotor é do tipo gaiola e estator é constituído por uma simples bobina enrolada sobre um pólo saliente (FILHO, 2000, p. 216)

Pode-se visualizar pela “figura 2” a vista lateral do motor do ventilador Arno Turbo Silencioso F30:



Figura 2: Vista lateral do motor do ventilador

(Fonte: AUTOR, 2018)

O termostato como dispositivo de segurança para ventilador é acoplado o mais próximo possível da bobina, conforme “figura 3”, pois é o local onde ele vai ter mais contato com a energia térmica.



Figura 3: Instalação do termostato

(Fonte: WEG, 2011)

2.10 TERMOSTATO COMO DISPOSITIVO DE SEGURANÇA PARA VENTILADORES

A escolha do termostato como dispositivo de segurança para ventilador se deu através da sua funcionalidade, uma vez que este possui:

Excelente Precisão de acionamento; Suporta até 50 kg de pressão no enrolamento da bobina, tem alta condutividade térmica e sensível a temperatura; Sensível apenas a temperatura, disco bimetálico sem influência de corrente; Podem ser customizados de acordo com a sua necessidade cabos e encapsulamentos; Baixo custo para proteção térmica de máquinas e equipamentos eletrônicos; Longa vida útil (REVTERM, 2016).

O termostato foi projetado para entrar em atuação em 130°C, conforme a recomendação do fabricante. Quando o motor chegar nesta temperatura o ventilador irá ser desligado, quando a temperatura for reduzida a abaixo dos 130°C ele voltará a funcionar normalmente fazendo com que o ventilador não queime dispensando o uso da manutenção técnica especializada (WEG, 2011, p.16).

Os motores WEG utilizam as classes de isolamento B (130°C), F (155°C) e H (180°C). São projetados para trabalhar em um ambiente com temperatura de até 40°C em uma altitude de até 1000m. O delta T (ΔT) é a diferença de temperatura entre o bobinado do motor e a temperatura ambiente, ou seja, os motores standard com isolamento “B” possuem um delta ΔT de 80°C, e assim para as isolações, “F” (105°C) e “H” (125°C). Dessa forma, a temperatura na parte interna do motor (nas bobinas) classe B pode atingir no máximo 130°C. Esta temperatura não é a mesma encontrada na parte externa do motor. Isto se deve a dissipação do calor pelos componentes do motor, principalmente pela carcaça (corpo) do motor e pela ventilação que o motor possui. A temperatura realmente importante é a do bobinado, pois esta deve obedecer a sua classe de isolação, contudo ela nem sempre é de fácil acesso e obtenção. Era comum, antigamente, verificar o aquecimento do motor, medindo, com a mão, a temperatura externa da carcaça. No entanto, deve-se utilizar instrumentos de medição adequados (WEG, 2011)

Conforme especificações do ventilador ARNO turbo silencioso SF30, em sua parte inferior consta informações elétricas, a tensão elétrica é de 127 V e a potência é de 55 W, conforme “figura 4” usando a “equação 4”.



Figura 4: Vista inferior do ventilador

(Fonte: AUTOR, 2018)

A corrente é calculada pela Equação 4.

$$P = i \times U \quad (4)$$

$$i = \frac{P}{U}$$

$$i = \frac{55}{127}$$

$$i \approx 0,43A$$

onde:

P = potência (W)

U = diferencial de potência (V)

i = corrente elétrica (A)

O valor da corrente encontrado pela “equação 4” é de aproximada 0,43A. Pois, este valor está abaixo da corrente nominal do termostato, logo ele pode ser instalado e realizar a sua função de limitar sua temperatura. Os fios que são enrolados para formar a bobina do motor são projetados para 200°C. Nesses são colocados isolantes (esmalte sintético de natureza orgânica) para limitar a temperatura de trabalho, os motores mais usuais é de classe B limitando a 130°C. Se a temperatura da bobina ultrapassar determinado valor, o material isolante de recobrimento dos fios acaba sendo queimado, colocando as bobinas em curto-circuito (WEG, 2011).

Após serem percorridas as conceituações técnicas e devidas explicações, verifica-se que a função da instalação do protetor térmico bimetálico (termostato) é puramente a de evitar a queima de componentes elétricos do ventilador, como por exemplo, a queima do motor.

3 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

O presente trabalho de conclusão de curso foi baseado em uma pesquisa, conforme Gil (1991), a pesquisa é o procedimento racional e sistemática com objetivo de proporcionar resposta aos problemas apresentados. A forma de pesquisa adotada neste trabalho, é a experimental, segundo Koche (1997) na pesquisa experimental o investigador analisa o problema, constrói as devidas hipóteses e trabalhará manipulando os possíveis fatores e também as variáveis, que referem-se aos problemas observados. O objetivo da presente pesquisa é o desenvolvimento de um protótipo que será acoplado em um ventilador para evitar a queima decorrente da má utilização.

O método de abordagem é o qualitativo, Oliveira (2002) demonstra que este é fundamental para lapidar o grande volume de informação bruta recebida e interpretar da melhor maneira possível. Abordagem qualitativa é utilizada para se ter uma compreensão dos problemas, cuja razão e motivos são transparecidos pela pesquisa.

3.1 EXECUÇÃO DO PROJETO

Para a execução da pesquisa foi utilizado um ventilador da marca Arno Turbo Silencioso modelo SF 30, conforme demonstrado pela “figura 5”:



Figura 5: Ventilador Arno Turbo Silencioso SF30 vista frontal

(Fonte: AUTOR, 2018)

Conforme vislumbrado pela “figura 6”, utilizou-se também um termostato.



Figura 6: Termostato Bimetálico.

(Fonte: AUTOR, 2018)

O termostato “figura 6” utilizado é o termostato B12 A 1305 087H:

Pertence a um grupo de Termostatos de segurança, funcionando com interrupção dupla de corrente, agindo instantaneamente quando alcança a temperatura desejada. A corrente não passa pelo Bimetal, com isso o Termostato não é sensível a corrente. A presença de calor é sentida por todos os lados, por convecção ou irradiação em meios gasosos ou sólidos. O emprego da carcaça eletricamente não isolada resulta numa melhor capacidade de condução do calor, para o interior do termostato. A montagem do termostato numa carcaça isolada é própria para a instalação direta na fonte de calor. A carcaça é eletricamente isolada através de um Termoencolhível (REVTERM, 2009).

É válido ressaltar que “o termostato pode ser aplicado como regulador de temperatura em máquinas aparelhos elétricos”, por exemplo, em motores elétricos trifásicos, motores elétricos monofásicos, geradores, conversores, transformadores, bobinas, eletroímãs, fornos, modeladores, duchas, aquecedores, instalações elétricas e instalações de máquinas (REVTERM, 2009).

A escolha do termostato como dispositivo de segurança para ventiladores se deu pelas vantagens deste dispositivo, demonstrada por sua vida útil, conforme informação do revendedor RevTerm (2009), a vida útil deste é de 10.000 ciclos com carga. Também, o termostato possui características dimensionais compactas, conforme “figura 7”, logo o mesmo pode ser customizado de acordo com a necessidade cabos e encapsulamentos com um baixo custo para proteção térmica de máquinas e equipamentos eletrônicos (REVTERNM, 2009).

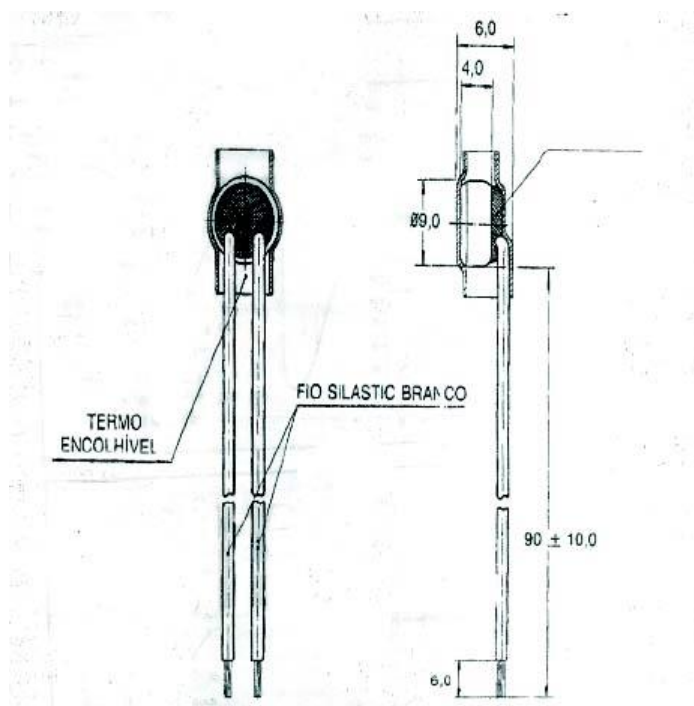


Figura 7: Características dimensionais do Termostato

(Fonte: REVTERM, 2009)

Para fins de execução do protótipo fez-se uso de algumas ferramentas como: uma Chave *Phillips*, estanho em fio, um ferro elétrico para solda e um alicate de corte.

A elaboração do protótipo foi trabalhosa, uma vez que o processo é delicado com minuciosos detalhes ao se tratar da fiação.

Primeiramente foi removida a capa protetora sendo retirados os 04 (quatro) parafusos do ventilador Arno Turbo Silencioso SF30 com o uso da chave *Phillips*, posteriormente houve a remoção da barra guia e logo após a caixa de engrenagem para ter acesso à bobina onde se localiza o fusível térmico.

O fio que estava ligado no fusível térmico foi cortado com o alicate e o mesmo foi removido. Foi substituído o fusível original de fábrica pelo termostato, pois o fusível é descartável assim que acionado, logo a sua vida útil é de apenas uma elevação de energia térmica (130°C) essa energia térmica máxima é dada pelo fabricante. Por sua vez o termostato possui vida útil longa suportando 10.000 ciclos com carga (REVTERM, 2009).

Assim, o fio que fazia ligação com o fusível térmico passou a fazer ligação com o termostato. Como o fusível térmico no ventilador já vinha selecionado

para ser ativado em 130°C foi acoplado o termostato para também ser acionado em 130°C, mantendo assim a mesma característica de preservação. Para a ligação ser feita utilizou-se a solda com o estanho em fio e em seguida fez-se a remontagem das peças que anteriormente foram retiradas.

Pode-se observar o termostato acoplado no ventilador conforme ilustrado pela “figura 8”:



Figura 8: Termostato acoplado

(Fonte: AUTOR, 2018)

O termostato foi instalado o mais próximo possível da maior fonte de calor fornecida pelo motor. O termostato pode ser ligado em série com a alimentação do motor, porém a corrente do motor não pode ser maior do que a máxima corrente admissível do termostato (WEG, 2011).

Conforme dados obtidos pelo manual técnico Microtherm a corrente nominal do termostato B 12 A 13005 087H é de 6.3A e a corrente máxima sob condição de falha é de 30A (MICROTHERM, 2011).

Após acoplar o termostato como dispositivo de segurança no ventilador Arno turbo silencioso SF30, o mesmo foi ligado na tomada com tensão de 127 V e estava em perfeito funcionamento.

Para comprovar que de fato o termostato é um dispositivo de segurança para ventilador foi realizado o procedimento de testagem. O primeiro teste foi em data de 12 de outubro de 2018 às 14h00min, a temperatura neste dia estava 32°C. A corrente do rotor foi bloqueada acarretando ativação do dispositivo de segurança, o mesmo chegou a temperatura de acionamento do termostato e parou de funcionar. Após o resfriamento o ventilador voltou a o perfeito funcionamento.

A temperatura ambiente é, no máximo 40°C, por norma, e acima disso as condições de trabalho são consideradas especiais. A diferença entre a temperatura média e do ponto mais quente não varia muito do motor para motor e seu valor estabelecido em normal, baseado na prática é 5°C, para as classes A e R, 10°C para as classes B e F e 15°C para a classe H (WEG, 2011, p. 36).

Posteriormente, foram realizados cinco testes em dias alternados com diferenciação na temperatura ambiente: 05 de dezembro de 2018 (temperatura 27°C), 06 de dezembro de 2018 (temperatura 25°C), 07 de dezembro de 2018 (temperatura 22°C), 10 de dezembro de 2018 (temperatura 32°C) e 11 de dezembro de 2018 (temperatura 35°C). Todos os testes foram realizados no mesmo horário, sendo este às 14h00min. Em ambos os testes a corrente do rotor foi bloqueada acarretando ativação do dispositivo de segurança, o mesmo chegou a temperatura de acionamento do termostato e parou de funcionar. Após o resfriamento o ventilador voltou a o perfeito funcionamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme esperado após conceituar ventilação e sua origem, explanar sobre a ventilação no ambiente de trabalho e o conforto térmico, verificou-se que a ventilação é importante tanto para o conforto térmico quanto para seguir as diretrizes da legislação.

No uso residencial é mais comum utilizar o ventilador de mesa ou de teto e o uso errôneo deste aparelho em alguns casos acarreta a queima do produto. O termostato como dispositivo de segurança para ventilador veio com o intuito de evitar a queima do aparelho e consequentemente diminuir o descarte de materiais no meio ambiente, gerando uma economia tanto financeira como ecológica.

Após analisar o objetivo principal, qual seja a possibilidade de acoplar um dispositivo de segurança que possa evitar a queima do ventilador, verificou-se que de fato o termostato é um dispositivo de segurança que evita a queima do aparelho ventilador, conforme testes que foram realizados em dias alternados, no mesmo horário e com temperaturas ambientes diferentes.

CONCLUSÃO

A ventilação sempre esteve presente na sociedade possuindo a origem Românica, onde pela primeira vez falou-se em ventilação natural. Com o passar dos anos e adaptações foram surgindo novas conceituações. Hoje há dois tipos de ventilação a natural e a mecânica.

A presente pesquisa versou sobre o termostato como dispositivo de segurança para ventiladores.

Um exemplo de ventilação mecânica é o uso do ventilador que proporciona a renovação de ar e um melhor conforto térmico. No uso residencial é mais comum utilizar o ventilador de mesa e o uso errôneo deste acarreta a queima.

Foi acoplado um termostato no ventilador para evitar a queima devido a sobrecarga no motor. Foram realizados testes que comprovam o funcionamento e a eficácia do termostato como dispositivo de segurança que evita a queima do ventilador, ocasionando menos descarte de resíduos sólidos no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ASHRAE, **ASHRAE Handbook - Fundamentals**, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6401: Instalações centrais de ar-condicionado para conforto - Parâmetros básicos de projeto**. Rio de Janeiro: 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-3: Instalação de ar-condicionado – Sistemas Centrais e Unitários. – Parte 3: Qualidades do ar interior**. Rio de Janeiro: 2008.

BONJORNO, José Roberto. *et al.* **Física: eletromagnetismo, física moderna: 3º ano**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 1984.

BRASIL, Alex N. **Bombas - classificação e descrição**, 2010. Disponível em <https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5817712/LOQ4015/capitulo3_bombasclassificacaoedescricao.pdf> Acesso em: 07 dez. 2018

BRASIL. **Decreto – lei nº 5.452, de 01 de maio de 1943**. Aprova a Consolidação das leis do trabalho. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm> acesso em: 31 ago.2018.

BRASIL. Ministério de Estado da Saúde. Diretrizes de Qualidade do ar. **Portaria 3.523, de 28 de Agosto de 1998**. Disponível em <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1998/prt3523_28_08_1998.html> Acesso em: 12 de dez. 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Limite de Tolerância. **Portaria 3.214 de 08 de junho de 1978 - NR 15 – anexo III**. Disponível em <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15_anexoIII.htm> acesso em: 31 ago. 2018.

CLEZAR, Carlos Alfredo; NOGUEIRA, Antonio Carlos Ribeiro. **Ventilação Industrial**. Florianópolis: ed. Da UFSC, 1999.

COSTA, Ennio Cruz da. **Ventilação**. São Paulo: Edgrd Blucher, 2005.

FILHO, Filippo Guilherme. **Motor de indução**. São Paulo: Érica, 2000.

FILHO, João Mamede. **Instalações elétricas industriais**. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

GIL, Antonio carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

KROEMER, K. H. E. GRANDJEAN, E. Manual e Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LANDO, Carolini Cigolini. **Do conforto térmico no ambiente de trabalho**, 2006. Disponível em <<https://jus.com.br/artigos/48540/do-conforto-termico-no-ambiente-de-trabalho>> Acesso em: 09 dez. 2018.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Ventilação Industrial e Controle de Poluição**. Rio de Janeiro: LTC, 1990.

Manual Técnico MICROTHERM, 2011.

Manual Técnico OTAM; Soler&palau Ventilation Goup, 2003.

Manual Técnico REVTERM, 2009.

Manual Técnico WEG. Motores: Especificação de Motores Elétricos, 2011.

MONTENEGRO, Gildo A. **Ventilação e Cobertas: estudo teórico e descontraído**. São Paulo: Blucher, 1984.

OLIVEIRA, Silvio Luiz de. **Tratado de Metodologia científica: projeto de pesquisas, TGI, TCC, monográficas, dissertações e tese**. São Paulo: Pioneira Thomsons Learning, 2002.

REVERM. **Termostato Bimetálico de Ação Rápida**, 2009. Disponível em <http://www.revterm.com.br/termostato_bimetalico_acao_rapida.htm> Acesso em: 09 dez. 2018.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Universo da Física 2: hidrostática, termologia, óptica**. 2 ed. São Paulo: Atua, 2005.

SCIGLIANO, Sérgio. Hollo, Vilson. **Índice de Ventilação Natural**. São Paulo: Pini, 2001.

SÓ FÍSICA. **Dilatação linear**. Disponível em <<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Dilatacao/linear.php>> Acessado em 07 dez. 2018.

VINHAS, Agostini Laisa. Tipos de ventiladores. **Kerdna**, ([201-?]). Disponível em <<http://www.kerdna.com.br/tecnologia-e-ciencia/ventilador-de-teto/492-tipos-de-ventiladores.html>> Acesso em: 12 dez. 2018.