

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
CEng – Centro de Engenharias
Curso de Engenharia de Produção



Trabalho de Conclusão de Curso

ÍNDICES DE TEMPERATURA EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Dieims Silva Martins

Orientador:
Prof. Dr. Luis Antonio dos Santos Franz

Pelotas, Dezembro de 2018

Dieims Silva Martins

**ÍNDICES DE TEMPERATURA EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA NA REGIÃO
SUL DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do CEng – Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador:

Prof. Dr. Luis Antonio dos Santos Franz

Pelotas, Dezembro de 2018

Dieims Silva Martins

ÍNDICES DE TEMPERATURA EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do CEng – Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Data da defesa: 13 de dezembro, 2018.

Banca examinadora:

.....
Prof. Dr. Luis Franz (Orientador)
Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e pela Universidade do Minho (Portugal)

.....
Prof. Mestre Douglas de Castro Brombilla
Mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Santa Catarina

.....
Prof. Dr. Maria Tereza Pouey Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Dedicatória: Dedico, acima de tudo, à minha família, principalmente minha mãe. Aos meus irmãos de sangue e a todos adquiridos na trajetória até aqui. Por fim, deixo um agradecimento ao Vintage Culture, por produzir a maioria das trilhas sonoras que embalaram o desenvolvimento do estudo.

RESUMO

MARTINS, Dieims. Índices de Temperatura em uma Indústria Alimentícia na Região Sul do Brasil. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Graduação em Engenharia de Produção, CEng – Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

O presente estudo visa a investigação da exposição a temperaturas baixas em uma indústria alimentícia da região sul do Brasil. Buscou-se estabelecer parâmetros de interpretação através das metodologias propostas pela normatização brasileira e as sugeridas pelas normas internacionais. A necessidade do mesmo é justificada pelo setor ser o líder de empregos no Brasil, apresentando um número elevado de afastamento por doenças ocupacionais na região sul. Inicialmente se buscou um alicerce de conhecimento histórico, normativo e metodológico, onde fosse possível alcançar todos os objetivos delineados, com uma referência constante e reconhecida. O estudo enquadra-se como de abordagem quantitativa, com metodologia de caráter exploratório e busca por meio de estudo de caso a caracterização da exposição a temperaturas baixas de colaboradores em diferentes postos de trabalho na empresa objeto de estudo. Os resultados obtidos pelos métodos utilizados para a avaliação termoambiental, permitiram a verificação do enquadramento legal da empresa segundo normas brasileiras, bem como a comparação da eficiência das exigências quando comparado as metodologias mais complexas. Foi possível ainda desenvolver uma discussão aonde se obteve sugestões de melhoria tanto a saúde do colaborador quanto para os custos da empresa.

Palavras-chave: conforto térmico, indústria alimentícia, frio, ergonomia, saúde

ABSTRACT

MARTINS, Dieims. Avaliação dos Índices de Temperatura em uma Indústria Alimentícia na Região Sul do Brasil. 2018. Final project-Graduate course in production engineering, CEng - Centre of engineering, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2018.

The present study aims to investigate exposure to low temperatures in a food industry in the southern region of Brazil. We sought to establish interpretation parameters through the methodologies proposed by the Brazilian standardization and those suggested by international standards. The need is justified by the fact that the sector is the leader of jobs in Brazil, presenting a high number of occupational diseases in the southern region. Initially we searched for a foundation of historical, normative and methodological knowledge, where it was possible to reach all the outlined objectives, with a constant and recognized reference. The study fits as a quantitative approach with an exploratory methodology and seeks, through a case study, the characterization of exposure to low temperatures of employees in different functions in the company under study. The results obtained by the methods used for the thermoenvironmental evaluation allowed the verification of the legality of the company according to the Brazilian standards, as well as the comparison of the efficiency of the requirements when comparing the more complex methodologies. It was also possible to develop a discussion where suggestions were made to improve both employee health and company costs.

Key words: thermal comfort, food industry, cold, ergonomics, health

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Empregados indústria alimentícia Rio Grande do Sul	17
Figura 2	Trabalhadores em frigoríficos, por tempo no emprego	18
Figura 3	Estruturação referencial teórico	20
Figura 4	Participação da Indústria de Alimentação no PIB	22
Figura 5	Métodos de Avaliação da Exposição ao frio	28
Figura 6	Frostbite nas mãos	30
Figura 7	Produtividade em relação a temperatura	31
Figura 8	Mapa das Unidades Climáticas do Brasil	32
Figura 9	Exigências das normas para EPI contra o frio	34
Figura 10	Procedimentos metodologia IREQ	41
Figura 11	Medidor de stress térmico TGD-400	50
Figura 12	Representação área da empresa	53
Figura 13	Distribuição de área fabril	54
Figura 14	Representação 3D área total	54
Figura 15	Planta humanizada setor de congelados	55
Figura 16	Subdivisão Setor Congelados	56
Figura 17	Fluxograma setor de congelados	57
Figura 18	Postos de trabalho selecionados	58
Figura 19	Posto de trabalho 1	59
Figura 20	Uniforme posto de trabalho 1	60
Figura 21	Posto de trabalho 2	60
Figura 22	Uniforme posto de trabalho 2, 3, 4 e 5	61
Figura 23	Posto de trabalho 3	61
Figura 24	Posto de trabalho 4	62
Figura 25	Posto de trabalho 5	63
Figura 26	Divisões postos de trabalho	64
Figura 27	Comportamento WCI em relação aos postos	65
Figura 28	Comportamento das temperaturas conforme o limite para caracterização de frio e do 1º limite para tempo de recuperação térmica	66
Figura 29	Comparação isolamento resultante aos limites IREQ mínimo e neutro	69
Figura 30	Comparação isolamento resultante aos limites de isolamento para alto e baixo risco	70
Figura 31	Comparação tempos de exposição aos limites	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Escala de sensação térmica.....	26
Tabela 2	Sintomas clínicos progressivos de hipotermia.....	29
Tabela 3	Regime de trabalho diário em baixas temperaturas	33
Tabela 4	Poder de resfriamento do vento sobre a pele exposta (tab. D.1 ISO 11079/93)	36
Tabela 5	Sensação térmica em função do WCI	37
Tabela 6	Valores de isolamento de EPI's térmicos	42
Tabela 7	Postos de Trabalho	59
Tabela 8	Parâmetros individuais para cada posto e suas posições	64
Tabela 9	Aplicação WCI	65
Tabela 10	Índice de isolamento resultante postos de trabalho.....	67
Tabela 11	Dados de entrada para o cálculo.....	68
Tabela 12	Resultado aplicação IREQ	69

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Objetivos Geral e Específicos.....	16
1.1.1	Objetivo Geral.....	16
1.1.2	Objetivos Específicos.....	16
1.2	Justificativa.....	16
1.3	Delimitações.....	18
1.4	Estrutura do Trabalho.....	19
2	REVISÃO TEÓRICA.....	20
2.1	Conceituação da Indústria de Alimentos.....	20
2.2	Ergonomia e o Trabalho: Conceitos, Definições e Objetivos.....	22
2.2.1	Abrangência e aplicações da ergonomia.....	23
2.2.2	Conforto térmico.....	24
2.3	Exposição a temperaturas extremas.....	26
2.3.1	Riscos à saúde e medidas de proteção em baixas temperaturas.....	28
2.3.2	Produtividade e Conforto térmico.....	31
2.3.3	Enquadramento Legal e Normativo para Temperaturas Extremas no Brasil ..	31
2.4	Avaliação Termoambiental – Métodos e Limites de Tolerância.....	35
2.4.1	Índice WCI (Wind Chill Index – Sensação Térmica).....	35
2.4.2	Índice de Isolamento de Roupas (IREQ – ISO 11079).....	37
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	49
3.1	Pesquisa.....	49
3.2	Caracterização.....	49
3.3	Aplicação.....	50
3.4	Discussão.....	52
4	RESULTADOS.....	53
4.1	Empresa.....	53
4.2	Setor Analisado.....	55
4.2.1	Estoque 56	
4.2.2	Produção.....	56
4.2.3	Finalização.....	57
4.3	Processo.....	57
4.4	Postos de Trabalho.....	58

4.4.1	Posto de Trabalho 1	59
4.4.2	Posto de Trabalho 2	60
4.4.3	Posto de Trabalho 3	61
4.4.4	Posto de Trabalho 4	62
4.4.5	Posto de Trabalho 5	62
4.5	Avaliação Ambiental	63
4.6	Aplicação dos métodos de avaliação.....	64
4.6.1	Índice WCI	64
4.6.2	Recomendações do Brasil.....	66
4.6.3	IREQ	67
4.7	Discussão	71
4.7.1	Sugestões.....	75
5	CONCLUSÕES.....	77
	REFERÊNCIAS.....	78
	ANEXO A	82
	ANEXO B	84
	ANEXO C	85
	ANEXO D	86
	APÊNDICE A.....	87

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABERGO.....	Associação Brasileira de Ergonomia
ABIA.....	Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação
ACGIH.....	American Conference Of Governmental Industrial Hygienists, em português Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais
ASHRAE.....	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, em português Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado
EPI.....	Equipamento de Proteção Individual
CA.....	Certificado de Aprovação
CLT.....	Consolidação das Leis do Trabalho
CNTA Afins.....	Confederação Nacional dos Trabalhadores nas Indústrias de Alimentação e Afins
IBGE.....	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IREQ.....	Required Clothing Insulation, em português Isolamento Térmico das Vestimentas
ISO.....	International Organization for Standardization, em português Organização Internacional de Normalização
NR.....	Norma Regulamentadora
MTB.....	Ministério do Trabalho
PIB.....	Produto Interno Bruto
PMV.....	Predicted Mean Vote, em português Voto Médio Estimado
RAIS.....	Relação Anual de Informações Sociais
SEPLAN.....	Secretaria do Planejamento e Orçamento
SIT.....	Secretaria de Inspeção do Trabalho
SPGG.....	Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão
SSST.....	Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho
WCI.....	Wind Chill Index, em português Arrefecimento pelo Vento

LISTA DE SÍMBOLOS (VARIÁVEIS)

A_{du}	Área da superfície corporal de DuBois [m^2]
A_r	Área da superfície corporal que troca calor por radiação [m^2]
C	Troca de calor por convecção [W/m^2]
C_e	Calor latente de evaporação [J/kg]
C_p	Calor específico do ar seco a pressão constante [$J/kj_{ar\ seco}$]
C_{res}	Troca de calor por convecção da respiração [W/m^2]
DLE	Tempo limite de exposição [h]
E	Troca de calor por evaporação do suor [W/m^2]
E_{res}	Troca de calor por evaporação da respiração [W/m^2]
f_{cl}	Razão da superfície da área vestida pela área do corpo nu [adimensional]
h_c	Coeficiente de transferência de calor por convecção [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]
h_r	Coeficiente de transferência de calor por radiação [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]
I_a	Isolamento da camada de ar limite [$m^2 \cdot ^\circ C/W$]
I_{cl}	Isolamento básico das vestimentas [clo]
$I_{cl,r}$	Isolamento das vestimentas resultante [clo]
I_T	Isolamento total de roupas e camada de ar limite [$m^2 \cdot ^\circ C/W$]
I_{Tr}	Isolamento total resultante [$m^2 \cdot ^\circ C/W$]
i_m	Índice de permeabilidade [adimensional]
$IREQ$	Isolamento requerido das roupas [clo]
$IREQ_{min}$	Isolamento mínimo requerido das roupas [clo]
$IREQ_{neutro}$	Isolamento neutro requerido das roupas [clo]
K	Troca de calor por condução [W/m^2]
M	Calor metabólico gerado pelo organismo [W/m^2]
p_a	Pressão parcial de vapor no ambiente, para temperatura do ar [kPa]
p_{ex}	Pressão saturada de vapor para a temperatura do ar expirado [kPa]
p_{sk}	Pressão parcial de vapor, para a temperatura da pele [kPa]
$p_{sk,s}$	Pressão saturada de vapor para a temperatura da pele [kPa]
Q	Ganho ou perda de calor pelo corpo [$W \cdot h/m^2$]
Q_{lim}	Valor limite para Q [$W \cdot h/m^2$]

R	Troca de calor por radiação [W/m^2]
R_T	Resistência das roupas e camada de ar à evaporação [$m^2 \cdot kPa/W$]
RT	Tempo de recuperação [h]
S	Taxa de calor armazenado no corpo [W/m^2]
t_a	Temperatura do ar ambiente [$^{\circ}C$]
t_{ch}	Temperatura de resfriamento [$^{\circ}C$]
t_{cl}	Temperatura média da superfície das roupas [$^{\circ}C$]
t_{ex}	Temperatura do ar expirado [$^{\circ}C$]
t_o	Temperatura operativa [$^{\circ}C$]
t_{rm}	Temperatura radiante média [$^{\circ}C$]
t_{sk}	Temperatura local da pele [$^{\circ}C$]
t_{skm}	Temperatura média da pele [$^{\circ}C$]
V	Taxa de ventilação da respiração [kg/s]
v_a	Velocidade do ar [m/s]
v_{ar}	Velocidade relativa do ar [m/s]
W	Trabalho muscular realizado, ou eficiência mecânica, [W/m^2]
w	Fração de pele molhada [adimensional]
W_a	Razão de umidade do ar inalado [$kg_{\text{água}}/kg_{\text{ar seco}}$]
W_{ex}	Razão de umidade do ar expirado [$kg_{\text{água}}/kg_{\text{ar seco}}$]
WCI	Índice de resfriamento do vento [W/m^2]

1 INTRODUÇÃO

Mudanças culturais, econômicas e políticas no decorrer da história contribuíram para transformar não apenas o conceito do que é trabalho, mas também a relação do homem com ele. A necessidade de se preocupar com as condições do trabalhador se mostrou pertinente nessa evolução, tanto para o zelo da saúde do mesmo, quanto para perpetuar sua produtividade. (ALVIM, 2006)

O rendimento do trabalhador está relacionado as condições do ambiente e esta, por sua vez, está diretamente ligada com vários fatores, como exemplo a temperatura. Segundo Slack (1999), “o ambiente imediato no qual o trabalho acontece pode influenciar a forma como ele é executado. As condições de trabalho que são muito quentes ou muito frias (...) vão influenciar na forma como o trabalho é levado avante”. As Normas reguladoras das condições ambientais de trabalho, prescrevem que as mesmas devem estar adequadas às características fisiopsicológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado.

Estudos científicos têm investigado a influência da qualidade térmica do ambiente na produtividade. Uma pesquisa realizada em câmaras de teste com temperatura e umidade controladas analisou a relação entre produtividade, fadiga e estado psicológico. Seus resultados denotaram que a produtividade é maior e a fadiga desenvolve-se mais lentamente em ambiente frio do que em ambientes quentes (NELSON et al., 1987, SILVA, 2001). Ye et al., (2005) ainda destaca que o desconforto térmico eleva o cansaço e irritabilidade do ser exposto, e como consequência aumenta o risco de erros em suas atividades. Em algumas circunstâncias, a exposição ao frio excessivo pode resultar no aumento de movimentos involuntários do corpo para que seja aquecido, como tremores que dificultam o movimento dos dedos.

Além de reduzir a produtividade dos profissionais, a exposição as temperaturas extremas (muito altas ou muito baixas), pode afetar a saúde dos colaboradores. Segundo a Confederação Nacional dos Trabalhadores nas Indústrias de Alimentação e Afins, cerca de dez mil trabalhadores em frigoríficos, no Rio Grande do Sul, estão afastados devido a doenças ocupacionais (CNTA Afins, 2017). Em âmbito nacional a indústria de alimentação é a que mais emprega, com 1,6 milhão de empregos diretos, no setor de transformação. Relatório anual de 2017 divulgado pela Associação Brasileira da Indústrias de Alimentação, além de maior empregador o setor da indústria alimentícia mostrou uma importância de 67 bilhões de dólares para balança comercial do país e um faturamento de mais de 520 bilhões de reais (ABIA, 2017).

O número expressivo de pessoas envolvidas e dependência econômica do país no setor de indústria alimentícia, exige uma maior atenção. Promover um ambiente que seja

confortável é obrigação do empregador e para assegurar isso, o Brasil se apoia em leis trabalhistas e normas reguladoras.

Tendo o exposto, o presente trabalho apresenta como tema a avaliação dos índices de temperaturas em uma indústria alimentícia na região sul do Brasil. O estudo observará aspectos técnicos relacionados a legislação através de normatizações que cabem para o objeto de estudo.

1.1 **Objetivos Geral e Específicos**

1.1.1 **Objetivo Geral**

Investigar os níveis de exposição a temperaturas extremas em uma indústria alimentícia na região sul do Brasil.

1.1.2 **Objetivos Específicos**

- a) Investigar as principais características e desafios em termos de índices térmicos envolvendo a atividades em indústria alimentícia;
- b) Levantar as condições ambientais dos trabalhadores nos postos caracterizados como frio com base nas principais variáveis sugeridas pela literatura;
- d) Analisar e discutir aspectos relativos à exposição a temperaturas extremas;
- e) Caso se mostre pertinente, propor encaminhamentos de melhorias em termos de exposição a temperaturas extremas

1.2 **Justificativa**

O tema se apresenta como de fundamental importância pela grande quantidade de atividades no estado, onde mais de 125 mil pessoas são empregadas no setor industrial alimentício, 52 mil só em frigoríficos, com 20% destes afastados por doenças ocupacionais como mostram dados citados pela CNTA Afins. Atualmente, o estado ocupa o terceiro lugar no Brasil com maior número de trabalhadores em frigoríficos com o setor de supercongelados exibindo o segundo maior crescimento dentro do setor alimentício, 3,1%.

O Rio Grande do Sul apresenta uma participação de quase 10% no total de estabelecimentos e de aproximadamente 8% no total do número de empregados na indústria de Produtos Alimentícios, ocupando a 3ª e 4ª colocações, respectivamente, em número de estabelecimentos e de empregados entre os 27 estados brasileiros. No Rio Grande do Sul existem 4.465 estabelecimentos na indústria de produtos alimentícios, os

quais empregavam 125.255 pessoas, 18% do total de empregados na indústria do Estado. (SPGG, 2017). A Figura 1 demonstra a divisão dos 125.255 colaboradores da indústria alimentícia pelo estado do Rio Grande do Sul.

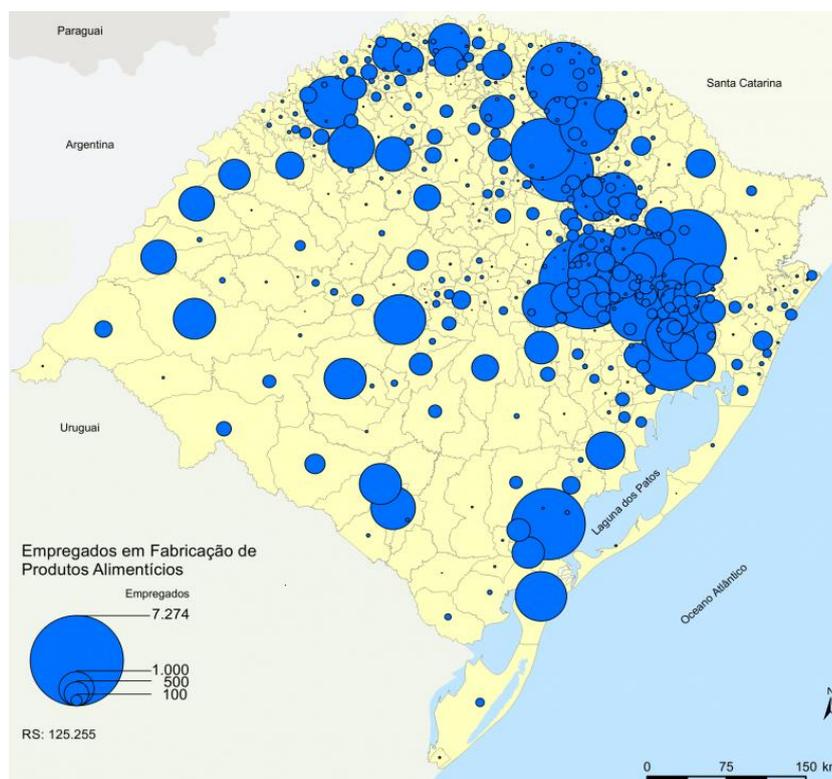


Figura 1 Empregados indústria alimentícia Rio Grande do Sul
Fonte: SPGG – RS 08/2017

Os dados da SPGG (2017), mostram também que os municípios de Porto Alegre, Pelotas e Caxias do Sul concentravam 14% dos estabelecimentos do setor. No que se refere aos empregos, os municípios de Lajeado, Caxias do Sul, Erechim e Pelotas concentravam 17% do total do setor.

As indústrias do setor alimentício estão sob atenção constante do Ministério Público do Trabalho no estado do Rio Grande do Sul. NAKAJO (2017) afirma que já foram constituídas inúmeras forças-tarefas para fiscalizar frigoríficos em razão dos elevados índices de doenças ocupacionais nestes setores. Esta alta incidência de doenças gera uma rotatividade por maior parte dos empregados em frigoríficos. O gráfico a seguir foi gerado a partir dos dados fornecidos por (RAIS, 2012), e demonstram o pouco tempo no emprego da maior parte dos trabalhadores. Cerca de 40% deles possui menos de 1 ano em sua função.

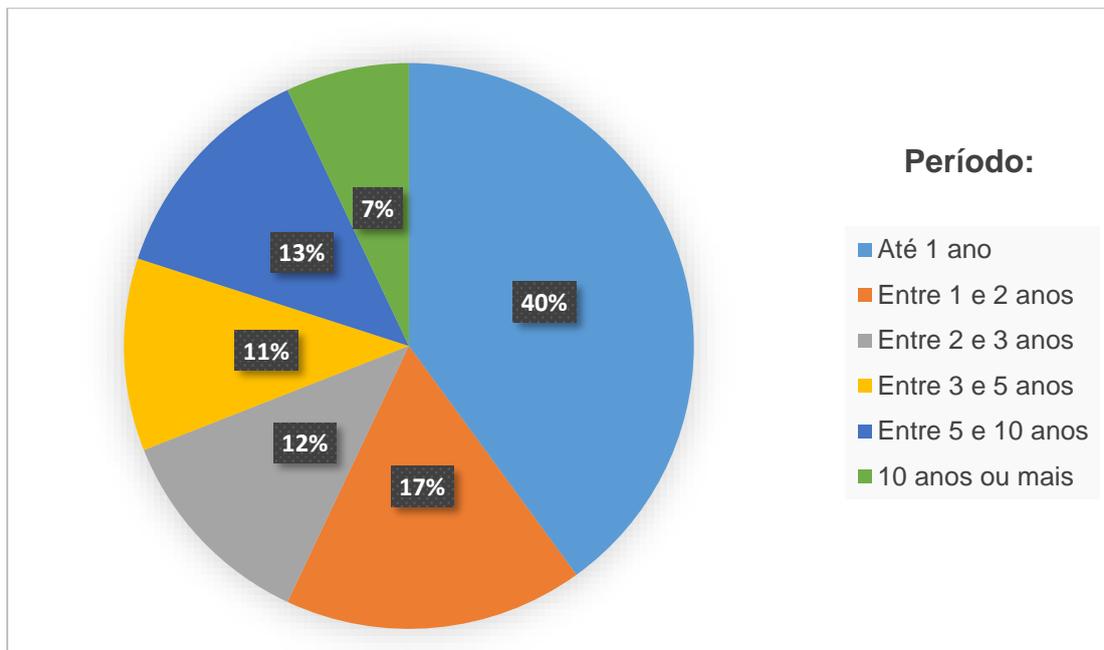


Figura 2 Trabalhadores em frigoríficos, por tempo no emprego
 Fonte: Adaptado pelo autor, dados RAIS 2012

A proposta de uma avaliação ergonômica tem como objetivo principal um compromisso entre eficiência e desempenho do sistema de um lado e a saúde e satisfação dos trabalhadores por outro. Neste sentido, uma análise ergonômica do trabalho em locais de frio intenso, permitirá estabelecer as diretrizes necessárias pela aplicabilidade dos métodos analíticos para a harmonia entre os limites normativos e a sensibilidade e suscetibilidade do trabalhador.

Pode-se considerar como relevante a investigação quanto as condições de trabalho deste setor tão importante economicamente para o Brasil, sendo o setor responsável por empregar o maior número de pessoas no país. Buscar um diálogo entre um trabalho saudável e produtividade justifica a importância deste trabalho.

1.3 Delimitações

O presente trabalho se concentrará na avaliação de um setor em uma indústria alimentícia que trabalha com produtos derivados de frutas e legumes. Os setores de manutenção, administrativo e de secos não serão considerados. Portanto, qualquer extrapolação dos resultados apresentados no presente pode exigir adequações metodológicas ou conceituais.

Este trabalho não contemplará as suscetibilidades (sensações e subjetividades) individuais dos trabalhadores devido a restrições impostas pela empresa para questionamentos aos mesmos, bem como as restrições em divulgação de fotos internas.

O estudo foi desenvolvido de forma a garantir o total sigilo da empresa abrangida por ele. Portanto, intencionalmente, alguns dados que permitam a identificação do local foram suprimidos.

1.4 **Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho estará estruturado em 6 capítulos, descritos da seguinte forma:

No Capítulo 1 está a parte introdutória deste trabalho contendo a introdução, objetivos, as justificativas da pesquisa, delimitações e a estrutura do trabalho.

No Capítulo 2 é apresentada a revisão teórica, seguindo uma sequência inicial com caráter macro, onde é abordado a contextualização da indústria de alimentos no contexto histórico e atual panorama, dando ênfase no cenário nacional do setor industrial alimentício. Na sequência adentrou a ergonomia, suas definições e diretrizes, e então entrou no micro e no assunto principal, que é o estudo referente a temperatura. Mais adiante são discutidas as técnicas e ferramentas que serão abordadas neste trabalho no quesito de conceitos, normatização, aplicações similares e dificuldades encontradas nas realizações destas.

No Capítulo 3 é apresentado a metodologia pela qual o presente trabalho foi elaborado, os procedimentos utilizados para abordar à forma científica do estudo, e as abordagens utilizadas para atingir os objetivos propostos.

No Capítulo 4 é relatado todos resultados referentes a aplicação das técnicas propostas e descritas na revisão teórica, na empresa em estudo, descrevendo os procedimentos práticos no ambiente industrial de acordo com o previsto no capítulo metodologia. Ainda no capítulo é apresentada uma discussão sobre os resultados obtidos, os métodos escolhidos e um diagnóstico final sobre o cenário estudado.

Finalizando o Capítulo 5 trata das conclusões tiradas a partir do trabalho desenvolvido. No Capítulo 6 estão expostas as referências utilizadas para elaboração deste documento.

2 REVISÃO TEÓRICA

O presente capítulo foi dividido de forma a oferecer um aprofundamento gradual nos conteúdos desde ao entendimento quanto a indústria de alimentos até a metodologia de avaliação a exposição dos colaboradores de chão de fábrica sob temperaturas extremas. Para melhor entendimento do leitor, a Figura 3 mostra as subdivisões do conteúdo que será apresentado.



Figura 3 Estruturação referencial teórico
Fonte: Desenvolvido pelo autor

2.1 Conceituação da Indústria de Alimentos

Já nos primórdios de sua existência, o homem utilizava o fogo para transformar os alimentos que obtinha. Também aprendeu diversos métodos para conservá-los, valendo-se do gelo e dos lugares em que a temperatura era baixa, como as grutas e as geleiras nas montanhas. EVANGELISTA (1998) afirma que mesmo estes métodos de conservação sem bases científicas na época, tem conceitos válidos e seguidos ainda hoje. A transformação e conservação dos alimentos teve início muito cedo. O homem pré-histórico percebeu que deveria guardar as sobras do dia de fartura para os de escassez e assim já associou a conservação a sobrevivência (Vasconcelos & Melo, 2010).

A indústria alimentícia é o setor de atividades industriais que engloba as fases; de processos da transformação da matéria-prima, armazenamento, transporte e

comercialização de produtos alimentares e ingredientes (Marcello C., et al., 2017). A matéria prima para o processamento é originária da agricultura, da pecuária e da pesca, e a mesma é submetida aos procedimentos de conservação na fase de armazenamento, o que deve ser feito de modo a evitar sua deterioração ou a perda de qualidades nutritivas, do sabor e outras. Para assim o produto ser transportado e distribuído aos locais de consumo, para comercialização.

A ABIA classifica a indústria alimentícia em diversas áreas, como por exemplo; cereais naturais, industrializados e derivados, laticínios; oleaginosas; indústria açucareira; bebidas; indústria de carnes e o setor da empresa objeto de estudo do presente trabalho frutas e vegetais – processados e conservas. A indústria hortifrutícola compreende a elaboração de produtos alimentícios a partir de frutas e hortaliças. O principal ramo dessa indústria é o de conservas. Com as frutas também se preparam várias bebidas, como sucos, vitaminas ou licores.

No tocante a indústria alimentícia no Brasil, Costa (2009), afirma que a industrialização brasileira apresentou características específicas no decorrer da história, ela ocorreu após as chamadas revoluções industriais e ocupou papel coadjuvante no cenário das nações industrializadas. As características nacionais de ocupação e desenvolvimento econômico não conduziram à concordância de fatores necessários a origem industrial, tal como observado nas nações europeias, por exemplo. As primeiras atividades manufatureiras desenvolvidas no Brasil instalaram-se de forma tímida, ainda no período colonial, destinando-se a suprir com materiais e serviços as necessidades das grandes fazendas de cana-de-açúcar que, em sua maioria, apresentavam localização afastada dos grandes centros urbanos (PRADO JUNIOR, 2000).

Em relatório anual divulgado no ano de 2017, ABIA afirma que o setor industrial alimentício continua como maior empregador com 1,6 milhão de empregos diretos, além de demonstrar uma importância para balança comercial brasileira de US\$ 67 bilhões, onde 33,5 bilhões de dólares são resultado dos alimentos processados.

O crescimento da indústria de alimentos do Brasil impressiona. Ainda segundo ABIA (2017), entre 2010 e 2017 o faturamento da indústria de alimentação nacional cresceu cerca de 94,3%, passando de R\$330,6 bilhões anuais para os atuais R\$642,6 bilhões. Desse modo, podemos concluir que a taxa de crescimento médio da indústria de alimentos brasileira está em torno de 13,4% ao ano.

A economia brasileira, desde meados de 2016, encontra-se num processo de recuperação após a maior recessão enfrentada pelo país na fase republicana, que amargou a queda de 7,5% do PIB em 2 anos consecutivos (Barbosa, 2017). Ao mesmo tempo o ritmo de crescimento da indústria de alimentação é surpreendente e sua importância no PIB do país está igualmente em alta. A indústria da alimentação com a

cifra dos R\$ 642 bilhões faturados, teve uma correlação desse faturamento com o PIB do País da ordem de 9,8% (ABIA, 2017). A figura a seguir mostra o importante crescimento sólido da indústria de alimentação na participação do PIB brasileiro, mesmo em um período econômico fragilizado em termos de consumo.

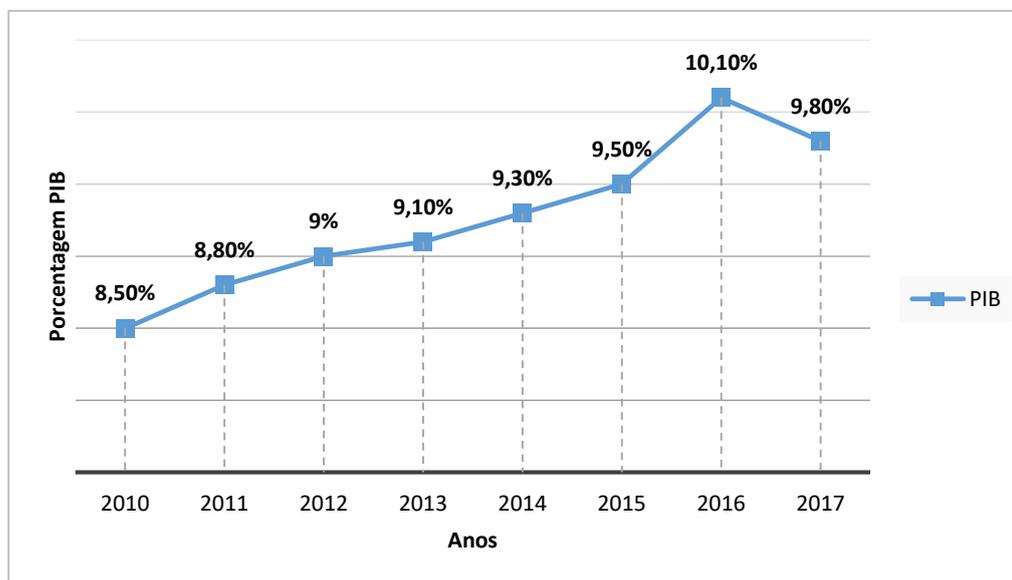


Figura 4 Participação da Indústria de Alimentação no PIB
Fonte: Adaptado pelo autor, dados ABIA 2017

2.2 Ergonomia e o Trabalho: Conceitos, Definições e Objetivos

A palavra Ergonomia deriva do grego *ergon* (trabalho) e *nomos* (normas, regras, leis). É o estudo científico da relação entre o homem e o seu ambiente de trabalho baseado em normas. A definição da ergonomia é a concepção de adaptar o trabalho ao homem, correlacionando à uma demanda específica e passando por transformações de acordo as atividades humanas (ABERGO, 2000; VIGO et al., 2010). A ergonomia vai além do trabalho executado com máquinas e equipamentos utilizados para transformar materiais, ela abrange qualquer situação em que ocorre a interação entre o homem e uma atividade produtiva. IIDA (2005), complementa afirmando que a ergonomia engloba tanto o ambiente físico como o organizacional, ela tem uma perspectiva ampla, abrangendo atividades como o planejamento e o projeto, o antes do trabalho ser realizado, e as atividades de controle e avaliação que ocorrem durante e após o trabalho.

Entende-se como ergonomia um estudo relacionado a compreensão das interações entre os seres humanos e outros sistemas, aplicação de teorias, princípios, dados e métodos com a finalidade de aperfeiçoar o bem-estar humano e a sua performance. A ergonomia colabora para o planejamento, projeto e a avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas a fim de torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas no ambiente de trabalho (ABERGO,

2000). Também procura aperfeiçoar o relacionamento entre o homem e seu trabalho, de forma confortável e produtiva (IIDA, 2005). Basicamente busca adaptar o ambiente de trabalho e equipamentos envolvidos de acordo com às características do trabalhador.

O sentido de modificar os sistemas de trabalho tem como objetivo adequar a atividade às características, habilidades e principalmente limitações das pessoas baseando-se em critérios como o conforto, a eficiência, e a segurança. Para VIDAL (2014), a relação de adequação entre as interações humanas presentes nas atividades de trabalho entre ambiente e os demais componentes dos sistemas de produção constitui a interface deste local, ao qual uma boa interface atende de forma integrada e coerente os critérios de conforto, eficiência e segurança.

Todas as atividades desenvolvidas no ambiente de trabalho envolvem interações do trabalhador com os outros componentes do sistema de trabalho, tais como equipamentos, instrumentos e mobiliários, sintetizando interfaces sensoriais, energéticas e posturais com a organização e o ambiente, formando interfaces ambientais, cognitivas e organizacionais. Ainda VIDAL (2014), corrobora que essas interações acontecem de forma sistêmica, cabendo à ergonomia moldar essas interações e buscar formas para adequação do desempenho, fazendo com que esse ambiente de trabalho esteja confortável, eficiente e seguro frente às capacidades, limitações e demais características de cada pessoa em atividade (VIDAL, 2014).

2.2.1 ***Abrangência e aplicações da ergonomia***

Conforme a etapa em que se encontram os projetos dentro do ambiente de trabalho, pode-se introduzir melhorias muito significantes através das contribuições ergonômicas. Dentro dessa compreensão, as contribuições ergonômicas classificam-se em dois tipos: ergonomia de sistemas de produção ou macroergonomia, e dos postos de trabalho, também denominada microergonomia (SCOPEL, 2017). Do ponto de vista macro, nos sistemas de produção, a atenção é com o funcionamento de uma equipe de trabalho, utilizando uma ou mais máquinas, partindo da partilha de tarefas entre o homem e a máquina, mecanização de tarefas e assim, englobando toda a cadeia de produção. Já nos postos de trabalho, microergonomia, estuda um segmento do sistema onde o trabalhador está atuando na atividade. Segundo IIDA (2005), está abordagem se faz com a análise da tarefa, da postura e dos movimentos do trabalhador e das suas exigências físicas e psicológicas, considerando um posto de trabalho mais simples. Análise ergonômica ao nível de posto de trabalho, onde o homem opera apenas uma máquina, e as interações que ocorrem entre o homem.

2.2.2 **Conforto térmico**

Segundo a ASHRAE Standard 55-92, o conforto térmico tem como definição do “estado de espírito que expressa satisfação com ambiente térmico”. Hensen (1991) também define como, um “estado em que não há impulsos de condução para corrigir o ambiente pelo comportamento”; com a opinião semelhante à de Givoni (1976) de que o “conforto térmico é a ausência de irritação e desconforto devido ao calor ou frio, e como um estado que envolve prazer”. Alternativamente, “é o estado em que a pessoa está considerando o espaço em que se encontra nem muito quente, nem muito frio, onde está totalmente inconsciente da condição térmica de ambientes”, (Strathclyde 2007). Existe um conceito de todas estas e outras definições em termos de conforto térmico: “conforto térmico é a condição que o indivíduo sente nem muito frio nem muito quente, enquanto vestindo uma quantidade de roupa adequada para a tarefa que eles precisam realizar” (Fanger 1973).

A definição de conforto térmico é não uma condição de estado, mas sim um estado de espírito. O conforto térmico é influenciado pela diferença pessoal, como humor, cultura e outras fatores individuais, organizacionais e sociais (Noel et al. 2010). O julgamento de conforto ou não é um processo cognitivo envolvendo muitos insumos influenciados por fatores físicos, fisiológicos e outros. A definição de conforto térmico é significada pela condição da mente (Lin 2008).

2.2.2.1 **Temperatura neutra e temperatura de conforto**

A neutralidade térmica é definida como a “situação em que o sujeito preferiria nem um ambiente mais quente nem mais frio” (Fanger, 1970). Markus e Morris (1980) dão uma definição similar sobre temperatura neutra: “o estado em que as pessoas julgarão o ambiente eles não ficam nem muito frio nem muito quente, é um tipo de ponto neutro definido pela ausência de qualquer sensação de desconforto ”.

É definido que o voto médio de sensação térmica de sujeitos em temperatura neutra é neutro ou no ponto médio da escala ASHRAE de sete pontos (Tabela 1). Temperatura conforto é a temperatura na qual os sujeitos expressam sentimentos de conforto votando com a categoria média da escala de conforto. Heidari (2000), afirma que a temperatura de conforto pode ser a mesmo que a temperatura neutra. É perceptível que a temperatura neutra ou a temperatura de conforto é o ideal para o grupo.

A partir dessas definições, pode-se concluir apesar da neutralidade térmica ser uma condição necessária, ela não é suficiente para que uma pessoa esteja em conforto térmico. O indivíduo pode muito estar em neutralidade térmica e ao mesmo tempo estar

exposto a um campo assimétrico de radiação, onde certamente não estará em conforto térmico.

2.2.2.2 Bases fisiológicas do conforto térmico

O corpo humano é uma máquina termodinâmica, e tem um termorregulador dinâmico sistema. As principais maneiras do corpo humano produzir calor são o metabolismo, troca de calor com o ambiente e perde calor por evaporação de fluidos corporais (Hensen 1991). As trocas com o ambiente são principalmente por radiação e convecção. Segundo Zingano (2001), setenta e cinco por cento da energia é dissipada pela radiação e convecção, enquanto o equilíbrio de calor é dissipado por evaporação. O desconforto térmico ocorre quando a temperatura do ambiente é maior do que a temperatura do corpo, enquanto é resultado do calor do corpo não pode ser dissipado para o ambiente circundante. A temperatura média normal dos órgãos vitais é próxima dos 37 °C do calor sistemas de controle.

Hensen (1991) definiu ainda que a termorregulação humana tem duas formas de controle: termorregulação automática e termorregulação comportamental. A termorregulação automática é controlada pelo hipotálamo e diferentes ações de controle autônomo do corpo, tais como ajuste de: produção de calor, resistência térmica, resistência térmica interna, secreção de água e evaporação.

A termorregulação comportamental é outra forma que depende de ações de controle, como movimento ativo e ajuste de roupas. Ela está associada à temperatura sensível, bem como à temperatura conforto ou desconforto. Processos de transferência durante repouso e exercício normais. Uma vez que as perturbações térmicas ocorram, o sistema de controle de temperatura do corpo tenta manter essa temperatura. Hensel (1981) sugere que o sistema termorregulador humano é muito mais complicado e incorpora mais princípios de controle do que qualquer outro sistema de controle técnico atual.

2.2.2.3 Abordagem de conforto térmico

As principais abordagens desenvolvidas na literatura para definir conforto são: a abordagem racional ou abordagem de equilíbrio de calor, a abordagem adaptativa, e abordagem de práticas sociais.

A abordagem racional é baseada em laboratórios e câmaras estudos de Fanger (1970); a abordagem adaptativa através de estudos de campo desenvolvidos pesquisas (Aulicicem 1981; de Dear e Brager 1998; Humphreys e Nicol 1998); a abordagem de

práticas não usa quaisquer medidas insistindo que as concepções de conforto térmico desenvolvido por cientistas físicos não conseguem explicar o cultural contexto em que as definições de conforto são criadas.

Fanger (1970), a partir de estudos onde realizou pesquisas em câmaras climatizadas, estabeleceu três condições fisiológicas e ambientais necessárias para que a pessoa se encontre em estado de conforto térmico:

- i) Estar em neutralidade térmica;
- ii) Possuir a temperatura da pele e a taxa de secreção de suor dentro de limites aceitáveis de acordo com a atividade;
- iii) Não estar sujeito a nenhum tipo de desconforto térmico localizado, tais, como assimetria de radiação térmica, correntes de ar indesejáveis, diferenças na temperatura do ar no sentido vertical e contato com pisos aquecidos ou resfriados.

Como método para a avaliação do conforto térmico, a American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), utiliza uma escala com sete pontos psicofísicos, o Predicted Mean Vote (PMV), o qual caracteriza-se por ser um índice de voto prognosticado em sete pontos da escala de sensação térmica. A escala varia de +3 (quente) a -3 (frio);

Tabela 1 Escala de sensação térmica

Pontos	Sensação Térmica
-3	Muito Frio
-2	Frio
-1	Ligeiramente Frio
0	Neutro
1	Ligeiramente Quente
2	Quente
3	Muito Quente

Fonte: adaptado de ASHRAE (2004)

Cada indivíduo atribui um valor entre -3 e 3 para determinada condição térmica ao qual é submetido, porém tal método tem discrepâncias uma vez que, como já citado, o conforto térmico depende de muitas variáveis, ou, segundo a própria ASHRAE (2001), a avaliação do conforto térmico é um processo cognitivo que envolve muitos dados influenciados por aspectos físicos, fisiológicos, psicológicos e outros.

2.3 Exposição a temperaturas extremas

A exposição ao frio em trabalho desenvolvido no interior é um perigo em vários locais do mundo, em particular durante o Inverno, estando também presente em diversos

tipos de atividades desenvolvidas no interior, como por exemplo a indústria de processamento de alimentos, entre outras (Holmer, 2009).

O “stress”, também escrito na língua portuguesa como Estresse, é uma expressão derivada da língua inglesa, que tem por definição:

“Ação inespecífica dos agentes e influências nocivas (frio ou calor excessivos, infecção, intoxicação, emoções violentas tais como inveja, ódio, medo etc.), que causam reações típicas do organismo, tais como síndrome de alerta e síndrome de adaptação”. - Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa, Encyclopaedia Britannica do Brasil, 1975.

O estresse térmico, pode ser considerado como o estado psicofisiológico a que está submetida uma pessoa, quando exposta a situações ambientais extremas de frio ou calor.

Segundo COUTO (1978), o homem consegue tolerar variações de temperaturas entre – 50 °C até 100 °C, desde que o mesmo esteja adequadamente protegido. Não obstante está ampla faixa de variações externas, COUTO (1978) complementa, o homem não consegue suportar a variações superiores a 4 °C na sua temperatura interna sem que haja comprometimento da capacidade física e mental.

Visando manter a temperatura corpórea ao redor de 37 °C, o organismo então lança mão de uma série de mecanismos, conforme COUTO & BARROS (1996), o organismo reage ao frio através de respostas fisiológicas.

Embora em número bem mais reduzido que no caso de ambientes quentes, ambientes de baixas temperaturas e seus efeitos sobre o homem também encontram-se estudados, sendo que o principal índice para determinar a situação de stress térmico por frio, é conhecido por Índice de Isolamento Requerido de vestimentas (IREQ), desenvolvido por Holmer em 1984.

Na Figura 5 apresentam-se os métodos propostos pela comunidade científica para caracterizar as várias formas de resfriamento. Se para o resfriamento global do corpo e resfriamento pelo vento os métodos atuais são consensuais, para outras formas de stress térmico os modelos existentes ainda apresentam limitações em termos de relevância e validação (OLIVEIRA, 2006). Por este motivo, neste ponto desenvolvem-se apenas as metodologias de avaliação estabelecidas, nomeadamente o índice do Isolamento Térmico do Vestuário Requerido, IREQ (para o resfriamento global do corpo) e o índice de Arrefecimento pelo Vento, WCI (para o resfriamento pelo vento).

		Método de Avaliação da Exposição ao frio	
Tipos de Stress Térmico	Resfriamento Global do Corpo	Isolamento Térmico do Vestuário Requerido (IREQ)	
	Resfriamento Local	Resfriamento das Extremidades	Modelos de Previsão do Resfriamento das Mãos
		Resfriamento pelo Vento	Índice de Arrefecimento pelo Vento (WCI)
		Resfriamento por Contato	Modelos e Equações de Previsão da Temperatura Cutânea
		Resfriamento do Aparelho Respiratório	Determinação da temperatura do Ar e Metabolismo

Figura 5 Métodos de Avaliação da Exposição ao frio
 Fonte: adaptado de (Holmér, 2000b).

2.3.1 *Riscos à saúde e medidas de proteção em baixas temperaturas*

Holmer (2009) indica que o frio é um risco para a saúde e pode afetar a segurança e o desempenho no trabalho. O organismo das pessoas expostas a condições de temperaturas extremas torna comum as queixas quando em trabalho, provocando sintomas adversos à saúde e ainda reações individuais ou até coletivas à situação.

Segundo GIAMPAOLI (1985), o aumento da frequência de acidentes em baixas temperaturas está diretamente ligado à perda de destreza manual. GOLDSMITH (1989) corrobora e afirma que a habilidade no trabalho, no tocante à exposição ao frio, depende de duas funções, no cérebro e nos membros. Membros podem sofrer manifestações de paralisia e até fornecer imprecisão nos movimentos, enquanto através do cérebro podem ocorrer sintomas de confusão mental e de dificuldade na coordenação.

Se um indivíduo não pode compensar as perdas calóricas, ou não é adequadamente preparado, a exposição ao ambiente frio pode resultar em sérias consequências (BUZANELLO, 2003). Em sua pesquisa HADLER (2001) apontou distúrbios articulares como artrites e reumatismo ao nível de membros, desencadeados pelos efeitos do frio. A Tabela 2 demonstra os efeitos da diminuição progressiva da temperatura de núcleo sobre o organismo.

Tabela 2 Sintomas clínicos progressivos de hipotermia

Temperatura Interna		SINTOMAS CLÍNICOS
°C	°F	
37,6	99,6	Temperatura retal normal
37	98,6	Temperatura oral normal
36	96,8	Taxa metabólica aumenta para compensar as perdas de calor
35	95	Calafrio máximo
34	93,2	Vítima consciente e com resposta, com pressão arterial normal
33	91,4	Hipotermia severa abaixo desta temperatura
32	89,6	Consciência diminuída: dificuldade de tomar a pressão
31	87,8	sanguínea, dilatação da pupila, mas ainda reagindo à luz. Cessa o calafrio
30 / 29	86 / 84,2	Perda progressiva da consciência: aumento da rigidez muscular, pulso e pressão arterial difíceis de determinar, redução da frequência respiratória
28	82,4	Possível fibrilação ventricular, com irritabilidade miocárdica
27	80,6	Parada do movimento voluntário; as pupilas não reagem à luz; ausência de reflexos profundos e superficiais
26	78,8	Vítima raramente consciente
25	77	Fibrilação ventricular pode ocorrer espontaneamente
24	75,2	Edema pulmonar
22 / 21	71,6 / 69,8	Risco máximo de fibrilação ventricular
20	68	Parada cardíaca
18	64,4	Vítima de hipotermia acidental mais baixa de recuperar
17	62,6	Eletroencefalograma isoeétrico
9	48,2	Vítima de hipotermia por resfriamento artificial mais baixa de recuperar

Fonte: Adaptado de ACGIH, ABHO (1999)

Segundo Gallois (2002), destacam-se os principais riscos decorrentes da exposição ao frio:

- Hipotermia: O balanço térmico não é mantido pelos métodos para produção de calor, isso acarreta na diminuição da temperatura corpórea, ocorrendo a hipotermia. A temperatura central cai e o hipotálamo perde a capacidade termorreguladora.
- Predisposição para acidentes: A exposição ao frio intenso implica em um aumento na tendência do trabalhador em realizar alguma operação de risco, podendo resultar em acidente pela diminuição da habilidade manual.
- Predisposição para doenças de vias respiratórias: a oscilação da temperatura, muitas vezes de forma bruscas e em curtos espaços de tempo, influencia no aparecimento de doenças pulmonares, gripes e etc., uma vez que as vias respiratórias se encontram resfriadas, o que possibilita a patogênese de germes e comensais;

- Agravamento de doenças reumáticas: em um organismo exposto ao frio, as articulações são submetidas a alterações, o que provoca prejuízo ao movimento, resultando em artralgias, muito semelhantes às artrites reumatóides (BUZANELLO, 2003);
- Complicações dermatológicas: especialmente nas extremidades (mãos, pés, face, orelhas...), as lesões produzidas nos tecidos pela ação do frio apresentam manifestações diversas.

A seguir as principais complicações na pele estudadas por Ali (1994), com suas próprias definições;

O eritema pérmio é uma lesão que acomete as extremidades distais, resultam da constrição das arteríolas superficiais da pele em estase capilar. São lesões eritematosas ou arroxeadas, pode haver queimação e prurido local, aparecimento de bolhas, ulcerações rasas e posterior descamação e lesões na face.

A moléstia de Raynaud é uma hipersensibilidade idiopática ao frio e estresse, ocorrendo alterações do mecanismo vasomotor. Mais incidente no sexo feminino, 2ª e 3ª década de vida inicialmente nos 2º e 3º dedos das mãos, nos períodos de crises ocorre isquemia nas extremidades, principalmente nas mãos com cianose, podendo surgir gangrena.

Os trabalhadores que tem seus pés expostos à água fria por longos períodos de tempo apresentam queda da temperatura local, cianose, parestesias, que caracterizam a patologia pé de imersão. A isquemia tecidual torna a extremidade suscetível à infecção.

A urticária pelo frio ocorre nos trabalhadores que tem contato direto das mãos com manivelas, mercadorias ou partes do maquinário no frio.

Frostbite corresponde a lesões que atingem predominantemente as extremidades, devido à intensa vasoconstrição periférica e à deposição de microcristais nos tecidos quando a região exposta entra em contato com temperaturas abaixo de -2°C.



Figura 6 Frostbite nas mãos
Fonte: healthspectra

2.3.2 **Produtividade e Conforto térmico**

A produtividade, dentre outros fatores, é considerada um componente determinante para garantir a competitividade das organizações. Contador (2004), afirma, a produtividade consiste na capacidade de produzir ou o estado em que se dá a produção, tendo como medida a relação entre os resultados da produção efetivada e os recursos produtivos aplicados a ela (produção/recursos).

De acordo com a PRODUCTIVITY SCIENCE (2008), a variação da temperatura acompanha as variações da produtividade humana no trabalho (Figura 7). O pico máximo de produtividade ocorre numa curta faixa de temperaturas, entre 21 °C e 23 °C. Com uma queda de apenas seis graus na temperatura, de 21 °C para 15 °C, existe uma queda na produtividade do funcionário, na ordem de 10%. A nível fisiológico observam-se mudanças nos colaboradores expostos às baixas temperaturas, como vasoconstrição sanguínea, redução da circulação sanguínea periférica (mãos e pés), redução da habilidade manual e até mesmo tremores.

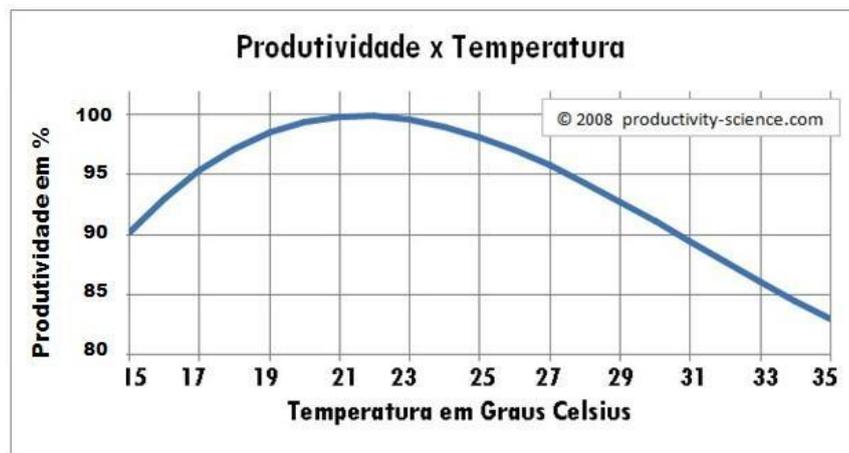


Figura 7 Produtividade em relação a temperatura
Fonte: Productivity Science, 2008

2.3.3 **Enquadramento Legal e Normativo para Temperaturas Extremas no Brasil**

A legislação brasileira referente à exposição ao frio, não institui nenhum método de avaliação para parametrizar as condutas do trabalho frente à exposição ao frio (Gallois, 2002). A responsabilidade pelo estabelecimento das normas de proteção, segurança e saúde do trabalhador conforme a Constituição do Brasil e legislação ordinária ficou a encargo do Ministério do Trabalho e Emprego. Ainda segundo Gallois 2002), as diretrizes que devem ser tomadas durante o trabalho nas condições de exposição ao frio não são

encontradas em uma única norma, estando difundidas no artigo 253 da CLT (Consolidação das Leis do trabalho - Lei 6.514 de 22 de dezembro de 1977) e no anexo nº 9 da norma regulamentadora NR-15 (Atividades e Operações Insalubres) aprovada pela Portaria 3.214 de 08 de junho de 1978.

O anexo 9 da Norma Regulamentadora 15, instituída pela Portaria MTB 3.214/78:

“As atividades ou operações executadas no interior de câmaras frigoríficas, ou em locais que apresentem condições similares, que exponham os trabalhadores ao frio, sem a proteção adequada, serão consideradas insalubres em decorrência de laudo de inspeção realizada no local de trabalho” (MTE, 2015).

O parágrafo único do artigo 253 da CLT (Consolidação das Leis do Trabalho - Lei 6.514 de 22 de dezembro de 1977) cita, “considera-se artificialmente frio, para fins do presente artigo, o que for inferior, na primeira, segunda e terceira zonas climáticas do mapa oficial do MTE, a 15°C, na quarta zona a 12 °C e sexta e sétima zonas a 10 °C.”

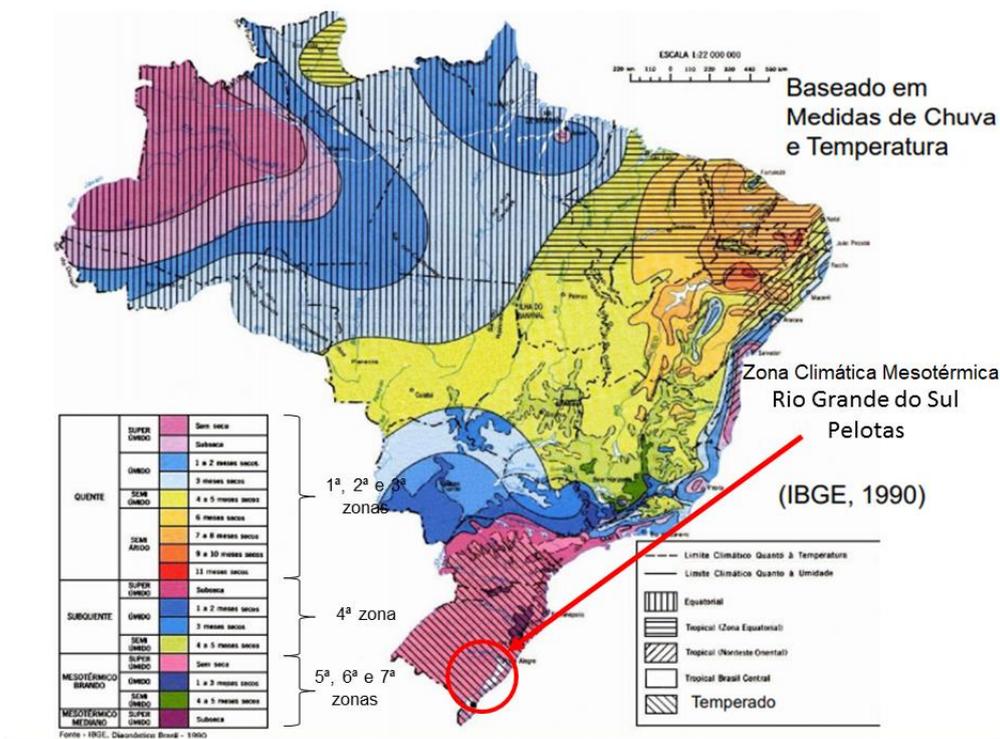


Figura 8 Mapa das Unidades Climáticas do Brasil
 Fonte: adaptado de WEB site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Segundo a Portaria SSST/MTE 21, de 26/12/94, o Mapa Oficial do MTE – a que se refere o Art. 253 da CLT – a ser considerado é o mapa Brasil Climas, Figura 8 – do IBGE da SEPLAN -, publicado em 1978 e que define as zonas climáticas brasileiras, de acordo com a temperatura média anual, a média anual de meses secos e o tipo de vegetação. Segundo o citado Mapa de Climas, define-se como 1ª, 2ª e 3ª zonas climáticas do mapa oficial do MTE, a zona climática quente; como 4ª zona, a zona climática subsequente; e como 5ª, 6ª e 7ª zonas, a zona climática mesotérmica (branda ou mediana).

Com respeito ao tempo de exposição ao frio, o artigo 253 da CLT, cita:

Para os empregados que trabalham no interior das câmaras frigoríficas e para os que movimentam mercadorias do ambiente quente ou normal para o frio e vice-versa, depois de uma hora e quarenta minutos de trabalho contínuo, será assegurado, um período de vinte minutos de repouso, computado esse intervalo como o de trabalho efetivo.

A NR-29 apresenta em seu item 3.16.2 as jornadas de trabalho para determinadas faixas de temperatura, complementando o artigo 253 e admitindo a alternância entre trabalho e repouso fora do ambiente de exposição ao frio (Gallois, 2002). As jornadas de trabalho são apresentadas na tabela 3.

Também existe a norma conhecida por NR dos Frigoríficos, a NR 36 instituída em 2013. Ela é composta por diretrizes gerais sobre condições de trabalho para esse tipo específico de indústria, com a intenção de buscar a prevenção e a redução de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais, com medidas como; adequação e organização de postos de trabalho, adoção de pausas, gerenciamento de riscos, disponibilização de EPI's adequados e rodízios de atividades. Porém, Gallois (2002), afirma que a norma se limita a instruções e considerações que não apresentam especificidade quantitativa em relação à exposição ao frio.

Tabela 3 Regime de trabalho diário em baixas temperaturas

Faixa de Temperatura de Bulbo Seco (°C)	Máxima Exposição Diária Permissível para Pessoas Adequadamente Vestidas para Exposição ao Frio
15,0°C a -17,9°C (*) 12,0°C a -17,9°C (**) 10,0°C a -17,9°C (***)	Tempo total de trabalho no ambiente frio de 6 horas e 40 minutos , sendo quatro períodos de 1 hora e 40 minutos alternados com 20 minutos de repouso e recuperação térmica fora do ambiente de trabalho.
-18,0°C a -33,9°C	Tempo total de trabalho no ambiente frio de 4 horas , alternando-se 1 hora de trabalho com 1 hora para recuperação térmica fora do ambiente frio.
-34,0°C a -56,9°C	Tempo total de trabalho no ambiente frio de 1 hora sendo 2 períodos de 30 minutos com separação mínima de 4 horas para recuperação térmica fora do ambiente frio.
-57,0°C a -73,0°C	Tempo total de trabalho no ambiente frio de 5 minutos , sendo o restante da jornada cumprido obrigatoriamente fora do ambiente frio.
Abaixo de -73,0°C	Não é permitida a exposição ao ambiente frio, seja qual for a vestimenta utilizada.

* faixa de temperatura válida para trabalhos em zona climática quente, de acordo com o IBGE.

** faixa de temperatura válida para trabalhos em zona climática sub-quente, de acordo com o IBGE.

*** faixa de temperatura válida para trabalhos em zona climática mesotérmica, de acordo com o IBGE.

Fonte: Adaptado da Norma Regulamentadora 29 (MTE, 2006).

Com relação aos equipamentos de proteção, as NR's 06 e 15 fornecem diretrizes básicas de utilização e recomendação de vestimentas para a proteção contra temperaturas baixas (Gallois, 2002). São citados na NR 6 para a proteção contra o frio, os seguintes EPI's:

- Capuz para proteção do crânio e pescoço;
- Vestimentas para proteção do tronco;
- a) Luvas para proteção das mãos;
- b) Meia, e sapato para proteção dos pés;
- c) Calça e perneira para proteger os membros inferiores;
- d) Macacão para proteção do corpo inteiro.

Segundo SUSIN (2015), os EPI's comercializados no Brasil, não apresentavam uma especificação de isolamento confiável até o ano de 2009, uma vez que não eram empregadas análises técnicas para a liberação do CA (Certificado de Aprovação). Entretanto, houve uma melhora significativa nas especificações dos EPI's térmicos nos últimos anos. Instituiu-se em 30 de setembro de 2009, segundo a portaria SIT nº121, que a fabricação de vestimentas para proteção ao frio deve seguir as normas EN 342:2004 e EN 14058:2004, que fornecem informações sobre materiais a serem utilizados, isolamento mínimo, ergonomia, ensaios e requisitos obrigatórios para cada tipo de EPI térmico de proteção ao agente estressante.

Algumas das exigências que apresentam considerações relevantes sobre a exposição ao frio são listadas no quadro a seguir;

a) os EPI's devem ser concebidos e fabricados de forma a propiciar dentro das condições normais das atividades o nível mais alto possível de proteção;
b) a concepção dos EPI's deve levar em consideração o conforto e a facilidade de uso por diferentes grupos de trabalhadores, em diferentes tipos de atividades e de condições ambientais;
c) os EPI's devem ser concebidos de maneira a propiciar o menor nível de desconforto possível;
d) o EPI deve ser concebido de forma a não acarretar riscos adicionais ao usuário e não reduzir ou eliminar sentidos importantes para reconhecer e avaliar os riscos das atividades;
e) todas as partes do EPI em contato com o usuário devem ser desprovidas de asperezas, saliências ou outras características capazes de provocar irritação ou ferimentos;
f) os EPI's devem adaptar-se à variabilidade de morfologias do usuário quanto a dimensões e regulagens, ser de fácil colocação e permitir uma completa liberdade de movimentos, sem comprometimento de gestos, posturas ou destreza;
g) os EPI's devem ser tão leves quanto possível, sem prejuízo de sua eficiência, e resistentes às condições ambientais previsíveis;
h) EPI's que se destinam a proteger simultaneamente contra vários riscos devem ser concebidos e fabricados de modo a satisfazerem as exigências específicas de cada um desses riscos e de possíveis sinergias entre eles;
i) os materiais utilizados na fabricação não devem apresentar efeitos nocivos à saúde.

Figura 9 Exigências das normas para EPI contra o frio
 Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego, 2009

2.4 Avaliação Termoambiental – Métodos e Limites de Tolerância

De acordo com Oliveira et al. (2006), os métodos disponíveis para a avaliação da exposição ao resfriamento ainda são poucos, e os índices mais comuns de avaliação de estresse pelo frio, de fato, são o isolamento necessário de roupa, o índice IREQ (HOLMÉR, 1984) e o índice Wind Chill (SIPLE e PASSEL, 1945).

Gallois (2012), destaca três metodologias para a análise sob baixas temperaturas. Ele ressalta a necessidade de aplicarem-se os conhecimentos de transmissão de calor e de psicrométrica no balanço térmico do homem e analisando a sobrecarga térmica e suas consequências sobre a saúde, os índices preferenciais indicados são:

- a) Análise Qualitativa (indicativos brasileiros –CLT, NR-15 e outros);
- b) Índice WCI (Wind Chill Index – Sensação Térmica)
- c) Índice de Isolamento de Roupas (IREQ – ISO 11079)

2.4.1 *Índice WCI (Wind Chill Index – Sensação Térmica)*

O índice de Resfriamento pelo Vento, WCI, é um índice empírico e constitui um meio de caracterizar a severidade climática ao permitir avaliar a influência de parâmetros climáticos sobre o desempenho de atividades humanas (SIPLE e PASSEL, 1945). Em ambientes frios, predominam a temperatura do ar e a velocidade do vento. Logo os efeitos da sua ação combinada são investigados através do índice WCI, e assim traduzido em perigo e ou desconforto para o ser humano exposto.

Segundo Coutinho (1998), o desconforto decorrente da exposição ao frio torna a ser importante quando a temperatura da pele fica abaixo de 17 °C, principalmente na frente, o que resultaria em um desconforto da percepção facial. Gallois (2002), posteriormente corrobora afirmando que a temperatura naquele local, na face, depende da temperatura de bulbo seco e da velocidade do ar, considerando-se a ocorrência de perda de calor por convecção.

A partir da sensação térmica, Siple e Passel (1945) desenvolveram um método para avaliar tal condição. O estudo gerou a Tabela 4, esta que está inserida na norma ISO 11079, onde considera os índices do WCI quando existe uma ação considerável do vento no ambiente.

Tabela 4 Poder de resfriamento do vento sobre a pele exposta (tab. D.1 ISO 11079/93)

Velocidade Estimada do Vento (km/h)	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-46	-51
	Temperatura Equivalente de Resfriamento (°C)											
Em calma	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-46	-51
8	9	3	-3	-9	-14	-21	-26	-32	-38	-44	-49	-56
16	4	-2	-9	-16	-23	-31	-36	-43	-50	-57	-64	-71
24	2	-6	-13	-21	-28	-36	-43	-50	-58	-65	-73	-80
32	0	-8	-16	-23	-32	-39	-47	-55	-63	-71	-79	-85
40	-1	-9	-18	-26	-34	-42	-51	-59	-67	-76	-83	-92
48	-2	-11	-19	-28	-36	-44	-53	-61	-70	-78	-87	-96
56	-3	-12	-20	-29	-37	-46	-55	-63	-72	-81	-89	-98
64	-3	-12	-21	-29	-38	-47	-56	-65	-73	-82	-91	-100
Velocidade do Vento maiores que 64 km/h tem pequeno efeito adicional	POUCO PERIGOSO Em < horas c/ a pele seca. Perigo máximo de falsa sensação de segurança			POUCO CRESCENTE Perigo que o corpo exposto se congele em um minuto				MUITO PERIGOSO O corpo pode congelar em 30 segundos				
Em qualquer ponto deste ábaco pode ocorrer o pé de trincheira e o pé de imersão												

Fonte: ACGIH, ABHO (1999)

O índice WCI proposto por Siple e Passel (1945), representa a quantia de calor perdido pelo corpo por convecção e radiação, onde a pele é considerada a 33 °C nessas condições. Este índice é definido na equação (1):

$$WCI = (h_c + h_k) \times (33 - t_a) = (1,66 \times (10,45 - V_a + (100 \times V_a) \times 0,5) \times (33 - T_a) \quad (1)$$

Resultando pela prática a temperatura de resfriamento pela equação (2):

$$T_{ch} = 33 - \frac{WCI}{25,5} \quad (2)$$

Onde:

V_a : velocidade do ar (m/s);

t_a : temperatura ambiente (°C);

h_c : coeficientes de convecção (W/m². K).

h_k : coeficientes de condução (W/m². K).

Os resultados obtidos, representam as sensações térmicas conforme a tabela 5:

Tabela 5 Sensação térmica em função do WCI

WCI (W/m ²)	Sensação Térmica
60	Quente
120	Morno
230	Confortável
460	Fresco
700	Quase Frio
930	Frio
1200	Muito Frio
1400	Severamente Frio
1600	Congelamento da região exposta (em 1 hora)

Fonte: Konz (1990)

Parsons (2003) julga o índice de resfriamento pelo vento como um ótimo indicador do resfriamento local da face, mãos, pés, e pele exposta, diferente do índice IREQ que é visto como um índice de stress térmico direcionado ao frio para o corpo todo.

Coutinho (1998) corrobora e afirma, a precisão não pode ser absolutamente confiável quando aplicada ao homem, visto que o índice foi definido por recipientes de água expostos ao frio. Logo ele só deve ser utilizado para avaliações de sensação térmica dos animais domésticos e o perigo de congelamento nas mãos e nas orelhas dos seres humanos.

Logo a partir da interpretação, conclui-se que pessoas não devem se expor a condições termo ambientais representadas por um valor de WCI igual ou superior a 1.600 W/m², por períodos superiores a 1 hora, para não correr o risco de sofrer congelamento das regiões da pele expostas ao frio.

As tabelas anteriores (4 e 5) tem como finalidade a identificação do poder da ventilação do ar sobre o indivíduo, tanto para o perigo, quanto na demonstração de equivalência de frio com ou sem a ação do vento.

2.4.2 **Índice de Isolamento de Roupas (IREQ – ISO 11079)**

Holmér (1984), a partir na equação de balanço térmico do ser humano, desenvolveu um modelo de troca de calor para a avaliação do estresse térmico associado à exposição a ambientes frios. Inserido na ISO como Relatório Técnico (ISO/TR 11079), o método determina o isolamento necessário, conforme um conjunto de condições de exposição, para que assim o indivíduo sob efeito de temperaturas baixas mantenha um balanço

térmico aceitável com relação ao ambiente (SUSIN, 2015). O método é aplicado tanto para ambientes abertos como internos, em condições de exposição contínua, intermitente e ocasional.

Quanto mais alto for o resfriamento do ambiente, maior é o valor do IREQ para atividade realizada. O aumento da atividade metabólica diminui o estresse térmico, devido à demanda extra de dissipação do calor orgânico (SUSIN, 2015).

O índice IREQ pode ser definido como:

- “Uma medida de estresse por frio, que considera a temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade, velocidade do ar e taxa metabólica” (GALLOIS, 2002, p. 45);
- “Um método de análise dos efeitos de parâmetros específicos e avaliação das medidas de correção” (GALLOIS, 2002, p. 45);
- “Um método de especificação do isolamento necessário das roupas, bem como a seleção das roupas a serem utilizadas sob determinadas condições ambientais” (GALLOIS, 2002, p. 45).

O método é baseado em estudos realizados anteriormente, e em dizeres das seguintes normas internacionais já publicadas até então:

- ISO 7726: instrumentos e métodos de medição de parâmetros ambientais;
- ISO 7730: determinação do PMV e PPD em ambientes moderados;
- ISO 8996: determinação da produção do calor metabólico;
- ISO 9920: estudo sobre isolamento das roupas.

O principal objetivo do método de avaliação termoambiental baseado no IREQ, é analisar se o EPI, que é constituído por peças de roupas para o frio, fornece o isolamento necessário para estabilizar o balanço de calor (SUSIN, 2015). Assim comparando o resultado de isolamento calculado, com o isolamento provido pelos EPI's aos trabalhadores. Gallois (2002), afirma que no método Holmér a avaliação é feita para o resfriamento geral do corpo, não levando em consideração o resfriamento específico local. O resfriamento das extremidades, como o dos dedos das mãos, onde é reconhecida a condição mais crítica, é indicado uma atenção especial usando os métodos complementares como o WCI.

Como já dito a base do cálculo do método IREQ está estruturada na equação de equilíbrio térmico, onde são definidas as transferências de calor considerando um isolamento uniforme do corpo, um resfriamento geral. Almeida e Veiga (2010) definem este resfriamento como resfriamento do microambiente.

2.4.2.1 Interpretação do IREQ

O cálculo IREQ resulta em duas variáveis, IREQ_min e IREQ_neutro, esses resultados avaliam a disfunção fisiológica e determinam uma faixa de valores de isolamentos permissíveis que o EPI deve fornecer, em termos da temperatura e umidade média da pele e a mudança no conteúdo de calor do corpo.

- a) $IREQ_{min}$: define o isolamento térmico do vestuário requerido para a manutenção do equilíbrio térmico do ser humano a uma temperatura média cutânea de 30°C. É caracterizado por uma vasoconstrição periférica e ausência de regulação por transpiração (humedecimento cutâneo, $w = 0,06$), coincidindo com uma sensação subjetiva de “ligeiramente frio” (ISO 11079, 2007). Determina o maior valor admissível facilmente tolerado durante exposições prolongadas para o resfriamento do corpo.
- b) $IREQ_{neutro}$: define o isolamento térmico do vestuário requerido para a manutenção do equilíbrio térmico do ser humano a um nível normal da temperatura média do corpo. Este nível refere-se a um resfriamento nulo ou mínimo do corpo humano, sendo caracterizado por um estado de neutralidade térmica, onde o indivíduo apresenta satisfação com o ambiente (ISO 11079, 2007).

Por ser um índice de situações reais que busca definir o isolamento de roupas requerido, ele serve como um guia de escolha de roupas, por comparação com seus valores medidos de isolamento térmico. SUSIN (2015) aponta que o intervalo entre o $IREQ_{min}$ e $IREQ_{neutro}$, representa um intervalo de resfriamento do corpo possível sem haver estresse térmico, representando assim a uma zona “reguladora de vestimentas”, onde as mesmas podem ser então definidas. Segundo GALLOIS (2002), roupas com isolamento inferiores ao $IREQ_{min}$, estão sujeitas ao risco de resfriamento do corpo, resultando em alterações fisiológicas no organismo, enquanto que aquelas com valores superiores ao $IREQ_{neutro}$, poderão levar a um superaquecimento.

Em interpretação ao método de Holmér, SUSIN (2015) define as seguintes circunstâncias dos possíveis resultados do índice IREQ:

$I_{clr} < IREQ_{min}$ – Onde I_{clr} é o isolamento das vestimentas resultante. O conjunto de vestuário nesta situação não proporciona o isolamento adequado para prevenir o resfriamento do corpo. Existe um sério risco de hipotermia com a exposição contínua.

$IREQ_{min} \leq I_{clr} \leq IREQ_{neutro}$ – Aqui conjunto de vestuário selecionado proporciona um isolamento suficiente, o nível de tensão fisiológica é aceitável e a sensação térmica subjetiva pode ser classificada como ligeiramente fria ou neutra.

$I_{clr} > IREQ_{neutro}$ – Isolamento maior que o suficiente proporcionado pelo conjunto de vestuário selecionado. Excesso de isolamento pode aumentar o risco de sobreaquecimento, transpiração excessiva e absorção pelo vestuário de vapor de água. Nestas condições aumenta o risco de aparecimento de hipotermia progressiva.

SUSIN (2015), também afirma que quando o isolamento necessário é menor que o valor do $IREQ_{neutro}$, uma análise do tempo de exposição é realizada para evitar o resfriamento progressivo do corpo. Visto essa necessidade o método fornece o cálculo do tempo de exposição ao frio, ou, o tempo de trabalho relacionado com a atividade desempenhada (DLE). O tempo de exposição é investigado considerando uma perda de calor do corpo que não resulta em alteração fisiológica. Para complementar ao cálculo de exposição, pode-se também determinar o tempo necessário para recuperação em ambiente externo, em condições normais de temperatura.

2.4.2.2 Aplicação IREQ

Holmér (1984), sugere um roteiro de atividades necessárias para uma avaliação termoambiental pelo seu método IREQ. O roteiro de atividades está presente na ISO 11079 (2007), onde apresenta os procedimentos de avaliação de ambientes frios, as atividades necessárias são descritas com os itens citados a seguir:

- Medição dos parâmetros ambientais: temperatura ambiente, temperatura radiante, umidade relativa e velocidade do ar;
- Determinação da taxa de calor metabólico;
- Cálculo do isolamento térmico requerido, IREQ.
- Determinação do isolamento básico das vestimentas, I_{cl} ;
- Avaliação das condições de balanço térmico, tendo em vista a comparação do IREQ calculado e do isolamento das vestimentas resultante, I_{clr} ;
- Determinação do tempo de exposição máximo, DLE, e do tempo de recuperação mínimo, TR.

A Figura 10 esquematiza estes procedimentos de determinação:

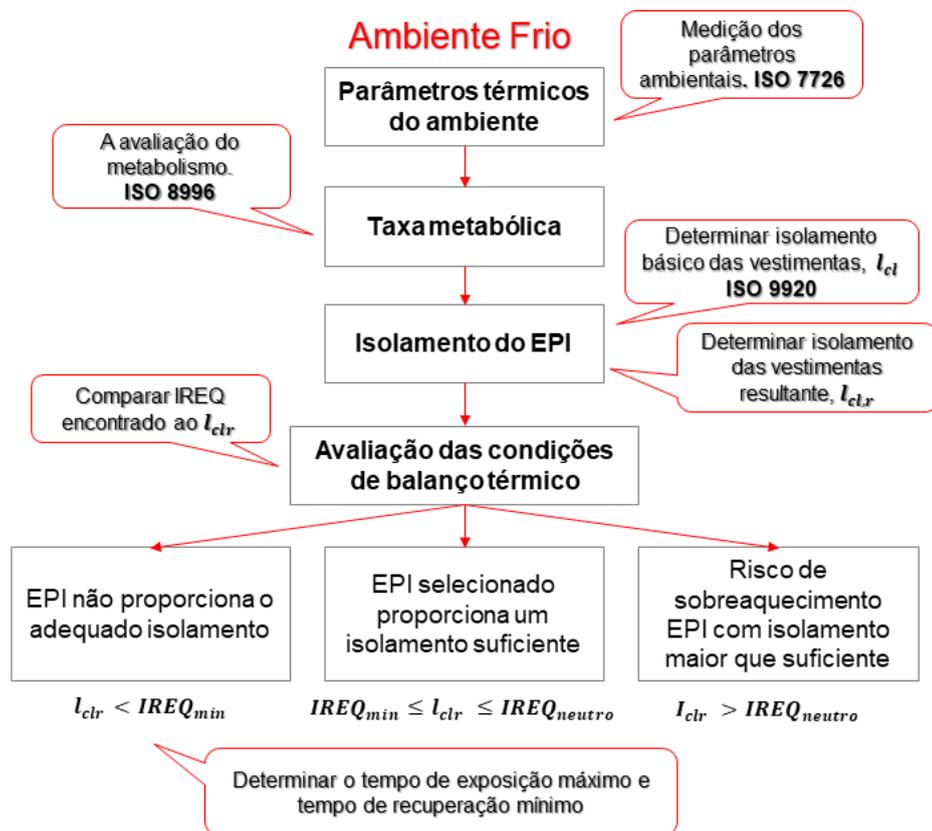


Figura 10 Procedimentos metodologia IREQ
Fonte: Adaptado da ISO 11079 (2007)

O primeiro passo da metodologia IREQ é a avaliação dos parâmetros térmicos do ambiente; temperatura ambiente, temperatura radiante, umidade relativa e velocidade do ar. As variáveis citadas devem ser encontradas através das diretrizes da norma ISO 7726 de ambientes térmicos, instrumentos e métodos para a medição dos parâmetros físicos.

A atividade desempenhada pela pessoa determina a quantidade de calor gerado pelo organismo. As tabelas de taxas metabólicas em função da atividade ANEXO A (quatro A.1 e A.2) são obtidas através da norma ISO 8996.

Para determinar o isolamento térmico fornecido pelos EPI's dos trabalhadores, utiliza-se do método proposto na norma ISO 9920, onde o isolamento total é determinado através da soma do isolamento fornecido por cada peça de roupa vestida. A tabela a seguir demonstra alguns valores tipicamente aplicados à EPI's térmicos.

Tabela 6 Valores de isolamento de EPI's térmicos

Proteção / Isolamento (clo)							
Vestimenta	Clo	Vestimenta	Clo	Vestimenta	Clo	Vestimenta	Clo
Calça térmica	0,35	Blusa moletom	0,34	Luva borracha	0,08	Meia algodão	0,02
Calça jeans	0,25	Cueca	0,03	Luva térmica (nylon)	0,08	Meião algodão	0,06
Japona térmica	0,9	Avental napa	0,12	Sapatão	0,05	Touca ninja	0,1
Camiseta	0,09	Luva algodão	0,05	Bota térmica	0,15	Boné	0,01
Guarda pó	0,15	Luva de lã	0,05	Meia de lã	0,05	Luva de couro	

Fonte: Adaptado de Gallois (2001).

O balanço térmico entre o homem e o ambiente, é definido a partir parâmetros ambientais medidos e as características pessoais dos indivíduos expostos ao ambiente; taxa metabólica e isolamento térmico das roupas. É feita a avaliação das condições de balanço térmico, tendo em vista a comparação do IREQ calculado e do isolamento das roupas resultante.

Por fim a partir da avaliação do balanço do térmico, a metodologia IREQ permite a determinação de tempo de exposição máximo, e ou o tempo de recuperação mínimo, os quais podem ser calculados tanto para altos riscos fisiológicos como para baixos riscos fisiológicos.

A metodologia IREQ ainda resulta as variáveis de isolamento requerido recomendado de acordo com o grau de risco da exposição, para alto risco e baixo risco.

2.4.2.3 Cálculo do IREQ

Visto que os procedimentos metodológicos do cálculo IREQ foram apresentados anteriormente, esta seção tem caráter técnico e procede-se com apenas à listagem das expressões utilizadas para estimar os vários índices da metodologia.

O IREQ é determinado a partir da resolução da equação do balanço térmico, equação (3).

$$M - W = (E_{res} + C_{res}) + (E + K + R + C + S) \quad (3)$$

Tem-se ao lado esquerdo da igualdade, o metabolismo energético do corpo somado ao trabalho mecânico externo, e ao lado direito, a soma das trocas de calor do trato respiratório, das trocas de calor da pele e do acúmulo de calor do corpo, onde:

M: calor metabólico gerado pelo organismo (W/m²);
W: trabalho muscular realizado, ou eficiência mecânica, (W/m²);
 E_{res} : transferência de calor por evaporação da respiração (W/m²);
 C_{res} : transferência de calor por convecção da respiração (W/m²);
E: transferência de calor por evaporação do suor (W/m²).
R: transferência de calor por radiação (W/m²);
K: transferência de calor por condução (W/m²);
C: transferência de calor por convecção (W/m²);
S: armazenamento de calor do corpo (W/m²).

A transferência de calor por condução, K, não é considerada diretamente, sendo englobada nas expressões da troca de calor por convecção e radiação para a situação em que as superfícies do corpo não estivessem em contato com elementos sólidos (Gallois, 2002). Ou seja, ela é relacionada com a área superficial do corpo em contato direto com superfícies externas. Segundo SUSIN (2015), seu valor é geralmente muito menor que as transferências de calor por convecção e radiação, podendo ser desprezado. E Gallois (2002) complementa que trabalho mecânico útil, W, apresenta normalmente um valor reduzido e, na maior parte das situações industriais, também pode ser desprezado.

“As transferências de calor através da roupa acontecem por condução, convecção e radiação, e pela transferência do suor evaporado. O efeito da roupa na transferência de calor latente é representado por E. Já o efeito da roupa nas trocas secas de calor é determinado pelo isolamento térmico do conjunto de roupas e o gradiente de temperatura superficial da pele para a roupa. O fluxo de calor seco até a superfície da roupa é equivalente à transferência de calor entre a roupa e o ambiente.” (SUSIN, 2015).

O pelo isolamento resultante da roupa, $I_{cl,r}$ expressa a transferência de calor através das vestimentas. Assim a equação anterior, equação (3), pode ser reescrita para:

$$M - W - E_{res} - C_{res} - E = \left(\frac{t_{pele} - t_{cl}}{I_{cl,r}} \right) = R + C \quad (4)$$

Onde:

t_{pele} : temperatura média da pele (°C);

t_{cl} : temperatura média da superfície das vestimentas (°C);

$I_{cl,r}$: isolamento resultante das roupas (m². K/W).

Utilizando a hipótese formulada e considerando a condição de equilíbrio sobre o fluxo de calor por condução, o IREQ pode ser determinado por:

$$IREQ = \left(\frac{t_{pele} - t_{cl}}{R+C} \right) \quad (5)$$

A equação apresenta duas incógnitas, IREQ e t_{cl} . Assim, a equação (5) é calculada para t_{cl} , resultando em:

$$t_{cl} = t_{pele} - IREQ(M - W - E_{res} - C_{res} - E) \quad (6)$$

A nova equação, substitui a incógnita t_{cl} nas fórmulas dos cálculos das variáveis da equação (4), sendo definido através de iterações computacionais entre essas fórmulas o IREQ. A determinação de cada variável é feita a seguir.

- E_{res} e C_{res} : Transferência de calor por convecção da respiração e evaporação.

As perdas de calor respiratórias estão diretamente relacionadas com o metabolismo, M, e podem ser definidas pelas equações:

$$E_{res} = 0,0173 \times M \times (p_{ex} - p_a) \quad (7)$$

$$C_{res} = 0,014 \times M \times (t_{ex} - t_a) \quad (8)$$

Onde:

p_{ex} : pressão parcial de vapor de água na temperatura de expiração (kPa);

p_a : pressão parcial de vapor de água (kPa);

t_a : temperatura ambiente (°C);

t_{ex} : temperatura do ar expirado (°C).

Os valores de p_{ex} e p_a são a relação da temperatura e a umidade do ambiente, obtidos através da análise da carta psicrométrica (ANEXO B). É assumido que o ar expirado encontra-se no estado saturado, e sua temperatura, t_{ex} , é estimada pelo cálculo:

$$t_{ex} = 29 + 0,2 \times t_a \quad (9)$$

- R: transferência de calor por radiação.

A trocas de calor realizada por radiação entre a superfície externa das roupas (incluindo a pele exposta) e o ambiente é calculada por:

$$R = f_{cl} \times h_r \times (t_{cl} - t_r) \quad (10)$$

Onde:

f_{cl} : fator de área da roupa (adimensional);

h_r : coeficiente de transferência de calor por radiação (W/m². K);

t_{cl} : temperatura superficial da roupa (°C);

t_r : temperatura média radiante (°C).

f_{cl} é definido por:

$$f_{cl} = 1 + 1,97 \times I_{cl} \quad (11)$$

Onde:

I_{cl} : Isolamento básico da roupa (m². K/W).

O $I_{cl,r}$ caracteriza-se por ser um valor mais restritivo, englobando as perdas de isolamento em função de movimentos gerados pelo indivíduo. O isolamento básico, I_{cl} , corresponde ao valor corrigido do $I_{cl,r}$ (SUSIN, 2015). O seu valor é obtido através da equação (23).

O índice I_{cl} complementa a avaliação do $I_{cl,r}$, considerando que não há perdas de isolamento durante movimentos do corpo. O I_{cl} é o valor que pode ser comparado com as tabelas de isolamento térmico da norma ISO 9920 e com os dados retirados de manequins térmicos, onde a avaliação é feita de modo estático (Gallois, 2002).

O coeficiente de transferência de calor por radiação, é obtido pela equação:

$$h_r = \sigma \times \varepsilon_{cl} \times \frac{(t_{cl}+274)^4 - (t_r+273)^4}{t_{cl}-t_r} \quad (12)$$

Onde:

σ : constante de Stefan-Boltzmann, com valor de $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\cdot\text{K}^4$;

ϵ : emissividade do material da roupa, com valor padrão de 0,97

- C: Transferência de calor por convecção.

A transferência de calor por convecção entre a superfície do vestuário (incluindo a superfície da pele não coberta) e o ambiente pode exprimir-se através da equação:

$$C = f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a) \quad (13)$$

Onde:

h_c : coeficiente de transferência de calor por convecção ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$).

A obtenção de h_c é definida pelo cálculo:

$$h_c = \frac{f_{cl}}{I_{a,r}} - h_r \quad (14)$$

Onde:

$I_{a,r}$: isolamento térmico resultante da camada limite ($\text{m}^2 \cdot \text{KW}$).

O isolamento da camada limite, $I_{a,r}$, é definido em função da movimentação do ar que rodeia o indivíduo, sendo obtido por:

$$I_{a,r} = 0,092 \times e^{(0,15 \times v_a - 0,22 \times v_w)} - 0,0045 \quad (15)$$

Onde:

v_a : velocidade do ar (m/s);

v_w : velocidade de deslocamento (m/s).

- E: Transferência de calor por evaporação do suor.

A determinação da transferência de calor pela evaporação do suor da pele, é feita através da equação:

$$E = 0,06 \times \frac{(p_{pele} - p_a)}{R_E} \quad (16)$$

Onde:

p_{pele} : pressão parcial de vapor d'água saturado à temperatura da pele (°C);

R_E : resistência evaporativa (m². KPa/W).

O valor de p_{pele} pode ser estimado através da fórmula:

$$p_{pele} = 610,78 \times e^{\frac{(17,27 \times t_{pele})}{(t_{pele} + 23,3)}} \quad (17)$$

Sendo a temperatura da pele, determinada de diferentes maneiras para os dois níveis de isolamento, equação (19) para o $IREQ_{min}$ e a equação (20) para o $IREQ_{neutro}$:

$$t_{pele} = 33,34 - 0,0354 \cdot M \quad (18)$$

$$t_{pele} = 35,7 - 0,0285 \cdot M \quad (19)$$

O valor de R_E é calculado com base no isolamento e permeabilidade da roupa, com relação ao vapor de água. Obtido pela fórmula:

$$R_E = W \times \left(\frac{I_{a,r}}{f_{cl}} + I_{clr} \right) \quad (20)$$

Onde:

W: fator de encharcamento de pele (adimensional).

O fator de encharcamento, w, está relacionado com a fração de pele recoberta por suor que participa na troca de calor evaporativa. Seu valor varia para o nível de estresse, assumindo o valor de 0,06 no caso do $IREQ_{neutro}$, e para o caso do $IREQ_{min}$ é determinado por:

$$w = 0,001 \cdot M \quad (21)$$

- I_{cl} : Isolamento básico das roupas.

Após definido o $I_{cl,r}$, ou no caso, o IREQ, pode-se então determinar o I_{cl} :

$$I_{cl} = \frac{l_{clr} + (0,092 \times e^{(0,15) \times v_a - 0,22 \times v_w} - 0,0045) / f_{cl}}{0,54 \times e^{(0,075 \times \ln(p) - 0,15 \times v_a - 0,22 \times v_w)} - 0,06 \times \ln(p) + 0,5} - \frac{0,085}{f_{cl}} \quad (22)$$

Onde:

p: permeabilidade da roupa ao ar ($l/m^2 \cdot s$).

Quando as roupas de proteção utilizadas não provem o isolamento mínimo ($IREQ_{min}$), é de fundamental importância definir o tempo de exposição para evitar a perda excessiva de calor para o meio (SUSIN, 2015). Uma certa redução no calor armazenado no organismo, Q_{lim} , é aceitável durante à exposição de poucas horas, e esse valor pode ser utilizado para a determinação do limite de exposição. O tempo máximo é definido por:

$$DLE = \frac{Q_{lim}}{S} \quad (23)$$

Onde:

Q_{lim} = valor máximo de perda de calor admitida (40 Wh/m^2).

$$S = M - W - C_{res} - E_{res} - E - R - C \quad (24)$$

$$t_{cl} = t_{pele} - l_{clr} \times (M - W - C_{res} - E_{res} - E - R - C) \quad (23)$$

Os parâmetros são os mesmos utilizados na determinação do IREQ, seguindo os mesmos passos para o cálculo das variáveis. A diferença entre a equação (26) e a equação (7) está no fato de que a última é realizada na hipótese de estado de equilíbrio térmico para obter o IREQ, e a equação (26) utiliza as atuais condições quando o isolamento das roupas é conhecido.

Tendo sido exposto ao resfriamento durante o tempo limite, deve-se proporcionar ao indivíduo um período de recuperação (RT), onde o mesmo possa reestabelecer o equilíbrio térmico do corpo. Tal período é calculado da mesma maneira, utilizando as fórmulas (25) e (26) porém com a substituição das condições frias por condições ambientes (fora do ambiente frio), medidas no local de recuperação. Assim, o período de recuperação mínimo pode ser determinado por:

$$RT = \frac{Q_{lim}}{S'} \quad (26)$$

Onde:

S' : taxa de calor armazenada (positiva), durante as condições de recuperação.

A velocidade relativa do ar (v_{ar}) que é função da velocidade do ar e da taxa metabólica do trabalhador é representada pela equação 27 em m/s

$$v_{ar} = (v_a + 0,0052 \times (M - 58)) \quad (27)$$

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa qualitativa enfatiza a objetividade utilizando procedimentos estruturados e instrumentos formais para coleta de dados. (POLIT et al., 2004). O presente estudo se enquadra como uma abordagem qualitativa de pesquisa aplicada, onde quanto o objetivo caracteriza-se como exploratória. Este tipo de pesquisa tem como fundamento proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. A grande maioria dessas pesquisas envolve: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2007).

Buscando atingir o objetivo principal proposto, foi instituído uma sequência de etapas a serem adotadas, denominadas como; pesquisa, caracterização, aplicação e discussão. As próximas sessões deste capítulo descrevem cada uma dessas etapas.

3.1 Pesquisa

A primeira etapa se refere a revisão teórica, aos levantamentos bibliográficos sobre as características e desafios em termos de índices térmicos envolvendo a atividades em indústria alimentícia. O embasamento foi feito de modo que a pesquisa fornecesse uma base de conhecimento histórico, normativo e metodológico, que permitisse alcançar todos os objetivos traçados, com uma referência sólida e reconhecida.

3.2 Caracterização

No segundo momento se estabeleceu as características físicas e de processo da indústria objeto de estudo. Foi realizado o mapeamento do processo produtivo através do fluxograma para elucidar as etapas pelas quais o processo passa, e com auxílio de softwares gráficos, buscou-se representar o layout e os postos de trabalho envolvidos.

Ainda na fase de caracterização foram definidos os postos de trabalho a serem analisados. Junto ao responsável pela gestão da produção, foram escolhidos todos os possíveis postos nos setores aonde existe influência artificial na redução de temperatura.

Após definidos os postos, foi feita a descrição completa das atividades envolvidas, bem como o número de colaboradores presentes, sua jornada de trabalho e uniformes.

3.3 Aplicação

Na fase da avaliação e aplicação dos métodos pré-definidos já descritos, é importante salientar que todo e qualquer passo foi feito apoiado em normas. Se não estabelecidas no Brasil, buscou-se normas internacionais sugeridas e ou pesquisadores referencias na área.

Caracterizados os postos a serem analisados, no primeiro passo foi feita as medições das variáveis de natureza ambiental de acordo com a ISO 7726 - Ambientes térmicos - Instrumentos e métodos para a medição dos parâmetros físicos.

A norma ISO 7726 especifica as “características mínimas” dos equipamentos e métodos de medição dos parâmetros físicos de um ambiente (Gallois, 2002). A mesma busca padronizar o processo de registro de informações que levem à obtenção desse índice.

O equipamento que foi utilizado na coleta de dados é o medidor de estresse térmico TGD-400, da empresa Instrutherm, representado na Figura 11. O equipamento respeita as especificações exigidas na norma e mede os seguintes parâmetros: Temperatura de Globo, em °C; Temperatura de bulbo úmido; em °C; Temperatura de bulbo seco, em °C e Fluxo de ar, em m/s.



Figura 11 Medidor de stress térmico TGD-400
Fonte: Instrutherm (2018)

As características dos instrumentos de medição exigidas pela ISSO 7726, determinam as faixas e precisões das medições e o tempo de resposta dos sensores para cada tipo de parâmetro físico básico e derivado.

Além das especificações mínimas de equipamentos para coleta em ambientes sujeitos a estresse térmico, a norma ISO 7726 determina todas as diretrizes de tempo e parâmetros físicos de espaço para coleta de dados.

As medidas foram feitas a partir das especificações contidas nessa norma, que são classificadas da seguinte maneira: Ambientes homogêneos, são aqueles onde não haja variações nos valores das variáveis físicas no espaço ao redor da pessoa (variações inferiores a 5%). Ambientes heterogêneos, são aqueles que apresentam variações nos valores das variáveis físicas no espaço ao redor da pessoa superiores a 5%.

A coleta de dados foi elaborada, buscando a obtenção das características físicas e de trabalho (antropometria e metabolismo) a que os colaboradores estariam sujeitos. Acompanhou-se ainda e registrou-se as características das jornadas de trabalho (exposições, folgas, tempo da jornada, etc...). As taxas do gasto metabólico foram analisadas a partir das atividades físicas, conforme verificações do trabalho, e obteve-se as estimativas, fundamentados nas tabelas das normas ISO 7730 e ISO 8996 (ANEXO A).

Já o isolamento térmico das vestimentas foi obtido através do equacionamento aditivo das diversas unidades de proteção I_{clr} (Isolamento das vestimentas resultante) através da norma ISO 9920. No caso da pesquisa, procurou-se interpolar os valores específicos, para somados, indicarem o I_{clr} .

A partir dos dados coletados nas amostras, a avaliação termoambiental será feita através dos seguintes métodos de análise sob baixas temperaturas;

- a) Análise Qualitativa (indicativos brasileiros –CLT, NR-15 e outros);
- b) Índice WCI (Wind Chill Index – Sensação Térmica)
- c) Índice de Isolamento de Roupas (IREQ – ISO 11079)

O estudo da metodologia do IREQ, foi embasado a partir de artigos e dissertações publicadas, que utilizavam o método em exposição ao frio, encontrados através de uma pesquisa bibliográfica aprofundada. Os trabalhos de (Gallois, 2002), (SUSIN, 2015), Griefahn (1999), (Carvalhais, 2011), Wiczick (2008) e Oliveira et al. (2007), foram de fundamental importância e serviram como base para o entendimento dos conceitos introduzidos pela norma ISO 11079:2007.

Pela complexidade dos cálculos, as metodologias IREQ e WCI foram aplicadas com auxílio de softwares. O cálculo do IREQ conforme a ISO 11079, foi obtido através do software da metodologia analítica obtida por Holmer & Nilsson disponível em (linguagem JAVA - http://www.eat.lth.se/fileadmin/eat/Termisk_miljoe/IREQ2009ver4_2.html) ANEXO C. Já o índice de Resfriamento pelo Vento, WCI, desenvolvido por Siple e Passel (1945), e inserido na ISO 11079 foi calculado a partir do software demonstrado no ANEXO D e disponível em (linguagem JAVA - <http://www.meteonoordwest.nl/wind/windchill.php>)

Nos casos onde houve variações temporais das variáveis de influência no estresse, foi necessário se executar diferentes medições na jornada de trabalho, como sugere a ISO 11079, levando-se em consideração as variações dos valores e suas respectivas durações, sendo então determinado um valor médio para o parâmetro, através da seguinte expressão de ponderação:

$$p = \frac{p_1 \times t_1 + p_2 \times t_2 + \dots + p_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \quad (28)$$

Onde:

p_1, p_2, p_n = Parâmetro que se esteja medindo,

t_1, t_2, t_n = Período de ocorrência do valor do parâmetro, sendo = 1

3.4 **Discussão**

A partir dos resultados obtidos pelos métodos utilizados para a avaliação termoambiental, buscou-se analisar e discutir aspectos relativos à exposição a temperaturas extremas das amostras objeto de estudo nas diferentes metodologias. A disparidade entre os métodos indicados na normatização brasileira e os propostos pelas diretrizes das normas internacionais foram confrontadas e discutidas a fim de dar suporte a estabelecer um rol de possibilidades para a obtenção de melhorias no local objeto de estudo. Através da análise dos índices obtidos fora da neutralidade, buscou-se identificar as possíveis falhas e propor soluções que preencham essas lacunas para direcionar as correções.

4 RESULTADOS

O capítulo apresentará os resultados obtidos das fases metodológicas de caracterização, aplicação e discussão descritos na seção anterior.

4.1 Empresa

A empresa objeto de estudo é uma sociedade empresaria limitada da região sul do estado do Rio Grande do Sul fundada em 26/12/2000. Com capital social de 100.000,00 reais e um número de 98 colaboradores, a sua atividade principal é fabricação de conservas de frutas.

Além da fabricação de conservas de frutas, CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) 10.31-7-00, classe que abrange a fabricação de conservas de frutas das mais variadas formas (conservadas em álcool, secas, desidratadas, em calda, etc.). A empresa também tem como atividades de negócios os CNAEs; 10.32-5-99 - Fabricação de conservas de legumes e outros vegetais, exceto palmito; 46.33-8-01 - Comércio atacadista de frutas, verduras, raízes, tubérculos, hortaliças e legumes frescos e 49.30-2-01 - Transporte rodoviário de carga, exceto produtos perigosos e mudanças, municipal.

A atividade principal da empresa é classificada como de risco médio ou alto, de acordo com a tabela de risco de atividades econômicas – CNAE 2.0, encontrada na norma regulamentadora NR-4.

A Figura 12 representa a área da empresa:

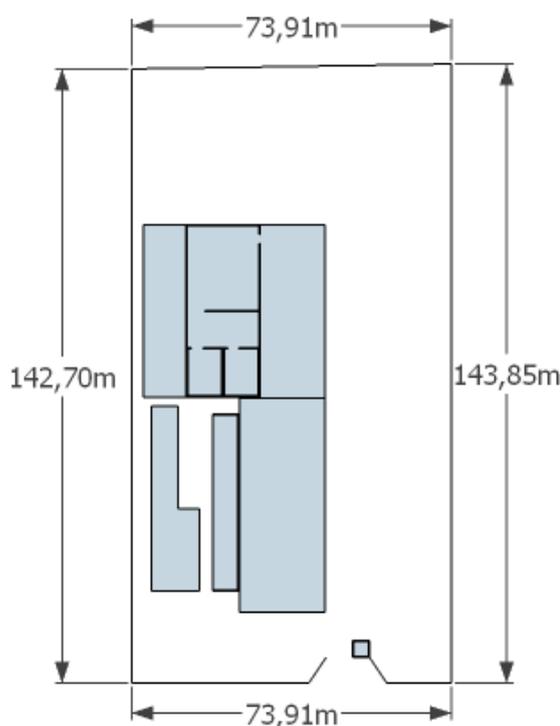


Figura 12 Representação área da empresa
Fonte: Elaborado pelo autor

A empresa possui uma área aproximada de 10600 m², onde 3300 m² destes são de área fabril. A área construída se divide nos 4 setores da empresa; setor administrativo; setor de congelados; setor de manutenção e setor de secos. A distribuição dos mesmos é demonstrada na Figura 13 e exemplificada para fins de maior compreensão em 3D na Figura 14.



Figura 13 Distribuição de área fabril
Fonte: adaptado pelo autor, Google maps 2018



Figura 14 Representação 3D área total
Fonte: Desenvolvida pelo autor

As polpas de frutas e verduras produzidas são utilizadas por empresas de sorvetes, iogurtes, sucos, alimentos infantis, geleias, dentre outros. Os setores de congelados e secos dividem a produção da empresa. No setor de secos são processados; beterraba, cenoura, banana, melancia, kiwi, figo e maracujá. Já no setor de congelados são processados frutas e verduras que tem uma menor resistência ao envelhecimento; ameixa, amora, mirtilo, morango, pêsego, pera, maçã, brócolis e espinafre. As poupas de frutas (integral e concentradas) são produzidas em embalagens de 12kg (saco polietileno) e 170kg (tambor metálico).

4.2 Setor Analisado

Como definido previamente e já citado, o trabalho se limita a análise de um setor, o setor dos congelados. Demonstrado na Figura 13 é o único que sofre a influência de temperaturas artificiais baixas, justificando e respeitando o objetivo principal. A escolha do setor foi feita junto ao supervisor geral de produção.

O setor é representado a partir de uma planta humanizada na Figura 15.

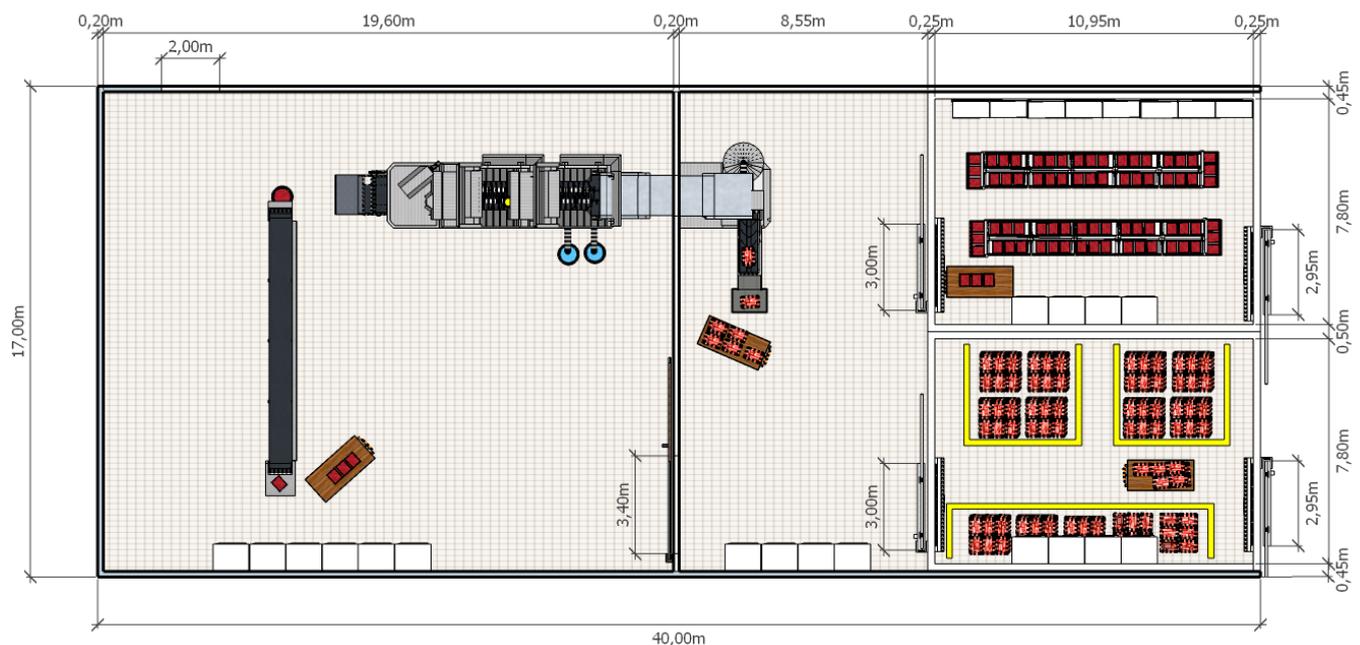


Figura 15 Planta humanizada setor de congelados
Fonte: desenvolvido pelo autor

A área total coberta pelo setor é de 680 m², sendo está subdividida em outros 3 subsetores; estoque, finalização e produção. A divisão do setor foi também representada graficamente em 3D (Figura 16) para maior compreensão do leitor, devido a limitação de não divulgação de fotos internas da empresa.



Figura 16 Subdivisão Setor Congelados
Fonte: Desenvolvida pelo autor

4.2.1 **Estoque**

O estoque é o subsetor composto pelas duas câmaras frias da empresa. Câmara de matéria prima é onde são armazenadas todas as frutas e legumes que aguardam produção inclusive do setor de secos. A segunda câmara é onde a polpa já processada, integral ou concentrada é submetida ao congelamento, a câmara também atende o setor de secos.

4.2.2 **Produção**

O subsetor de produção é o maior do setor e também o que envolve o maior número de colaboradores. O ambiente conta com uma esteira por onde é feita seleção e preparação da matéria-prima e o desintegrador industrial para o despulpamento. O desintegrador exige uma grande parte da área pois o mesmo já comporta tanque de lavagem e se conecta ao pasteurizador que se divide com o próximo subsetor.

4.2.3 Finalização

A parte física restante do pasteurizador ocupa o subsetor de finalização junto com a máquina de envase. O pasteurizador através de bomba de transferência alimenta o envase para as embalagens de 12kg e o tanque para os tambores de 170kg.

4.3 Processo

O processo do setor envolvendo todo os subsetores é representado pelo fluxograma na figura a seguir:

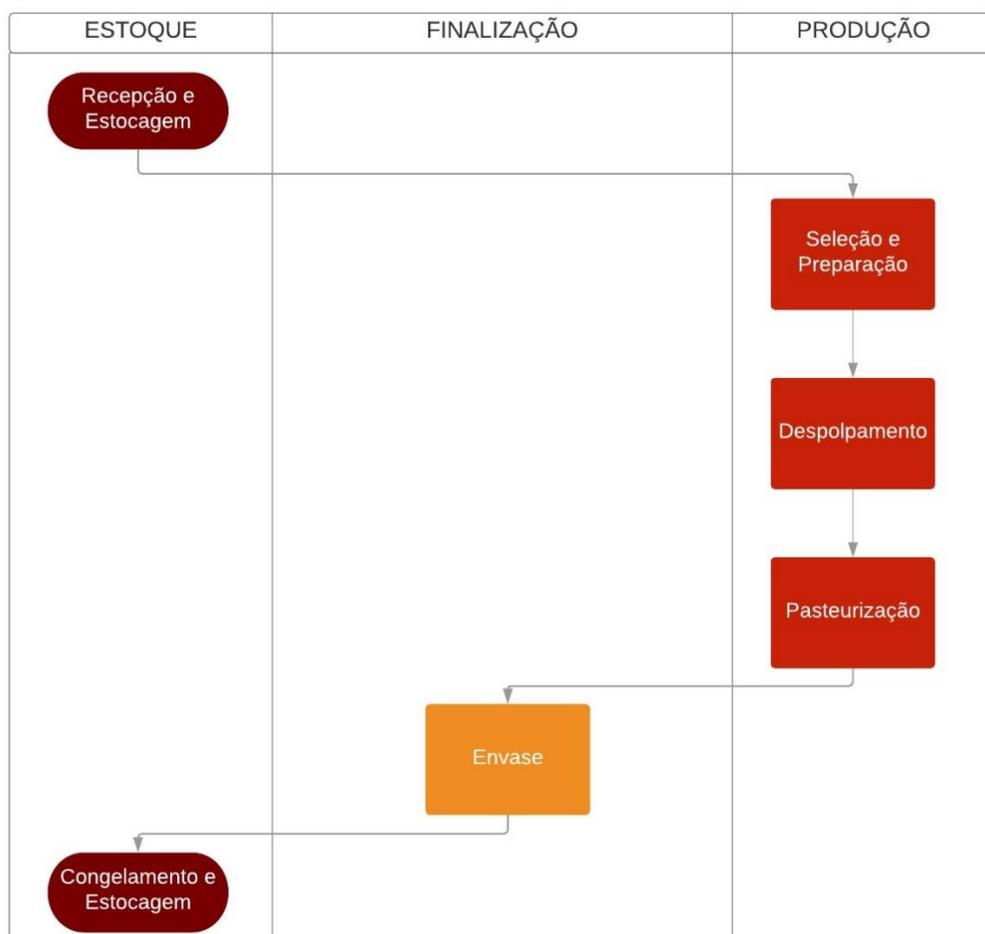


Figura 17 Fluxograma setor de congelados
Fonte: Desenvolvida pelo autor

O processo tem início no subsetor de estoque após recepção das frutas e verduras, o que justifica a abertura externa da câmara de matéria-prima. Por meio de transporte feito pelos colaboradores do subsetor de finalização as frutas e legumes são levados até a esteira aonde é feita a seleção e preparação. Na sequência o processo de despolpamento e pasteurização é realizado pelo maquinário já citado nas seções anteriores e finaliza no

envaze e inspeção, sendo transportado o produto final para a câmara de congelamento, a qual também replica a porta de abertura externa para liberação da mercadoria.

4.4 Postos de Trabalho

A escolha dos postos a serem analisados foi feita também junto ao supervisor geral de produção, e teve como critério a maior disparidade de função e temperatura submetida.

O setor de congelados conta com 24 colaboradores, 20 destes se distribuem no subsetor de preparação. Os 4 demais ficam principalmente no subsetor de finalização, mas também em trânsito entre estoque e produção.

A empresa fornece equipamento de proteção além de pagar o adicional previsto na NR -15, atividades insalubres, para os quatro funcionários que ocupam os postos de trabalho 2, 3, 4 e 5.

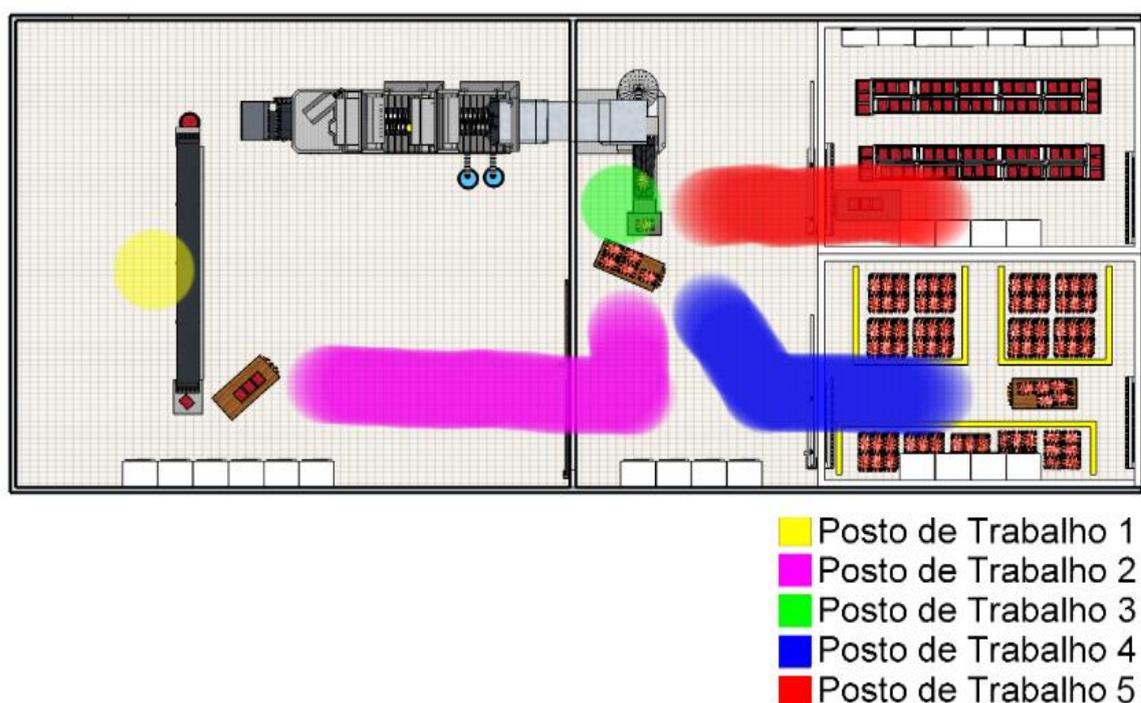


Figura 18 Postos de trabalho selecionados
Fonte: desenvolvida pelo autor

A figura demonstra os postos selecionados e as respectivas movimentações dos mesmos entre subsetores. A seguir é apresentada a tabela com a relação dos postos de trabalho, seus subsetores e as funções classificadas por parte da empresa.

Tabela 7 Postos de Trabalho

Posto de Trabalho	Subsetor	Função
1	Produção	Aux. de Produção
2	Finalização/Produção	Encarregado de Câmara
3	Finalização	Encarregado de Câmara
4	Finalização/Estoque	Encarregado de Câmara
5	Finalização/Estoque	Encarregado de Câmara

Fonte: Desenvolvida pelo autor

4.4.1 *Posto de Trabalho 1*

O primeiro posto selecionado é o único do subsetor de produção. A escolha de um único posto dentre os 20 colaboradores é justificada por todos executarem a mesma função e permanecerem em mesmo ambiente na jornada de trabalho.

A descrição da função do colaborador é preparação e seleção de frutas e legumes em pé enfrente uma esteira em temperaturas positivas baixas (acima dos 10 °C) com uma jornada de 8 horas diárias com direito a uma hora de intervalo. A seguir uma demonstração gráfica do posto de trabalho 1:

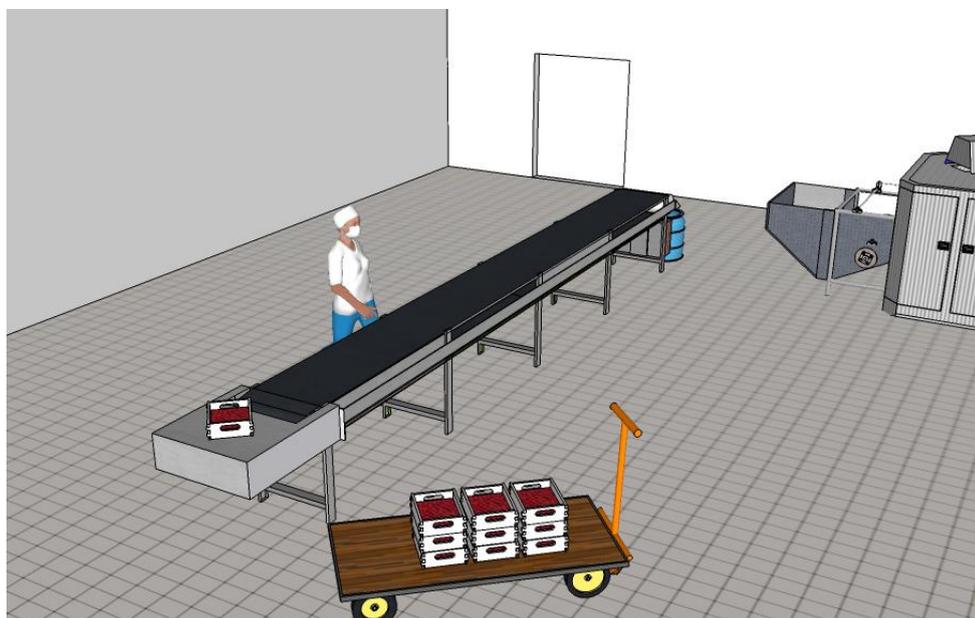


Figura 19 Posto de trabalho 1
Fonte: Desenvolvida pelo autor

No que se refere a uniforme e equipamentos de proteção, o colaborador do posto 1, junto com os demais que efetuam suas atividades exclusivamente no subsetor de produção, utilizam as roupas ilustradas na Figura 20:



Figura 20 Uniforme posto de trabalho 1
Fonte: Reprodução catálogo fornecedor da empresa

4.4.2 **Posto de Trabalho 2**

O posto de trabalho 2 é representado graficamente em 3D na Figura 21, e o mesmo é executado por um dos 4 colaboradores do subsetor de finalização. O colaborador trabalha sempre de pé, movimentando a matéria-prima até a esteira no subsetor de produção com o auxílio de um carrinho de transporte industrial. As atividades são intermitentes no subsetor de produção e reduzidas (menos de 2 minutos) a cada entrada, mas repetidas (entra e sai), estimando o tempo de 40 minutos diários no subsetor e o restante das 8 horas (exceção 1 hora de almoço) de jornada de trabalho no subsetor de finalização. Quando não está exercendo a movimentação o colaborador desempenha a função do posto de trabalho 3.



Figura 21 Posto de trabalho 2
Fonte: Desenvolvida pelo autor

O vestuário do posto de trabalho é ilustrado na Figura 22, e o mesmo se replica para todos os postos que atuam nos subsetores de estoque e finalização, ou seja, postos de trabalho 2, 3, 4 e 5. Estes postos recebem o equipamento de proteção exigido na NR-06 e o adicional de insalubridade.



Figura 22 Uniforme posto de trabalho 2, 3, 4 e 5
Fonte: Reprodução catalogo fornecedor

4.4.3 **Posto de Trabalho 3**

A Figura 23 representa o posto de trabalho 3. O posto faz parte do subsetor de finalização, operando a máquina de pasteurização e envaze e realizando a inspeção. O colaborador trabalha em pé e continuamente no subsetor de finalização, em jornada diária igual a todos os demais, de 8 horas com intervalo para refeição de uma hora.

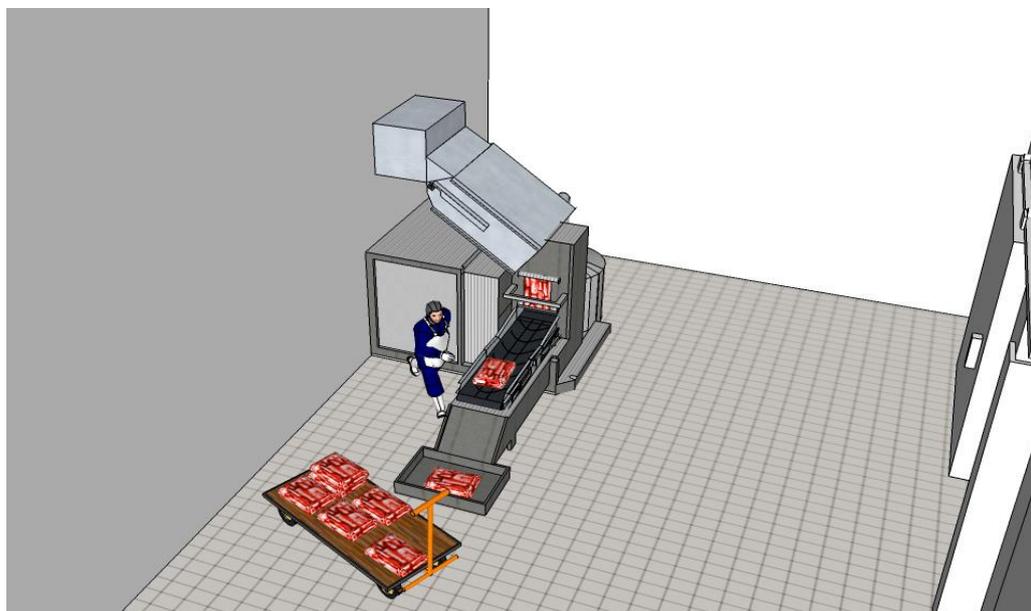


Figura 23 Posto de trabalho 3
Fonte: desenvolvida pelo autor

4.4.4 **Posto de Trabalho 4**

O posto de Trabalho 4 é o que dá início ao processo, ele está representado na Figura 24 e se alterna entre o ambiente do subsetor de finalização e estoque na câmara de matéria-prima. O funcionário transporta a fruta ou legume a ser processado além de receber novas matérias-primas dentro da câmara e auxiliar no subsetor de finalização. As atividades de movimentação se assemelham a do posto de trabalho 2, em regime intermitente, elas têm tempo reduzido dentro da câmara com no máximo 20 minutos de permanência contínua na mesma quando há a recepção de matéria-prima. Nas demais atividades o posto faz entradas repetidas (entra e sai), com tempo reduzido de aproximadamente 2 minutos. O tempo total diário na câmara soma entorno de 50 minutos.

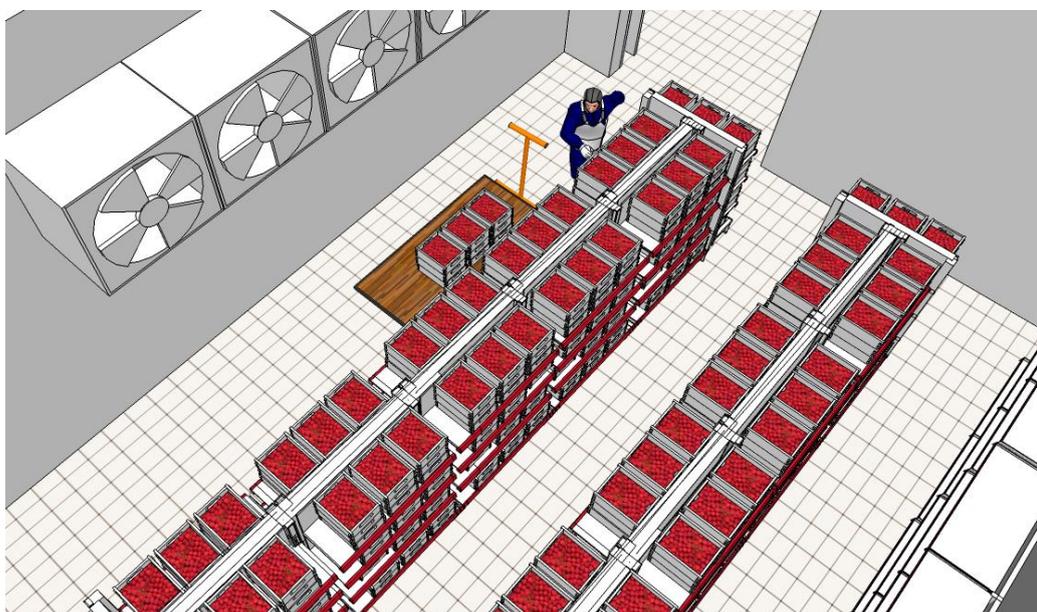


Figura 24 Posto de trabalho 4
Fonte: Desenvolvida pelo autor

4.4.5 **Posto de Trabalho 5**

O último posto a ser analisado também está representado graficamente em 3D pela Figura 25. O posto de trabalho é ocupado pelo quarto colaborador do subsetor de finalização, este que alterna entre os ambientes do seu subsetor e o estoque na câmara de congelamento. Aqui o funcionário também libera produtos prontos, transporta-os e auxilia o subsetor de finalização. As atividades reproduzem os tempos de permanência na câmara do posto de trabalho 4, menos de 20 minutos em liberação de produto e entrada e saída repetidas com tempo de no máximo 2 minutos na câmara somando 50 minutos na jornada diária de 8 horas (exceto intervalo).



Figura 25 Posto de trabalho 5
Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.5 Avaliação Ambiental

Os parâmetros individuais da avaliação ambiental estão demonstrados no Apêndice A. Como já dito, a coleta dos dados foi feita garantindo os padrões indicados pelas normas ISO 7726 e a ISO 11079. As medições ocorreram no período médio de 1 hora para cada subsetor, aonde foi suficiente para a caracterização de ambiente homogêneo para estresse térmico. A coleta de dados dentro das câmaras, aonde existe controle de temperatura e umidade, foi feita em tempo reduzido afim de apenas confirmação dos parâmetros já indicados pelo controle do ambiente.

Os dados tratados de acordo com as exigências das metodologias para as entradas nos cálculos são apresentados na Tabela 8. Por existir uma alternância entre subsetores por parte de alguns colaboradores, os mesmos foram divididos para demonstrar os parâmetros nas diferentes posições. Foram respeitadas as indicações da norma vigente para cada situação, aonde sugere-se para estresse os extremos de temperatura ao qual os colaboradores são expostos.

Quanto da elaboração da tabela 8, a temperatura utilizada para cada posto foi a mais baixa como sugere a norma ISO 11079.

Tabela 8 Parâmetros individuais para cada posto e suas posições

Posto de Trabalho	Subsetor	T_{ex} [°C]	T [°C]	T_g [°C]	M [W/ m^2]	v_a [m/s]	RH [%]	T_{exp} [h: m]
1	Produção	26,2	17,5	17,6	110	0,44	73	07:00
2.1	Produção	26,2	17,5	17,6	130	0,44	73	00:40
2.2	Finalização	26,2	8,6	8,6	130	0,40	51	06:20
3	Finalização	26,2	8,6	8,6	80	0,40	51	07:00
4.1	Finalização	26,2	8,6	8,6	130	0,40	51	06:10
4.2	Estoque	26,2	0,2	0,1	130	1,82	90	00:50
5.1	Finalização	26,2	8,6	8,6	130	0,40	51	06:10
5.2	Estoque	26,2	-21	-21,2	130	1,61	31	00:50

Fonte: Desenvolvida pelo autor

Os postos de trabalho 2, 4 e 5 foram divididos em 2.1, 2.2, 4.1, 4.2, 5.1 e 5.2 onde n.1 significa a primeira posição do colaborador e n.2 a sequência. A figura a seguir representa os postos e suas divisões na planta humanizada do setor:

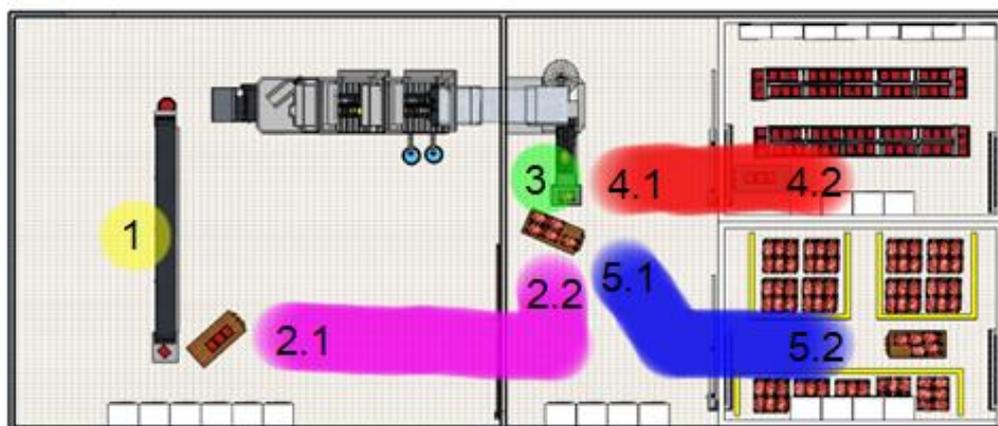


Figura 26 Divisões postos de trabalho

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.6 Aplicação dos métodos de avaliação

Como determinado na etapa metodológica, os métodos WCI e IREQ foram aplicados com o auxílio dos softwares (ANEXO C e ANEXO D), respeitando as indicações das normas vigentes.

4.6.1 Índice WCI

Embora a leitura da velocidade do vento ter apresentado valores pequenos (inferiores a 2 m/s), com maior expressão dentro das câmeras, o índice de resfriamento

pelo vento foi aplicado e justifica-se no presente trabalho por resultar em uma classificação interessante de sensação térmica e demonstrar mesmo que minimamente a influência do vento em situações de frio.

Aplicando-se o método através dos valores de temperatura e velocidade do ar nas equações (01) e (02), e confrontados com a tabela 5, obtém-se os resultados expressos na Tabela:

Tabela 9 Aplicação WCI

Posto de Trabalho	WCI (W/m ²)	Tch (°C)	Sensação Térmica
1	319	17	Confortável
2.1	319	17	Confortável
2.2	464	8	Fresco
3	464	8	Fresco
4.1	464	8	Fresco
4.2	843	0	Quase frio
5.1	464	8	Fresco
5.2	1351	-21	Muito Frio

Fonte: Desenvolvida pelo autor

A partir da interpretação, pode-se verificar que os resultados definem apenas uma condição de frio muito intensa, tendo sido as análises enquadradas principalmente nas faixas de fresco. Deve ser observado que apesar de apenas um posto apresentar situação extrema, dos demais apenas dois são classificados como confortável, o que implica na dedução de que os demais necessitam de proteção apesar das diferentes suscetibilidades pessoais.

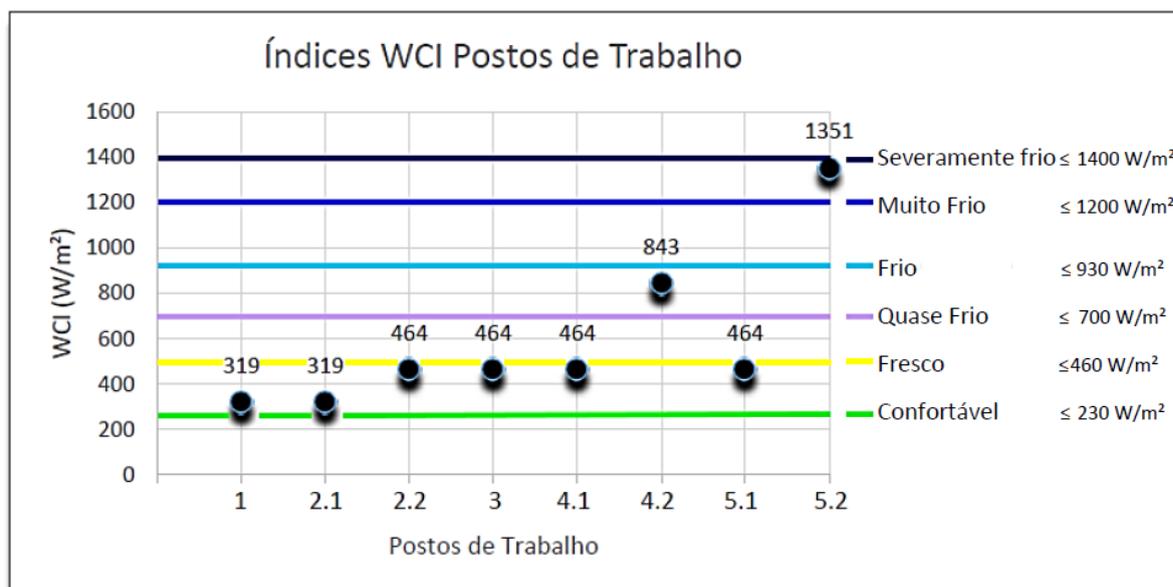


Figura 27 Comportamento WCI em relação aos postos
Fonte: Desenvolvida pelo autor

A Figura 27 foi gerada a partir dos valores do índice WCI e demonstra um comportamento prioritariamente na zona de quase fresco. Percebe-se, que as condições de temperaturas verificadas para velocidade do ar acima de 1 m/s já definiriam sensações térmicas entre quase frio e muito frio. Estas condições foram encontradas nas câmaras de onde os sopradores (evaporadores) definem situações de fluxo de ar mais representativo, indicando a melhor aplicabilidade do índice WCI.

4.6.2 **Recomendações do Brasil**

De acordo com os critérios da legislação e normas brasileiras, a partir da amostragem pesquisada ficaram evidentes algumas constatações, no que diz respeito às caracterizações da zona climática (mapa do IBGE – Figura 8) e dos limites de tolerância (tabela 3) conforme ilustrado a seguir:

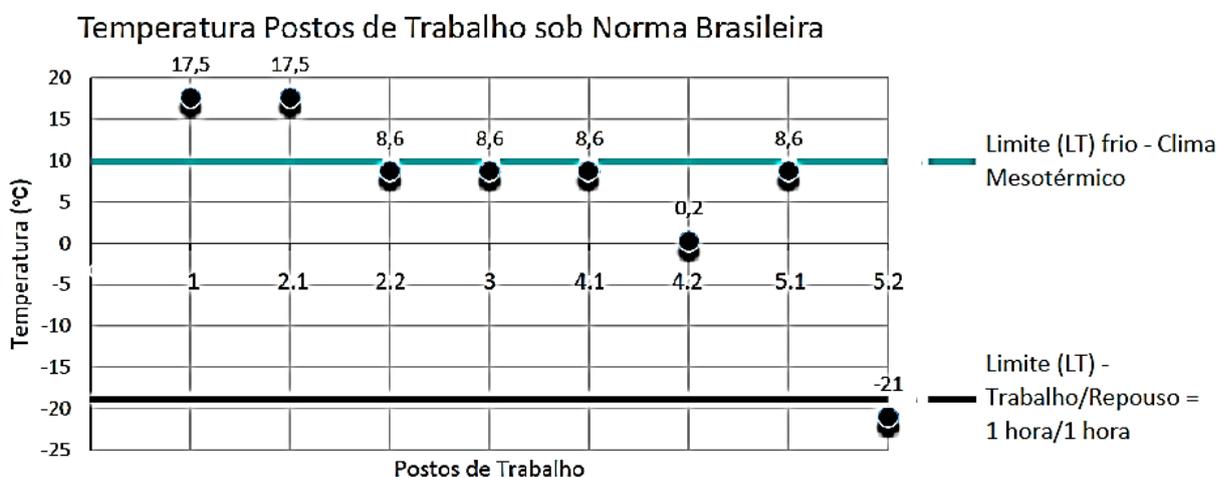


Figura 28 Comportamento das temperaturas conforme o limite para caracterização de frio e do 1º limite para tempo de recuperação térmica
Fonte: Desenvolvida pelo autor

Fica evidenciado que apenas duas situações analisadas na pesquisa, em zona de clima mesotérmica (Sul do Rio Grande do Sul) estavam situadas acima de 10 °C, logo todos os demais postos de trabalho são caracterizados como frio, e em uma das amostras (posto de trabalho 5.1) foi ultrapassado o limite de tolerância que estipulava a obrigatoriedade de recuperação de 1 hora fora do ambiente frio para cada hora trabalhada naquelas condições.

Ainda pode-se afirmar que em todas atividades avaliadas, onde os trabalhos se desenvolviam em situação de frio (abaixo de 10 °C) estavam definidas condições de trabalho insalubre por parte da empresa, além da mesma fornecer o equipamento de proteção.

4.6.3 IREQ

O isolamento térmico das vestimentas foi obtido através do equacionamento aditivo das diversas unidades de proteção (I_{cl}) através da norma ISO 9920.

No caso da pesquisa, procurou-se interpolar os valores específicos, para somados, indicarem o I_{clr} (isolamento resultante). A Tabela 10 aponta os valores calculados para os postos de trabalho.

Tabela 10 Índice de isolamento resultante postos de trabalho

Vestimenta	Isolamento de roupa (I_{cl})	Posto de trabalho 1	Posto de trabalho 2, 3, 4 e 5
Meia algodão	0,02 clo	X	
Meião algodão	0,06 clo		X
Sapatão	0,05 clo	X	
Bota térmica	0,15 clo		X
Roupa íntima	0,03 clo	X	X
Calça de brim	0,25 clo	X	X
Calça térmica	0,35 clo		X
Camisa de brim	0,15 clo	X	X
Japona térmica	0,90 clo		X
Capuz	0,10 clo		X
Touca ninja	0,10 clo		X
Luva borracha	0,01 clo	X	
Luva térmica	0,08 clo		X
Avental napa	0,12 clo	X	X
Isolamento resultante da roupas (I_{clr})		0,63 clo	2,29 clo

Fonte: Desenvolvida pelo autor

Os valores de I_{clr} obtidos do equacionamento adicional das vestimentas devem ainda serem corrigidos para, segundo Oliveira et al (2007), levar em consideração os movimentos dos membros durante as atividades.

Para a análise da condição de estresse gerado pelo frio algumas considerações foram tomadas, uma vez que alguns dados que fazem parte dos inputs para o cálculo são de difícil determinação e/ou não alteram de maneira significativa os resultados finais. A norma ISO 11079 recomenda a utilização de alguns valores padrões para fins de cálculo. A taxa de trabalho mecânico (W), que corresponde à potência mecânica aplicada durante as atividades de trabalho, não apresenta um valor nulo, porém, por ser muito pequena quando comparada à taxa metabólica produzida, é considerada, na grande maioria dos

casos, como 0. A permeabilidade da roupa ao ar (p), caracteriza-se por ser um aspecto de resistência à passagem do ar de cada tipo de tecido. Segundo a norma, a maioria dos tipos de vestuário para uso em condições externas são feitos de tecidos à prova de vento, e um valor padrão de $8 \text{ l/m}^2\text{s}$ pode ser utilizado. Em ambientes com temperaturas negativas, a quantidade de água no ar é muito pequena, desse modo, consideráveis variações na humidade relativa não implicam em mudanças significativas nos resultados dos cálculos. Os dados de entrada para a realização dos cálculos do IREQ e do DLE são apresentados na Tabela 1.

Tabela 11

Dados de entrada para o cálculo

Posto de Trabalho	M [W/m^2]	W [W/m^2]	T [$^{\circ}C$]	Tg [$^{\circ}C$]	p [l/m^2s]	w [m/s]	v_a [m/s]	v_{ar} [m/s]	RH [%]	I_{clr} [clo]
1	110	0	17,5	17,6	8	0	0,44	0,71	73	0,63
2.1	130	0	17,5	17,6	8	0	0,44	0,81	73	2,29
2.2	130	0	8,6	8,6	8	0	0,40	0,77	51	2,29
3	80	0	8,6	8,6	8	0	0,40	0,51	51	2,29
4.1	130	0	8,6	8,6	8	0	0,40	0,77	51	2,29
4.2	130	0	0,2	0,1	8	0	1,82	2,19	90	2,29
5.1	130	0	8,6	8,6	8	0	0,40	0,77	51	2,29
5.2	130	0	-21	21,2	8	0	1,61	1,98	31	2,29

Fonte: Desenvolvida pelo autor

A tabela 12 apresenta os resultados encontrados a partir dos dados da tabela 8 empregando a metodologia. Analisando o estudo efetuado por Oliveira et al. (2007), considerou-se uma redução do isolamento devido aos movimentos do corpo durante as atividades, adotando uma diminuição de 20 e 10% no valor do I_{clr} calculado, para as atividades em que M é maior ou menor do que 100 W/m^2 , respectivamente.

A nomenclatura br e ar nas variáveis DLE , e I_{cl} representam os limites para baixo risco e alto risco nas respectivas variáveis.

Tabela 12 Resultado aplicação IREQ

Posto de Trabalho	$IREQ_{min}$ [clo]	$IREQ_{neutro}$ [clo]	I_{clr} [clo]	$I_{cl\ br}$ [clo]	$I_{cl\ ar}$ [clo]	$DLE\ br$ [h]	$DLE\ ar$ [h]	RT [h]
1	0,46	0,63	0,50	0,45	0,68	8	8	-
2.1	0,34	0,51	1,83	0,34	0,51	8	8	-
2.2	0,80	1,10	1,83	0,80	1,20	8	8	-
3	1,70	2,00	2,06	1,80	2,20	8	8	-
4.1	0,80	1,10	1,83	0,80	1,20	8	8	-
4.2	1,40	1,70	1,83	1,60	2,00	8	4,2	0,6
5.1	0,80	1,10	1,83	0,80	1,20	8	8	-
5.2	2,60	3	1,83	3,20	3,60	0,6	0,5	0,6

Fonte: Desenvolvida pelo autor

Relembrando que quando o isolamento de roupas resultante (I_{clr}) é inferior aos isolamentos de roupa requeridos para baixo e alto risco ($I_{cl\ br}$, $I_{cl\ ar}$), $IREQ_{neutro}$ e $IREQ_{min}$ devem ser tomadas providências de proteção ou controle, bem como quando superior a esses índices pode indicar até um sobreaquecimento na temperatura do colaborador.

Ao analisar os resultados obtidos pela método IREQ, percebe-se que em sua maioria os resultados do isolamento resultante apresentou um valor superior ao $IREQ_{min}$, $IREQ_{neutro}$, $I_{cl\ br}$ e $I_{cl\ ar}$. O posto de trabalho 1 é o único a apresentar uma normalidade, com valores entre $IREQ_{min}$ e $IREQ_{neutro}$.

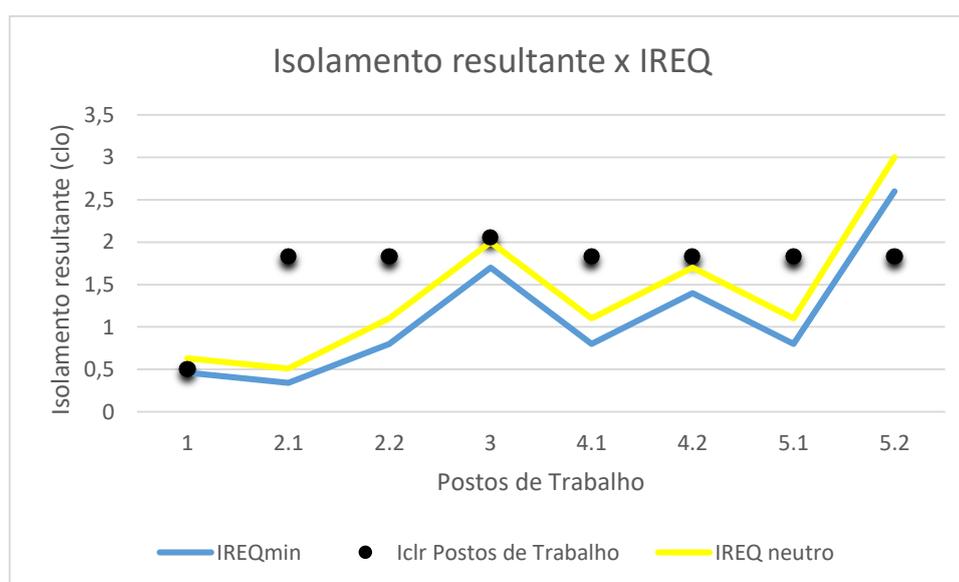


Figura 29 Comparação isolamento resultante aos limites IREQ mínimo e neutro
Fonte: Desenvolvida pelo autor

A Figura 29 nos apresenta o comportamento dos Isolamentos resultante de cada posto em relação aos limites $IREQ_{min}$ e $IREQ_{neutro}$. A ilustração realça a discordância dos isolamentos fornecido pelos uniformes dos colaboradores dos postos de trabalho e os limites estipulados para os mesmos pela metodologia.

O posto de trabalho 5, quando dentro da câmara de congelamento (5.2), é único que apresenta uma situação alarmante de falta de proteção. Os demais como já citado, em exceção do posto 1, demonstraram valores superiores aos limites, o que indica um isolamento maior que o suficiente, onde o excesso de isolamento pode aumentar o risco de sobreaquecimento, transpiração excessiva e absorção pelo vestuário de vapor de água.

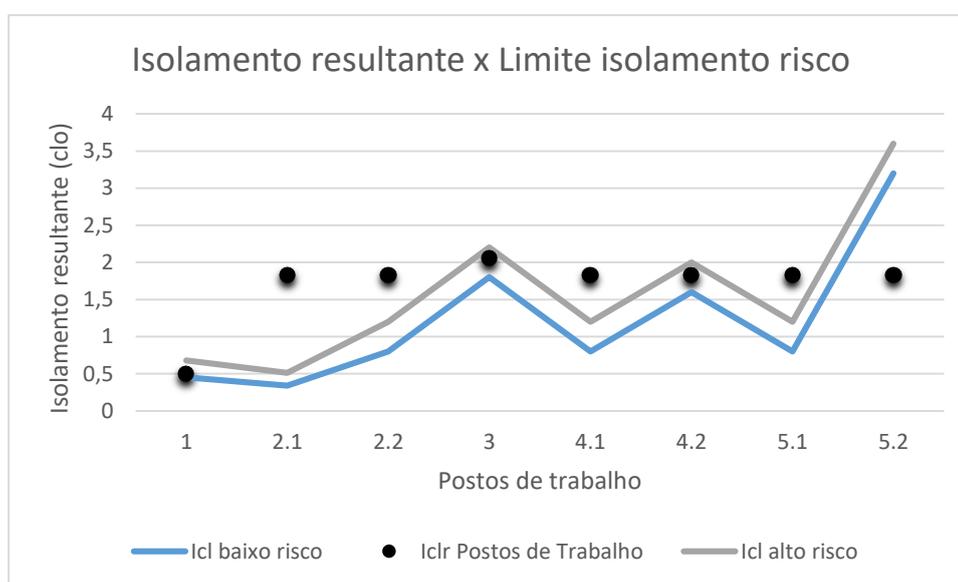


Figura 30 Comparação isolamento resultante aos limites de isolamento para alto e baixo risco
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Quando o isolamento resultante proporcionado pelo conjunto de vestuário dos postos de trabalho comparado aos limites de isolamento para alto risco e baixo risco, percebe-se uma maior proximidade do isolamento indicado para alto risco na amostra. O posto de trabalho 3 e o posto de trabalho 4, quando dentro da câmara de matéria-prima (4.2), que demonstraram uma diferença muito pequena com o limite $IREQ_{neutro}$, ficam abaixo do limite de Isolamento para alto risco.

Já para o caso da interpretação dos resultados das doses limites de exposição (DLEs), para as situações de baixo e alto risco, confirma-se as suposições do isolamento de roupas, os cálculos sugeriram tempo de exposição máxima para baixo e alto risco de 8 horas para maioria das situações, exceto 4.2 e 5.2. O posto de trabalho 4, quando dentro da câmara de matéria-prima (4.2) e o posto de trabalho 5, quando na câmara fria de estoque (5.2) receberam tempos limites de exposição quando nessas situações. A Figura 31 foi elaborada para exemplificar a exposição contínua e os limites determinados pela

metodologia para os postos. O tempo total de exposição diária também foi comparado a título de curiosidade.

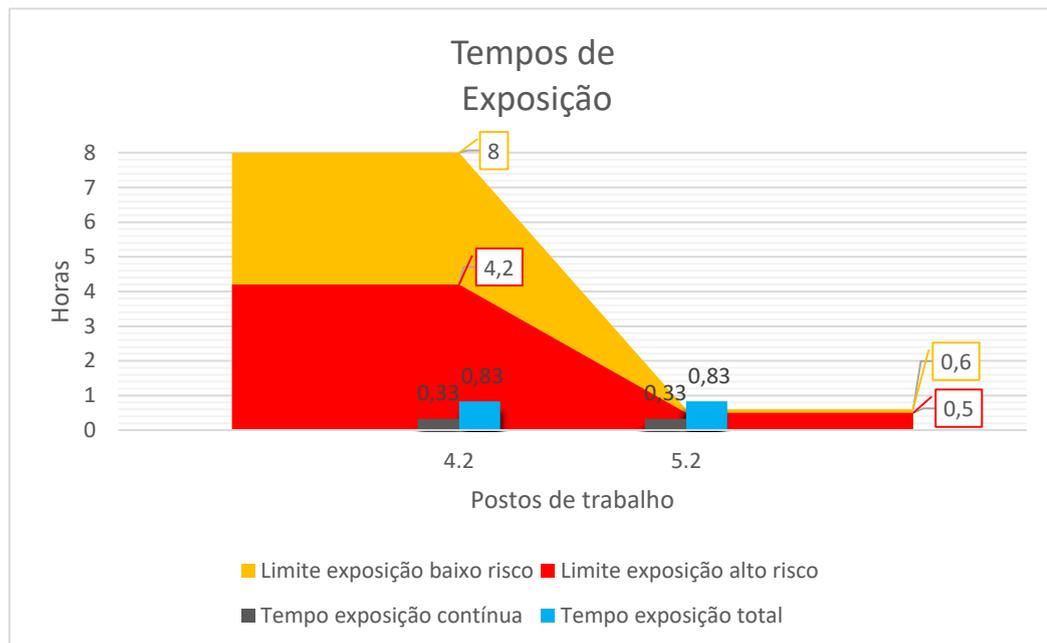


Figura 31 Comparação tempos de exposição aos limites
Fonte: Desenvolvida pelo autor

Os postos de trabalho respeitam o limite de exposição máxima contínua. Ambos receberam a partir dos cálculos o tempo de 0,6 horas (36 minutos) de recuperação para caso seja excedido o tempo limite de exposição contínua.

4.7 Discussão

A amostragem de trabalhadores selecionada no estudo de caso proporcionou uma série de constatações sobre os diferentes tipos de exposições na indústria aonde se desenvolveu o trabalho. As metodologias empregadas para analisar as exposições forneceram diferentes índices considerando os diversos parâmetros ambientais e proporcionando análises mais específicas das exposições e proteções

No que se refere a legislação brasileira, aplicando-se a carta climática, as temperaturas abaixo de 10 °C caracterizam uma situação de trabalho definida como frio para a zona de clima mesotérmica (Sul do Rio Grande do Sul), sendo as atividades insalubres desde que sem a proteção adequada. Constatou-se que dos 5 postos analisados na empresa, 4 são submetidos a temperaturas inferiores a 10 graus celsius. Os mesmos 4 recebem por parte da empresa o equipamento de proteção, além do adicional salarial previsto na norma NR 15 – atividades insalubres.

O posto de trabalho 5, quando dentro da câmara de congelamento (5.2) apresentou uma temperatura de -21°C, ultrapassando o limite de tolerância que estipula a

obrigatoriedade de recuperação de 1 hora fora do ambiente frio para cada hora trabalhada. Como a normatização prevê que está uma hora seja contínua e o posto 5.2 é exposto em tempo máximo de 20 minutos, pode-se interpretar que a condição do posto apesar de ser insalubre está dentro da norma. O próprio ritmo de trabalho, determina a necessidade de trabalhos fora da câmara, evitando os critérios de descanso intercalado nas exposições neste caso.

O complemento do artigo 253 da CLT, regime de trabalho diário para baixas temperaturas, contido na NR 29, prevê que para cada 1 hora e 40 minutos são assegurados 20 minutos de descanso para atividades abaixo de 10°C na região mesotérmica. O não cumprimento torna a atividade insalubre, o que consequentemente justifica o pagamento do adicional de insalubridade para os 4 postos (2, 3, 4 e 5) e a não adesão da empresa pela pausa

Referente a NR 15, a que exige a legislação para eliminar ou neutralizar a insalubridade, todos os 4 colaboradores usavam vestimentas teoricamente adequadas, visto a certificação (CA - certificado de aprovação do Ministério do Trabalho). Entretanto, a composição total da proteção, a qualidade das vestimentas e ainda a exposição localizada não eram submetidos a quaisquer critérios objetivos e técnicos de certificação, uma vez que estas aprovações eram fornecidas por declaração.

A grande limitação da normalização é de que não havendo metodologia técnica de análise, o Departamento do Ministério do Trabalho e Emprego emite a certificação a partir das características declaradas pelo fabricante ou importador a partir de documento simplesmente depositado.

O método Wind Chill Index (WCI), nos postos analisados, demonstrou apenas um valor acima dos limites de tolerância. O posto de trabalho 5, quando na câmara de congelamento apresentou $WCI = 1351 \text{ W/m}^2$, o que se caracteriza como muito frio. Tal verificação confirma o alto risco da exposição do colaborador deste posto de trabalho. É importante salientar que dos demais postos, apenas o posto de trabalho 1 e o posto de trabalho 2 quando no subsetor de produção (2.1) foram caracterizados como confortável. Postos 2.2, 3, 4.1, 5.1 foram classificados como fresco e 4.1 quase frio.

A amostragem teve baixos valores de velocidade do vento, com uma maior representatividade dentro das câmaras, a velocidade do ar nas leituras foi abaixo dos 2 m/s. Foi verificada uma interferência de 0°C a 0,6°C na temperatura por influência do vento. Assim sendo, tendo em vista a velocidade do ar baixa, não se obteve uma grande interferência deste índice. O WCI é muito utilizado para ambientes externos ou quando ocorre uma ventilação forçada mais representativa.

O índice IREQ se mostrou como o mais eficiente, dentre os critérios técnicos aplicados, considerando os diversos parâmetros ambientais e proporcionando análises

mais específicas das exposições e proteções. Os valores obtidos em sua grande maioria apresentaram uma superioridade ao *IREQ_{neutro}*, o que indica um superaquecimento.

O posto de trabalho 1 foi o único a apresentar uma normalidade no isolamento resultante, o posto apresentou índices que ficavam na faixa entre *IREQ_{min}* e *IREQ_{neutro}*, o que pode ser justificado por ser o único a ficar em regime contínuo no subsetor de produção aonde a temperatura fica em torno dos 17 °C. Já o posto de trabalho 2 tem uma variação entre o ambiente de produção e finalização, o colaborador utiliza o equipamento de proteção por ficar predominantemente em temperatura abaixo de 10°C, o que resulta em índices de isolamento resultante muito acima quando o mesmo está no setor de produção. A frequente variação do ambiente impede que o mesmo faça hipotéticas trocas (adição e redução) de roupas.

Com um valor de 0,06 clo superior ao *IREQ_{neutro}*, o posto de trabalho 3 demonstra uma pequena extrapolação do limite para a neutralidade, podendo ser facilmente igualado com a remoção de pequenas vestimentas. Quando comparado a isolamento indicado para atividades de alto risco, o posto fica com um valor de 0,14 clo abaixo do indicado. Como descrito na apresentação, a empresa apresentar um grau de risco médio ou alto de acordo com o CNAE da principal atividade desenvolvida pela mesma.

. O posto tem uma atividade metabólica menor que os demais do subsetor de finalização o que justifica a sua maior aproximação do *IREQ_{neutro}*. A diferença apresentada que ultrapassa a neutralidade se iguala ao valor de isolamento de um meião de algodão, 0,06 e para atividades de alto risco o isolamento indicado pode ser facilmente alcançado pela adição de vestimenta.

Quanto aos postos com acesso às câmaras frias, o posto de trabalho 4, que faz acesso à câmara de matéria-prima, bem como o posto 5 que faz acesso à câmara de congelamento, por usar mesmo vestuário e partilhar de mesma taxa metabólica do posto de trabalho 2, apresentaram um valor de 0,73 clo acima do *IREQ_{neutro}* e 0,63 para isolamento requerido indicado para situação de alto risco, quando no setor de finalização (4.1 e 5.1). Os níveis tanto para indicação de isolamento de atividade de alto risco quanto para neutralidade poderiam ser igualados com a remoção de vestimentas, lembrando que apesar da extrapolação indicar sobreaquecimento, existem as variáveis fisiológicas e suscetibilidade individuais que podem equilibrar a temperatura corpórea.

Quando dentro da câmara o posto de trabalho 4 (4.2), o isolamento resultante se mostra com um valor reduzido de 0,13 clo acima do *IREQ_{neutro}*, número que pode ser reduzido com uma peça de roupa. Para alto risco o isolamento sugerido é de 2,00 clo, o qual pode ser atingido através da adição de vestimenta.

A partir da anomalia encontrada nos postos de trabalho 3 e 4 (quando na câmara), de que haja a necessidade de retirada de vestimenta para igualar a neutralidade e a

necessidade de adição para igualar ao isolamento sugerido para atividades de alto risco, pode-se interpretar que como a atividade na empresa é classificada como de médio a alto risco, ambos os postos, embora haja a variáveis ambientais, necessitam da adição de vestimenta.

A atenção principal deve ser voltada ao posto 5, quando na câmara de congelamento (5.2), os valores da metodologia afirmaram o encontrado na análise pelo WCI e Indicativos da normatização brasileira. Foi encontrado uma diferença de 0,77 clo ao *IREQ_{min}*, e uma diferença de 1,77 clo para o isolamento sugerido para atividades de alto risco. O posto é reafirmado como insalubre pela metodologia IREQ e por apresentar uma grande diferença entre os valores de isolamentos resultantes e requeridos, a simples adição de vestimentas como forma de corrigir o isolamento não é suficiente, o volume de roupas resultante para suprir a necessidade, impossibilitaria a movimentação normal.

A presença de superioridade nos valores de isolamento resultantes das vestimentas dos trabalhadores pode indicar uma sobrecarga na temperatura corpórea nos casos apresentados, principalmente no posto de trabalho 2 quando é submetido a circular no subsetor de produção de produção. A possível retirada da japonsa térmica (0,90 clo) por parte do colaborador já aproximaria do índice *IREQ_{neutro}* e permitiria que quando o colaborador estivesse no subsetor de finalização (2.2) apresentasse níveis entre o *IREQ_{neutro}* e *IREQ_{min}*.

Qualquer dedução de superaquecimento deve ser ponderada pelas suscetibilidades individuais de cada indivíduo, é preciso salientar que aspectos como idade, peso e altura tem influência junto com a sua suscetibilidade individual.

Para os limites de exposição que são dados pela metodologia quando há uma ineficiência do isolamento resultante, foram determinados tempos de exposição máxima para os dois postos 4 e 5, quando dentro das câmaras (4.2 e 5.2). Os postos receberam tempos limites de exposição por apresentarem valores de isolamento resultante inferiores aos isolamentos requeridos de alto risco, logo são classificados com insalubres para a metodologia IREQ.

O posto de trabalho 4, apresentou-se como atividade insalubre quando comparado ao isolamento requerido para atividades de alto risco, com um limite de 4,2 horas (4 horas e 12 minutos) com um tempo de recuperação de 0,6 horas (36 minutos) em ambiente com temperatura ambiente. Como o posto de trabalho não realiza atividades contínuas por mais de 20 min, as indicações de tempo de recuperação não se aplicam ao posto.

Quando exposto a câmara de congelamento, o posto de trabalho 5 teve um tempo máximo de exposição indicado pela metodologia de 0,6 para atividade de baixo risco e 0,5 horas para alto risco (30 minutos). Como o posto reproduz o tempo máximo de 20 minutos na câmara, pode-se desconsiderar o tempo de descanso em temperatura ambiente de 36

minutos. Interessante reforçar que como na normatização brasileira, o ritmo de trabalho determina a necessidade de trabalhos fora da câmara, evitando a necessidade do tempo de recuperação.

O posto de trabalho 3 que teve a redução de 10% no isolamento resultante, embora classificado com insalubre para atividades de alto risco por ter um I_{clr} menor que o $I_{clr ar}$, recebeu um tempo limite de exposição de 8 horas. A baixa atividade metabólica faz com que a diferença entre os valores de isolamento seja muito pequena (0,14 clo) podendo ser tolerada a exposição do posto por toda jornada de trabalho.

4.7.1 **Sugestões**

O cumprimento legal com a normatização brasileira, se mostrou positivo na empresa objeto de estudo. As exigências do Anexo 9 da NR 15 e artigo 253 da CLT, estão sendo respeitadas. No que prevê a lei, os postos de trabalho 2, 3, 4 e 5 devem receber proteção adequada por apresentarem a exposição a temperaturas menores que 10°C.

O regime de trabalho diário presente como complemento do artigo 253 na NR 29 sugere pausas de 20 minutos para a cada 1 hora e 40 minutos de trabalho em ambiente também abaixo dos 10°C. Embora a empresa não permita as pausas na jornada de trabalho é pago o adicional de insalubridade, o que do ponto de vista legal torna a empresa adequada a normatização.

A principal sugestão dentro do cenário de enquadramento legal brasileiro, é adesão das pausas de 20 minutos para os postos de trabalho abaixo de 10°C. Postos 2, 3 e 4, dentro da faixa de 10°C a -17,99°C, perderiam a classificação de insalubres, perante a verificação referente a NR 15, a que exige a legislação para eliminar ou neutralizar a insalubridade, todos os 4 colaboradores usavam vestimentas teoricamente adequadas, visto a certificação (CA - certificado de aprovação do Ministério do Trabalho).

A economia financeira salarial somaria a redução dos 20% de insalubridade (grau médio, frio considerado insalubre em decorrência de inspeção realizada) dos três colaboradores dos postos de trabalho 2, 3 e 4. A mesma sugestão não se aplica ao posto de trabalho 5 por ser submetido a temperaturas menores a -18°C, tornando-o insalubre mesmo com pausas.

As pausas devem ser feitas em temperatura ambiente, o que implicaria na adequação física do setor de congelados. Visto que o setor de secos não tem a influência artificial de temperaturas, e o mesmo é localizado paralelo, embora haja a necessidade de um estudo mais aprofundado da viabilidade estrutural, bem como econômica, existe o indicativo positivo a adequação.

O índice IREQ resultou em três situações insalubres. Postos de trabalho 3, 4 quando dentro da câmara (4.2) e posto de trabalho 5 quando dentro da câmara de congelamento (5.2), apresentarão valores do isolamento de roupas resultante inferior ao isolamento requerido para atividades de alto risco. No caso dos postos 3 e 4 por existir uma diferença pequena entre os valores, a adição de uma blusa moletom quantificada na ISO 9920 com o valor de isolamento de 0,34 clo, atingiria o isolamento requerido para atividades de alto risco.

A adição de vestimenta não é viável para o posto de trabalho 5, visto que a diferença entre isolamento resultante e requerido para alto risco é de 1,77 clo, o acréscimo poderia impossibilitar a movimentação normal devido ao volume de roupa. Sugere-se a adição da blusa de moletom para a redução da diferença e o cumprimento do limite de exposição de 30 minutos.

Os demais postos aonde os isolamentos resultantes ultrapassaram os isolamentos requeridos de alto risco e *IREQ**neutro*, apesar de serem classificados com indicio de sobreaquecimento, devem ser ponderados em avaliação aonde considere-se as suscetibilidades e fisiologias individuais. Os isolamentos resultantes podem ser reduzidos facilmente com a remoção da calça jeans (0,25 clo), visto que a mesma não é prevista como equipamento de proteção e fica abaixo da calça térmica.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo teve por objetivo investigar os índices de temperatura extremas baixas em uma indústria alimentícia. Justificado pela grande atividade do setor no estado, com uma carência científica para situações de estresse foi escolhido três diferentes metodologias afim da obtenção de uma melhor avaliação.

As metodologias foram buscadas e selecionadas com critérios de indicação dos cientistas referência no assunto e principalmente nas normatizações. Todo e qualquer procedimento teve como respaldo uma norma e na falta foi buscado as sugestões literárias de fontes reconhecidas.

A empresa objeto de estudo embora tenha determinado limitações, forneceu o suficiente para aplicabilidade das 3 metodologias escolhidas. O setor aonde foi desenvolvida a aplicação dos métodos apresentou diferentes parâmetros possibilitando a obtenção de todas variáveis necessárias para uma análise completa.

Os resultados permitiram a verificação do enquadramento legal da empresa segundo normas brasileiras, bem como a comparação da eficiência das exigências quando comparado as metodologias mais complexas. Foi possível ainda desenvolver uma discussão aonde se obteve sugestões de melhoria tanto a saúde do colaborador quanto para os custos salariais da empresa.

Para estudos futuros sugere-se a consideração da suscetibilidade e fisiologias individuais dos colaboradores. Foi sentida a carência da obtenção das reais sensações sentidas pelos colaboradores de cada posto de trabalho. Considerar as suscetibilidades individuais para complemento das metodologias já aplicadas, pode gerar uma maior precisão nas conclusões na análise.

O trabalho apontou estresse térmico que é apenas uma das preocupações com a saúde e segurança dos trabalhadores. Espera-se que de alguma forma o mesmo possa ser um incentivo para que futuros trabalhos possam ser elaborados.

Conclui-se que o estudo alcançou o objetivo principal de investigar os níveis de exposição a temperaturas extremas em uma indústria alimentícia na região sul do Brasil., proporcionando uma série de constatações sobre os diferentes tipos de exposições na indústria. As metodologias empregadas para analisar as exposições forneceram diferentes índices considerando os diversos parâmetros ambientais e proporcionando análises mais específicas das exposições e proteções.

REFERÊNCIAS

- ABERGO. A certificação do ergonomista brasileiro. Editorial do Boletim 1, Associação Brasileira de Ergonomia. 2000.
- ABIA. Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação. (2017). Relatório anual. São Paulo.
- ALI, S. A. Dermatoses ocupacionais. Medicina básica do trabalho. Curitiba: Gênese, Cap.XI, p.283-341, 1994.
- ACGIH. American Conference Of Governmental Industrial Hygienists, Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. TLVs (Limites de Exposição) e BEIs (Índices Biológicos de Exposição) – São Paulo, 1999.
- ALVIM, M. B. A relação do homem com o trabalho na contemporaneidade: uma visão crítica fundamentada na Gestalt-Terapia. Estudos e Pesquisas em Psicologia, Rio de Janeiro, ano 6, n. 2, p.122-130, 2006.
- BARBOSA, F. d. (2017). A Crise Econômica. Rio de Janeiro, RJ: Instituto Brasileiro de Economia, Fundação Getúlio Vargas.
- BUZANELLO M. P. Influência de variáveis ambientais em frigorífico da unidade climática subtropical sul sobre os trabalhadores expostos a baixas temperaturas. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- CARVALHAIS, C. A. (2011). Contribuição para o Estudo da Tolerância Humana a Ambientes Térmicos Extremos: Ensaio de Validação de Câmara Climática . Porto, Portugal: Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto .
- CNTA Afins Confederação Nacional dos Trabalhadores nas Indústrias de Alimentação e Afins. (2017). Cartilha dos Frigoríficos. São Paulo.
- COSTA, J. F. (2009). Políticas Públicas de Defesa da Concorrência: O Caso da Indústria Alimentícia do Brasil. Universidade de São Paulo, São Paulo: Escola de Artes, Ciências e Humanidades.
- COUTINHO, ANTONIO S (1998). Conforto e Insalubridade Térmica em Ambientes de Trabalho. Editora Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- COUTO, HUDSON A (1978). Temperaturas Extremas. In: Fisiologia do Trabalho Aplicada. Ibérica Editora, Belo Horizonte.
- COUTO, Liliane & BARROS, Saulo C.R. (1996). Riscos causados pelo frio intenso. In: Revista Proteger – Editora Pedagógica e Universitária, São Paulo.

CONTADOR, José Celso. Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

DJONGYANG, N. Tchinda, R. e Njomo, D. 2010. Conforto Térmico: Um artigo de revisão. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, pp. 2626-2640.

FANGER, P.O. 1970a. Conforto Térmico: Análise e Aplicações em Meio Ambiente Engenharia. Nova Iorque: Londres: McGraw-Hill

FANGER, P.O. 1973. Conforto Térmico: Análise e Aplicação em Meio Ambiente Engenharia. McGraw-Hill. NOS.

GALLOIS, N.S.P., Análise das condições de estresse e conforto térmico sob baixas temperaturas em indústrias frigoríficas de Santa Catarina. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Curso de pós-graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2002.

GIAMPAOLI, Eduardo (1985). Temperaturas Extremas. In: *Riscos Físicos*. - Fundacentro, São Paulo.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIVONI, B. 1976. Homem, clima e arquitetura.: Barking, Essex, Applied Science.

GOLDSMITH, R (1989). Cold and work in the cold. In: *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, International Labour Office, Geneva, Switzerland, pp. 504-507.

GRIEFAHN, B. Limits of and possibilities to improve the IREQ cold stress model (ISO/TR 11079). A validation study in the field. *Applied Ergonomics* 31, Dortmund, Germany, p. 423-431, 1999.

HADLER, N. M. (2001). Rheumatology and the health of the workforce. *Arthritis & Rheumatism* In: *Official Journal of the American College of Rheumatology.*, Atlanta, U.S.A, 44(9).

HENSEL, H. 1981. Thermoreception e regulação de temperatura. In: *Monografias de a sociedade fisiológica* 38. London: Academic Press.

HENSEN, J.L.M. 1991. On the thermal interaction of building structure and heating and ventilating system. PhD thesis. Technische Universiteit Eindhoven.

HEIDARI Shahin. 2000. Thermal Comfort in Iranian Courtyard Housing. Phd Thesis. The University of Sheffield

HOLMÉR, I., (1984), "Required clothing insulation (IREQ) as an analytical index of cold stress", *ASHRAE Transactions*, 90, 1116 – 1128.

HOLMÉR, I. 2000b. Cold stress: part II--The scientific basis (knowledge base) for the guide. In:

ANIL MITAL, Å. K. & SHRAWAN, K. (eds.) Elsevier Ergonomics Book Series. Elsevier.

HOLMER, I. 2009. Evaluation of Cold Workplaces: An Overview of Standards for Assessment of Cold Stress. *Industrial Health*, 47, 228-234.

IIDA, Itiro. Ergonomia: projeto e produção. 2. ed. rev. ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 360 p.

KONZ, S. A. Work design: industrial ergonomics. 3.ed. Ohio, Worthington, U.S.A., 1990.

LIN, Z. e Deng, S. 2008. Um estudo sobre o conforto térmico em ambientes de sono em regiões subtropicais - desenvolvendo um modelo de conforto térmico para ambientes de sono. *Building and Environment* 43, pp. 70-80.

MARCELLO C., Flávio F., Guilherme T., João A., Leticia A., Lucas L., & Maurício C. (2017). *Desafios da Indústria de Alimentos*. São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

MARKUS A Thomas, Morris N Edwin. *Edifícios, clima e energia*.

OLIVEIRA, A. V. F. M. D. 2006. *Estudo de Ambientes Térmicos Frios - Desenvolvimentos Experimentais e Avaliação de Condições de Trabalho*. Tese de Doutorado em Ciências de Engenharia Mecânica na especialidade de Climatização e Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

PARSONS, K. C. 2003. *Human Thermal Environments - The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance*, London, Taylor & Francis

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; HUNGLER, B. P. *Fundamentos de pesquisa em enfermagem: métodos, avaliação e utilização*. Trad. de Ana Thorell. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

PRADO JUNIOR, C. *Formação do Brasil contemporâneo*. São Paulo: Brasiliense, 2000.

RAIS. (2012). *Relação Anual de Informações Sociais*. Ministério do Trabalho e Emprego.

SLACK, Nigel. et. al., *Administração da Produção*. São Paulo, Atlas, 1999.

SILVA, L. B. *Análise da relação entre Produtividade e conforto térmico: o caso dos digitadores do centro de processamento de dados da Caixa Econômica Federal de Pernambuco*. Florianópolis, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina.

SPGG. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. (2017). *Produtos Alimentícios e de Bebidas*. Rio Grande do Sul.

SUSIN, R. C. (2015). *Exposição Ocupacional em Ambientes Frios: Avaliação e Aplicação da Metodologia IREQ*. Pato Branco: Engenharia Mecânica –COEME – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

VASCONCELOS, M. A., & Melo, A. B. (2010). *Conservação de Alimentos*. Recife: EDUFRPE.

VIGO, Priscila Regina et al. *Análise de um ambiente universitário: um enfoque ergonômico*. In: V CONGRESSO PARANAENSE DE FISIOTERAPIA, 2010, Cascavel. Anais... Cascavel, 2010.

WICZICK, L.F.S., *Diagnóstico da Incidência de Doenças Associadas a Ler/Dort*

em Trabalhadores de Câmaras Frigoríficas de Curitiba e Região Metropolitana, 2008, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ZINGANO, B.W. 2001. A discussion on thermal comfort with reference to bath water temperature to deduce a midpoint of the thermal comfort temperature zone. *Renewable Energy* 23, pp. 41–47.

ANEXO A

Quadro ISO 8996 para Determinação do Metabolismo

Fonte: ISO 8996

Quadro A.1 Valores da taxa metabólica conforme classificação

Ocupação		Taxa Metabólica (W/m ²)
Trabalho de escritório	Trabalho sedentário	55 a 70
	Trabalho administrativo	70 a 100
	Zelador	80 a 115
Artesanato	Pedreiro	110 a 160
	Carpinteiro	110 a 175
	Vidraceiro	90 a 125
	Pintor	100 a 130
	Padeiro	110 a 140
	Açougueiro	105 a 140
	Reparador de Relógio	55 a 70
Indústria da mineração	Transportador	70 a 85
	Carvoeiro	110
	Trabalhador da mineração	115 a 175
Indústria do Aço e Ferro	Trabalhador de alto-forno	170 a 220
	Operador de forno elétrico	125 a 145
	Moldagem Manual	140 a 240
	Moldagem na Máquina	105 a 165
	Fundição	140 a 240
Indústria Metal mecânica	Ferreiro	90 a 200
	Soldador	75 a 125
	Torneiro	75 a 125
	Perfurador	80 a 140
	Precisão Mecânica	70 a 110
Ocupações Gráficas	Desenhista	70 a 95
	Encadernador	75 a 100
Agricultura	Jardineiro	115 a 190
Trânsito	Motorista de Trator	85 a 110
	Motorista de Carro	70 a 100
	Motorista de Ônibus	75 a 125
	Condutor de Trem	80 a 115
	Operador de guindaste	65 a 145
Várias Ocupações	Assistente de Laboratório	85 a 100
	Professor	85 a 100
	Vendedor	100 a 120
	Secretário	70 a 85

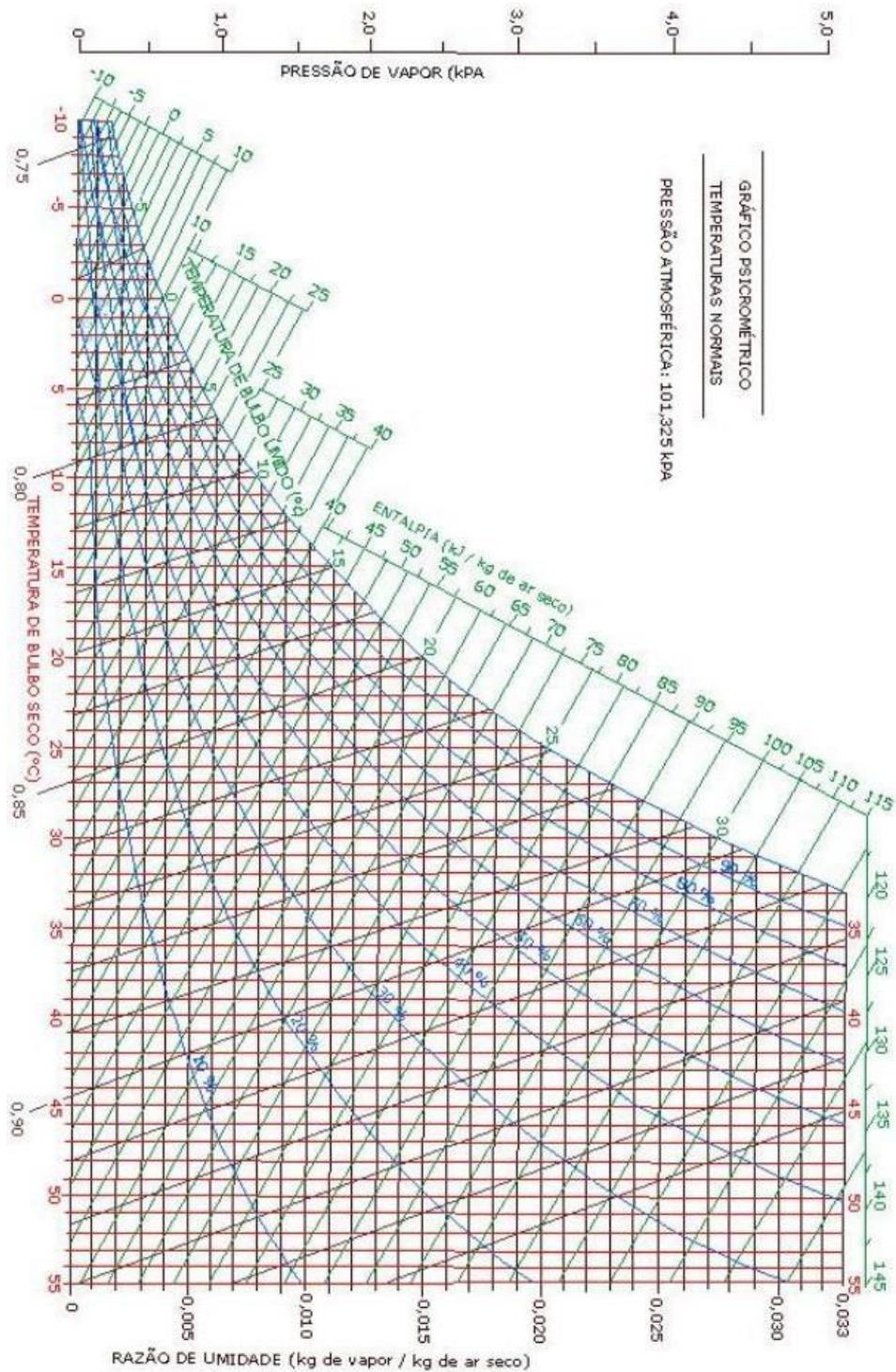
Quadro A.2 Valores da taxa metabólica conforme classificação

Classe	Taxa metabólica média (com intervalos)		Exemplos
	W/m ²	W	
0 Repouso	65 (55 a 70)	115 (100 a 125)	Descansando, sentado à vontade.
1 Taxa Metabólica Baixa	100 (70 a 130)	180 (125 a 235)	<ul style="list-style-type: none"> - Trabalho manual leve (escrever, digitar, desenhar); - Trabalho utilizando mãos e braços (atividades de inspeção, montagem e separação de materiais leves); - Trabalho utilizando mãos e pernas (dirigir veículos ou controlar algum tipo de pedal); - Trabalho em pé (perfuração, fresamento, enrolamento de bobinas, operação de máquinas com ferramentas de baixa potência, caminhada a uma velocidade de até 2,5 Km/h).
2 Taxa Metabólica Moderada	165 (130 a 200)	295 (235 a 360)	<ul style="list-style-type: none"> - Trabalho utilizando mãos e braços (martelo e enchimento); - Trabalho utilizando braços e pernas (operar caminhões, tratores ou equipamentos de construção); - Trabalho utilizando braços e tronco: trabalho com martelo pneumático, montagem de trator, manipulação de gesso, trabalhos com manipulação intermitente de material moderadamente pesado, colheita de frutas ou legumes, empurrar ou puxar carrinhos de peso ou carrinhos de mão, caminhar a uma velocidade de 2,5 km/h a 5,5 km/h, forjamento.
3 Taxa Metabólica Alta	230 (200 a 260)	415 (400 a 465)	- Trabalho intenso com o braço e o tronco: carregamento de material pesado; serrar; cinzelar madeira; escavação; caminhar a uma velocidade de 5,5 a 7 km/h. Empurrar ou puxar carrinho de mão muito carregado ou carregar bloco de concreto.
4 Taxa Metabólica muito alta	290 (>260)	520 (>465)	- Atividade muito intensa em ritmo elevado; trabalhar com um machado; subir escadas e rampas; caminhar rapidamente em passos pequenos; correr; caminhar a uma velocidade superior a 7 km/h.

ANEXO B

Carta Psicrométrica

Fonte: Compagnom et al. (2010)



ANEXO C

Cálculo Analítico Do IREQ

Fonte: http://www.eat.lth.se/fileadmin/eat/Termisk_miljoe/IREQ2009ver4_2.html

(17/11/2018)

JAVA applet for ISO 11079

CALCULATION OF REQUIRED CLOTHING INSULATION (IREQ), DURATION LIMITED EXPOSURE (Dlim), REQUIRED RECOVERY TIME (RT), and Wind Chill Temperature (twc)

IREQ 2008 ver 4.2, Hakan O. Nilsson and Ingvar Holmer.
BOOKMARK THIS PAGE in order to ALWAYS use the LATEST VERSION of the code.

Disclaimer and references at the end of the document.

CALCULATION OF REQUIRED INSULATION, IREQ AND DURATION LIMITED EXPOSURE, Dlim

116	M (W/m ²), Metabolic energy production (58 to 400 W/m ²)
0	W (W/m ²), Rate of mechanical work, (normally 0)
-15	Ta (C), Ambient air temperature (< +10 C)
-15	Tr (C), Mean radiant temperature (often close to ambient air temperature)
8	p (l/m ² s), Air permeability (low < 5, medium 50, high > 100 l/m ² s)
0	w (m/s), Walking speed (or calculated work created air movements)
0.4	v (m/s), Relative air velocity (0.4 to 18 m/s)
85	rh (%), Relative humidity
2.5	Icl (clo), AVAILABLE basic clothing insulation (1 clo = 0.155 W/m ² K)

IREQ & Dlim RESULTS (minimal to neutral)

Insulation Required, IREQ to (clo)

REQUIRED basic clothing insulation (ISO 9920), Icl to (clo)

Duration limited exposure, Dlim to (hours)

message

CALCULATION OF REQUIRED RECOVERY TIME, RT

90	M (W/m ²), Metabolic energy production, (normally lower!)
0	W (W/m ²), Rate of mechanical work, (normally 0)
25	Ta (C), Ambient air temperature, (normally warmer!)
25	Tr (C), Mean radiant temperature, (normally warmer!)
8	p (l/m ² s), Air permeability
0	w (m/s), Walking speed (normally lower)
0.4	v (m/s), Relative air velocity (normally lower!)
50	rh (%), Relative humidity
1.5	Icl (clo), Available basic clothing insulation, (normally lower!)

RT RESULTS (neutral)

Required recovery time (hours)

message

CALCULATION OF WINDCHILL TEMPERATURE, twc

6.8	v (km/h), Meteorological wind speed (at 10 m)
-25	Ta (C), Ambient air temperature

Wind chill temperature, twc (C)

ANEXO D

Cálculo Analítico WCI

Fonte: <http://www.meteo noordwest.nl/wind/windchill.php> (17/11/2018)

Wind Chill Calculator

Voer gewenste waarden in en kies de juiste eenheden. Druk op "Bereken".

Temperatuur: Fahrenheit Celsius

Windsnelheid: mph kts m/sec km/h

Siple Windchill: (USA-methode)

Steadman Windchill: (KNMI-methode)

Canadese Windchill Index: (W/m²) (= afgifte/verlies hoeveelheid warmte)

Toelichting: De Windchill berekenen heeft alleen zin bij temperaturen tussen +2 en -42 graden Celsius (of tussen ca. +35 en -45 Fahrenheit) bij windsnelheden tussen 2 en 20 m/s. De waarden zijn afgerond. In tienden graden nauwkeurig heeft weinig nut.

De gevoelstemperatuur, welke met deze calculator wordt berekend, gaat uit van de ervaren temperatuur op de blote huid, in tegenstelling tot de methode van kledingfabrikant Steadman, welke in de tabel wordt gehanteerd en ook door Nederland (KNMI) wordt gebruikt. Steadman ging uit van een gezond, goed gekleed persoon. Hierdoor komen de waarden bij gebruik van deze calculator lager uit dan die volgens de Steadman-methode. De windchill welke bijvoorbeeld ook door het elektronische weerstation Davis Vantage 2 wordt berekend gaat eveneens uit van de waarden welke met de calculator worden gemeten.

De eveneens met de calculator te bepalen **Canadese Windchill Index** gaat uit van het warmteverlies in Watt per m² en is daarom wel bruikbaar om de afkoeling van voorwerpen te bepalen ...mits men de warmtecapaciteit van het materiaal kent!

APÊNDICE A

Dados medições parâmetros ambientais subsetores.

Subsetor de Produção							Subsetor de Finalização Posição 1						
n	Data	Hora	RH %	T	Tg	Va	n	Data	Hora	RH %	T	Tg	Va
1	06/11/2018	9:11:35	72,9	17,5	17,6	0,43	1	06/11/2018	10:36:14	51,0	8,6	8,6	0,38
2	06/11/2018	9:12:34	72,9	17,5	17,6	0,43	2	06/11/2018	10:37:13	51,0	8,6	8,6	0,38
3	06/11/2018	9:13:33	72,9	17,5	17,6	0,44	3	06/11/2018	10:38:12	51,0	8,6	8,6	0,39
4	06/11/2018	9:14:32	72,9	17,5	17,6	0,44	4	06/11/2018	10:39:11	51,1	8,6	8,6	0,40
5	06/11/2018	9:15:31	72,9	17,5	17,6	0,44	5	06/11/2018	10:40:10	51,1	8,6	8,6	0,40
6	06/11/2018	9:16:30	73,0	17,5	17,6	0,45	6	06/11/2018	10:41:09	51,2	8,6	8,6	0,40
7	06/11/2018	9:17:29	73,0	17,6	17,7	0,45	7	06/11/2018	10:42:08	51,1	8,6	8,6	0,40
8	06/11/2018	9:18:28	73,0	17,6	17,7	0,45	8	06/11/2018	10:43:07	51,1	8,6	8,6	0,40
9	06/11/2018	9:19:27	73,0	17,6	17,7	0,45	9	06/11/2018	10:44:06	51,1	8,6	8,6	0,40
10	06/11/2018	9:20:26	73,0	17,5	17,6	0,44	10	06/11/2018	10:45:05	51,1	8,7	8,7	0,40
11	06/11/2018	9:21:25	73,0	17,5	17,6	0,45	11	06/11/2018	10:46:04	51,1	8,6	8,7	0,40
12	06/11/2018	9:22:24	73,1	17,5	17,6	0,46	12	06/11/2018	10:47:03	51,0	8,6	8,6	0,40
13	06/11/2018	9:23:23	73,1	17,5	17,6	0,46	13	06/11/2018	10:48:02	50,9	8,6	8,6	0,41
14	06/11/2018	9:24:22	73,1	17,5	17,6	0,45	14	06/11/2018	10:49:01	50,9	8,6	8,6	0,41
15	06/11/2018	9:25:21	73,0	17,5	17,6	0,44	15	06/11/2018	10:50:00	50,9	8,6	8,6	0,41
16	06/11/2018	9:26:20	72,9	17,5	17,6	0,44	16	06/11/2018	10:50:59	50,8	8,6	8,6	0,42
17	06/11/2018	9:27:19	72,9	17,5	17,6	0,44	17	06/11/2018	10:51:58	50,7	8,6	8,6	0,42
18	06/11/2018	9:28:18	72,9	17,5	17,6	0,43	18	06/11/2018	10:52:57	50,8	8,6	8,6	0,41
19	06/11/2018	9:29:17	72,9	17,5	17,6	0,43	19	06/11/2018	10:53:56	50,9	8,6	8,6	0,40
20	06/11/2018	9:30:16	72,9	17,5	17,6	0,44	20	06/11/2018	10:54:55	51,0	8,6	8,6	0,40
21	06/11/2018	9:31:15	72,9	17,5	17,6	0,44	21	06/11/2018	10:55:54	51,1	8,6	8,6	0,40
22	06/11/2018	9:32:14	73,0	17,5	17,6	0,44	22	06/11/2018	10:56:53	51,1	8,6	8,6	0,38
23	06/11/2018	9:33:13	73,0	17,5	17,6	0,45	23	06/11/2018	10:57:52	51,1	8,6	8,6	0,38
24	06/11/2018	9:34:12	73,0	17,5	17,7	0,45	24	06/11/2018	10:58:51	51,1	8,6	8,6	0,39
25	06/11/2018	9:35:11	73,0	17,6	17,7	0,45	25	06/11/2018	10:59:50	51,1	8,6	8,6	0,40
26	06/11/2018	9:36:10	73,0	17,6	17,7	0,45	26	06/11/2018	11:00:49	51,1	8,6	8,6	0,40
27	06/11/2018	9:37:09	73,1	17,6	17,7	0,44	27	06/11/2018	11:01:48	51,1	8,6	8,6	0,40
28	06/11/2018	9:38:08	73,1	17,6	17,7	0,45	28	06/11/2018	11:02:47	51,1	8,6	8,6	0,40
29	06/11/2018	9:39:07	73,1	17,6	17,7	0,46	29	06/11/2018	11:03:46	51,0	8,6	8,6	0,40
30	06/11/2018	9:40:06	73,0	17,6	17,7	0,46	30	06/11/2018	11:04:45	51,0	8,6	8,6	0,41
31	06/11/2018	9:41:05	72,9	17,6	17,6	0,45	31	06/11/2018	11:05:44	51,0	8,6	8,6	0,41
32	06/11/2018	9:42:04	72,9	17,6	17,6	0,44	32	06/11/2018	11:06:43	51,1	8,6	8,6	0,41
33	06/11/2018	9:43:03	72,9	17,5	17,6	0,44	33	06/11/2018	11:07:42	51,1	8,6	8,6	0,42
34	06/11/2018	9:44:02	72,9	17,5	17,6	0,44	34	06/11/2018	11:08:41	51,2	8,6	8,6	0,42
35	06/11/2018	9:45:01	72,9	17,5	17,6	0,44	35	06/11/2018	11:09:40	51,1	8,6	8,6	0,41
36	06/11/2018	9:46:00	72,9	17,5	17,6	0,43	36	06/11/2018	11:10:39	51,1	8,6	8,6	0,40
37	06/11/2018	9:46:59	72,9	17,5	17,6	0,43	37	06/11/2018	11:11:38	51,1	8,6	8,6	0,40
38	06/11/2018	9:47:58	72,9	17,5	17,6	0,43	38	06/11/2018	11:12:37	51,1	8,6	8,6	0,40
39	06/11/2018	9:48:57	73,0	17,5	17,6	0,43	39	06/11/2018	11:13:36	51,1	8,6	8,6	0,40
40	06/11/2018	9:49:56	73,0	17,5	17,6	0,44	40	06/11/2018	11:14:35	51,1	8,6	8,6	0,40
41	06/11/2018	9:50:55	73,0	17,5	17,6	0,45	41	06/11/2018	11:15:34	51,1	8,6	8,6	0,39
42	06/11/2018	9:51:54	73,0	17,5	17,6	0,45	42	06/11/2018	11:16:33	51,0	8,6	8,6	0,38
43	06/11/2018	9:52:53	73,0	17,5	17,6	0,45	43	06/11/2018	11:17:32	50,9	8,6	8,6	0,38
44	06/11/2018	9:53:52	73,1	17,6	17,7	0,45	44	06/11/2018	11:18:31	50,9	8,6	8,6	0,39
45	06/11/2018	9:54:51	73,1	17,6	17,7	0,44	45	06/11/2018	11:19:30	50,9	8,7	8,7	0,40
46	06/11/2018	9:55:50	73,1	17,6	17,7	0,45	46	06/11/2018	11:20:29	50,8	8,6	8,7	0,40
47	06/11/2018	9:56:49	73,0	17,6	17,7	0,46	47	06/11/2018	11:21:28	51,1	8,6	8,6	0,40
48	06/11/2018	9:57:48	72,9	17,6	17,7	0,46	48	06/11/2018	11:22:27	51,1	8,6	8,6	0,40
49	06/11/2018	9:58:47	72,9	17,6	17,7	0,45	49	06/11/2018	11:23:26	51,1	8,6	8,6	0,41
50	06/11/2018	9:59:46	72,9	17,5	17,7	0,44	50	06/11/2018	11:24:25	51,1	8,6	8,6	0,41
51	06/11/2018	10:00:45	72,9	17,5	17,7	0,43	51	06/11/2018	11:25:24	51,1	8,6	8,6	0,41
52	06/11/2018	10:01:44	72,9	17,5	17,6	0,44	52	06/11/2018	11:26:23	51,1	8,6	8,6	0,42
53	06/11/2018	10:02:43	72,9	17,5	17,6	0,45	53	06/11/2018	11:27:22	51,1	8,6	8,6	0,42
54	06/11/2018	10:03:42	72,9	17,5	17,6	0,45	54	06/11/2018	11:28:21	51,0	8,6	8,6	0,41
55	06/11/2018	10:04:41	73,0	17,5	17,6	0,45	55	06/11/2018	11:29:20	50,9	8,6	8,6	0,40
56	06/11/2018	10:05:40	73,0	17,5	17,6	0,45	56	06/11/2018	11:30:19	50,9	8,6	8,6	0,40
57	06/11/2018	10:06:39	73,0	17,5	17,6	0,44	57	06/11/2018	11:31:18	50,9	8,6	8,6	0,40
58	06/11/2018	10:07:38	73,0	17,5	17,7	0,45	58	06/11/2018	11:32:17	50,8	8,7	8,6	0,41
59	06/11/2018	10:08:37	73,0	17,6	17,7	0,46	59	06/11/2018	11:33:16	50,9	8,7	8,6	0,41
60	06/11/2018	10:09:36	73,1	17,6	17,7	0,45	60	06/11/2018	11:34:15	51,1	8,7	8,7	0,41
61	06/11/2018	10:10:35	73,1	17,6	17,7	0,45	61	06/11/2018	11:35:14	51,1	8,7	8,7	0,42
62	06/11/2018	10:11:34	73,1	17,6	17,7	0,44	62	06/11/2018	11:36:13	51,2	8,7	8,6	0,42
63	06/11/2018	10:12:33	73,0	17,5	17,7	0,44	63	06/11/2018	11:37:12	51,2	8,6	8,6	0,41

Subsetor de Finalização Posição 2							Camãra						
n	Data	Hora	RH %	T	Tg	Va	n	Data	Hora	RH %	T	Tg	Va
1	06/11/2018	11:39:44	51,1	8,6	8,6	0,40	1	06/11/2018	13:21:18	89,9	0,3	0,2	1,83
2	06/11/2018	11:40:43	51,1	8,6	8,6	0,40	2	06/11/2018	13:22:17	89,9	0,2	0,1	1,83
3	06/11/2018	11:41:42	51,1	8,6	8,7	0,40	3	06/11/2018	13:23:16	89,9	0,2	0,1	1,83
4	06/11/2018	11:42:41	51,1	8,7	8,7	0,40	4	06/11/2018	13:24:15	89,9	0,2	0,1	1,83
5	06/11/2018	11:43:40	51,1	8,7	8,7	0,40	5	06/11/2018	13:25:14	89,9	0,2	0,1	1,82
6	06/11/2018	11:44:39	51,0	8,7	8,7	0,40	6	06/11/2018	13:26:13	90,0	0,2	0,1	1,81
7	06/11/2018	11:45:38	50,9	8,7	8,7	0,41	7	06/11/2018	13:27:12	90,0	0,2	0,1	1,80
8	06/11/2018	11:46:37	50,9	8,6	8,7	0,41	8	06/11/2018	13:28:11	90,0	0,2	0,1	1,80
9	06/11/2018	11:47:36	50,9	8,6	8,7	0,41	9	06/11/2018	13:29:10	90,1	0,2	0,1	1,81
10	06/11/2018	11:48:35	50,8	8,6	8,6	0,42	10	06/11/2018	13:30:09	90,1	0,2	0,1	1,81
11	06/11/2018	11:49:34	50,9	8,6	8,6	0,38	11	06/11/2018	13:31:08	90,1	0,2	0,1	1,82
12	06/11/2018	11:50:33	51,0	8,6	8,6	0,38	12	06/11/2018	13:32:07	90,1	0,2	0,1	1,82
13	06/11/2018	11:51:32	51,0	8,6	8,6	0,39	13	06/11/2018	13:33:06	90,1	0,2	0,1	1,83
14	06/11/2018	11:52:31	51,1	8,6	8,6	0,40	14	06/11/2018	13:34:05	90,1	0,2	0,1	1,82
15	06/11/2018	11:53:30	51,1	8,6	8,6	0,40	15	06/11/2018	13:35:04	90,1	0,2	0,1	1,82
16	06/11/2018	11:54:29	51,2	8,6	8,6	0,40	16	06/11/2018	13:36:03	90,2	0,2	0,1	1,81
17	06/11/2018	11:55:28	51,1	8,6	8,6	0,40	17	06/11/2018	13:37:02	90,2	0,2	0,1	1,81
18	06/11/2018	11:56:27	51,1	8,6	8,6	0,40	18	06/11/2018	13:38:01	90,2	0,2	0,1	1,81
19	06/11/2018	11:57:26	51,1	8,6	8,6	0,40	19	06/11/2018	13:39:00	90,2	0,2	0,1	1,81
20	06/11/2018	11:58:25	51,1	8,6	8,6	0,41	20	06/11/2018	13:39:59	90,1	0,2	0,1	1,80
21	06/11/2018	11:59:24	51,1	8,6	8,6	0,41	21	06/11/2018	13:40:58	90,1	0,2	0,1	1,80
22	06/11/2018	12:00:23	51,1	8,6	8,6	0,41							
23	06/11/2018	12:01:22	51,1	8,6	8,6	0,42							
24	06/11/2018	12:02:21	51,1	8,6	8,6	0,42							
25	06/11/2018	12:03:20	51,0	8,6	8,6	0,41							
26	06/11/2018	12:04:19	50,9	8,6	8,6	0,40							
27	06/11/2018	12:05:18	50,9	8,6	8,6	0,40							
28	06/11/2018	12:06:17	50,9	8,6	8,6	0,40							
29	06/11/2018	12:07:16	50,8	8,7	8,6	0,41							
30	06/11/2018	12:08:15	50,9	8,7	8,6	0,41							
31	06/11/2018	12:09:14	51,1	8,7	8,7	0,41							
32	06/11/2018	12:10:13	51,1	8,7	8,7	0,42							
33	06/11/2018	12:11:12	51,2	8,7	8,6	0,42							
34	06/11/2018	12:12:11	51,2	8,6	8,6	0,41							
35	06/11/2018	12:13:10	51,1	8,6	8,6	0,40							
36	06/11/2018	12:14:09	51,1	8,6	8,6	0,41							
37	06/11/2018	12:15:08	51,1	8,6	8,6	0,42							
38	06/11/2018	12:16:07	51,1	8,6	8,6	0,38							
39	06/11/2018	12:17:06	51,1	8,6	8,6	0,38							
40	06/11/2018	12:18:05	51,1	8,6	8,6	0,39							
41	06/11/2018	12:19:04	51,1	8,7	8,7	0,40							
42	06/11/2018	12:20:03	51,1	8,7	8,7	0,40							
43	06/11/2018	12:21:02	51,0	8,7	8,7	0,40							
44	06/11/2018	12:22:01	50,9	8,7	8,7	0,41							
45	06/11/2018	12:23:00	50,9	8,7	8,7	0,41							
46	06/11/2018	12:23:59	50,9	8,6	8,7	0,41							
47	06/11/2018	12:24:58	50,8	8,6	8,7	0,42							
48	06/11/2018	12:25:57	50,7	8,6	8,6	0,42							
49	06/11/2018	12:26:56	50,8	8,6	8,6	0,41							
50	06/11/2018	12:27:55	50,9	8,6	8,6	0,40							
51	06/11/2018	12:28:54	51,0	8,6	8,6	0,40							
52	06/11/2018	12:29:53	51,1	8,6	8,6	0,40							
53	06/11/2018	12:30:52	51,0	8,6	8,6	0,38							
54	06/11/2018	12:31:51	51,0	8,6	8,6	0,38							
55	06/11/2018	12:32:50	51,0	8,6	8,6	0,39							
56	06/11/2018	12:33:49	51,1	8,6	8,6	0,40							
57	06/11/2018	12:34:48	51,1	8,6	8,6	0,40							
58	06/11/2018	12:35:47	51,2	8,6	8,6	0,40							
59	06/11/2018	12:36:46	51,1	8,6	8,6	0,40							
60	06/11/2018	12:37:45	51,1	8,6	8,6	0,40							
61	06/11/2018	12:38:44	51,2	8,7	8,6	0,41							
62	06/11/2018	12:39:43	51,2	8,7	8,7	0,41							
63	06/11/2018	12:40:42	51,2	8,7	8,7	0,41							