

Universidade Federal de Santa Catarina  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção

---

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE STRESS E  
CONFORTO TÉRMICO SOB BAIXAS  
TEMPERATURAS EM INDÚSTRIAS  
FRIGORÍFICAS DE SANTA CATARINA

---

Nelson Simões Pires Gallois

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de Santa Catarina  
como requisito parcial para obtenção  
do título de Mestre em  
Engenharia de Produção

Florianópolis  
2002

Nelson Simões Pires Gallois

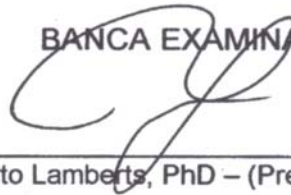
# ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE STRESS E CONFORTO TÉRMICO SOB BAIXAS TEMPERATURAS EM INDÚSTRIAS FRIGORÍFICAS DE SANTA CATARINA

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a  
obtenção do título de Mestre em Engenharia de  
Produção no Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 08 de abril de 2002.

Prof. Ricardo Miranda Barcia  
Ph.D. Coordenador

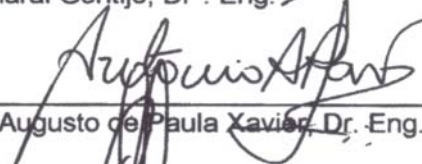
BANCA EXAMINADORA



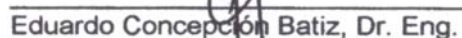
Roberto Lamberts, PhD – (Presidente)  
Orientador



Leila Amaral Gontijo, Dr<sup>a</sup>. Eng.



Antônio Augusto de Paula Xavier, Dr. Eng.



Eduardo Concepción Batiz, Dr. Eng.

A minha esposa, Sandra  
pelo apoio constante.  
A minhas filhas Aline e Louise  
A meus pais Aldory e Gláucia

## ***Agradecimentos***

- Ao Professor Roberto Lamberts, pela orientação e apoio no desenvolvimento do trabalho em geral;
- Aos Professores Neri dos Santos, Samir Gerges, Antônio Augusto de Paula Xavier, Glaycon Michels pela qualidade dos ensinamentos em sala de aula;
- Ao corpo de professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, pela ajuda durante o curso;
  - Aos colegas de pós-graduação, pelas interações em trabalhos e idéias;
  - Ao Departamento de Segurança e Saúde do Trabalhador do Ministério do Trabalho e Emprego pela oportunidade e Delegacia Regional do Trabalho e Emprego em Santa Catarina pela oportunidade proporcionada;
  - Aos colegas da Subdelegacia do Trabalho de Blumenau pela colaboração;
- Paulo Berté, pela dedicação e acompanhamento dos trabalhos e de pesquisa nos trabalhos em câmaras frias;
  - Braskarne S/A, pela parceria e por ter facilitado o estudo dos casos;
  - Central Blumenauense de Carnes Ltda pela fonte de pesquisa;
- Empresas frigoríficas diversas do estado de Santa Catarina, que proporcionaram visitas e observações de trabalhos sob condições de frio intenso;
- Aos trabalhadores que diariamente se expõe aos riscos de atividades insalubres para nos proporcionarem conforto e qualidade de vida;
  - Às pessoas que, de alguma forma, contribuíram no desenvolvimento deste trabalho.

*“Tenha firmeza em suas atitudes e persistência no seu ideal.  
Mas seja paciente, não pretendendo que tudo lhe chegue de imediato.  
Há tempo para tudo.  
E tudo o que é seu virá às suas mãos, no momento oportuno.  
Saiba esperar o momento exato em que receberá os benefícios que pleiteia.  
Aguarde com paciência que os frutos amadureçam para que possa apreciar  
devidamente sua doçura.”*

Carlos Torres Pastorino

## Sumário

Lista de Figuras .....	ix
Lista de Tabelas .....	xi
Lista de Reduções .....	xii
Resumo .....	xiv
Abstract .....	xv
CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Apresentação .....	1
1.2 Objetivos do Trabalho .....	5
1.3 Justificativas e Relevância do Trabalho .....	6
1.4 Limitações do trabalho .....	8
1.5 Estruturação do trabalho .....	9
CAPITULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
2.1 Fisiologia do Trabalho Aplicada – Temperaturas .....	12
2.2 Riscos à Saúde .....	18
2.2.1 Medidas de Proteção .....	24
2.3 Avaliação Termoambiental – Limites de Tolerância .....	28
2.3.1 Índice WCI (Wind Chill Index – Sensação Térmica) .....	28
2.3.2 Tensões por Trocas Térmicas (ACGIH) .....	31
2.3.3 Recomendações no Brasil (Ministério do Trabalho) .....	40
2.3.4 ISO/TR 11079/1993 (Isolamento Requerido de Roupas) .....	45
2.3.4.1 Princípios dos métodos de avaliação .....	46
2.3.4.2 Resfriamento geral do corpo e determinação do IREQ .....	47
2.3.4.2.1 Interpretação do IREQ .....	49
2.3.4.2.2 Definição e cálculo do tempo máximo de exposição .....	50
2.3.4.3 Resfriamento localizado e cálculo do WCI .....	51

2.3.4.4	Verificação prática de ambientes frios .....	52
2.3.4.5	ANEXOS.....	58
2.3.4.5.1	Anexo A - Equações de trocas de calor .....	58
2.3.4.5.2	Anexo B - Critérios fisiológicos em exposições ao frio .....	59
2.3.4.5.3	Anexo C: Isolamento térmico das roupas / taxas metabólicas .....	61
2.3.4.5.4	Anexo D: Valores para cálculo do índice de resfriamento de vento ...	62
2.4	Proteção ao trabalhador .....	63
2.4.1	ISO/TR 9920/95 (Isolamento Requerido de Roupas) .....	63
2.4.2	EPIs – Equipamentos de Proteção Individual .....	64
	 CAPITULO 3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	 68
3.1	População e Amostra .....	69
3.2	Coleta de Dados .....	70
3.2.1	Instrumentos e métodos para a Coleta de Dados .....	70
3.3	Análise e equacionamento dos resultados .....	74
	 CAPITULO 4 - RESULTADOS – ANÁLISE E DISCUSSÃO .....	 76
4.1	Caracterização dos ambientes de trabalho .....	76
4.1.1	Das condições de trabalho .....	77
4.1.2	Descrição dos locais de trabalho .....	77
4.1.3	Quanto à rotina de trabalho .....	82
4.1.4	Quanto às vestimentas e proteção .....	87
4.2	Resultados das análises de avaliação ambiental .....	88
4.3	Aplicação dos Métodos de Análise .....	90
4.3.1	Índice WCI (Wind Chill Index) – Resultados .....	90
4.3.2	Tensões por Trocas Térmicas (ACGIH) - Resultados .....	92
4.3.3	Recomendações no Brasil (M.T.E.) - Resultados .....	94
4.3.4	ISO/TR 11079/1993 (IREQ) - Resultados .....	95
4.3.5	Sensações e subjetividades dos trabalhadores - Resultados .....	101
4.4	Discussão dos Resultados .....	104

	CAPITULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	111
5.1	Recomendações à normalização a ser adotada no Brasil .....	111
5.2	Recomendações para os ambientes de trabalho .....	115
5.3	Recomendações para as proteções nos trabalhadores .....	116
5.4	Sugestões para trabalho futuro .....	117
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	119
	ANEXOS .....	123



## **Lista de Figuras**

Figura 1.1 - Produtos catarinenses armazenados em Câmaras Frias.....	1
Figura 2.1 - O Sistema Fisiológico de Controle de Temperatura Corpórea .....	15
Figura 2.2 - Frostbite – lesão típica de exposição ao frio nas extremidades .....	24
Figura 2.3 - Mapa das Unidades Climáticas do Brasil .....	41
Figura 2.4 - $IREQ_{\text{mínimo}}$ em função da temperatura operativa para 8 tipos de atividade .....	54
Figura 2.5 - $IREQ_{\text{neutro}}$ em função da temperatura operativa para 8 tipos de atividade .....	54
Figura 2.6 - Comparação entre o $IREQ_{\text{mínimo}}$ e o $IREQ_{\text{neutro}}$ , para três níveis de produção metabólica .....	55
Figura 2.7 - $IREQ_{\text{min}}$ e $IREQ_{\text{neutro}}$ médios ponderados para 3 regimes de trabalho/descanso. Trabalho no frio e descanso a 20°C .....	55
Figura 2.8 - Tempo máximo de exposição recomendado, DLE, para altos riscos, para 6 tipos de atividade, quando o valor do isolamento básico das roupas é de 0,32 m <sup>2</sup> C/W, (2 clo) .....	56
Figura 2.9 - Tempo máximo de exposição recomendado, DLE, para baixos riscos, para 6 tipos de atividade, quando o valor do isolamento básico das roupas é de 0,32 m <sup>2</sup> C/W, (2 clo) .....	56
Figura 2.10 - Tempo máximo de exposição recomendado, DLE, para 4 níveis de isolamento básico de roupas, para atividade de 115 W/m <sup>2</sup> .....	57
Figura 2.11 - Esquematização das situações stress/conforto e comportamento do $IREQ$ .....	60
Figura 2.12 - Vestimenta para o frio (brasileira x internacional) .....	66
Figura 3.1 - Equipamentos de Proteção Individual – Vestimentas utilizadas ....	72
Figura 3.2 - Instrumental utilizado .....	74
Figura 4.1 - Vistas gerais dos locais das pesquisas: Navio Russo Cinderella, Braskarne S/A e Central Blumenauense de Carnes .....	77
Figura 4.2 - Vistas gerais dos locais de trabalho da empresa Braskarne: antecâmara, câmara Ala I, deck de porão do navio Kaunakea ....	80

Figura 4.3 - Vistas gerais dos locais de trabalho da empresa Central de Carnes: câmara de resfriamento, câmara de estocagem e câmara de carcaça .....	82
Figura 4.4 - Comportamento do WCI e sensação térmica .....	91
Figura 4.5 - Sensação Térmica – WCI .....	91
Figura 4.6 - Tensões por Trocas Térmicas - Comportamento das temperaturas com o limite de exposição para regime de trabalho/aquecimento (jornada de 4 horas) – ACGIH .....	94
Figura 4.7 - Comportamento das temperaturas conforme o limite para caracterização de frio e do 1º limite para tempo de recuperação térmica .....	95
Figura 4.8 - Comportamento dos índices de isolamento de vestimentas (resultante, mínimo e máximo) .....	99
Figura 4.9 - Doses limites de exposição (situações de alto e baixo risco - métodos gráfico e analítico') comparados à dose de exposição verificada (30 minutos) .....	100
Figura 4.10 - Sensação Térmica subjetiva do trabalhador .....	103
Figura 4.11 - Local do corpo onde o trabalhador acusa sentir mais frio .....	103
Figura 4.12 - Vestimentas utilizadas nos decks de porões dos navios secando no convés durante o intervalo dos trabalhos .....	110
Figura 5.1 - Empilhadeira climatizada e paleteiras elétricas .....	116

## ***Lista de Tabelas***

Tabela 2.1 - Temperaturas ideais estimadas para diferentes tipos de trabalho .	19
Tabela 2.2 - Sintomas Clínicos Progressivos de Hipotermia .....	21
Tabela 2.3 - Poder de Resfriamento do vento sobre o corpo (temperatura equivalente) .....	27
Tabela 2.4 - Poder de resfriamento do vento sobre a pele exposta, expressa como temperatura de resfriamento, tch (tab. D.1 ISO 11079/93) ..	29
Tabela 2.5 - Sensação térmica em função do WCI .....	30
Tabela 2.6 - Limites de Exposição para Regime de Trabalho / Aquecimento para jornadas de 4 horas (ACGIH) .....	32
Tabela 2.7 - Regime de Trabalho em Baixas Temperaturas .....	42
Tabela 2.8 - Critérios fisiológicos sugeridos para a determinação do IREQ, tempo máximo de exposição recomendado e resfriamento localizado (tabela B.1 - anexo B da ISO 11079/93) .....	60
Tabela 2.9 - Taxas Metabólicas x Atividades .....	62
Tabela 2.10 - Índice de resfriamento do vento, WCI, temperatura de resfriamento, tch e efeitos sobre a pele exposta. (Tab. D.2 ISO 11079/93) .....	63
Tabela 3.1 - Índice de isolamento básico das vestimentas ( $I_{cl}$ ) em clo .....	72
Tabela 3.2 – Exemplo de composição de índice de isolamento das vestimentas ( $I_{cl}$ ) em clo .....	73
Tabela 4.1 - Trabalhadores Pesquisados .....	89
Tabela 4.2 - Avaliação ambiental (parâmetros individuais) .....	89
Tabela 4.3 - Aplicação do WCI .....	90
Tabela 4.4 - Tabela dos Cálculos (método gráfico) do IREQ, $I_{cl}$ , DLE .....	97
Tabela 4.5 – Tabela dos Cálculos (método analítico) do IREQ, $I_{cl}$ , DLE, RT .....	98
Tabela 4.6 – Entrevista / Sensação Térmica .....	102
Tabela 4.7 – Resultado e Tradução do Índice de Massa Corpórea .....	102

## Lista de Abreviações

$A_{du}$	Área da superfície corporal de DuBois [ $m^2$ ]
$A_r$	Área da superfície corporal que troca calor por radiação [ $m^2$ ]
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc
C	Troca de calor por convecção [ $W/m^2$ ]
CA	Certificado de Aprovação do Ministério do Trabalho
$C_e$	Calor latente de evaporação [ $J/kg$ ]
$C_p$	Calor específico do ar seco a pressão constante [ $J/kg_{ar\ seco}$ ]
$C_{res}$	Troca de calor por convecção da respiração [ $W/m^2$ ]
DLE	Tempo limite de exposição [h]
DNSST	Departamento Nacional de Segurança e Saúde do Trabalhador
E	Troca de calor por evaporação do suor [ $W/m^2$ ]
$E_{res}$	Troca de calor por evaporação da respiração [ $W/m^2$ ]
EPI	Equipamento de Proteção Individual
$f_{cl}$	Razão da superfície da área vestida pela área do corpo nú [adimensional]
$h_c$	Coefficiente de transferência de calor por convecção [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]
$h_r$	Coefficiente 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 [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]
$I_{clr}$	Isolamento das vestimentas resultante [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]
$I_T$	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]
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IREQ	Isolamento requerido das roupas [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]
$IREQ_{min}$	Isolamento mínimo requerido das roupas [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]
$IREQ_{neutro}$	Isolamento neutro requerido das roupas [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]
K	Troca de calor por condução [ $W/m^2$ ]
m	Massa (Kg)
M	Calor metabólico gerado pelo organismo [ $W/m^2$ ]
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
$p_a$	Pressão parcial de vapor no ambiente, para a temperatura do ar [kPa]
$p_{as}$	Pressão saturada de vapor [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]
PPD	Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas
PMV	Voto Médio Estimado
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 da camada de ar à evaporação [ $m^2 \cdot kPa/W$ ]
RH	Umidade relativa do ar (%)
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 [°C]
$t_{cl}$	Temperatura média da superfície das roupas [°C]
$t_{ex}$	Temperatura do ar expirado [°C]
$t_o$	Temperatura operativa [°C]
$t_{rm}$	Temperatura radiante média [°C]
$t_{sk}$	Temperatura local da pele [°C]
$t_{skm}$	Temperatura média da pele [°C]
TER	Taxa de ventilação da respiração [kg/s]
TLV	Limites de Tolerância
$v_a$	Velocidade do ar [m/s]
$v_{ar}$	Velocidade relativa do ar [m/s]
W	Trabalho muscular realizado, ou eficiência mecânica, [W/m <sup>2</sup> ]
w	Fração de pele molhada [adimensional]
$W_a$	Razão de umidade do ar inalado [kg <sub>água</sub> /kg <sub>ar seco</sub> ]
$W_{ex}$	Razão de umidade do ar expirado [kg <sub>água</sub> /kg <sub>ar seco</sub> ]
WCI	Índice de resfriamento do vento [W/m <sup>2</sup> ]

## **Resumo**

O presente trabalho visa estabelecer parâmetros de interpretação das condições aos quais os trabalhadores estejam submetidos quando em trabalhos sob frio acentuado em indústrias frigorificadas no Brasil. Levanta a problemática brasileira da insuficiência das normas e de uma legislação específica para a proteção da saúde do trabalhador.

Buscou-se inicialmente, através dos canais informais da pesquisa, verificar as anormalidades destas atividades no tocante às condições de stress e conforto térmico. Através de uma revisão bibliográfica do tema abordado, confrontaram-se os deficientes métodos estabelecidos como limites de tolerância e controle no Brasil com os principais parâmetros internacionais. Com uma amostragem de trabalhadores pesquisados no estado de Santa Catarina, foram avaliadas as diversas variáveis ambientais para aplicação das metodologias destacadas. Aliadas das investigações das vestimentas utilizadas pelos trabalhadores e das especificações dos fabricantes, bem como das entrevistas de sensação térmica, foram comparados e discutidos os resultados.

Ficou clara a necessidade de se estabelecer uma regulamentação técnica objetiva para limitar os riscos da exposição ao frio intenso no Brasil. Que com base nas condições psicofisiológicas relativas a percepção térmica de pessoas submetidas ao frio, comparativamente aos parâmetros de um país tropical poder-se-iam adaptar os parâmetros internacionais à realidade brasileira. Estes tanto poderiam balizar as atividades quanto normalizar as vestimentas de proteção.

Estes instrumentos comporiam ferramentas muito úteis aos profissionais e entidades imbuídas da responsabilidade de preservar a saúde e integridade física do trabalhador, estabelecendo-se uma condição de conforto térmico em situações de trabalho sob frio.

Palavras-chave: frio; normalização; conforto térmico; saúde.

## **Abstract**

The purpose of this study was to establish parameters of interpretation for employee conditions at low temperatures in Brazil cold storages. It detects a problem of insufficient rules and regulations to protect Brazilian worker's health.

At first we searched workplaces in order to evaluate defective stress and thermal comfort conditions. Through literature review we compared Brazilian's deficient methods used to establish acceptable tolerance levels with the international notorious standards. A Santa Catarina employee sample was monitored during their work and different methods were applied. Using the results, the worker clothing insulation investigation, manufacturer's specification and personal interviews, it was possible to make comparisons and suggestions.

It is clear the need to establish objective and technical standards in order to limit the risks of Brazilian's low temperature exposures. Based on psychophysiological conditions concerning thermo perception, it was suggested that Brazilian's environments, activities and insulation of clothes worn by workers should be adapted to international standards.

The use of these instruments would help occupational technicians and governmental institutes to preserve worker's health and security through the improvement of cold environments.

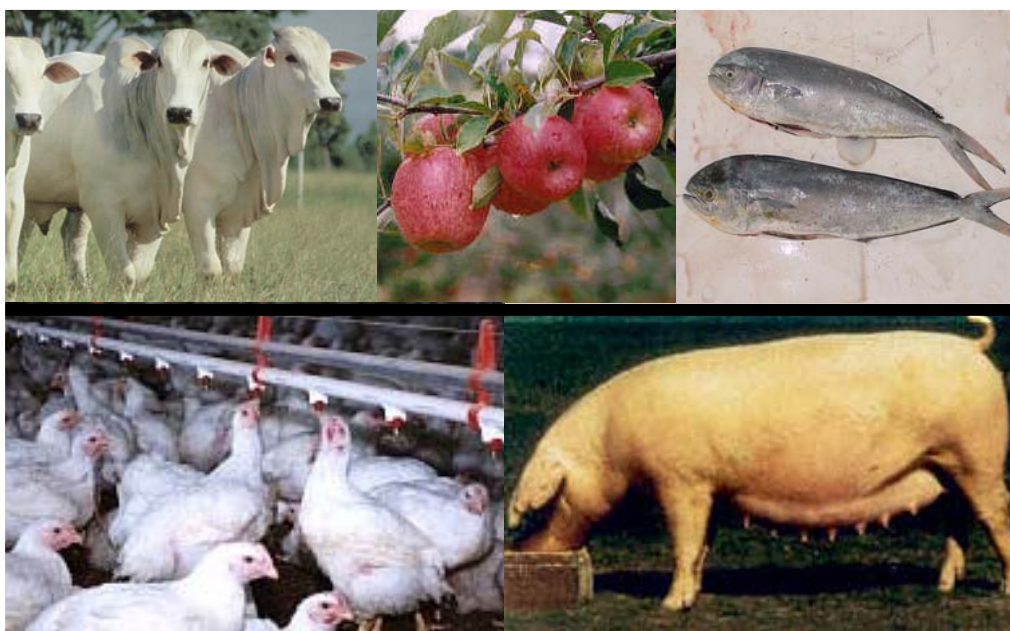
Key words: cold; standards; thermal comfort; health.

## ***CAPITULO 1*** **INTRODUÇÃO**

### **1.1 Apresentação**

Não obstante as condições climáticas relativamente satisfatórias com características tropicais relativamente uniformes durante o ano, encontram-se, no Brasil, algumas situações de trabalho nas quais os trabalhadores laboram em condições de frio acentuado.

O estado de Santa Catarina representa um dos principais pólos produtores e de processamento de alimentos com armazenamento em câmaras frigoríficas. Prioritariamente destacam-se os principais produtos congelados no estado os ilustrados na figura 1.1: frango, maçã, gado, suíno e pescado.



**Figura 1.1** - Produtos catarinenses armazenados em Câmaras Frias.



Analisando pelo enfoque situacional, pode-se caracterizar que o Brasil apenas raramente apresenta situações que exponham os trabalhadores a frio intenso. Para COX (1981), (...) *a exposição ocupacional ao frio intenso não chega a constituir problema sério no Brasil*. Isto porque as condições meteorológicas naturais definem apenas algumas regiões do sul como sujeitas a baixas temperaturas. Ainda assim, tais condições se evidenciam de forma sazonal, quase que ocasionalmente em alguns dias do inverno, concentradas em alguns locais com maiores altitudes e latitudes. Ademais, tais circunstâncias estariam mais restritas a trabalhos ao ar livre, pouco freqüentes. E ainda segundo COX (op.cit.), *a ocorrência do frio intenso é pouco freqüente nas atividades profissionais, limitando-se a áreas geográficas relativamente restritas e unicamente durante os meses de inverno*.

Entretanto, algumas situações de trabalho forçadas impõem a alguns trabalhadores exposições a baixas temperaturas substancialmente em indústrias frigoríficas. Ocorrem, pela necessidade da conservação de alimentos perecíveis, condicionamentos térmicos de ambientes que estabelecem regimes forçados sob frio. Indústrias de conservação e processamento de carnes e frutas são as mais comumente encontradas em Santa Catarina. Particularmente, a emergência da suinocultura, avicultura e pecuária de corte determinaram a pujança da agroindústria catarinense. Conseqüentemente ao frio dos ambientes, adveio o trabalho e os riscos afins destas atividades.

Resultados de acompanhamentos médicos em ambulatórios de indústrias frigoríficas evidenciaram os nexos causais estabelecidos entre algumas queixas habituais dos trabalhadores, bem como das constatações de males à

saúde correlacionados ao frio, bem como de epidemiologia e doenças ocupacionais correlatas ao suposto agente agressivo. Desenvolveu-se uma busca de informações, substancialmente junto à bibliografia internacional, e particularmente em estudos médicos, aos quais se faziam necessários para levantar a exposição dos riscos pelos quais os trabalhadores destas atividades com frio intenso estariam afetos.

Do ponto de vista da normalização brasileira, muito pouco se pode encontrar para parametrizar as condutas do trabalho frente à exposição ao frio. 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. Particularmente, as únicas considerações sobre o frio estão contidas 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 Art. 253 da CLT define, fundamentalmente para trabalhadores em câmaras frigoríficas, portanto em frio forçado, intervalos de descanso após intervalos de atividades sob o frio intenso. Bastante genérico, sem qualquer consideração sobre o tipo de trabalho e tampouco do regime e condições de frio ao qual o trabalhador estaria exposto, considera apenas a temperatura do ambiente de trabalho correlacionada com a característica climática de cada região, definindo limites teóricos de frio conforme Mapa de Climas, no caso Carta Climática do IBGE.

Embora não esteja previsto de maneira direta, o art. 200 da CLT que determina ao Ministério do Trabalho e Emprego estabelecer disposições

complementares às normas tratadas no capítulo V, bem como a ratificação de Convenção 155 da OIT (Organização Internacional do Trabalho) da qual o Brasil é signatário, proporcionaram a alteração da Norma Regulamentadora NR 9 a partir da Portaria 25 de 29/12/94. Assim sendo ficou normalizado que adotar-se-iam como limites de tolerância, na ausência de limites previstos na NR-15, os valores de limites de exposição ocupacional adotados pela ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists (item 9.3.5.1.b). Isto posto, embora não aplicado pelos higienistas e empregadores brasileiros, já se possibilitaria estabelecer regras mais efetivas de proteção ao trabalhador exposto ao frio intenso.

Em uma análise mais específica e moderna encontra-se a norma internacional ISO 11079/93 (International Organization for Standardization), cujo método sugere a determinação do Isolamento Requerido de Roupas (IREQ) a fim de que se mantenha o balanço térmico do corpo dentro de condições específicas. A análise do método proporciona quantificar o índice de isolamento para ser comparado com escala analógica e obter-se a aproximação maior possível da neutralidade (IREQ neutro), sensação de conforto, e alertar para as condições de stress, que comprometeriam as funções vitais e aceitação de saúde. Conforme PARSONS (1999), as normas ISO incluindo conforto térmico, stress para calor e frio tem sido prioritariamente adotadas como parâmetros para avaliação de esforço térmico tanto na Gran Bretanha como na Europa. Na proposta, estabelece-se a crítica por verificar-se algumas limitações do modelo IREQ, que de acordo com GRIEFAHN (2000),

*(...) não se aplica a altas e largas taxas de metabolismo da atividade e apresenta algumas limitações conforme o sexo e faixas de temperaturas.*

As análises e aplicabilidades dos métodos analíticos, frente às subjetivas sensações de preferências térmicas dos trabalhadores permitem estabelecer uma crítica às maneiras nocivas e pouco assistidas pelas quais os trabalhadores estariam expostos quando em atividades sob regime de frio intenso. A partir das pessoas pesquisadas em trabalhos sob este regime, considerando-se as condições psicofisiológicas relativas à percepção térmica de indivíduos submetidos ao frio, com a Análise Ergonômica do Trabalho, permite-se confrontar os métodos analíticos e estabelecer-se um confronto e crítica frente aos parâmetros estabelecidos em norma e aqueles envolvidos pela sensibilidade e suscetibilidade do trabalhador.

Como desfecho do trabalho, analisou-se a realidade brasileira, a forma de proteção a que os trabalhadores estariam sujeitos (equipamentos de proteção individual e limites legais) para a partir dos resultados confrontados da pesquisa, sugerir um melhor modelo que se pudesse adotar.

## **1.2 Objetivos do Trabalho**

### Geral

Analisar as condições de trabalho por exposição ao frio, comparando os parâmetros legais da realidade brasileira com os métodos e padrões internacionais, criticando os modelos e propondo as melhores alternativas para o controle dos riscos.

### 🔍 Específicos

- Analisar as condições ambientais dos trabalhadores em indústrias frigoríficas do estado de Santa Catarina;
- Demonstrar através das normas vigentes (nacional e internacional), a interpretação da proteção encontrada para os trabalhadores e confrontar com as sensações térmicas e suscetibilidades através do estudo de uma amostragem pesquisada;
- Oferecer aos profissionais que trabalham com o modelo brasileiro, ferramentas mais modernas e uma visão tecnicamente mais confiável para proteger a saúde dos trabalhadores;
- Propor modificações no controle e qualificação das vestimentas e da organização do trabalho visando uma eficácia maior na proteção dos trabalhadores.

### **1.3 Justificativas e Relevância do Trabalho**

O presente estudo tem origem na experiência levantada pelos profissionais encarregados das questões de segurança e saúde do trabalhador das empresas, bem como dos próprios Auditores Fiscais do Trabalho quando da necessidade em estabelecer limites de tolerância e condições básicas para a proteção de trabalhadores expostos ao frio.

O Ministério do Trabalho e Emprego, órgão responsável em normalizar as condições de higiene do trabalho no Brasil, pouco ou quase nada estabelece como limites de tolerância ou proteções aos trabalhadores destas áreas. Como

a atenção a este problema é específico, com mais abrangência às indústrias frigoríficas do sul do Brasil, ainda persistem na Consolidação das Leis do Trabalho e nas normas regulamentadoras, parâmetros muito limitados elaborados nos anos de 1954 e 1978 respectivamente.

O tema se apresenta como de fundamental importância pela grande quantidade de atividades no estado de Santa Catarina, típico pela pujança das suas agroindústrias, substancialmente de industrialização da carne. As atividades dos profissionais das áreas de Segurança e Saúde do Trabalhador se mostram impotentes para solucionar os problemas de acidentes, doenças ocupacionais e desconfortos correlacionados à exposição ao frio. Desta maneira, muito embora constatados problemas ao nível de ambulatórios das empresas ou mesmo de queixas de trabalhadores em outras áreas de saúde, os trabalhos de prevenção e controle dos riscos não apresentam um balizamento legal e muito menos um acompanhamento técnico satisfatório. Em suma, o Estado não fiscaliza porque não existem normas e leis, e as empresas não atuam porque não são cobradas e desconhecem os caminhos técnicos para a prevenção. Em última escala, os trabalhadores se vêem desprotegidos pela ignorância, conformidade e falta de amparo por aqueles que deveriam ser os responsáveis e supostamente capacitados para tal.

A proposta de uma avaliação ergonômica incorpora a idéia de que a ergonomia, enquanto disciplina que estuda o homem no trabalho, tem como objetivo principal um compromisso entre eficiência e desempenho do sistema de um lado e a saúde e satisfação dos trabalhadores por outro. Desta maneira, a ergonomia procura garantir condições de trabalho adaptadas às

características de quem os utiliza e apropriados às tarefas nas quais as pessoas desempenham.

Neste sentido, uma análise ergonômica do trabalho em locais de frio intenso (indústrias frigoríficas), permitirá estabelecer parâmetros necessários para que a aplicabilidade dos métodos analíticos esteja convergindo às subjetivas sensações de preferências térmicas dos trabalhadores, correlacionando limites normativos com aqueles envolvidos pela sensibilidade e suscetibilidade do trabalhador.

#### **1.4 Limitações do trabalho**

As meras aplicações das normas internacionais aos índices ambientais podem mascarar os resultados frente aos nexos causais dos quadros clínicos dos trabalhadores envolvidos. Isto se deve à desconsideração de fatores específicos e particulares como: aclimatização, características climáticas do local e pessoais do trabalhador.

A característica do frio ao qual o trabalhador brasileiro está afeto é de ser quase que prioritariamente forçado na maioria dos casos. E em quase todas as ocorrências se evidenciam de maneira pouco uniforme quanto aos locais e exposições. Ademais, a amostragem pesquisada ficou limitada ao universo catarinense, com características climáticas, culturais e industriais específicas.

Apesar das observações gerais e qualitativas terem se dado em observações de todo o estado de Santa Catarina, em atividades diversas (carnes, frutas e pescados) sob locais diversos, a pesquisa da amostragem e

aplicação das normas se evidenciou mais no vale do Itajaí, junto a duas empresas selecionadas nos municípios de Blumenau e Itajaí.

A representativa rotatividade da mão-de-obra e deficiente acompanhamento médico aos trabalhadores nas indústrias deixam de proporcionar um mapeamento clínico com maior credibilidade.

Ocorrem exposições diferentes tanto pelas condições do local, quanto pelo tempo de exposição ao frio. As contínuas variações dos ambientes de trabalho se dão tanto pelas dificuldades em padronização das câmaras frias determinadas pela geração do frio nos evaporadores, do movimento intermitente dos produtos, da demanda e mesmo da variabilidade do local (p.ex: porões de navios).

## **1.5 Estruturação do trabalho**

O presente trabalho encontra-se estruturado em sete capítulos:

Capítulo I: refere-se ao problema que motivou o trabalho de investigação e as questões pertinentes na busca de procedimentos adequados; expõe os objetivos, as limitações e a forma como o trabalho será desenvolvido.

Capítulo II: levanta os aspectos da epidemiologia ante aos males e patologias clínicas das exposições ocupacionais de trabalhadores sob regime de frio intenso. Fornece os meios utilizados para a elaboração da dissertação, bem como referenciais teóricos considerados importantes, sempre definida em duas realidades: a brasileira e a internacional.



Capítulo III: aborda a metodologia empregada, fornecendo os meios utilizados para a pesquisa. Descreve os passos envolvidos, onde são apresentados os locais de trabalho, a amostragem populacional, o instrumental utilizado e o equacionamento dos resultados.

Capítulo IV: apresenta os resultados da aplicação prática das análises ambientais relativas à exposição ao frio intenso em uma amostragem de casos de trabalhadores expostos com as correspondentes interpretações pelos métodos existentes e pelos propostos. Apresenta ainda informações sobre as observações particularizadas e ainda das subjetivas sensações térmicas para comparação e instrumentação da análise ergonômica do trabalho.

Capítulo V: expõe as conclusões finais, fazendo recomendações e sugestões para trabalhos futuros.

## **CAPITULO 2**

### **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Uma exposição ocupacional em ambiente de frio intenso pode determinar um problema relativamente sério, com implicação de uma série de inconvenientes que podem afetar a saúde, o conforto e a eficiência do trabalhador. Normalmente os trabalhos ao ar livre em climas frios são encontrados nas regiões a grandes altitudes, além de algumas zonas temperadas, no período do inverno.

Além das atividades realizadas ao ar livre, o frio intenso pode ainda ser encontrado em ambientes artificiais, como as câmaras frigoríficas de congelamento e de conservação, que implicam em exposições a temperaturas bastante reduzidas.

Tem-se que pesquisas e estudos feitos na indústria norte-americana, no século XX, evidenciaram que a incidência de lesões por acidentes era menor a uma temperatura de 18 °C que em outras superiores a esta. Segundo GIAMPAOLI (1981), o aumento da freqüência de acidentes em baixas temperaturas foi atribuído à perda de destreza manual. A partir da vasoconstrição periférica, para manutenção reguladora da temperatura vital, o frio provoca uma diminuição da atividade muscular e conseqüente redução da habilidade nas mãos.

Desde os primórdios da civilização, se identificavam algumas condições limitadoras da capacidade para o trabalho quando em situações de exposição ao frio intenso. Diversas metodologias de controle e limitação da exposição, bem como de proteções se procuraram adequar e implantar para neutralizar ou reduzir os efeitos do frio no trabalhador.

## **2.1 Fisiologia do Trabalho Aplicada – Temperaturas Extremas**

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

O organismo então lança mão de uma série de mecanismos visando manter a temperatura corpórea ao redor de 37 °C, conseguindo tolerar variações no ambiente de 10 °C a 60 °C. Conforme COUTO & BARROS (1996), o organismo reage ao frio através de respostas fisiológicas.

A perfeição do sistema de controle é tão grande, que explica o porquê de quando a temperatura interna sendo maior que 41 °C leve a desnaturação irreversível das proteínas orgânicas e conseqüentemente a morte. Segundo COUTO (1978), pode-se dizer, no entanto, *“que é muito mais fácil o organismo manter a temperatura corpórea quando submetido a resfriamento do que ao aquecimento”*. A proteção do organismo é maior no frio do que no calor.

A referência à temperatura interna é aquela relativa a do sangue que vai até o Sistema Nervoso Central – SNC (centro termo-regulador no hipotálamo anterior). Na prática ela pode ser tomada como pelos valores significativos da: temperatura retal (5 cm no ânus representando 0,2 a 0,5 a menos que o SNC), temperatura timpânica (junto ao tímpano assemelha-se a do SNC) e temperatura esofagiana (método simples que se assemelha a do SNC).

Basicamente o organismo humano, em sua função termo-reguladora, se comporta de duas formas: perde calor para o ambiente e diminui as funções de ganho de calor quando a temperatura interna é superior a 37 °C e perde calor e ativa os mecanismos intrínsecos de produção de calor quando a temperatura interna cai abaixo de 36 °C.

Os mecanismos de produção de calor são os seguintes:

1. Metabolismo Basal – A atividade metabólica da célula se converte quase toda em calor e quanto maior o metabolismo basal, maior a produção endógena de calor;
2. Atividade Muscular Generalizada (tiritar) – o tiritar é uma manifestação de atividade muscular generalizada; em cada região do corpo, onde os agonistas são estimulados e os antagonistas também. O resultado é uma atividade muscular de eficiência mecânica praticamente nula, com produção muito alta de calor. O tiritar é capaz de aumentar o metabolismo em 2 a 4 vezes de acordo com COUTO (1978).
3. Efeitos de Hormônios – dos hormônios do organismo, a tireoxina, a triiodotironina, a adrenalina e a noradrenalina são os que exercem

efeitos mais nítidos sobre o metabolismo, aumentando o metabolismo e conseqüentemente aumentando a produção de calor endógeno.

4. Efeito do aumento de temperatura – o próprio aumento da temperatura do organismo acelera a atividade do metabolismo. Pode-se dizer que para 1 °C de aumento da temperatura orgânica o metabolismo aumenta 13%, com conseqüente produção de calor.

Os mecanismos de perda de calor são os seguintes: irradiação, condução, convecção e evaporação. A importância dos mecanismos de produção de calor resume-se nas maneiras de regulação da temperatura corpórea quando de exposição ao frio e nos mecanismos de perda de calor quando em exposição ao calor.

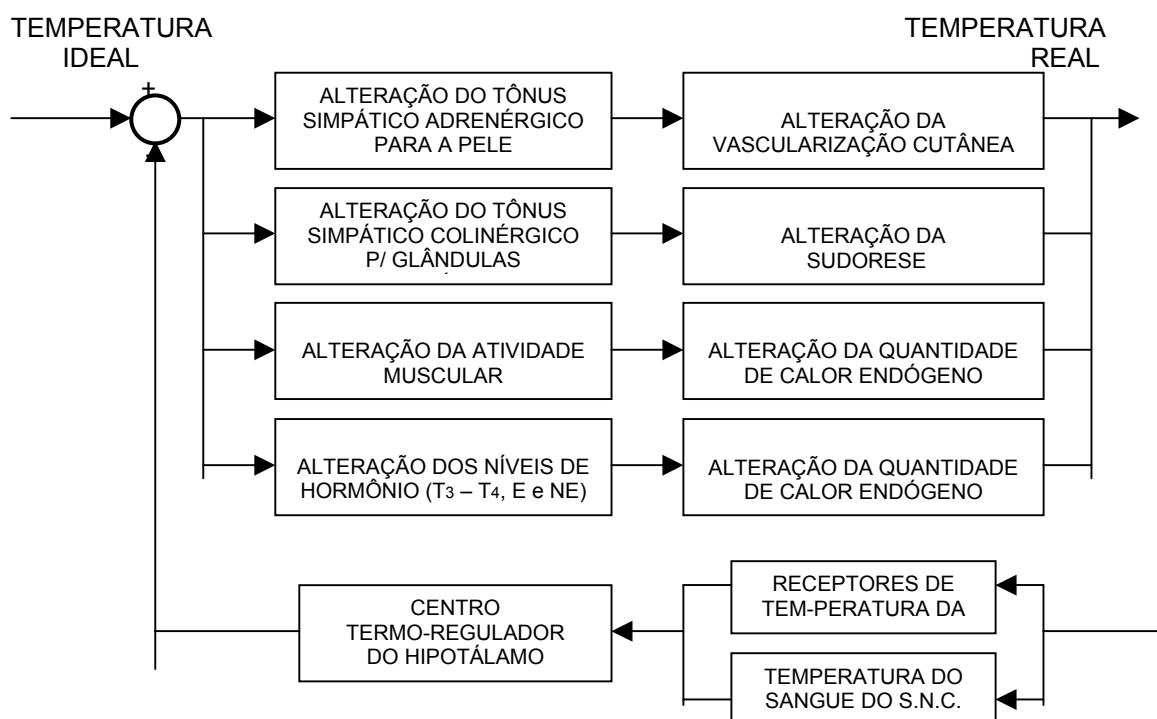
Pode-se dizer que a principal função da circulação cutânea está relacionada com a manutenção da temperatura corpórea. Isto porque, variando a circulação cutânea, varia também a temperatura da pele e, portanto, a condutância de calor da pele.

Objetivamente, o aumento da vascularização da pele aumenta sua temperatura, e se o ambiente estiver mais frio, a perda de calor aumenta, tanto por irradiação e convecção como por condução e talvez por evaporação. Já a redução da vascularização reduz a temperatura e o gradiente entre a pele e o ambiente, diminuindo a possibilidade de perda calórica. HÓLMER et al (1999) destacam o aumento da pressão arterial sistólica com o aumento da frequência cardíaca. Essa propriedade de circulação cutânea é devido à presença de plexos venosos subcutâneos, que podem ser usados ou não.

Nos ambientes quentes, por exemplo, ocorre a vasodilatação cutânea: a pele fica quente, possibilitando a irradiação e a condução de calor. Já em ambientes frios, ocorre vasoconstrição cutânea: a pele fica fria, ajudando a conservar o calor do organismo. Em dias mais frios, o fluxo sanguíneo para a pele é de 250 ml por minuto, ou seja, 5% do débito cardíaco; em dias quentes, este fluxo pode atingir a 1500 ml por minuto.

Também de importância é o papel do tecido gorduroso subcutâneo, que diminui a possibilidade de dissipação de calor, funcionando como isolante térmico. Em consequência se verifica a dificuldade maior do obeso manter a temperatura normal no calor em contraposição à dificuldade do magro no frio.

COUTO (op.cit.), esquematizou o Sistema Fisiológico de Controle de Temperatura Corpórea, que está expresso na figura 2.1.



**Figura 2.1:** O Sistema Fisiológico de Controle de Temperatura Corpórea  
Fonte: Couto (1978)

A Figura 2.1 demonstra como funciona o sistema fisiológico de controle da temperatura corpórea indicando que:

- a. Em condições normais, a temperatura do organismo tem que ter um valor tal, igual à temperatura ideal (entre 36 e 37 °C);
- b. Quando a temperatura real é superior ou inferior à ideal, este desvio é controlado, num sistema de retroalimentação negativa;
- c. Podemos dizer que o controlador do sistema é o centro termo-regulador, localizado no hipotálamo, que responde ao sinal da própria temperatura do sangue que o irriga e a sinais dos receptores cutâneos de temperatura;
- d. O centro termo-regulador mantém a temperatura real igual à ideal, variando 3 fatores principais, alterando:
  - O tônus simpático para a pele (vascularização cutânea e sudorese);
  - A atividade muscular (produção endógena de calor);
  - Os níveis de hormônios, com efeito, no metabolismo (produção endógena de calor).

Exemplificando a aplicação dos fenômenos que ocorreriam, podemos evidenciar que para um trabalhador sem proteção em uma câmara fria a 4 °C ocorreria:

- O resfriamento da pele estimularia os receptores cutâneos de frio, o resfriamento do sangue da pele resfria o sangue de um modo geral, e assim, precocemente, o centro termo regulador é informado que a temperatura real está abaixo da ideal;

- Ocorre de imediato aumento do tônus simpático adrenérgico para a pele, onde ocorre vasoconstrição, a fim de evitar maior perda de calor por irradiação e condução (a pele fica fria e pálida);
- Também de imediato ocorre inibição do simpático colinérgico para a pele, cessando totalmente a sudorese, o que bloqueia a perda de calor por evaporação;
- Ocorre estímulo do centro do tiritar, que se inicia, resultando uma produção calórica endógena aumentada (gera calor mas não perde para o meio);
- Aumentam os níveis de adrenalina e noradrenalina com conseqüente aumento do metabolismo (ganho de calor endógeno); a compensação com interferência de tireoxina e triiodotironina só ocorre após alguns dias;
- Como resultado de tudo reduz-se a perda calórica normal e aumenta-se a produção calórica até que a temperatura real seja igual a ideal.

Entretanto, pelas reações percebidas pelo organismo, começam-se a explicar o porquê da perda da destreza manual (relacionada ao tato apurado) determinada pela movimentação precisa de pequenos músculos das mãos e flexibilidade das articulações. A temperatura das mãos também prejudica o tato, movimento das articulações e o tiritar em muito o movimento preciso dos músculos.

A toda vez que a temperatura reduz-se abaixo de 15 °C ocorre freqüentemente a interrupção do trabalho para reaquecimento das mãos



proporcionando perda da produtividade e aumento da taxa de acidentes. HÓLMER et al (1999) desenvolveu um estudo comparativo onde a vasodilatação induzida pelo frio nos vasos sanguíneos dos dedos produz um aumento cíclico da temperatura tissular.

## 2.2 Riscos à Saúde

O organismo das pessoas expostas a condições de temperaturas extremas tornam comum as queixas quando em trabalho, provocando sintomas adversos à saúde e ainda reações individuais ou até coletivas à situação.

A partir da organização das sociedades enquanto defensora das condições humanas de trabalho procurou-se estabelecer regras e limites de tolerância, bem como condições mínimas quando a situação de trabalho era adversa.

STELLMAN & DAUM (1975) relatam situações destas reações em queixas de, (...) *trabalhadores de muitas fábricas nos E.U.A. saírem do trabalho porque simplesmente não conseguem agüentar o calor. Em 1959, a Corte de Apelação dos E.U.A. manteve uma decisão do National Labor Relations Board, que conferia aos trabalhadores o direito de recusarem-se a trabalhar em condições que fossem incômodas de tão frias.*

Os trabalhadores ainda estão sujeitos a condições de temperatura que cobram deles direitos físicos e emocionais. O corpo sente-se confortável numa faixa bem estreita de temperatura. A temperatura média de conforto em descanso é 23 °C com 45 % de umidade. Uma vez que o corpo gera diferentes quantidades de calor para variadas tarefas, calcularam-se temperaturas

confortáveis para diferentes níveis de atividade. Em virtude da atividade corporal gerar calor, temperaturas mais baixas são preferidas para trabalho mais ativo. A quantidade de água e o movimento do ar também desempenham papel no conforto do corpo, pois afetam a taxa em que este perde o calor.

A Tabela 2.1 fornece determinadas faixas estimadas de temperaturas confortáveis para diferentes níveis de atividades de trabalho. Fora destas faixas de temperatura, a pessoa nota que está ou muito quente ou muito frio. Em níveis de temperatura bem além das especificadas na tabela, existem efeitos definidos sobre a capacidade de trabalhar. Em temperaturas desconfortáveis, há mais acidentes e mais erros. Isto significa qualidade inferior de trabalho bem como maior taxa de absenteísmo e de atraso, com conseqüente perturbação da produtividade e administração da empresa.

**Tabela 2.1** - Temperaturas ideais estimadas para diferentes tipos de trabalho

Umidade relativa: 30 – 60 % Velocidade do ar: 6,50 m/min	
Trabalho	Temperatura
Trabalho de escritório	18 – 22 °C
Trabalho industrial leve mas ativo	16 – 19 °C
Trabalho industrial mais pesado	13 – 18 °C
O trabalho repetitivo ou monótono, em cada categoria, é mais bem feito a temperaturas alguns graus mais baixos que os especificados	

Fonte: Stellman & Daum (1975)

Os trabalhadores, no entanto, não dão importância à relação entre a temperatura e a produtividade. E em não sendo a produtividade o critério que as pessoas utilizam para julgar as condições de trabalho, o mesmo deveria ser

o bem estar físico e mental dos trabalhadores. A tabela 2.1 pondera, a partir de estudos práticos, algumas temperaturas ideais conforme o tipo de trabalho.

Segundo GOLDSMITH (1989) a habilidade no trabalho, no tocante à exposição ao frio, depende de duas funções, no cérebro e nos membros. Através do cérebro podem ocorrer sintomas de confusão mental e de dificuldade na coordenação, enquanto nos membros podem ocorrer manifestações de paralisia e imprecisão nos movimentos. HADLER (2001) em sua pesquisa constatou os efeitos do frio como fator desencadeador de distúrbios articulares como artrites e reumatismo ao nível de membros.

Dentre os trabalhadores, exposições fatais por frio tem sido, na maioria das vezes, resultado de uma exposição acidental, envolvendo dificuldades para evadir-se do local com baixas temperaturas de ar ambiente, ou por imersão em água com baixa temperatura. O único aspecto mais importante das baixas temperaturas, que constitui uma ameaça à vida, é a queda da temperatura do núcleo do corpo. Existem sintomas clínicos progressivos apresentados pelas vítimas de hipotermia que poderão ser analisados na Tabela 2.2.

Dores nas extremidades do corpo podem ser o primeiro sintoma do aviso de perigo para a tensão pelo frio. A máxima intensidade dos tremores, funciona como aviso para os trabalhadores interromperem a atividade imediatamente, quando a temperatura do corpo cai abaixo dos 35 ° C, ocorrendo limitação do desempenho físico e mental. A hipotermia é conhecida, quando as conseqüências fatais, como a morte silenciosa. As pessoas não tem senso do perigo e seus corpos não podem ajustar a temperatura, perdendo mais calor para o ambiente frio do que pode recuperar.

**Tabela 2.2** Sintomas Clínicos Progressivos de Hipotermia

<b>Temperatura Interna</b>		
°C	°F	SINTOMAS CLÍNICOS
37,6	99,6	Temperatura retal normal
37	98,6	Temperatura oral normal
36	96,8	Taxa metabólica aumenta para compensar as perdas por 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 } 31 }	89,6 } 87,8 }	Consciência diminuída; dificuldade de tomar a pressão sanguínea; dilatação da pupila, mas ainda reagindo à luz; Cessa o calafrio
30 } 29 }	86,0 } 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 isoeletrico
9	48,2	Vítima de hipotermia por resfriamento artificial mais baixa de recuperar

Situações relacionadas de forma aproximada com a temperatura interna do corpo. Reprodução da revista de Janeiro de 1982, "American Family Physician", publicada pela American Academy of Family Physicians.

Fonte: ACGIH, ABHO (1999)

Cabe destacar os principais riscos envolvendo a exposição ao frio:

1. Resfriamento – a hipotermia pode ocorrer quando a temperatura ambiente se torna menor que 10 °C, e é favorecido por chuvas, ventos e proteção inadequada. Conforme os estudos da American Academy of Family Physicians (tabela 2.2), quando no balanço térmico do corpo humano as perdas de calor superam os ganhos (saldo negativo), ocorre a hipotermia com alterações no sistema nervoso central e finalmente o

automatismo respiratório, quando a temperatura corporal cai a menos de 35 °C. O indivíduo pode apresentar confusão mental, alucinações e até mesmo rigidez muscular. Quando a temperatura interna estiver em torno de 30 °C, poderá ocorrer diminuição da pressão arterial, arritmia e fibrilação auricular;

2. *Predisposição para acidentes* – devido à perda da habilidade manual. É comprovada a maior incidência de acidentes de trabalho realizados em ambientes onde a temperatura é igual ou inferior a 15 °C em virtude da diminuição da sensibilidade dos dedos e flexibilidade das juntas;
3. *Predisposição para doenças de vias respiratórias* – é conhecida a influência da mudança súbita de temperatura, do calor para o frio, como fator predisponente para o aparecimento de doenças pulmonares, agudas ou crônicas, gripe, etc. O fato é atribuído a uma situação transitória de menor resistência orgânica pelo fato de o indivíduo estar tendo suas vias respiratórias esfriadas, o que sem dúvida favorece a patogenização de germes comensais. Quando uma pessoa expõe-se ao ar frio durante longos períodos, ou expõe-se brevemente à água fria, a temperatura do corpo e do cérebro pode baixar, com conseqüente comportamento estranho com possibilidade de posterior queda de consciência e até, por último, o estado de coma. O coração pára de bater a temperatura corporal de 18 °C;
4. *Agravamento de doenças reumáticas.* As artrites são epidemiologicamente citadas nas bibliografias e levantamentos de casos

quando na exposição ao frio, com atividade acentuada ao nível de juntas;

5. *Piora da angina do peito* – devido a hiperatividade simpática adrenérgica;

6. *Agravamento de doenças vasculares periféricas pré-existentes*. O *enregelamento* (pé de trincheira) é o resultado de lesão local do tecido, geralmente na pele e nos músculos das mãos e dos pés. As mãos e os pés são afetados porque o corpo mantém-nos frios a fim de poupar calor para o resto do organismo. Eles realmente congelam-se com a formação de cristais de gelo nos tecidos, o que os danifica (Frostbite – Figura 2.2). Os pequenos vasos sanguíneos apresentam a maior probabilidade de serem prejudicados porquanto são bloqueados com fragmentos teciduais, tornando-se então inúteis à circulação. O enregelamento é freqüentemente irreversível, e a amputação é, às vezes, o único remédio. Se o pé ou a mão não for gravemente prejudicado, poderá ser curado, mas com os sintomas crônicos que ficam presentes em qualquer clima. Os membros poderão transpirar excessivamente, ou ficarem doloridos, entorpecidos, e terem a coloração anormal. Poderá haver dores nas articulações mesmo anos depois da lesão. Todos estes sintomas pioram em temperaturas frias. Pessoas que tenham sofrido da doença do pé imerso (longas exposições na água) ficam mais sensíveis, depois de curadas, à exposição ao frio. Outras complicações periféricas dão conta pelas ulcerações, com surgimento de feridas, bolhas, rachaduras e necrose dos tecidos.



**Figura 2.2** - Frostbite – lesão típica de exposição ao frio nas extremidades

Fonte: Mendes 1995

### 2.2.1 Medidas de Proteção

Sabe-se que, se a temperatura do cérebro estiver no entorno de 37 °C , além do raciocínio, todo o sistema de termorregulação atuará normalmente. Por esta razão, medidas de proteção devem ser tomadas para trabalhos com exposição ao frio intenso, podendo-se destacar as seguintes:

- *Exames médicos pré-admissionais*, onde devem ser excluídos das admissões os portadores de diabetes e epilepsia, fumantes, alcoólatras, pessoas que tiveram lesões devidas ao frio, doenças articulares e cardiovasculares periféricas.
- *Exames periódicos*, que devem verificar principalmente o surgimento de vasculopatias periféricas, ulcerações, dores nas articulações, perda de tato, faringite, rinite, sinusite, amidalite, pneumonia, etc. Na ocorrência de alguns destes sintomas, o trabalhador deve mudar de setor e receber tratamento médico adequado.

- *Vestimenta apropriada* deve ter grande resistência térmica, mas também capacidade de liberar o suor formado sobre a pele quando o trabalhador estiver desenvolvendo atividade intensa. Uma vestimenta superdimensionada pode provocar sudorese excessiva, exigindo mais atividade do organismo para manter o balanço térmico. Além disso, a pele fica molhada, provocando a sensação de resfriamento quando o suor evapora nos momentos em que o trabalhador diminui sua atividade.
- *Educação e treinamento*, onde é preciso conscientizar o trabalhador para que tome as seguintes medidas: a) usar roupas, calçados e luvas adequadas, b) trocá-los quando estiverem úmidos ou apertados, c) movimentar-se durante os períodos de repouso, exercitando inclusive, as mãos, os pés, os dedos, as articulações em geral, e ativando a circulação periférica, d) evitar exercícios pesados durante os intervalos das refeições, a fim de não perder calor em excesso, bem como evitar choques térmicos quando do retorno à câmara.
- *Aclimatização*, onde verifica-se que em indivíduos expostos de modo prolongado, ao frio, ocorre a melhoria do desempenho. Observa-se paralelamente um aumento do fluxo sangüíneo para as mãos, ao lado de uma sensação de menos desconforto que permite a realização do trabalho de modo mais efetivo, e aumento da habilidade no uso das roupas de proteção. É muito importante vascularização das mãos ser aumentada gradualmente, explicada através de um reajuste do termostato hipotalâmico a um nível mais baixo (temperatura ideal para baixa) ou por um aumento da eficiência do indivíduo em produzir calor.



Sempre que os trabalhadores realizem seus trabalhos expostos a temperaturas inferiores a 4 °C (40 ° F), deve ser fornecida roupa isolante seca, para manter a temperatura do núcleo do corpo acima de 36 °C. As taxas de resfriamento do vento e de refrigeração do ar são fatores críticos. A taxa de resfriamento do vento é definida como a perda do calor do corpo, expressa em Watts por metro quadrado de área corporal, e é uma função da temperatura do ar e da velocidade do vento sobre o corpo exposto. Quanto maior for a velocidade do ar e quanto mais baixa for a temperatura da área de trabalho, maior deve ser o valor do isolamento da roupa protetora necessária. A tabela 2.3 apresenta um quadro de temperaturas equivalentes de resfriamento, em função da temperatura de bulbo seco do ar e da velocidade do ar. A temperatura equivalente deve ser utilizada para estimar o efeito combinado do vento e das temperaturas baixas do ar sobre a pele exposta, ou para determinar os requisitos de isolamento da roupa para manter a temperatura do núcleo do corpo.

A menos que ocorram situações excepcionais ou extenuantes, não é provável o aparecimento de lesões por frio em outras partes do corpo que não as mãos, pés e cabeça, sem o aparecimento de sintomas iniciais de hipotermia. Trabalhadores idosos ou com problemas circulatórios exigem precauções adicionais de proteção contra o frio. O uso de roupa com isolamento extra ou com redução do período de exposição estão entre as precauções especiais que devem ser consideradas. As ações preventivas a serem adotadas dependerão da condição física do trabalhador e deveriam ser

determinadas com orientação de um médico com conhecimento dos fatores estressantes do frio e do estado clínico do trabalhador.

No que concerne a proteção, RUAS (2001) destaca em seu trabalho que no Brasil não se conhecem estudos e pesquisas sobre isolamento térmico das vestimentas e que conseqüentemente não se dispõe de parâmetros que permitam comparar as roupas existentes com as que formam a base da ISO 9920 (1995). Alguns estudos básicos foram desenvolvidos por COUTO & BARROS (1996), para as atividades em câmaras frigoríficas do CEAGESP. Estes estudos últimos alertavam para que quando da escolha das vestimentas, não se considerassem os isolamentos dos materiais que a compunham, que dependiam da espessura de ar que efetivamente imobilizavam, devendo então ser constituídas de multicamadas.

**Tabela 2.3** Poder de Resfriamento do vento sobre o corpo (temperatura equivalente)

		Leitura da Temperatura Real (°C)											
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)

## 2.3 Avaliação Termoambiental – Limites de Tolerância

Considerando a necessidade de aplicarem-se os conhecimentos de transmissão de calor e de psicrometria no balanço térmico do homem e analisando a sobrecarga térmica e suas conseqüências sobre a saúde, convém destacarmos as metodologias apresentadas para tal.

Para o frio, fundamentalmente, pode-se destacar alguns índices preferenciais:

- Índice WCI (Wind Chill Index – Sensação Térmica)
- Tensões por Trocas Térmicas (ACGIH)
- Recomendações no Brasil (Ministério do Trabalho e Emprego)
- Índice de Isolamento de Roupas (IREQ – ISO 11079)

É importante destacar-se que o método empregado no Brasil não se trata de norma oficial, mas que consta de recomendação da FUNDACENTRO, órgão de pesquisa do Ministério do trabalho.

### 2.3.1 Índice WCI (Wind Chill Index – Sensação Térmica)

Segundo citado por Coutinho (1998), o desconforto devido ao frio somente passa a ser importante quando a temperatura da pele, principalmente na fronte cai abaixo de 17 °C, o que expressaria uma relação de insatisfação através da percepção facial. Assim, a temperatura naquele local depende da temperatura de bulbo seco e da velocidade do ar, haja vista a ocorrência de perda de calor por convecção.

É a partir da sensação térmica, avaliada em relação da velocidade do vento, que se extrai a Tabela 2.4, inserida na norma ISO 11079/93, que

considera os índices do WCI para serem considerados fundamentalmente quando ocorrência apreciável de vento.

**Tabela 2.4** - Poder de resfriamento do vento sobre a pele exposta, expressa como temperatura de resfriamento,  $t_{ch}$  (tab. D.1 ISO 11079/93)

Velocidade do vento (m/s)	Leitura do termômetro real ( $t_{ch}$ )										
	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
1,8	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
2	-1	-6	-11	-16	-21	-27	-32	-37	-42	-47	-52
3	-4	-10	-15	-21	-27	-32	-38	-44	-49	-55	-60
5	-9	-15	-21	-28	-34	-40	-47	-53	-59	-66	-72
8	-13	-20	-27	-34	-41	-48	-55	-62	-69	-76	-83
11	-16	-23	-31	-38	-46	-53	-60	-68	-75	-83	-90
15	-18	-26	-34	-42	-49	-57	-65	-73	-80	-88	-96
20	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68	-76	-84	-92	-100

Fonte: Lamberts & Xavier (1998)

Em experiências sobre a influência destes parâmetros no congelamento d'água, tiveram-se os efeitos comparados com a sensação psicofísica provocada pelo vento frio na pele humana. Conforme COUTINHO (1998), Siple propôs o índice WCI (Wind Chill Index – Sensação Térmica), representando a quantidade de calor perdido por convecção e radiação pelo corpo, cuja pele é considerada nessas condições a 33 ° C. Este índice é definido na equação 01:

$$WCI = (h_c + h_r) \cdot (33 - t_a) = (1,16 (10,45 - v_a + (100 \cdot v_a)^{0,5})) \cdot (33 - t_a) \quad (01)$$

Resultando pela prática a temperatura de resfriamento pela equação 02

$$t_{ch} = 33 - WCI / 25,5 \quad (02)$$

onde  $v_a$  (velocidade do ar) é dado em m/s,  $t_a$  (temperatura do ar) é dada em graus Celsius e  $h_c$  e  $h_r$  representam os coeficientes de convecção e condução. Os resultados obtidos representam sensações térmicas conforme a tabela 2.5:

**Tabela 2.5** - Sensação térmica em função do WCI

WCI (W/m <sup>2</sup> )	SENSAÇÃO TÉRMICA
60	Quente
120	Morno
230	Conforto
460	Fresco
700	Quase frio
930	Frio
1200	Muito frio
1400	Severamente frio
1600	Congelamento da região exposta (em 1 hora)

Fonte: Konz (1990)

Pode-se concluir, portanto, que a pessoa não deve ficar exposta a condições termoambientais representadas por um valor de WCI igual ou superior a 1.600 W/m<sup>2</sup> durante períodos longos para não correr o risco de sofrer congelamento das regiões da pele expostas ao frio.

Dado ao fato que o índice foi definido por recipientes de água expostos ao frio, a precisão não pode ser absolutamente confiável quando aplicada ao homem. Por isso ele só deve ser aplicado para avaliar a sensação térmica de animais domésticos e o perigo de congelamento nas mãos e nas orelhas das pessoas de acordo com o que adverte COUTINHO (1998).

As tabelas anteriores (tabelas 2.3 e 2.4) servem para identificar o poder da ventilação do ar sobre o indivíduo, tanto no que concerne ao perigo, quanto na demonstração de equivalência de frio sem a ação do vento.

### 2.3.2 Tensões por Trocas Térmicas (ACGIH)

A ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, é uma organização dedicada aos aspectos técnicos e administrativos da Saúde Ocupacional e Ambiental. A Associação tem contribuído substancialmente para o desenvolvimento da proteção da saúde dos trabalhadores. A ACGIH é uma associação profissional, não governamental, e estabelece diversos parâmetros e limites de tolerância para diversos agentes ocupacionais.

Os limites para exposição ao frio são propostos para proteger os trabalhadores dos efeitos mais graves da sobrecarga por frio (hipotermia), bem como dos danos à saúde ocasionados e para definir as condições de trabalho com exposições ao frio sob as quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar repetidamente exposta sem sofrer efeitos adversos à saúde. O objetivo do TLV (limite de tolerância) é impedir que a temperatura interna do corpo caia abaixo dos 36 °C (96,8 °F) e prevenir lesões pelo frio nas extremidades do corpo. A temperatura interna é a temperatura do núcleo do corpo determinada por métodos convencionais de medição da temperatura retal. Para uma exposição única e ocasional a um ambiente frio, é permitido que a temperatura interna do corpo chegue até 35 °C (95 °F). Além de fornecer condições para a proteção total do corpo, é também objetivo dos limites de exposição proteger contra lesões por frio todas as partes do corpo, em especial as mãos, os pés e a cabeça.

Quando temperatura e velocidade do ar resultar numa temperatura equivalente de -32 °C (- 25,6 °F), não se deve permitir a exposição contínua da

pele exposta. O congelamento dos tecidos superficiais ou profundos ocorrerá a temperaturas abaixo de  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $30,2\text{ }^{\circ}\text{F}$ ), independente da velocidade do ar.

Em temperaturas de  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $35,6\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) ou menos, “é imperativo que se permita, aos trabalhadores que entram na água, ou tenham suas roupas molhadas, trocar as mesmas de imediato e que se faça o tratamento de hipotermia”.

Na Tabela 2.6, são apresentados os limites de exposição recomendados (TLVs) para trabalhadores adequadamente vestidos para os períodos de trabalho a temperaturas abaixo do ponto de congelamento.

**Tabela 2.6 - Limites de Exposição para Regime de Trabalho / Aquecimento para jornadas de 4 horas (ACGIH)**

Temperatura do ar céu ensolarado		Sem vento apreciável		Vento de 8 km/h		Vento de 16 km/h		Vento de 24 km/h		Vento de 32 km/h	
$^{\circ}\text{C}$ (aprox)	$^{\circ}\text{F}$ (aprox)	Período máximo de trabalho	n° de pausas	Período máximo de trabalho	n° de pausas	Período máximo de trabalho	n° de pausas	Período máximo de trabalho	n° de pausas	Período máximo de trabalho	n° de pausas
-26° a -28°	-15° a -19°	(pausas normais) 1	1	(pausas normais) 1	1	75 min	2	55 min	3	40 min	4
-29° a -31°	-20° a -24°	(pausas normais) 1	1	75 min	2	55 min	3	40 min	4	30 min	5
-32° a -34°	-25° a -29°	75 min	2	55 min	3	40 min	4	30 min	5	Parar trabalhos não-emergenciais	
-35° a -37°	-30° a -34°	55 min	3	40 min	4	30 min	5	Parar trabalhos não-emergenciais			
-38° a -39°	-35° a -39°	40 min	4	30 min	5	Parar trabalhos não-emergenciais					
-40° a -42°	-40° a -44°	30 min	5	Parar trabalhos não-emergenciais							
$\leq -43^{\circ}$	$\leq -45^{\circ}$	Parar trabalhos não-emergenciais									

**Notas da Tabela:**

1. O regime de trabalho- aquecimento se aplica a qualquer período de 4 horas de trabalho, com uma atividade de moderada a pesada com períodos de aquecimento de 10 minutos em local quente e com uma pausa longa em local quente (por exemplo, almoço), no final do período de 4 horas. Para trabalho leve a moderado (movimentação física limitada): aplicar o regime de um nível inferior. Por exemplo, a  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-30\text{ }^{\circ}\text{F}$ ), com vento não significativo (nível 4), um trabalhador exercendo um trabalho com pouca movimentação física deveria ter um período máximo de trabalho de 40 minutos com 4 pausas em um período de 4 horas (nível 5).
2. Quando não existir informação precisa disponível sobre a velocidade do vento, sugere-se o que segue para estimar esta velocidade: 8 km/h  $\rightarrow$  movimento de uma bandeira leve; 16 km/h  $\rightarrow$  bandeira leve totalmente estendida; 24 km/h  $\rightarrow$  levanta uma folha de jornal; 32 km/h  $\rightarrow$  soprando e arrastando neve.
3. Se apenas a taxa de resfriamento do vento for disponível, poder-se-ia aplicar uma regra empírica aproximada, em vez dos fatores de temperatura e velocidade do vento, conforme segue: 1) pausas especiais de aquecimento devem ser iniciadas sempre que a taxa de resfriamento do vento for em torno de  $1750\text{ W/m}^2$ ; todos os trabalhos não emergenciais devem ser parados antes da taxa de resfriamento alcançar  $2.250\text{ W/m}^2$ , ou quando alcançar este valor. Em geral, os regimes de aquecimento fornecidos subcompensam ligeiramente o vento a temperaturas mais quentes, assumindo aclimatização e roupas apropriadas para trabalho em inverno. Por outro lado, a tabela subcompensa ligeiramente para as temperaturas reais nas faixas mais frias, porque o vento raramente prevalece a temperaturas extremamente baixas.
4. Os TLVs se aplicam somente para trabalhadores usando roupas secas.

Fonte: ACGIH, ABHO (1999)

É necessária, conforme a norma ACGIH-ABHO (1999), proteção para as mãos a fim de se manter a destreza manual e, assim, evitar acidentes:

1. Para trabalhos de precisão com as mãos descobertas por mais de 10 a 20 minutos em um ambiente com temperatura abaixo de 16 °C (60,8 °F), devem ser adotadas medidas especiais para manter as mãos dos trabalhadores aquecidas. Para isto poderão ser usados jatos de ar quente, aquecedores radiantes (elétricos ou por combustão), ou placas de contato aquecidas. À temperaturas inferiores a -1 °C (30,2 °F), as partes metálicas da ferramenta e as barras de controle devem ser cobertas com isolante térmico.
2. Os trabalhadores devem usar luvas, sempre que a temperatura do ar cair abaixo de 16 °C (60,8 °F) para trabalho sedentário, 4 °C (39,2 °F) para trabalho leve, -7 °C (19,4 °F) para trabalho moderado se não for necessária uma destreza manual.

Para evitar um congelamento de contato, os trabalhadores devem usar luva anticontato.

1. Quando estão ao alcance das mãos superfícies frias a temperaturas inferiores a -7 °C (19,4 °F), o trabalhador deve ser avisado para evitar qualquer contato acidental da pele com estas superfícies.
2. Se a temperatura do ar for -17,55 °C (0 °F), ou menos, as mãos devem ser protegidas por luvas mitene. O controle das máquinas e ferramentas para uso nestas condições deve estar projetado para permitir sua manipulação sem necessidade de remover as luvas mitene.



Quando se trabalha em ambientes com temperaturas de 4 °C (39,2 °F) ou inferior, deve ser fornecida a proteção adicional para o corpo inteiro. Os trabalhadores devem usar roupa protetora adequada para o nível de frio e atividade física exercida:

1. Se a velocidade do ar no local de trabalho é aumentada por vento, correntes de ar, ou equipamentos de ventilação artificial, o efeito de resfriamento do vento deve ser reduzido pela colocação de anteparos na área de trabalho, ou por utilização de roupa corta-vento, facilmente removível.
2. Se o trabalho a ser realizado é apenas leve e se a roupa pode se molhar no local de trabalho, a parte externa da roupa em uso deve ser do tipo impermeável à água. Em situação semelhante, porém em trabalhos mais pesados, a parte externa da roupa deverá ser repelente à água, devendo ser trocada sempre que se molhe. A parte externa da vestimenta deve permitir fácil ventilação de forma a prevenir a umidificação das camadas internas pela sudorese. Quando o trabalho é realizado alternadamente em ambientes frios e ambientes com temperaturas normais ou em ambientes quentes, antes de entrar na área fria o trabalhador deve se certificar de que a sua roupa não esteja molhada em decorrência do suor. Se a vestimenta estiver úmida ou molhada, o trabalhador deverá trocá-la por roupa seca, antes de entrar na área fria. Os trabalhadores devem trocar, a intervalos regulares, durante o dia, as meias e quaisquer outras palmilhas removíveis ou usar botas impermeáveis que evitem a absorção da umidade. A frequência ideal de troca deve ser determinada empiricamente, e poderá variar de acordo

com as características individuais, com o tipo de sapato usado e a quantidade de suor dos pés, que varia de indivíduo para indivíduo.

3. Se não é possível proteger suficientemente as áreas expostas do corpo, de forma a prevenir a sensação de frio excessivo ou enregelamento, devem ser fornecidos artigos de proteção que auxiliem no aquecimento.
4. Se as roupas disponíveis não fornecem adequada proteção para prevenir a hipotermia ou o enregelamento, o trabalho deve ser modificado ou suspenso até que roupas adequadas estejam disponíveis ou até que haja melhoria nas condições climáticas.
5. Os trabalhadores que manuseiam líquidos voláteis (gasolina, álcool ou fluidos de limpeza) a temperaturas do ar inferiores a 4 °C (39,2 °F) devem tomar cuidados especiais para evitar molhar as roupas ou luvas com estes líquidos, por causa de um risco adicional de danos devido ao frio em função do resfriamento por evaporação. Deve ser tomado um cuidado especial para os efeitos particularmente agudos dos respingos de “fluidos criogênicos” ou de líquidos com ponto de ebulição pouco acima da temperatura ambiente.

Se o trabalho é executado continuamente em local frio com Temperatura Equivalente de Resfriamento (TER) de  $-7$  °C (19,4 °F) ou abaixo, devem estar disponíveis abrigos aquecidos para aquecimento (barracas, cabinas, salas de descanso) nas proximidades do local frio. Devem-se encorajar os trabalhadores a usar estes abrigos em intervalos regulares, com frequência variável em função da gravidade da exposição ambiental. O começo de forte tremor, congelamento em pequeno grau (queimadura por frio), a sensação de

fadiga excessiva, sonolência, irritabilidade ou euforia são indicações para retorno imediato ao abrigo. Ao entrar no abrigo, deve ser removida a camada externa da roupa, afrouxando o resto da mesma, para permitir a evaporação do suor, ou deve ser fornecida outra roupa de trabalho seca. Sempre que necessário, deverá ser fornecida roupa de trabalho seca para evitar que os trabalhadores retornem ao trabalho com roupa úmida. Desidratação ou perda de fluidos do corpo ocorrem insidiosamente nos ambientes frios e podem aumentar a suscetibilidade do trabalhador a danos à saúde por frio, devido a uma alteração significativa no fluxo sanguíneo nas extremidades. Sopas e bebidas doces e quentes devem ser fornecidas nos locais de trabalho para proporcionar ingestão calórica e volume de fluido. A ingestão de café deve ser limitada devido aos seus efeitos diuréticos e circulatórios.

Para os trabalhos a temperaturas de  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  ou inferiores ( $10,4\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) de Temperatura Equivalente de Resfriamento (TER), deve ser aplicado o seguinte:

1. O Trabalhador deve estar sob constante observação para efeito de proteção (supervisão ou sistema de duplas de trabalho).
2. A carga de trabalho não deve ser alta de forma que cause intensa sudorese, e possa resultar em umedecimento da roupa. Em realizando trabalho pesado, devem ser adotados períodos de descanso em abrigos aquecidos, possibilitando a oportunidade de troca de roupa por vestimenta seca.
3. Para empregados novos não deve ser exigido o trabalho em tempo integral no frio durante os dias de trabalho, até que eles estejam acostumados com as condições de trabalho e as vestimentas de proteção requeridas.

4. O peso e o volume das vestimentas devem ser incluídos na estimativa da performance requerida para o trabalho e na carga a ser carregada pelo trabalhador.
5. O trabalho deve ser planejado de forma que o trabalhador não passe longos períodos parado. Não devem ser utilizados assentos de cadeiras metálicas desprotegidas. O trabalhador deve ser protegido das correntes de ar tanto quanto possível.
6. Deve haver treinamentos com procedimentos de segurança e saúde. Os programas dos treinamentos devem incluir, no mínimo, instruções sobre:
  - a) Procedimentos adequados de reaquecimento e tratamento de primeiros socorros;
  - b) Uso adequado de vestimentas;
  - c) Hábitos adequados de alimentação e ingestão de líquidos;
  - d) Reconhecimento de iminente enregelamento;
  - e) Reconhecimento de sinais e sintomas de hipotermia iminente ou resfriamento excessivo do corpo mesmo quando ainda não ocorreu calafrio;
  - f) Práticas de trabalho seguro.

Devem ser afeitas recomendações especiais para o local de trabalho, onde os requisitos de projeto para salas refrigeradas incluem o seguinte:

1. Em salas refrigeradas, a velocidade do ar deveria ser minimizada tanto quanto possível, e não deveria exceder 1 metro/segundo (200 fpm) no local

de trabalho. Isto pode ser conseguido por projeto adequado de sistemas de distribuição de ar;

2. Roupas especiais de proteção contra o vento devem ser fornecidas em função da velocidade do ar a que os trabalhadores estão expostos.

Cuidados especiais devem ser adotados quando se trabalha com substâncias tóxicas e quando os trabalhadores estão expostos à vibração. A exposição ao frio pode exigir uma redução dos limites de exposição (TLVs).

Deve ser fornecida proteção aos olhos para os trabalhadores que exerçam seus trabalhos em áreas externas cobertas por neve e/ou gelo. Quando houver uma grande extensão de área coberta de neve, causando um risco potencial de exposição ocular, deverão ser fornecidos óculos de segurança para proteção contra radiação ultravioleta e brilho ofuscante (que podem causar conjuntivite temporária ou perda temporária da visão), além de cristais de gelo no vento.

É necessário o monitoramento do local de trabalho como segue:

1. Todo local de trabalho com temperatura ambiente inferior a 16 °C (60,8 °F) deverá dispor de termômetro adequado, de forma a permitir o total cumprimento do estabelecido nos TLVs;
2. Sempre que a temperatura do ar no local de trabalho cair abaixo de - 1°C (30,2 °F), a temperatura de bulbo seco deveria ser medida e registrada no mínimo a cada 4 horas;

3. Em locais de trabalhos internos, a velocidade do vento também deve ser registrada no mínimo a cada 4 horas, sempre que a velocidade do ar exceder 2 m/s (5 mph);
4. Em situações de trabalho externo, a velocidade do vento deve ser medida e registrada juntamente com a temperatura do ar, quando a temperatura do ar for inferior a  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $30,2\text{ }^{\circ}\text{F}$ );
5. Em todas as situações em que seja necessária a medição da movimentação do ar, deveria ser obtida, pela Tabela 2.3, a Temperatura Equivalente de Resfriamento, registrando-a com os outros dados, sempre que a temperatura de resfriamento for inferior a  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $19,4\text{ }^{\circ}\text{F}$ ).

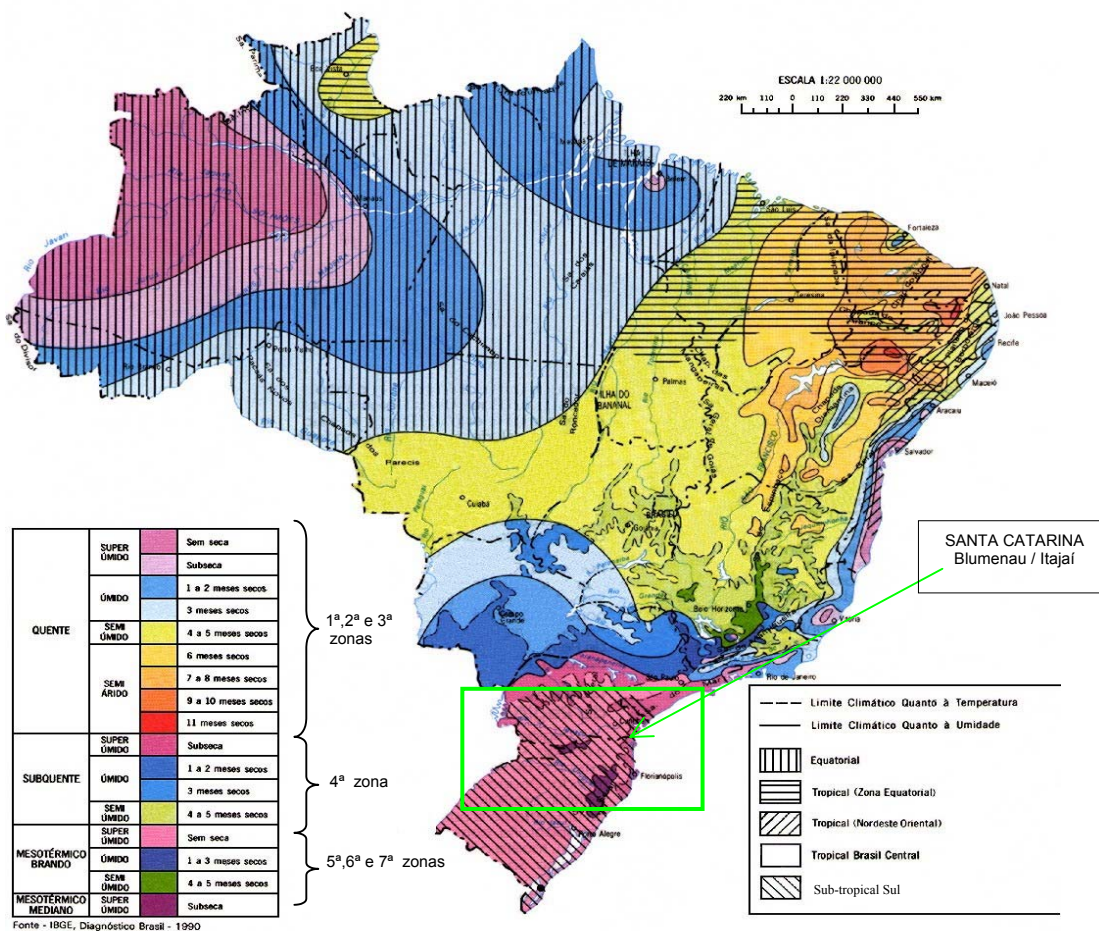
Os empregados que estejam doentes ou estejam tomando medicação que possa interferir na regulação da temperatura do núcleo do corpo ou reduzir a tolerância ao trabalho em ambientes frios, devem ser excluídos do trabalho em exposição ao frio a temperaturas de  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ou inferiores. Os trabalhadores que estão rotineiramente expostos a temperaturas abaixo de  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $11,2\text{ }^{\circ}\text{F}$ ), com velocidades do vento menores que 8 km/h (5 mph), ou temperaturas abaixo de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $0\text{ }^{\circ}\text{F}$ ), com velocidades do vento maiores que 8 km/h, deveriam ter certificação médica que os declarassem aptos para tais exposições.

Trauma ocorrido em condições de congelamento ou abaixo de zero requer atenção especial, porque o trabalhador afetado está predisposto a sofrer danos por exposição ao frio. Além do tratamento de primeiros socorros, deveriam ser adotadas medidas especiais para prevenir a hipotermia e o congelamento dos tecidos lesados.

### 2.3.3 Recomendações no Brasil (Ministério do Trabalho)

Do ponto de vista da normalização brasileira, muito pouco se pode encontrar para parametrizar as condutas do trabalho frente à exposição ao frio. 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. Particularmente, as únicas considerações sobre o frio estão contidas 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. Conforme o Art. 253: *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.* Consta na norma NR-15: *“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”.* Some-se a isto a caracterização e conceituação de frio, definida no § 1º do Art. 253 que: *“Considera-se artificialmente frio, para fins do presente artigo, o que for inferior, na primeira, segunda e terceira zonas climáticas do mapa oficial do MTb, a 15°C, na quarta zona a 12 °C e sexta e sétima zonas a 10 °C.”*

Mapa 1.16  
Unidades Climáticas do Brasil



**Figura 2.3 – Mapa das Unidades Climáticas do Brasil**

Fonte: 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 Climás** – 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 Climás**, define-se como 1ª, 2ª e 3ª zonas climáticas do mapa oficial do MTE, a zona climática quente; como 4ª zona, a zona climática subseqüente; e como 5ª, 6ª e 7ª zonas, a zona climática mesotérmica (branda ou mediana).



Analisando pelo enfoque situacional, poderíamos caracterizar que o Brasil muito raramente apresenta situações que exponham os trabalhadores a frio intensos. Para COX (1981), (...) *a exposição ocupacional ao frio intenso não chega a constituir problema sério no Brasil*. Isto porque as condições meteorológicas naturais definem apenas algumas regiões do sul como sujeitas a baixas temperaturas, e se evidenciam de forma sazonal.

É reconhecido que o trabalhador deva intercalar descansos durante a jornada de trabalho, onde se adota conforme sugerido pela Fundacentro, o regime ditado no Brasil pela tabela 2.7. Destaque-se que a caracterização e conceituação de frio está definida no § 1º do Art. 253, e é encontrada na carta climática do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Em Santa Catarina, conforme o Mapa de Climas, a região litorânea (local das pesquisas – Itajaí e Blumenau) enquadra-se como subquente, enquanto que o restante do estado caracterizar-se-ia como mesotérmico, definindo como frio respectivamente os limites de 12 °C e 10 °C conforme a tabela 2.7.

**Tabela 2.7 – Regime de Trabalho em Baixas Temperaturas**

FAIXA DE TEMPERATURA (°C)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL A PESSOAS ADEQUADAMENTE VESTIDAS PARA EXPOSIÇÃO AO FRIO
15,0 a 17,9 *	Tempo total de trabalho no ambiente frio: 6 horas e 40 minutos, sendo 4 períodos de 1 h e 40 minutos, alternados com 20 minutos de repouso e recuperação fora do ambiente frio
12,0 a 17,9 **	
10,0 a 17,9 ***	
- 18,0 a - 33,9	Tempo total de trabalho no ambiente frio: 4 períodos de 1 hora alternados com 1 hora de recuperação fora do ambiente frio
- 34,0 a - 56,9	Tempo total de trabalho no ambiente frio: 1 hora dividida em 2 períodos de 30 minutos, com separação de 4 horas para recuperação fora do ambiente frio
- 57,0 a - 73,0	Tempo total de trabalho no ambiente frio: 5 minutos, sendo o restante da jornada obrigatoriamente fora do ambiente frio
abaixo de - 73	Não é permitida a exposição ao frio, seja qual for a vestimenta

Faixas conforme Mapa IBGE: \* climas quente, \*\* subquente, \*\*\* mesotérmico

Fonte: GIAMPAOLI (1985)

Os trabalhadores, quando expostos ao frio, se vêem desprotegidos, ou mesmo, quando acontece envolvido com uma proteção não normalizada, empírica e aleatória. Neste ínterim verificam-se os antagonismos entre as vestimentas utilizadas em câmaras frias, com mesmos isolamentos térmicos para temperaturas demasiadamente diferentes. Ademais, as vestimentas, consideradas pelo Ministério do Trabalho como EPIs (equipamentos de proteção individual), não apresentam uma especificação de isolamento confiável, uma vez que não existem normas e tampouco análises técnicas para a certificação expedida (CA – certificado de aprovação), que é dada por declaração do fabricante (registrado com o Certificado de Registro de Fabricante – CRF). Conseqüentemente, uma série de patologias adversas, correlacionadas ao frio, são detectadas junto aos ambulatórios médicos das empresas bem como em hospitais das regiões as quais preponderam estes tipos de atividades com frio intenso.

No Brasil, todo o equipamento de proteção individual (EPI), conforme regulamentação no item 6.8 da norma NR-6, deve obedecer os quesitos onde “o fabricante nacional ou o importador obriga-se, quanto ao EPI”, a:

- a) comercializar ou colocar a venda somente o Equipamento de Proteção Individual – EPI, portador de CA;
- b) renovar o CA, o Certificado de Registro de Fabricante – CRF e o Certificado de Registro de Importador – CRI quando vencido o prazo de validade estipulado pelo MTE;
- c) requerer novo CA, quando houver alteração das especificações do equipamento aprovado;

- d) responsabilizar-se pela manutenção da mesma qualidade do EPI padrão que deu origem ao Certificado de Aprovação (CA);
- e) Cadastrar-se junto ao MTE, através do DNSST.”

Na expedição do CA pelo MTE, a norma estabelece alguns requisitos a serem cumpridos, conforme o item 6.8.3, dizendo conforme: “O requerimento para a aprovação e registro do EPI de fabricação nacional deve ser instruído com os seguintes elementos”:

- a) cópia do Certificado de Registro do Fabricante – CRF atualizado;
- b) memorial descritivo do EPI, incluindo, no mínimo, as suas características técnicas principais, os materiais empregados na sua fabricação e o uso a que se destina;
- c) laudo de ensaio do EPI emitido por laboratório devidamente credenciado pelo DNSST;
- d) cópia do alvará de localização do estabelecimento ou licença do funcionamento, atualizado.

De maneira semelhante, os requisitos para o importador, no que diz respeito aos equipamentos de proteção individual importados, são análogos. Em tese, o Ministério do Trabalho, pela norma correspondente estabelece a necessidade de laudo de ensaio do EPI, mas no que diz respeito as vestimentas para o frio, diferente de outros equipamentos, pela inexistência de normalização de ensaio, a emissão do Certificado de Aprovação é feita por Declaração, onde são aceitas as especificações do Fabricante / Importador.

### 2.3.4 ISO/TR 11079/1993 (Isolamento Requerido de Roupas)

O método proposto na norma ISO 11079 sugere a determinação do isolamento requerido para as roupas (IREQ) a fim de que se mantenha o balanço térmico do corpo dentro de condições específicas. Como existe um limite superior para o valor que o isolamento térmico das vestimentas pode fornecer, deve também ser determinado o tempo limite de exposição (DLE), tendo por base os limites aceitáveis de esfriamento do corpo.

O método envolve os seguintes passos:

- Medições dos parâmetros térmicos do ambiente;
- Determinação do nível de atividade (taxa metabólica);
- Cálculo do isolamento térmico requerido das roupas (IREQ); Comparação com o isolamento fornecido pelas roupas já existentes;
- Avaliação das condições para o balanço térmico e determinação do tempo máximo de exposição (DLE).

O índice IREQ pode ser aplicado como:

- a) Uma medida de stress por frio, que leva em conta a temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade, velocidade do ar e taxa metabólica;
- b) Um método de análise dos efeitos de parâmetros específicos e avaliação das medidas de retrofit;
- c) Um método de especificação do isolamento das roupas necessário, bem como a seleção das roupas a serem utilizadas sob determinadas condições ambientais.

No IREQ, pelo relatório técnico da ISO, propõe-se métodos e estratégias para a verificação do stress térmico que possam estar sujeitas as pessoas em ambientes frios, quer desempenhando atividades contínuas ou intermitentes e em ambientes internos ou externos. Os aspectos relativos à efeitos específicos causados por fenômenos meteorológicos, tais como precipitações e outros, não estão abrangidos pelo método.

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

- ISO 7726/98 - Instrumentos e métodos de medição de parâmetros ambientais;
- ISO 7730/94 - Determinação do PMV e PPD em ambientes moderados;
- ISO 8996/90 - Determinação da produção do calor metabólico;
- Estudos sobre isolamento das roupas (publicados pela ISO 9920/95).

#### 2.3.4.1 Princípios dos métodos de avaliação

Sugere avaliar o stress por frio, em termos de resfriamento geral do corpo e resfriamento local de específicas partes do corpo, mãos e face, por exemplo.

Para o resfriamento geral do corpo, apresenta-se um método analítico de avaliação e interpretação, baseado nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente e o respectivo isolamento de roupas (IREQ) para manter o equilíbrio térmico. Para o resfriamento localizado, devem ser analisadas separadamente as exposições em ambientes internos e ambientes externos. A avaliação do desconforto ou stress por frio em ambientes internos pode ser feita adotando-se os mesmos critérios contidos na ISO 7730 para ambientes moderados, e a avaliação do efeito do stress por frio em ambientes externos, deve ser feita

através da determinação do resfriamento local devido ao vento, isto é, através do índice WCI, índice de resfriamento do vento, a respectiva temperatura de resfriamento,  $t_{ch}$ , e a temperatura mínima das mãos. O índice WCI, que já está detalhado no item 2.3.1, fora proposto para a avaliação da sensação psicofísica ao vento frio e inicialmente introduzido como índice referencial que também passou a ser adotado pela norma ISO 11079.

#### 2.3.4.2 Resfriamento geral do corpo e determinação do IREQ

Como já dito anteriormente, o método sugere a determinação do isolamento requerido para as roupas (IREQ) a fim de que se mantenha o balanço térmico do corpo dentro de condições específicas. Como existe um limite superior para o valor que o isolamento térmico das vestimentas pode fornecer, deve também ser determinado o tempo limite de exposição (DLE), tendo por base os limites aceitáveis de esfriamento do corpo.

O método necessita que se sigam os passos de avaliação ambiental e das características do indivíduo com as respectivas proteções de roupa de acordo com a seqüência anteriormente exposta.

Sua determinação se dá através da resolução da equação do balanço térmico:

$$M - W = E_{res} + C_{res} + E + K + R + C + S \quad (03)$$

onde:

$$C_{res} = c_p \cdot V \cdot (t_{ex} - t_a) / A_{du}$$

$$E_{res} = c_e \cdot V \cdot (W_{ex} - W_a) / A_{du}$$

$$E = w \cdot (p_{sk,s} - p_a) / R_T$$

$K$  = é geralmente pequeno e pode ser absorvido pelas trocas por convecção e radiação.

$$C = f_{cl} \cdot h_c (t_{cl} - t_a)$$

$$R = f_{cl} \cdot h_r (t_{cl} - t_r)$$

As trocas de calor entre o corpo e o ambiente, balanço térmico, podem ser analisadas em duas etapas. “*Trocas do corpo para a superfície externa das roupas*” e “*trocas da superfície externa das roupas para o ambiente (por convecção e radiação)*”. Assim sendo a equação 03 anterior, pode ser reescrita:

$$M - W - E_{res} - C_{res} - E = \frac{T_{skm} - t_{cl}}{I_{clr}} = R + C \quad (04)$$

Substituindo-se  $I_{clr}$  por IREQ, e analisando-se a parte da esquerda da equação com a parte central, temos:

$$IREQ = \frac{t_{skm} - t_{cl}}{M - W - E_{res} - C_{res} - E} \quad (05)$$

onde essa equação apresenta 2 incógnitas que são IREQ e  $t_{cl}$ .

Comparando-se na equação a parte da esquerda com a da direita, temos:

$$M - W - E_{res} - C_{res} - E = R + C \quad (06)$$

onde essa equação apresenta a incógnita  $t_{cl}$  que é determinada iterativamente.

Substituindo-se o valor de  $t_{cl}$  na equação 05, tem-se o valor de **IREQ**.

### 2.3.4.2.1 Interpretação do IREQ

#### a) IREQ como um índice de frio:

IREQ é uma medida de stress térmico, que leva em conta os efeitos combinados da produção interna de calor e as perdas para o ambiente. Quanto maior o poder de resfriamento do ambiente, maior é o valor do IREQ para uma determinada atividade. O stress térmico, ou o IREQ, para um conjunto de condições ambientais é diminuído com o aumento da atividade metabólica, devido à demanda extra de dissipação do calor orgânico.

#### b) IREQ como um índice de disfunção fisiológica:

É sugerido que o índice seja definido para 2 níveis de disfunções fisiológica: IREQ<sub>mínimo</sub>, o qual representa o mínimo isolamento térmico para manter o corpo em equilíbrio, para um nível subnormal de temperatura corporal. Ele representa o mais alto resfriamento admissível para o corpo durante atividade ocupacional.

IREQ<sub>neutro</sub>, que representa o isolamento térmico requerido para manter o corpo em neutralidade térmica, isto é, o equilíbrio é mantido em condições normais de temperatura corporal. Representa uma faixa admissível de resfriamento corporal.

#### c) IREQ e isolamento de roupas existentes:

Por ser um índice de isolamento de roupas requerido para enfrentar as situações reais existentes, ele serve como um guia de escolha de roupas,



por comparação com seus valores medidos de isolamento térmico. O intervalo entre o  $IREQ_{\text{mínimo}}$  e  $IREQ_{\text{neutro}}$ , corresponde a uma zona reguladora de vestimentas, onde podem ser escolhidas as vestimentas. Roupas com isolamento inferiores ao  $IREQ_{\text{mínimo}}$ , podem acarretar o risco de progressivo resfriamento do corpo, com hipotermia, enquanto que aquelas com valores maiores que o  $IREQ_{\text{neutro}}$ , poderão levar a um superaquecimento.

#### 2.3.4.2.2 Definição e cálculo do tempo máximo de exposição

Quando o isolamento das roupas utilizadas é inferior ao IREQ determinado, é necessário se fixar o tempo máximo de exposição para prevenir um resfriamento progressivo do corpo. Uma certa redução no calor armazenado no organismo,  $Q$ , é aceitável durante à exposição de poucas horas, e esse valor pode ser utilizado para a determinação do limite de exposição, quando é conhecida a taxa de calor armazenada no organismo. O tempo máximo é assim determinado:

$$DLE = Q_{\text{lim}} / S \quad (07)$$

onde

$Q_{\text{lim}}$  = valor máximo de perda de calor admitida (tabelado)

$$S = M - W - C_{\text{res}} - E_{\text{res}} - E - R - C \quad (08)$$

$$t_{\text{cl}} = t_{\text{sk}} - I_{\text{clr}} (M - W - C_{\text{res}} - E_{\text{res}} - E - R - C) \quad (09)$$

sendo que essa equação é resolvida a partir das equações 08 e 09, onde a respectiva  $t_{\text{cl}}$  é calculada iterativamente.

Depois da exposição, um período de recuperação, RT, deveria permitir o restabelecimento do balanço de calor normal para o corpo. Esse período é calculado da mesma maneira que o tempo de exposição máximo, apenas com a substituição das condições frias por condições amenas num local de recuperação. Dessa maneira, o período de recuperação mínimo pode ser determinado por:

$$RT = Q_{lim} / S' \quad (10)$$

onde:

S' = É a taxa de calor armazenada (positiva), durante as condições de recuperação.

#### 2.3.4.3 Resfriamento localizado e cálculo do WCI

Resfriamento local de alguma parte do corpo, com ênfase às mãos, pés e cabeça, podem produzir desconforto, deterioração da performance manual e física e necrose por frio. Os efeitos desse resfriamento devem ser analisados separadamente para ambientes internos e externos. A exposição às temperaturas muito baixas merecem cuidados e proteções especiais para as mãos e para o trato respiratório.

##### - Condições Internas:

A avaliação e atuação sobre o stress térmico local por frio em ambientes internos devem ser realizados utilizando-se os mesmos critérios de ambientes

moderados, constantes na ISO 7730, sobre o desconforto localizado por correntes de ar.

- Condições Externas:

Nas atividades realizadas em condições externas, o stress térmico localizado deve ser determinado através do cálculo do efeito local do vento, isto é, o cálculo do índice de resfriamento do vento, através da seguinte equação:

$$WCI = ( h_c + h_r ) \cdot ( t_{sk} - t_g ) \quad (11)$$

onde, os valores de  $h_c$  e  $h_r$  são aqueles referentes ao segmento local de pele.

#### 2.3.4.4 Verificação prática de ambientes frios

Um dos procedimentos objetivos e práticos para avaliação em ambientes frios visando a determinação do IREQ é estabelecida a partir de considerações predeterminadas e padronizadas. Baseia-se no fato que a água contida no ar a baixas temperaturas é muito pequena, onde se pode adotar como normal a umidade relativa do ar em 50% para temperatura operativa menor que  $-5^\circ$ .

Assim a avaliação prática é feita como segue:

- a) Medição dos parâmetros ambientais de acordo com a ISO 7726: temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade do ar e velocidade do ar.
- b) Determinação da taxa de calor metabólico de acordo com a ISO 8996.

- c) Determinação do isolamento térmico requerido, IREQ, de acordo com a equação 09 apresentada anteriormente ou devido à dificuldade operacional dos cálculos iterativos, através da leitura direta dos gráficos apresentados nas figuras 2.4 a 2.10 seguintes.
- d) Determinação do isolamento básico das vestimentas ( $I_{cl}$ ) de acordo com a ISO 9920.
- e) Avaliação das condições de balanço térmico, tendo em vista a comparação do IREQ calculado e do isolamento das roupas resultante  $I_{clr}$

$$\text{Se } I_{clr} < IREQ_{min}$$

A roupa selecionada não fornece o isolamento térmico mínimo necessário. Há sério risco de hipotermia com a exposição continuada.

$$\text{Se } IREQ_{min} < I_{clr} < IREQ_{neutro}$$

A vestimenta selecionada fornece suficiente isolamento térmico. As condições térmicas das pessoas é percebida como “levemente frio” ou “neutra”.

$$\text{Se } I_{clr} > IREQ_{neutro}$$

A vestimenta selecionada fornece mais isolamento térmico que o necessário. Há risco de superaquecimento .

- f) Determinação de tempo de exposição máximo, DLE, e de tempo de recuperação mínimo, RT, os quais podem ser calculados tanto para altos riscos fisiológicos como para baixos riscos fisiológicos.
- g) A qualquer nível de IREQ, deve ser dada devida atenção ao resfriamento das mãos, pés e face.

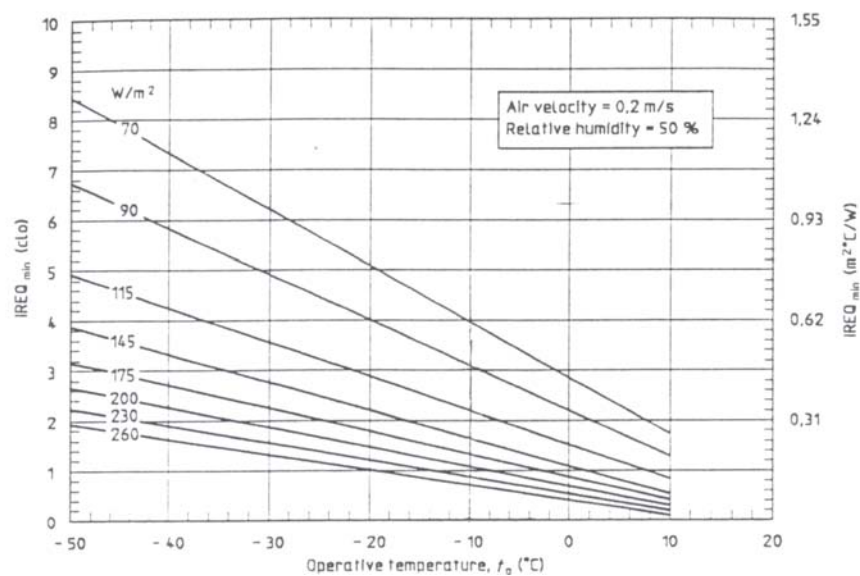


Figura 2.4 – IREQ<sub>minimo</sub> em função da temperatura operativa para 8 tipos de atividade

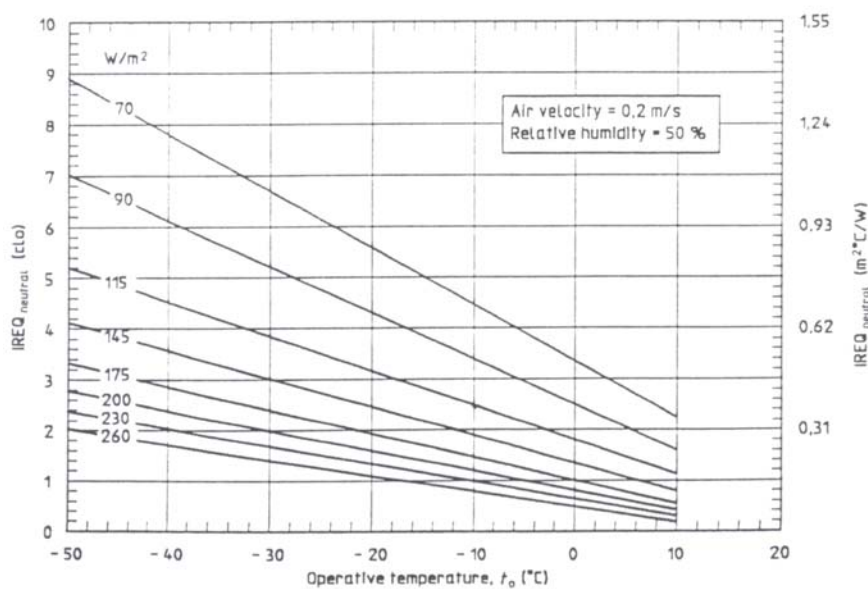


Figura 2.5 – IREQ<sub>neutro</sub> em função da temperatura operativa para 8 tipos de atividade

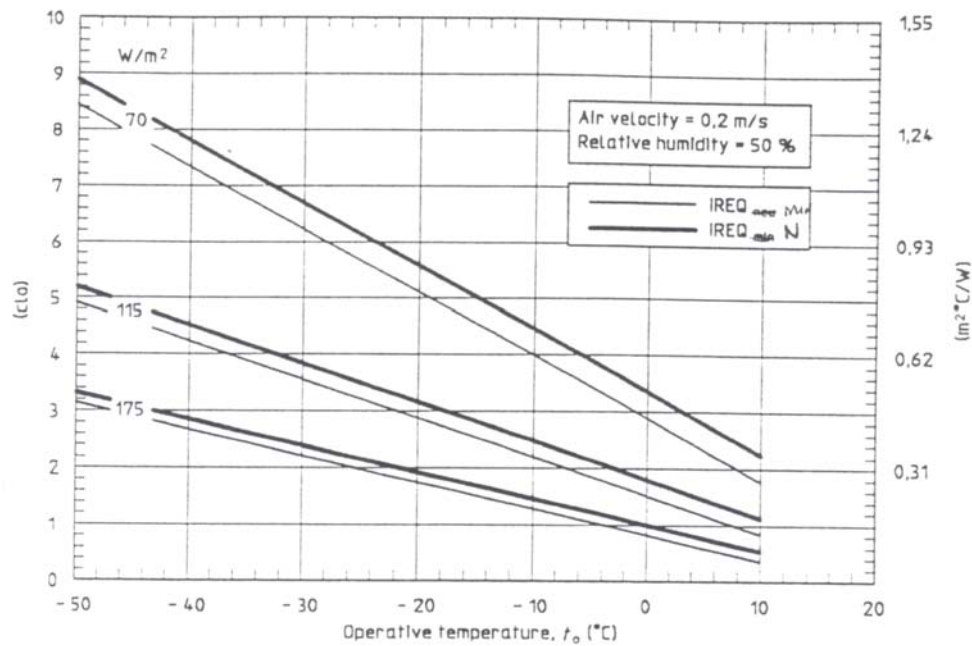


Figura 2.6 – Comparação entre o IREQ<sub>mínimo</sub> e o IREQ<sub>neutro</sub>, para três níveis de produção metabólica

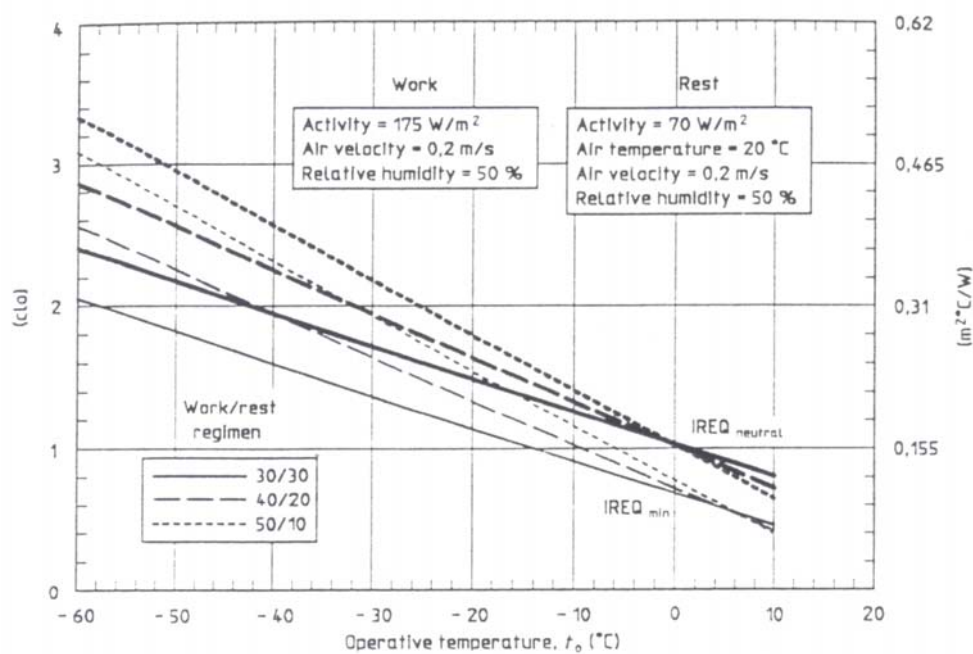
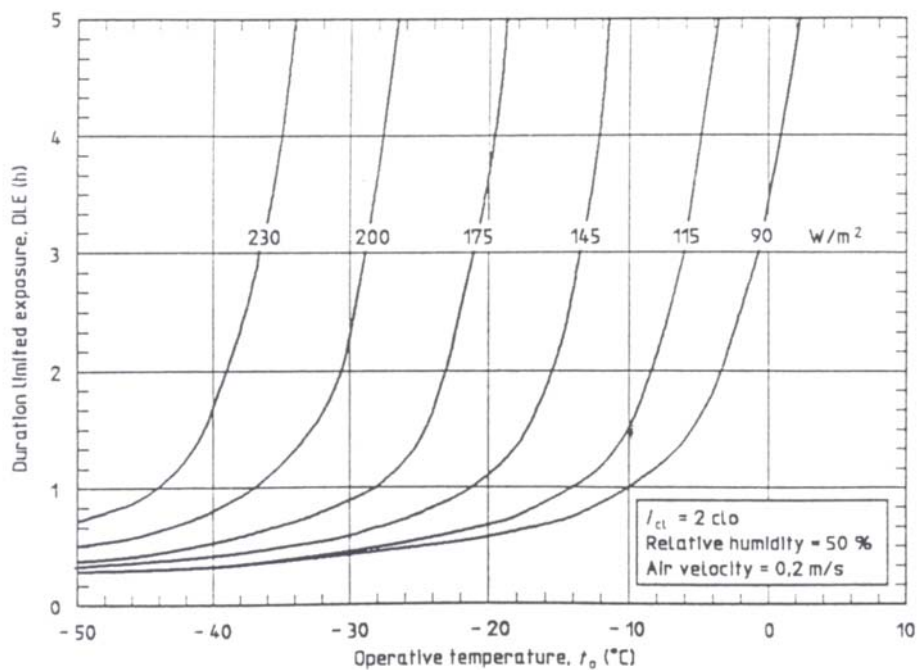
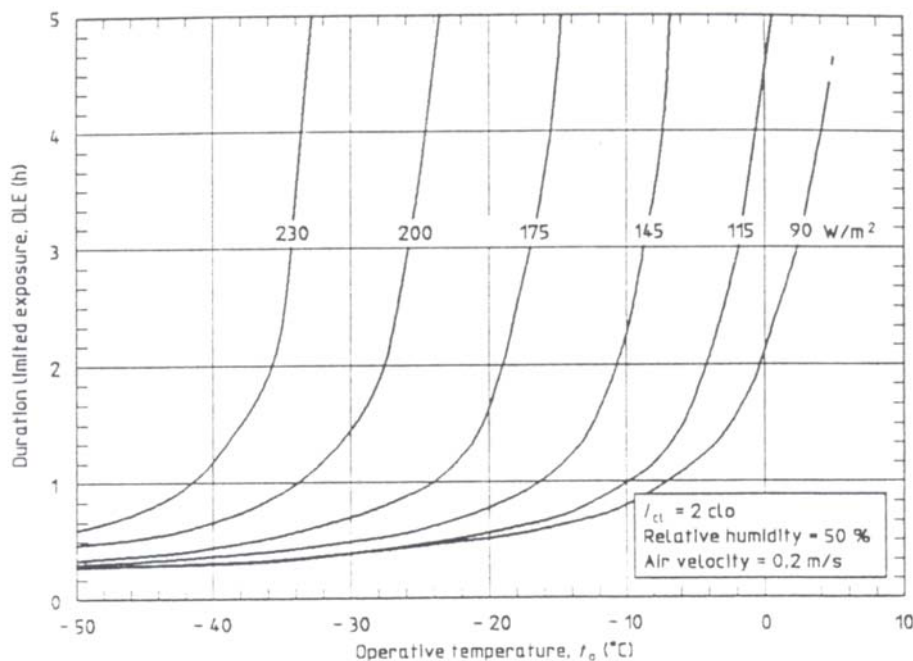


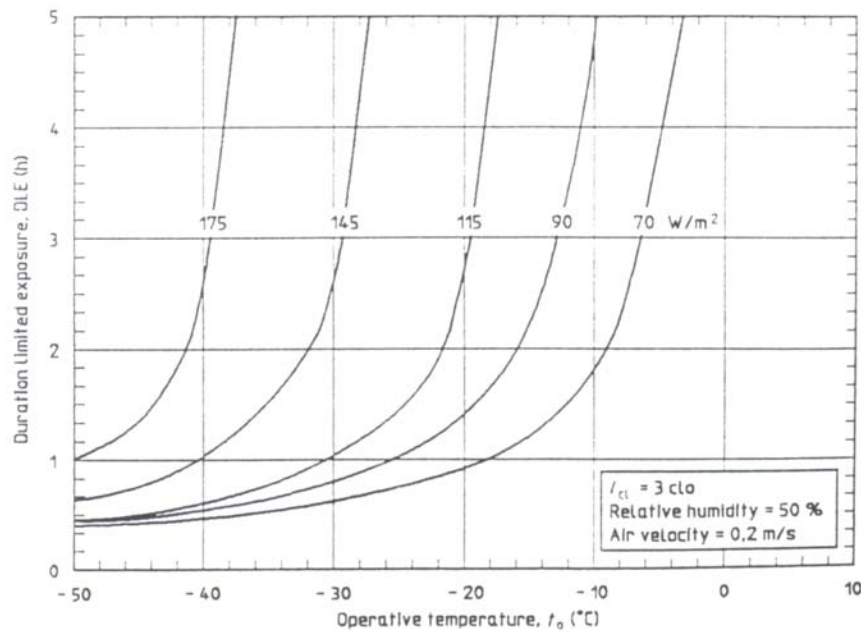
Figura 2.7 – IREQ<sub>min</sub> e IREQ<sub>neutro</sub> médios ponderados para 3 regimes de trabalho/descanso. Trabalho no frio e descanso a 20°C



**Figura 2.8** – Tempo máximo de exposição recomendado, DLE, para altos riscos, para 6 tipos de atividade, quando o valor do isolamento básico das roupas é de  $0,32 \text{ m}^2\text{C}/\text{W}$ , (2 clo)



**Figura 2.9** – Tempo máximo de exposição recomendado, DLE, para baixos riscos, para 6 tipos de atividade, quando o valor do isolamento básico das roupas é de  $0,32 \text{ m}^2\text{C}/\text{W}$ , (2 clo)



**Figura 2.10** - Tempo máximo de exposição recomendado, DLE, para 4 níveis de isolamento básico de roupas, para atividade de 115 W/m<sup>2</sup>

O critério fisiológico de exposição ao frio pelo método gráfico, pressupõe a umidade relativa do ar em 50% e que o  $I_{cl} > 2,00 \text{ clo}$ . Para a análise, faz-se necessário avaliar os parâmetros climáticos conforme a ISO 7726 e interpolar graficamente nas figuras 2.4 a 2.10. A partir delas, determinam-se os índices:

- $IREQ_{min}$  - Isolamento mínimo requerido das roupas [m<sup>2</sup>.°C/W]
- $IREQ_{neutro}$  - Isolamento neutro requerido das roupas [m<sup>2</sup>.°C/W]
- $I_{clAR}$  - Isolamento básico recomendado para situação de alto risco [clo]
- $I_{clBR}$  - Isolamento básico recomendado para situação de baixo risco [clo]
- DLE - Tempo limite de exposição [h]
- $DLE_{AR}$  - Tempo limite de exposição para situação de alto risco [h]
- $DLE_{BR}$  - Tempo limite de exposição para situação de baixo risco [h]

Os valores de  $IREQ_{min}$  e  $IREQ_{neutro}$  pressupõe dois índices de critérios fisiológicos como fixos. O nível mínimo é caracterizado pela vaso constricção periférica e nenhuma regulação por suor. O nível neutro é caracterizado por um estado térmico neutro do corpo (sensação neutralizada).



No cálculo do  $IREQ_{min}$  implica que o balanço térmico é mantido com o corpo levemente mais frio do que as condições neutralizadas. Se a exposição começa com uma condição neutralizada, ocorre um esfriamento inicial por um período de 20 a 40 minutos, enquanto que o calor dos tecidos do corpo, preferencialmente pele e extremidades é reduzido. O equilíbrio térmico se dá quando ocorre uma reposição do débito do calor em  $40 \text{ W.h/m}^2$ . Pressupõe-se que o balanço térmico é alcançado nestes níveis com a temperatura da pele em  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , sem regulação por suor. A troca do calor evaporativo através da pele se dá unicamente por difusão ( $w = 0,06$ ). Este estado do corpo coincide com a sensação térmica subjetiva levemente fria e é tolerada para exposições contínuas. O  $IREQ_{min}$  pode ser aceito como o maior resfriamento possível durante exposições prolongadas.

A neutralidade térmica define a condição pela qual a pessoa pretende sentir-se nem mais quente e nem mais fria.

### 2.3.4.5 ANEXOS

#### 2.3.4.5.1 Anexo A - Equações de trocas de calor

A.1) Trocas de calor sensível e latente pela respiração:

$$C_{res} = 0,0014.M.(t_{ex} - t_a)$$

$$E_{res} = 0,0173.M.(p_{ex} - p_a)$$

$$t_{ex} = 29 + 0,2.t_a$$

A.2) Trocas de calor latente pela pele (evaporação):

$$E = w.(p_{sk,s} - p_a) / RT$$

onde:

$$RT = 0,16.(I_a/f_{cl} + I_{clr}), \text{ sendo: } I_a = 1/(h_c + h_r)$$

$$f_{cl} = 1,00 + 1,97.I_{clr}$$

e:

$$h_c = 3,5 + 5,2.v_{ar} \quad \text{para } v_{ar} < 1 \text{ m/s}$$

$$h_c = 8,7.v_{ar}^{0,6} \quad \text{para } v_{ar} > 1 \text{ m/s}$$

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

$$h_r = 4,15.10^{-8} \{[(t_{cl}+273)^4 - (t_{rm}+273)^4] / [(t_{cl}-t_{rm})]\}$$

### 2.3.4.5.2 Anexo B - Critérios fisiológicos em exposições ao frio

B.1) Resfriamento geral do corpo:

Nível Mínimo: Caracterizado por vasoconstrição periférica e ausência de regulação pelo suor.

Nível Neutro: Caracterizado pelo estado de neutralidade térmica do organismo.

No cálculo do  $IREQ_{\text{mínimo}}$  o balanço térmico mantém o corpo levemente mais frio que as condições neutralizadas, e a neutralidade térmica define a condição pela qual a pessoa pretende sentir-se nem mais quente e nem mais fria.

B.2) Resfriamento local:

O resfriamento local, causado por convecção, radiação ou perdas de calor por contato, não deveria resultar em temperaturas das mãos e da pele inferiores a 15°C e 24°C respectivamente. Para temperaturas inferiores a -

40°C, devem ser tomados cuidados com a proteção dos olhos e do sistema respiratório, particularmente a altos níveis de atividade e com ventos fortes.

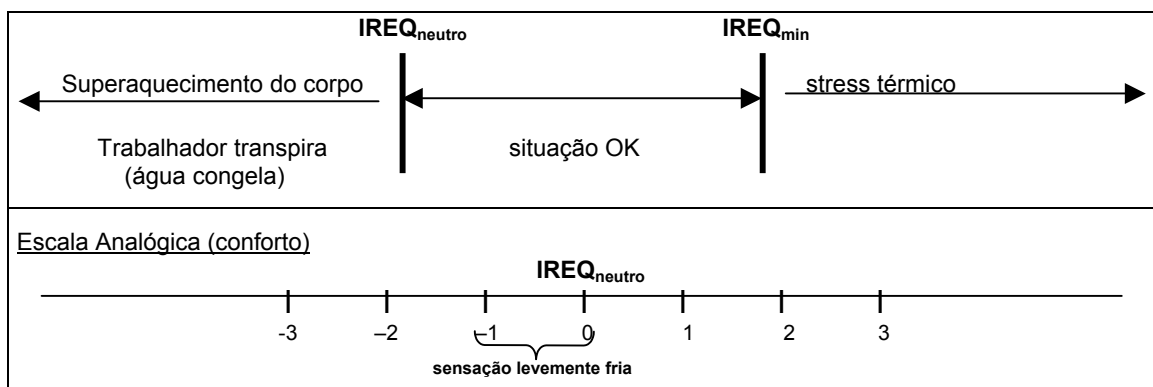
### B.3) Tempo máximo de exposição:

Quando o valor resultante do isolamento das roupas disponível é inferior ao IREQ, o corpo não pode manter o equilíbrio durante exposições prolongadas. O limite da duração da exposição, DLE, isto é, o tempo para perder 40 W.h/m<sup>2</sup>, deve ser calculado pela equação 07.

Os critérios fisiológicos padrões sugeridos e o comportamento dos intervalos de isolamento térmico, bem como a escala analógica de sensação térmica é mostrada na tabela 2.8 e figura 2.11.

**Tabela 2.8** - Critérios fisiológicos sugeridos para a determinação do IREQ, tempo máximo de exposição recomendado e resfriamento localizado (tabela B.1 - anexo B da ISO 11079/93).

Tipo de esfriamento	Parâmetro	IREQ <sub>min</sub> (alto risco) (condição subliminar)	IREQ <sub>neutro</sub> (baixo risco) (função normal)
<b>Geral</b>	IREQ		
	t <sub>sk</sub> w (n.d.)	30 0,06	35,7 – 0,0285 M 0,001 M
	DLE Q <sub>lim</sub> (W.h/m <sup>2</sup> )	- 40	- 40
<b>Local</b>	Temperatura das mãos (°C)	15	24
	WCI (W/m <sup>2</sup> )	1600	-
	Trato respiratório e temperatura ocular (°C)	t <sub>a</sub> < - 40	-



**Figura 2.11** - Esquematização das situações stress/conforto e comportamento do IREQ

### 2.3.4.5.3 Anexo C: Isolamento térmico das roupas / taxas metabólicas

Para a interpretação do IREQ, é sugerido que  $I_{cl}$  básico, seja reduzido em 20% para a maioria das atividades desenvolvidas em ambientes frios ( $M > 100 \text{ W/m}^2$ ). Isso quer dizer, por exemplo, que um valor de IREQ de  $0,37 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$  (2,4 clo), corresponde a um  $I_{cl}$  de  $0,47 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$  (3,0 clo), ou seja,  $I_{cl} = 1,25 \cdot \text{IREQ}$ . Para atividades sedentárias, predominantemente com os braços ( $M < 100 \text{ W/m}^2$ ) é recomendado uma redução de 10%.

O isolamento térmico das roupas é retirado da tabela da ISO 9920.

A norma ISO 7730/94 (Tabela A.1) estabelece, conforme mostrado na Tabela 2.9, o valor das taxas metabólicas conferentes ao tipo de atividade. O calor produzido pelo corpo resulta da assimilação e utilização do alimento como fonte de energia. A ingestão alimentar causa um aumento na produção interna de calor e é denominada de ação dinâmica específica (ADE) que teve os efeitos e composições estudados por FANGER (1970). No entanto, conforme RUAS (2001) a taxa de metabolismo não depende apenas da atividade física, mas também da idade, sexo e temperatura ambiente.

Já a ISO 8996 (1990) desenvolve um estudo mais completo propondo três caminhos para a obtenção da taxa de metabolismo, que diferem na exatidão dos resultados e na aplicabilidade prática. O método mais considerado determina a taxa de metabolismo através da medição do consumo de oxigênio e da produção de gás carbônico.

Na pesquisa utilizou-se de resultados estimados para o metabolismo através das tabelas das normas ISO 8996/90 que ponderavam a taxa

metabólica média conforme as atividades desenvolvidas. Exemplos de algumas ponderações de taxas metabólicas constam na tabela 2.9.

**Tabela 2.9 - Taxas Metabólicas x Atividades**

ATIVIDADES	TAXAS METABÓLICAS	
	W/m <sup>2</sup>	met
- Deitado, reclinado	46	0,8
- Sentado, relaxado	58	1,0
- Atividade sedentária (escritório, residência, escola, escritório)	70	1,2
- Atividade leve em pé (compras, laboratório, indústria leve)	93	1,6
- Atividade média em pé (balconista, trabalho doméstico em máquinas)	116	2,0
- Andando em nível:		
- A 2 km/h	110	1,9
- A 3 km/h	140	2,4
- A 4 km/h	165	2,8
- A 5 km/h	200	3,4

Fonte: Ruas (2001)

#### 2.3.4.5.4 Anexo D: Valores para o cálculo do índice de resfriamento de vento

O índice de resfriamento de vento, WCI, é calculado pela equação:

$$WCI = 1,16 \cdot [10,45 + (v_{ar})^{0,5} - v_{ar}] \cdot (33 - t_a) \quad (12)$$

Uma interpretação prática do WCI é a temperatura de resfriamento,  $t_{ch}$ , a qual pode ser expressa por:

$$t_{ch} = 33 - WCI / 25,5 \quad (13)$$

A tabela 2.4, anteriormente destacada evidenciava o poder de resfriamento do vento sobre a pele exposta, expressa como temperatura de resfriamento ( $t_{ch}$ ) e é extraído da tabela D.1, da norma ISO 11079/93. Em suma, a partir da velocidade do vento, quanto maior sua ação, maior é a sensação térmica correlacionada a leitura do termômetro real.

**Tabela 2.10** - Índice de resfriamento do vento, WCI, temperatura de resfriamento,  $t_{ch}$  e efeitos sobre a pele exposta. (Tab. D.2 ISO 11079/93)

WCI W/m <sup>2</sup>	$t_{ch}$ °C	Efeito
1200	-14	Muito frio
1400	-22	Extremamente frio
1600	-30	Pele exposta congela dentro de 1 hora
1800	-38	
2000	-45	Pele exposta congela dentro de 1 minuto
2200	-53	
2400	-61	Pele exposta congela dentro de 30 segundos
2600	-69	

## 2.4 Proteção ao trabalhador

### 2.4.1 ISO/TR 9920/95 (Estimação do Isolamento Térmico)

De acordo com a norma internacional ISO 9920, foram estabelecidos índices que estimassem o isolamento térmico das roupas bem como sua resistência evaporativa, que comporiam o efetivo isolamento. O valor do isolamento básico das vestimentas ( $I_{cl}$ ) é expresso por m<sup>2</sup>.°C/W ou pela unidade clo (1 clo = 0,155 m<sup>2</sup>.°C/W).

O isolamento térmico estimado de vestimentas na ISO 9920 é baseado em tabelas cujos valores foram avaliados em manequins de avaliação térmica. No caso, as tabelas foram estabelecidas por categorias e ainda por isolamento específico de cada vestimenta (casaco, camiseta, bota, meias, etc...). No caso da obtenção da efetiva proteção, ao somarem-se os diversos índices de isolamento básico, obtém-se o Isolamento das vestimentas resultante ( $I_{clr}$ ).

A norma ISO 9920 estabelece valores que podem ser avaliados de maneira composta, quando consideram vários conjuntos predeterminados de vestimentas, ou podem ser obtidos através do somatório dos isolamentos individuais de cada vestimenta. Ainda constam na norma, algumas vestimentas caracterizadas pelo material de fabricação, com a respectiva proteção térmica.

#### 2.4.2 EPIs (Equipamentos de Proteção Individual)

O controle dos EPIs para baixas temperaturas é basicamente documental (declaração por termo de responsabilidade), com a emissão do CA (Certificado de Aprovação) pela Coordenadoria de Registros, subordinada ao Departamento de Segurança e Saúde do Trabalhador que compõe a Secretaria de Inspeção do Trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego.

Os documentos para obtenção do CA, de fabricação nacional são:

- Carta Requerimento ao DSST, Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho, solicitando a Obtenção ou Renovação do C.A., informando o numero do C.A. (quando for renovação);

- Memorial descritivo do EPI, incluindo o correspondente enquadramento no ANEXO I da NR-06, suas características técnicas, material empregado na sua fabricação, uso a que se destina e suas restrições (modelo II);
- Cópia autenticada do Laudo de Ensaio do EPI emitido por laboratório credenciado pelo DSST/MTE ou do documento que comprove que o produto teve sua conformidade avaliada no âmbito do SINMETRO, ou ainda, no caso de não haver laboratório credenciado capaz de elaborar o relatório de ensaio, do Termo de Responsabilidade Técnica (modelo III), assinado pelo fabricante e importador, e por um técnico registrado em Conselho Regional da Categoria;
- Cópia autenticada e atualizada do comprovante de localização do estabelecimento;
- Cópia autenticada do CNPJ;
- Documentos para obtenção do CA, de fabricação nacional:
- Carta Requerimento à DSST, Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho, solicitando a Obtenção ou Renovação do C.A., informar o número do C.A. (quando for renovação) (modelo I);
- Memorial descritivo do EPI, incluindo o correspondente enquadramento no ANEXO I da NR-06, suas características técnicas, material empregado na sua fabricação, uso a que se destina e suas restrições (modelo II);
- Cópia autenticada do Certificado de origem do EPI;
- Cópia autenticada da declaração do fabricante estrangeiro autorizando o importador ou o fabricante nacional a comercializar o produto no Brasil.



Muito embora se perceba que a normalização brasileira estabeleça regras que impliquem em metodologias de ensaio e de responsabilidade dos fabricantes, ficam claros pela observação e informações obtidas junto aos consumidores que as especificações e certificações, muitas vezes não confirmam a qualidade esperada. Pela falta de laboratórios que avaliem os índices de isolamento térmico das vestimentas, os certificados de aprovação (CAs) são emitidos quase que fundamentalmente amparados pela declaração do fabricante.



**Figura 2.12 – Vestimenta para o frio (brasileira x internacional)**

Num confronto de equipamentos, percebe-se a grande diferença dos EPIs nacionais frente às vestimentas internacionais. A figura 2.12 ilustra um exemplo, onde se verifica visualmente o ajuste das vestimentas (estimadas

para temperaturas semelhantes), que facilitam a movimentação do trabalhador quando da importada. A roupa importada possibilita ao trabalhador sentir-se menos amarrado, e em melhor estado de conforto. As botas também se apresentam mais ajustadas, evitando a entrada de água e umidade, além de ser confeccionada em material com mais qualidade para evitar as depreciações. O desgaste e deterioração com o tempo torna-se uma das maiores queixas dos trabalhadores dos EPIs nacionais.

*CAPITULO 3*

**PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Buscando atingir os objetivos propostos, serão adotadas as seguintes etapas:

- . Análise ergonômica dos postos de trabalho em atividades dentro de câmaras frigoríficas e similares no estado de Santa Catarina;
- . Determinação das condições típicas de exposição dos trabalhadores expostos à frio intenso;
- . Escolha da amostragem de pesquisa e ambientes de trabalho representativos de trabalhos com frio intenso;
- . Aplicação de questionário aos trabalhadores pesquisados;
- . Levantamentos das variáveis térmicas em trabalhadores junto a preestabelecidos postos de trabalho em indústrias frigoríficas de Santa Catarina;
- . Aplicação das variáveis aos principais critérios de tolerância (nacionais e internacionais) com análise e avaliação dos resultados.

O tipo da pesquisa foi caracterizado como um estudo exploratório e de campo.

### 3.1 População e Amostra

A população foi constituída de trabalhadores diversos em empresas com atividades frigoríficas do estado de Santa Catarina, fundamentalmente no Vale do Itajaí, no caso: BRASKARNE S/A (Itajaí/SC) e Central Blumenauense de Carnes (Blumenau/SC). Algumas outras várias empresas foram visitadas, na área de Pescados e de conservação de maçã, bem como outras da área relativas à agroindústria catarinense, que não constituíram fontes de avaliação quantitativa, mas que contribuíram com observações qualitativas para as conclusões do trabalho.

Considerou-se, para efeitos deste trabalho, a amostragem de 25 trabalhadores expostos a condições de trabalho delimitadas em três condições básicas de frio assim classificadas: de 10 °C até 0 °C, de 0 °C até -10 °C e de -10 °C até -25 °C.

A população escolhida visou caracterizar dois típicos locais de trabalho com câmaras frias (empresas escolhidas). Nos ambientes, escolheu-se uma população diversificada e aleatória de trabalhadores tanto sob suas condições físicas, como pelas faixas de temperaturas visando fornecer um espectro variado para poder confrontar com os critérios de avaliação. Pelas características da pesquisa, pela uniformização dos ambientes de trabalho, bem como pelos resultados preliminarmente obtidos, constatou-se que a amostragem era representativa das condições globais. Algumas outras considerações particulares poderiam ser feitas posteriormente por ponderações qualitativas.

## **3.2 Coleta de Dados**

A coleta de dados foi realizada nos meses de junho/2001 a janeiro/2002. Abordaram-se, para as etapas de pesquisa, coletas das variáveis que seriam lançadas nos vários critérios de análise das sensações térmicas de pesquisa:

- análise qualitativa (indicativos brasileiros –CLT, NR-15 e outros);
- Índice WCI (Wind Chill Index – Sensação Térmica);
- Tensões por Trocas Térmicas (ACGIH);
- ISO/TR 11079/1993 (Isolamento Requerido de Roupas)

Os parâmetros avaliados e pesquisados consistiram de:

- Características antropométricas do trabalhador (peso, altura);
- Taxas Metabólicas das atividades físicas;
- Temperatura do ar;
- Temperatura radiante (a partir da temperatura de globo);
- Velocidade do ar;
- Umidade relativa do ar;
- Isolamento das roupas (vestimentas utilizadas);
- Entrevista das sensações subjetivas dos trabalhadores.

### **3.2.1 Instrumentos e Métodos para a Coleta de Dados**

Foi elaborada uma entrevista semi-estruturada com os diversos trabalhadores, visando a obtenção das características físicas e de trabalho

(antropometria e metabolismo) a que estariam sujeitos. Acompanhou-se ainda e registrou-se as características das jornadas de trabalho (exposições, folgas, tempo da jornada, etc...). Para tais valores, foram feitas as medidas físicas e ainda o registro mediante fotografias digitais.

O questionário foi definido através de entrevistas previamente mapeadas que visavam analisar as características fisiológicas dos trabalhadores, através de seus dados antropométricos bem como analisar suas atividades visando interpolar suas taxas metabólicas. Igualmente procurou-se analisar os comportamentos dos trabalhadores e ainda as suscetibilidades individuais e sensações térmicas nos ambientes de trabalho. Coletou-se ainda observações particulares sobre as condições do trabalho e vestimentas utilizadas, além de críticas e sugestões. Houveram ainda observações do pesquisador, que foram anotadas quando do questionário.

As taxas do gasto metabólico foram analisadas a partir das atividades físicas, conforme as entrevistas e verificações do trabalho, e obteve-se as estimativas conforme o item 2.4.4.5.3 anteriormente elucidado, fundamentados nas tabelas das normas ISO 7730 e ISO 8996. Já o isolamento térmico das vestimentas foi obtido através do equacionamento aditivo das diversas unidades de proteção  $I_{cl,r}$  (Isolamento das vestimentas resultante [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]) através da norma ISO 9920.

No caso da pesquisa, procurou-se interpolar os valores específicos, para somados, indicarem o  $I_{cl,r}$  (isolamento resultante).

**Tabela 3.1** - Índice de isolamento básico das vestimentas ( $I_{cl}$ ) em clo, extraídos da norma ISO 9920 comparados às amostragens da pesquisa

PROTEÇÃO / ISOLAMENTO (clo)							
VESTIMENTA	Clo	VESTIMENTA	Clo	VESTIMENTA	Clo	VESTIMENTA	Clo
Calça Térmica Highly-insulating trousers	0,35	Blusa moletom Shirt collar-long sleeve	0,34	Luva (pé pato) Thick gloves	0,08	Meia algodão Socks	0,02
Calça de brim Normal trousers	0,25	Cueca Panties	0,03	Luva borracha Acetate gloves	0,01	Meião algodão Knee socks (thick)	0,06
Japona Térmica Highly-insulating overall	0,90	Avental napa Apron knee-length	0,12	Luva térmica (nylon) Thick gloves, fibre pelt	0,08	Capuz hood	0,10
Camiseta t-shirts	0,09	Luva algodão gloves	0,05	Sapatão Shoes	0,05	Touca ninja hood	0,10
Camisa Brim Short sleeves Shirt	0,15	Luva de lã gloves	0,05	Bota térmica Thermic boot	0,15	boné Cap	0,01
Guarda pó Short sleeves Shirt	0,15	Luva couro Thick gloves, fibre pelt	0,08	Meia lã Thick socks, ankle-length	0,05		

Considerando-se fundamentalmente os tipos de vestimentas típicos no Brasil, frente aos encontrados na pesquisa, poderíamos interpolar os valores individuais obtidos da norma ISO 9920 (Anexo B) para a obtenção da tabela 3.1 discriminada anteriormente, demonstrados e exemplificados a seguir.



**Figura 3.1** – Equipamentos de Proteção Individual – Vestimentas utilizadas

Exemplificando, poderíamos analisar a composição de vestimentas de um trabalhador (paleteiro), com as vestimentas observadas individualmente (figura 3.1) e adicionadas em seus isolamentos individuais conforme a tabela 3.2.

**Tabela 3.2** – Exemplo de composição de Índice de isolamento resultante das vestimentas ( $I_{clr}$ )

	<b>Vestimenta</b>	<b>Isolamento Roupa <math>I_{clr}</math> - (CLÔ)</b>
	Calça térmica	0,35
	Touca ninja	0,10
	Cueca	0,03
	Uniforme (calça)	0,25
	Uniforme (camisa)	0,15
	Meião algodão	0,06
	Bota térmica	0,15
	Calça térmica	0,35
	Japona térmica	0,90
	Luva térmica (nylon)	0,08
	<b>Isolamento Resultante (<math>I_{clr}</math>)</b>	Conjunto da roupa

Para a avaliação das temperaturas, empregou-se termômetro com bulbo de mercúrio da Incoterm, com leitura em intervalos de 0,1 °C em leituras sob bulbo seco e ainda em leitura sob o globo padronizado (diâmetro = 0,15 m, pintado em preto com emissividade  $\varepsilon = 0,95$ ).

A velocidade do ar foi quantificada através de um termo anemômetro digital marca testo 425, modelo 0560.4250 C, com leituras entre - 20 °C a + 70 °C, com resolução de velocidade em 0,01 m/s e de temperatura em 0,5 °C. O equipamento apresenta sonda telescópica inserida e rebatida com alcance de 550 mm com informe de calibração.



A umidade do ar foi avaliada utilizando-se um Termo Higrômetro Digital marca Minipa, modelo MTH-1380 (K-type), leituras entre  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$  e resolução de umidade relativa em  $0,1\%$  RH e de temperatura em  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

A figura 3.2 ilustra os equipamentos utilizados, no caso: termômetro de mercúrio (precisão  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), termoanemômetro, termo-higrômetro e árvore com termômetro de bulbo seco e de globo.



**Figura 3.2 – Instrumental utilizado**

### **3.3 Análise e equacionamento dos resultados**

Os dados foram aplicados nas equações e tabelas para os diversos critérios de análise das sensações térmicas pesquisadas nas faixas de temperatura e amostragem populacional da pesquisa.

Com os resultados, foram estabelecidos os comparativos entre os diversos critérios, visando projetar instrumentos metodológicos que pudessem ser aplicados no Brasil. Os resultados demonstram ser possível usar a análise técnico-científica do balanço térmico como instrumento visando a preservação da saúde e do conforto térmico. A proposição principal, procurando testar o modelo da ISO 11079 (IREQ), está na concepção de que o organismo humano possa ser comparado a uma "máquina térmica" em virtude de ser um animal homotérmico (deve manter sua temperatura corporal praticamente constante).

A proposta entre os métodos mais recomendáveis, tanto visa estabelecer parâmetros como limites objetivos de tolerância, como ainda especificar o uso das vestimentas como EPIs (equipamentos de proteção individuais).

*CAPITULO 4*

**RESULTADOS – ANÁLISE E DISCUSSÃO**

A amostragem populacional da pesquisa projetou em um espectro macro a posição situacional catarinense no âmbito da indústria brasileira, com análises qualitativas no geral e quantitativas em particular em duas indústrias selecionadas para o trabalho.

#### **4.1 Caracterização dos ambientes de trabalho**

Dentre as características dos trabalhos desenvolvidos com frio intenso no Brasil, podemos restringir basicamente aqueles determinados por refrigeração artificial em câmaras frigoríficas. No caso mais específico do enfoque do trabalho, no estado de Santa Catarina, as empresas que trabalham sob condições de frio intenso estão principalmente caracterizadas como: indústrias frigoríficas de suínos e aves na região oeste, indústrias de armazenamento de frutas no meio-oeste, indústrias de pescados no litoral, armazenamentos e serviços portuários além de outros diversos.

Particularmente, restringe-se as análises principalmente às condições de trabalho em duas situações básicas:

- qualitativamente em observações gerais nas mais diversas empresas frigoríficas da região oeste catarinense (agroindústria de abate de suínos

e aves – frutas) além de outras indústrias (suínos, aves, peixes) e no armazenamento e movimentação portuária do Vale do Itajaí.

- quantitativamente nas duas empresas do Vale do Itajaí, no caso, BRASKARNE S/A (Itajaí/SC) e Central Blumenauense de Carnes (Blumenau/SC).



**Figura 4.1** – Vistas gerais dos locais das pesquisas: Navio Russo Cinderella, Braskarne S/A e Central Blumenauense de Carnes

#### **4.1.1 Das condições de trabalho**

Os trabalhos aos quais se enfocaram as pesquisas foram basicamente aqueles relacionados com as baixas temperaturas. Assim sendo, restringem-se as análises aos locais de trabalho (câmaras e adjacências) e as condições a pelas quais estivessem sujeitos os trabalhadores, tais quais: ambiente, jornada, pausa e vestimentas.

#### **4.1.2 Descrição dos locais de trabalho**

As mais diversas empresas pesquisadas apresentam algumas características específicas, quanto às atividades desenvolvidas e ainda com relação ao meio ambiente de trabalho propriamente dito. As maiores unidades

frigoríficas restringem-se às grandes agroindústrias, os armazéns de estocagem de frutas e ainda as unidades de transbordo portuário, envolvendo as câmaras frias bem como os porões de navios.

Especificamente às unidades utilizadas para as análises quantitativas de campo e pesquisa, restringimos a duas empresas: Braskarne S/A e Central Blumenauense de Carnes Ltda.

A BRASKARNE S/A, é uma empresa localizada à rua Blumenau n° 558, bairro São João, às margens do rio Itajaí Açu, em Itajaí/SC, apresentando-se como um entreposto de congelados (carnes) edificado em 3 prédios com câmaras frigoríficas desenvolve atividades de carga e despacho portuário. Assim sendo, ocorrem atividades em câmaras frias (fundamentalmente com pallets por empilhadeiras ou paleteiras) e translados para os navios, com atividades de movimentação de produtos congelados (prioritariamente em caixas) através de pallets em empilhadeiras e/ou containers, além de arranjo e acomodações nos decks dos navios. No tocante aos ambientes de trabalho, focos das análises, podemos definir câmaras frias e os decks dos navios.

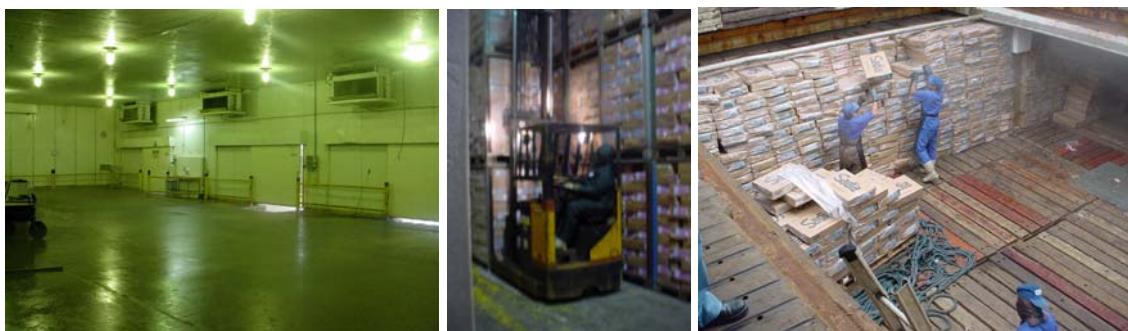
O TERMINAL PRIVATIVO DE CARGAS FRIGORIFICADAS da Braskarne atua no apoio às atividades de logística de exportação - armazenagem e operação portuária da Seara Alimentos, movimentando em média 20 mil toneladas mês. Possui câmaras frias com capacidade de armazenar até 7.500 toneladas de carnes, a até -22° C. Também presta estes serviços aos principais exportadores do segmento de mercadorias frigorificadas. É o primeiro terminal privatizado no continente, operando totalmente com mão de obra própria.

Os locais de trabalhos estão divididos em 3 Alas, com armazéns que abrigam as câmaras frigoríficas, diferenciadas com relação à área e altura, que especificamente lhes conferirão a capacidade de armazenamento e conseqüentemente atividades de trabalho. Todas as Alas apresentam uma antecâmara onde são desenvolvidas as atividades de movimentação para estocagem até as câmaras, despacho para o cais do porto e conseqüentemente aos navios atracados na Baía (Berço) da empresa, separada dos armazéns por um pátio de operação. Os locais de trabalho consistem de áreas fechadas (armazéns), edificadas em concreto armado e alvenaria e com as paredes e coberturas em chapas (biscoito com recheio termo-isolante) que lhe conferem o isolamento térmico mantido a baixas temperaturas através de sopradores (evaporadores) interligados às salas de máquinas (compressores com amônia como fluído frigorígeno), com piso de cimento alisado e iluminação artificial por luminárias de mercúrio. Os locais ficam definidos com armazenamento em boxes irrigados por corredores de circulação. O armazenamento é feito em pallets (empilhados em até quatro sobrepostos conforme a altura da câmara) movimentados através de empilhadeiras e paleteiras elétricas.

Podemos caracterizar que para as câmaras frigoríficas da Ala I, as temperaturas ficam oscilando entre  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  em média, dependendo da carga, horário e movimentação. Já nas outras duas Alas II e III, as câmaras frias oscilavam temperaturas interiores entre  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$  em média. Variam, no entanto, pela movimentação continuada de abertura das portas em

muito as temperaturas, fundamentalmente na porção anterior próxima das portas, onde o gradiente se evidencia maior.

Fazem ainda parte dos locais de trabalho, principalmente para os movimentadores de carga (estivadores), os próprios navios. Os navios de carga aos quais a empresa trabalha, são normalmente de porte médio, reservados com porões de armazenamento de carga frigorífica. Em média os navios atracados apresentam-se com 3 a 4 porões, que apresentam 2 a 3 decks (compartimentos) sobrepostos com sistema de refrigeração próprio.



**Figura 4.2** – Vistas gerais dos locais de trabalho da empresa Braskarne: antecâmara, câmara Ala I, deck de porão do navio Kaunakea

A CENTRAL BLUMENAUENSE DE CARNES LTDA está situada à rua Pedro Zimmermann n° 5395, Itoupava Central, em Blumenau/SC. A empresa basicamente processa carne bovina, beneficiando-a em cortes para terceiros. Para os processos de conservação apresenta câmaras de resfriamento e de congelamento. As câmaras apresentam locais de trabalho com temperaturas abaixo de zero. Já nas áreas de beneficiamento, as temperaturas oscilam levemente acima de 0 °C em trabalhos de cortes e embalagens de carnes.

O prédio principal, edificado em Alvenaria, apresenta-se adequadamente projetado conforme os padrões de higienização requeridos (cerâmica lavável) e

iluminação natural e principalmente suplementar fluorescente. A empresa consiste, basicamente de um grande prédio de concreto armado e alvenaria, de 1.760 m<sup>2</sup>, destinado a industrialização e processamento de carne bovina. Nos ambientes diversos, se encontram pisos laváveis courodur e paredes com material cerâmico em diversos ambientes próprios para produção de cortes e beneficiados de carnes.

No local, aparece na parte posterior do prédio uma área de recepção de carnes, que derivam por linhas aéreas uma linha às câmaras de resfriamento (3) com -2 °C onde são armazenadas as peças (matéria prima) com capacidade para 60 bois. Após, anexo se apresenta a desossa feita nos ganchos e/ou mesas. Nas áreas de produção, ocorrem mesas e, na necessidade máquinas diversas (moer, fatiar, serras, esteira, etc.). Beneficiada a carne, nos cortes desejados, são separadas e embaladas em sala com máquina de vácuo e embaladas com sacos e caixas. Ocorrem ainda outras áreas para estocagem final (em caixas, paletizada). As diversas áreas apresentam diferentes condições de temperatura, variando da ordem de 0 °C até -37 °C para as câmaras e túneis, e em faixas superiores a 10 °C para as áreas de produção ou auxiliares. As Câmaras de Estocagem (-20 °C na n° 13), de Congelamento (-29 °C na n° 12), de Congelamento/Maturação (-30 °C na n° 9), de Resfriamento (-7 °C nas n° 10 e 11), além do corredor em temperatura na ordem de 10 a 15 °C definem o local de trabalho do Encarregado de Câmaras Frias. As áreas são, via de regra úmidas, muito embora o excesso de umidade ocorra apenas em operações de lavação. A iluminação dos ambientes é prioritariamente artificial por luminárias fluorescentes. A casa de máquinas



representa uma área de 75 m<sup>2</sup> com os compressores e painel de comando da parte de resfriamento das Câmaras e túneis. Através de tubulações com fluido refrigerante (amônia) é feita a alimentação e conexão com as câmaras até os evaporadores.



**Figura 4.3** – Vistas gerais dos locais de trabalho da empresa Central de Carnes: câmara de resfriamento, câmara de estocagem e câmara de carcaça

#### **4.1.3 Quanto à rotina de trabalho**

Quanto à rotina do trabalho, podemos caracterizar que em todas as atividades analisadas quantitativamente, bem como nas atividades frigoríficas em geral, as atividades sob regime de baixas temperaturas se desenvolvem sob regimes intermitentes. As pausas nos trabalhos sob condições adversas de temperatura são definidas proporcionalmente e em tempo tanto superior quanto mais baixa as temperaturas ou mesmo da percepção subjetiva de frio incômodo.

Assim, algumas atividades, conforme a rotina ou carga de trabalho, determinam situações de pausas continuadas, ou mesmo de intermitentes revezamentos entre as áreas de frio intenso (câmaras) e de temperaturas

amenas (antecâmara, área de descanso, etc.). Nestas áreas de revezamento térmico natural, via de regra não se verifica pausas programadas. Nestes exemplos, se evidenciam as atividades dos Paleteiros ou Operadores de Empilhadeiras das Alas II e III na empresa Braskarne, bem como os Operadores de Câmaras Frias na Central Blumenauense de Carnes.

Já para os trabalhos que são contínuos em baixas temperaturas, como aqueles desenvolvidos pelo Operador de Empilhadeira da Ala I na Braskarne e o Movimentador de Mercadorias nos porões de navios, visto a necessidade continuada da permanência no local frio, definem pausas programadas. Algumas outras atividades ocasionais de organização, limpeza ou outras que determinem trabalhos continuados nas câmaras frias, impõe um revezamento programado com intervalos de pausas para descanso em local com temperatura quente. Percebe-se, entretanto, que em algumas ocasiões as pausas programadas são reduzidas ou minimizadas pelo acúmulo da carga de trabalho ou mesmo quando as temperaturas se tornam menos críticas.

Poderíamos caracterizar como rotina de trabalho, para os trabalhadores pesquisados, a seguinte:

- Operador de Máquinas Operatrizes (Ala I – Braskarne) – tem por atribuição operar empilhadeira elétrica, movimentando os pallets no interior das câmaras frigoríficas. Faz o empilhamento dos pallets com altura de até quatro níveis, fundamentalmente colocando e retirando os pallets dos boxes conforme a programação recebida do Monitor. O Operador recebendo ou entrega os pallets ao Paleteiro que fará o transporte para a antecâmara ou vice-versa. Desenvolvem atividades

- com pouca movimentação, sentado na boléia da máquina, com movimentos reduzidos dos membros superiores operando o equipamento. Trabalha continuamente na Câmara, em jornada diária de 8 horas com intervalo para refeição e descanso de uma hora. Opera com revezamento de ½ hora trabalhada para cada descanso de ½ hora.
- Operador de Paleteira (ALA I – Braskarne) – tem por atribuição conduzir os carros movidos com bateria tracionária (paleteiras) destinados a movimentar Pallets que contém produtos, da área de recepção ao interior das Câmaras Frigoríficas e Túneis de Congelamento até as antecâmaras e área climatizada, por ocasião dos embarques. Desenvolvem atividades com moderada movimentação, controlando o carrinho e caminhando constantemente a uma velocidade média estimada de 3,5 km/h. Trabalha continuamente na Câmara, em regime intermitente, em jornada diária de 8 horas com intervalo para refeição e descanso de uma hora. Opera no regime de revezamento onde para cada ½ hora trabalhada descansa outra ½ hora.
  - Conferente – Efetua a conferência das cargas que chegam das carretas através de notas e romaneios, transferindo carga das câmaras para os navios e controlando os procedimentos de reetiquetagem e carregamentos de containeres. Desenvolvem atividades de pé, com pouca movimentação, com exigência mais mental do que física, e fundamentalmente nas antecâmaras. Trabalha com jornada diária de 8 horas com intervalo para refeição e descanso de uma hora.

- Monitor de Câmara – Faz o mapeamento dos pedidos que entram e saem das câmaras frigoríficas. Controla a disposição dos produtos nas câmaras através de sistema informatizado e coordena a limpeza e higienização das Alas. Trabalha prioritariamente em sala de controle fora da câmara (sala administrativa com mesa e microcomputador) e intermitentemente na antecâmara e câmara inspecionando os serviços e administrando as tarefas junto aos subordinados. Faz verificações intermitentes nas Câmaras Frias, com incursões de cerca de 2 a 3 minutos, perfazendo uma atividade diária intermitente que totaliza cerca de ½ hora da jornada diária de 8 horas com intervalo para refeição e descanso de uma hora. Desenvolve atividades com moderada movimentação, com exigência mais mental do que física, e fundamentalmente nas antecâmaras.
- Operador de Máquinas Operatrizes (ALA II e III – Braskarne) – tem por atribuição operar empilhadeira elétrica, movimentando os pallets no interior das câmaras frigoríficas. Faz o empilhamento dos pallets com altura de até dois, fundamentalmente colocando e retirando os pallets dos boxes conforme a programação recebida do Monitor, transportando para a antecâmara ou vice-versa. Desenvolve atividades com pouca movimentação, sentado com movimentos reduzidos dos membros superiores dirigindo o equipamento. Trabalha intermitentemente na Câmara, em jornada diária de 8 horas com intervalo para refeição e descanso de uma hora. Opera com revezamento de ½ hora trabalhada para cada ½ hora de recuperação. Aumentos da carga de trabalho, por

demandas de mercado ou operacionais do Porto, podem determinar a redução das folgas.

- Ajudante (Quebrador de Gelo - Ala I Braskarne) – tem por atribuição quebrar o gelo das vias de circulação, batendo com uma espátula de ferro (tipo alavanca) intermitentemente e juntando com vassoura e pá para colocar em balde e retirar do ambiente. Tal atividade visa facilitar o movimento de empilhadeiras e paleteiros, eliminando o risco do gelo no piso, que torna escorregadio e perigoso. Desenvolve atividades com moderada movimentação, controlando a alavanca em movimentos de suspensão e queda para quebrar progressivamente as placas de gelo. Trabalha continuamente na Câmara, em jornada diária de 8 horas com intervalo para refeição e descanso de uma hora. Opera com revezamento médio de 20 minutos de descanso a cada hora trabalhada.
- Movimentador de Mercadorias – tem por atribuição trabalhar nos porões dos navios realizando serviços de Estiva que consiste em retirar as mercadorias dos pallets embaladas em caixas ou partes (suíno ou bovino) e empilhar no interior dos porões dos navios, de acordo com a programação preestabelecida. Os pallets das cargas são transportadas da área ao lado do navio (cais) através de guincho com carga lingada. Para cada porão trabalha um terno, equipe composta de 8 trabalhadores. Opera com ½ hora trabalhada para cada ½ hora de recuperação.
- Auxiliar Serviços Gerais / Encarregado de Câmaras Frias (Central Blumenauense de Carnes) – Trabalha sempre de pé, movimentando

cargas em caixas nos pallets com paleteira manual das câmaras para fora e vice-versa. As atividades no frio são intermitentes e reduzidas (menos de 1 minuto) a cada entrada, mas repetidas (entra e sai), em atividades de puxar os pallets, estimando o tempo de 30 minutos diários dentro das câmaras. Apenas ocasionalmente, quando em serviços de remonta permanece mais tempo na câmara (até cerca de 20 minutos) em serviços manuais de levantamento e acomodação das caixas.

- Açougueiro (Central Blumenauense de Carnes) – Trabalha de pé, em serviços manuais de cortes de carne bovina em temperaturas positivas baixas (de 5 a 10 °C) e a jornada é de 8 a 10 horas diárias.

#### 4.1.4 Quanto às vestimentas e proteção

Percebeu-se uma variedade muito grande de vestimentas nos trabalhadores pesquisados tanto por razões individuais, como devido aos fornecedores, tempo de uso e controle de qualidade das roupas.

As características das vestimentas são constantemente alteradas em função da variação das características estruturais feitas pelos fabricantes, da depreciação do material com o tempo e pelas questões econômicas onde via de regra o setor de compras analisa sempre o custo como fator decisivo na escolha do equipamento e fornecedor. No entanto, percebeu-se uma variedade de componentes do isolamento térmico (vestimentas) que proporcionavam variações e ajustes basicamente na composição da qual eram submetidos quando da presença conjugada (unidades da roupa).

Dependendo da suscetibilidade individual, ocorria a conjugação das diversas peças do vestuário traduzindo diferentes somatórios de isolamento resultante das roupas (Iclr). A constatação era de que cada trabalhador empiricamente auto-regulava o somatório de seu equipamento oferecido conforme sentisse mais ou menos frio, determinada por uma função de muitos outros fatores conjugados (p.ex: gordura do corpo, metabolismo da atividade, etc.). A composição das proteções foi verificada conforme o relatório das roupas, que fizeram parte do questionário e verificação na pesquisa, compostas no conjunto. As proteções compostas (isolamento de roupas resultante - Iclr) foram obtidas adicionando-se os diversos índices de isolamento térmico em Clo relativos a cada item de vestimenta, através da tabela da norma ISO 9920, resumidos na tabela 3.1, mostrada anteriormente.

Outras considerações referentes às proteções das vestimentas devem ser feitas no tocante ao fato que as propriedades das vestimentas variam permanentemente no Brasil, pela deficiente padronização dos fabricantes e evidente depreciação dos produtos no tempo. Considere-se que as vestimentas molham ou mesmo compactam em seus recheios isolantes, diminuindo sensivelmente o seu poder de isolamento térmico.

## **4.2 Resultados das análises de avaliação ambiental**

As análises dos ambientes de trabalho retrataram situações consideradas médias de comportamento e exposição dos trabalhadores em variados casos sob baixas temperaturas. As variáveis diversas foram obtidas pelas avaliações com os equipamentos destacados na metodologia e instrumental técnico.

A tabela 4.1 relaciona, os trabalhadores conforme o setor e a atividade.

**Tabela 4.1 - Trabalhadores Pesquisados**

n° Trabalhador	Empresa	Setor	Função
01	Central de Carnes	Câmaras Frias	Aux Serv. Gerais
02	Central de Carnes	Câmaras Frias	Aux Serv. Gerais
03	Central de Carnes	Câmaras Frias	Aux Serv. Gerais
04	Central de Carnes	Câmaras Frias	Aux Serv. Gerais
05	Central de Carnes	Câmara de Carcaça	Aux Serv. Gerais
06	Braskarne	Porão Navio	Movimentador Cargas
07	Braskarne	Porão Navio	Movimentador Cargas
08	Braskarne	Porão Navio	Movimentador Cargas
09	Braskarne	Porão Navio	Movimentador Cargas
10	Braskarne	Porão Navio	Movimentador Cargas
11	Braskarne	Porão Navio	Movimentador Cargas
12	Braskarne	Porão Navio	Movimentador Cargas
13	Braskarne	Porão Navio	Movimentador Cargas
14	Braskarne	Porão Navio	Movimentador Cargas
15	Braskarne	Ala I – AnteCâmara	Conferente
16	Braskarne	Ala I -Câmara	Monitor
17	Braskarne	Ala II - Câmara	Monitor
18	Braskarne	Ala I – Câmara	Quebrador gelo
19	Braskarne	Ala I - Câmara	Paleteiro
20	Braskarne	Ala I - Câmara	Paleteiro
21	Braskarne	Ala I - Câmara	Operador
22	Braskarne	Ala I - Câmara	Operador
23	Braskarne	Ala I - Câmara	Operador
24	Braskarne	Ala II -Câmara	Operador
25	Braskarne	Ala II -Câmara	Operador

**Tabela 4.2 - Avaliação ambiental (parâmetros individuais)**

N° trabalhador	Idade anos	Altura metros	Peso kg	t.trab. anos	T <sub>ext</sub> °C	T °C	T <sub>g</sub> °C	M W/m <sup>2</sup>	V <sub>a</sub> m/s	RH %	texp h:m
01	31	1,76	77	10	25,2	-5,6	-5,5	175	0,31	18	00:30
02	32	1,7	75	3,3	25,2	-18	-18,2	175	0,42	17	00:30
03	22	1,67	62	4	25,2	-5,6	-5,5	175	0,42	19	00:30
04	23	1,74	75	1	25,2	-5,6	-5,5	175	0,42	19	00:30
05	22	1,77	76	5	25,2	-1,9	-2,1	175	0,42	73	00:30
06	29	1,68	78	2,5	31,5	-0,9	-0,1	230	0,03	48	04:00
07	23	1,87	80	2,4	31,5	-0,9	-0,1	230	0,03	48	04:00
08	42	1,69	64	2,7	31,5	-0,9	-0,1	230	0,03	48	04:00
09	32	1,69	70	2,5	31,5	-0,9	-0,1	230	0,03	48	04:00
10	35	1,8	80	3	31,5	-0,9	-0,1	230	0,03	48	04:00
11	31	1,76	79	5	30,5	-0,9	0,0	230	0,05	50	04:00
12	36	1,7	84	4	30,5	-0,9	0,0	230	0,05	50	04:00
13	35	1,77	69	4,5	30,5	-0,9	0,0	230	0,05	50	04:00
14	21	1,87	83	4,5	30,5	-0,9	0,0	230	0,05	50	04:00
15	29	1,74	72	5	25,4	8,9	8,9	90	0,25	39	00:30
16	26	1,75	78	4	26,8	-17	-16,7	90	0,11	30	00:30
17	24	1,85	85	1	25,4	-19	-18,6	90	0,1	69	08:00
18	20	1,65	53	3	25,4	-20	-19,7	140	0,1	30	05:20
19	22	1,75	81	1,9	25,4	-20	-18,9	140	0,1	30	04:00
20	28	1,64	63	0,3	25,4	-20	-19,7	140	0,1	30	04:00
21	22	1,74	69	1,2	25,4	-20	-19,7	70	0,1	30	04:00
22	28	1,76	89	0,4	25,4	-21	-21,1	70	0,1	30	04:00
23	30	1,87	82	6	25,4	-20	-19,7	70	0,12	30	04:00
24	46	1,82	91	5	29,6	-15	-14,6	70	0,16	30	02:00
25	35	1,78	83	2	29,6	-14	-14,6	70	0,16	30	02:00

**Nomenclatura:**

**t.trab. (anos)** – tempo de trabalho na função, em anos.

**T<sub>ext</sub> (°C)** - temperatura externa, em graus centígrados.

**P<sub>atm</sub> (mb)** – pressão atmosférica de 1013,05 mb constante ao nível do mar.

**T (°C)** - temperatura do local de trabalho sob baixas temperaturas, em graus centígrados.

**T<sub>g</sub> (°C)** - temperatura de globo padronizado do local sob baixas temperaturas, em graus centígrados.

**M (W/m<sup>2</sup>)** - taxa metabólica média projetada pela atividade do trabalhador (ISO 7730/94 e 8996/90)

**V<sub>a</sub> (m/s)** - velocidade do ar do local de trabalho sob baixas temperaturas em metros por segundo

**RH (%)** – umidade relativa do ar em porcentagem.

**Temp (h:m)** - tempo diário de exposição em local sob baixas temperaturas, em horas/minutos



Como pode-se verificar, os valores das temperaturas do ar e de globo se apresentaram bastante similares, confirmando a quase que inexistência de calor radiante na amostragem, que até poderia ser encontrado em situações raras de trabalho como entradas dos Decks superiores de porões de navios.

### 4.3 Aplicação dos Métodos de Análise

#### 4.3.1 Índice WCI (Wind Chill Index) - Resultados

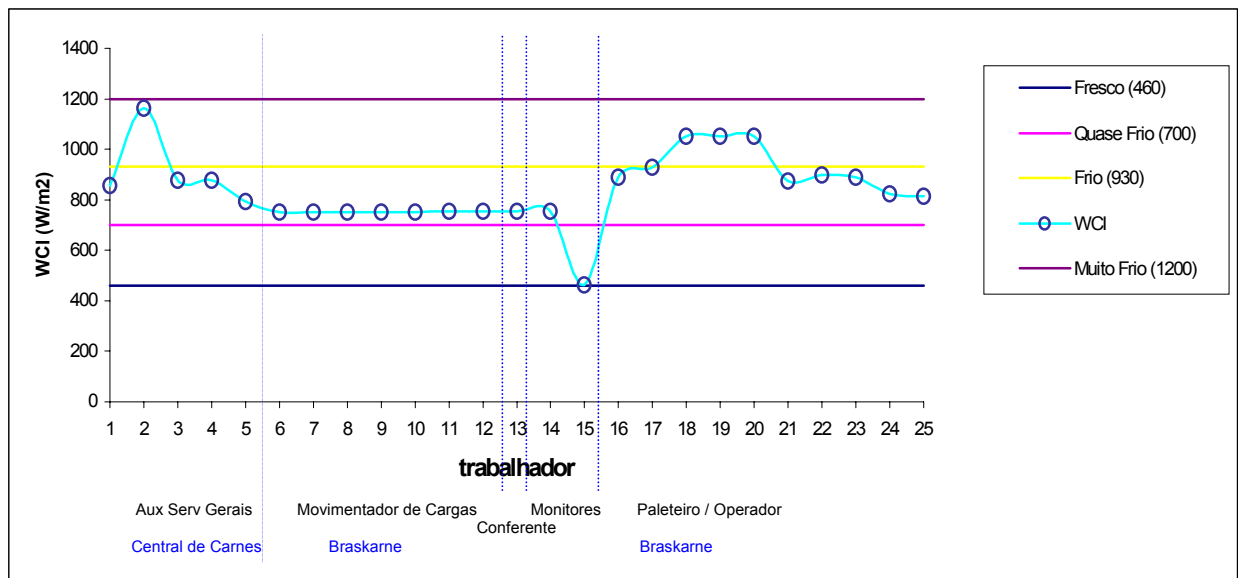
Aplicando-se o método através dos valores de temperatura e velocidade do ar nas equações (04) e (05), e confrontados com a tabela 2.5, obtém-se os resultados expressos na Tabela 4.4.

**Tabela 4.3 - Aplicação do WCI**

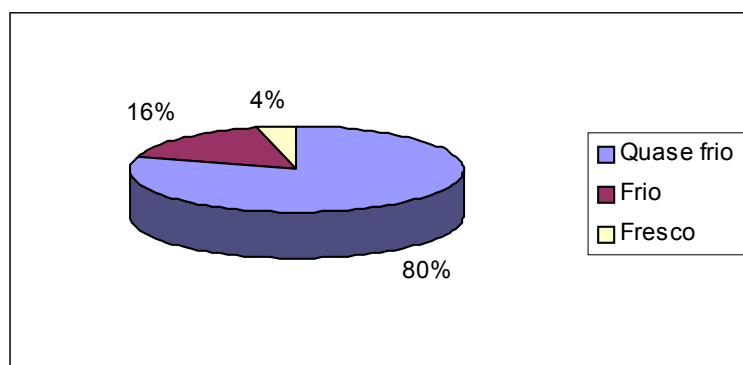
n° Trabalhador	WCI	Sensação Térmica	n° Trabalhador	WCI	Sensação Térmica
01	856	Quase frio	14	756	Quase frio
02	1162	Frio	15	461	Fresco
03	876	Quase frio	16	886	Quase frio
04	876	Quase frio	17	926	Quase frio
05	792	Quase frio	18	1052	Frio
06	753	Quase frio	19	1052	Frio
07	753	Quase frio	20	1052	Frio
08	753	Quase frio	21	877	Quase frio
09	753	Quase frio	22	900	Quase frio
10	753	Quase frio	23	890	Quase frio
11	756	Quase frio	24	823	Quase frio
12	756	Quase frio	25	816	Quase frio
13	756	Quase frio			

Interpretando os resultados, pode-se estabelecer que os resultados não definem condições de frio muito intensas, tendo sido as análises enquadradas principalmente nas faixas de quase frio. Deve ser observado que as empresas

apresentam as câmaras de congelamento, onde pela característica dos sopradores, definem situações onde a velocidade do ar passa a ser mais representativa, o que possivelmente poderia implicar (se avaliado) índices de WCI nas faixas de muito frio e severamente frio. Não houve tal avaliação pelo fato de que nas câmaras de congelamento os trabalhos são eventuais, onde basicamente os pallets são deixados e retirados rapidamente em operações intermitentes.



**Figura 4.4 – Comportamento do WCI e sensação térmica**



**Figura 4.5 – Sensação Térmica – WCI**

Pela figura 4.4 os valores dos índices WCI definiram as sensações térmicas (figura 4.5), demonstrando um comportamento prioritariamente na zona de quase frio. Percebe-se, apesar de não avaliado, que as mesmas condições de temperaturas verificadas para velocidade do ar na ordem de 1 a 2 m/s já definiriam sensações térmicas entre frio e severamente frio. Estas condições *são encontradas nas câmaras de congelamento*, onde os sopradores (evaporadores) definem situações de fluxo de ar mais representativo, indicando a melhor aplicabilidade do índice WCI.

Convém esclarecer que, como o índice WCI não foi definido a partir da exposição do próprio homem, mas de recipientes de água expostos ao frio, ele não oferece a precisão desejada para avaliações confiáveis com o ser humano. Por isso ele é recomendado para avaliar a sensação térmica de animais domésticos e o perigo de congelamento nas mãos e nas orelhas das pessoas.

#### **4.3.2 Tensões por Trocas Térmicas (ACGIH) - Resultados**

Aplicando-se o método através dos valores de temperatura e velocidade do ar nas equações, obtém-se valores diversos que permitem resumir os resultados seguintes:

Considerando os valores da tabela 2.6 como os limites de tolerância para exposição ao frio propostos para proteger os trabalhadores dos efeitos mais graves da sobrecarga por frio (hipotermia), não se encontrou nenhuma situação gravíssima;

Em não se verificando na pesquisa trabalhos em temperaturas inferiores a -26 °C, a tabela 2.6 deixa de ter finalidade enquanto determinação do tempo de trabalho e descanso através deste método da ACGIH;

Em tendo o objetivo do TLV impedir que a temperatura interna do corpo caia abaixo dos 36 °C (96,8 °F) e para prevenir lesões pelo frio nas extremidades do corpo, não se encontrou em todas as análises valores críticos a estes níveis;

Para a conservação da temperatura do núcleo do corpo, resguardadas as necessidades de manutenção dos níveis de proteção recomendados pela norma ACGIH, necessita-se apenas uma pausa para aquecimento por jornada de 4 horas;

Devem ser mantidos os quesitos mínimos de proteção estabelecidos na norma, tais como:

quando  $T < 7^{\circ}\text{C}$  – fornecimento de luvas;

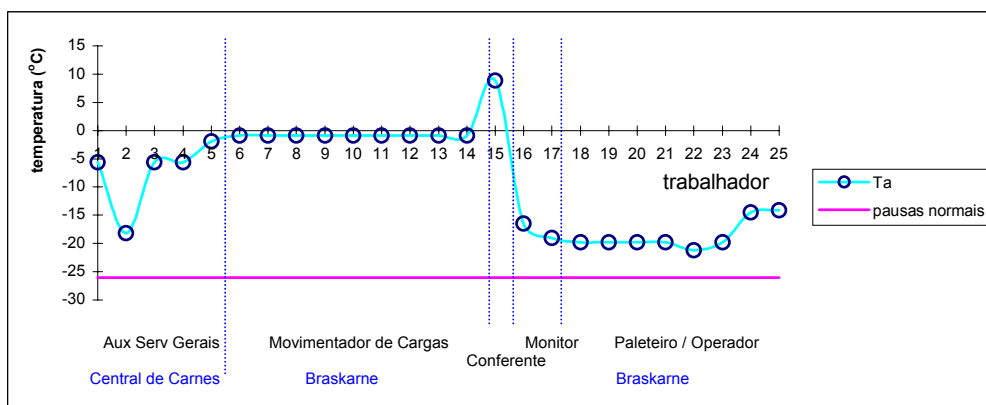
quando  $T < 4^{\circ}\text{C}$  – fornecimento de vestimenta adequada;

quando  $T < -7^{\circ}\text{C}$  – existência de abrigos aquecidos;

quando  $T < -12^{\circ}\text{C}$  – supervisão do trabalhador.

- carga de trabalho tal que evite sudorese;
- descanso e possibilidade de troca de roupa molhada;
- adaptação para trabalhadores novos;
- incluir o peso/volume da roupa na carga de trabalho;
- evitar período longos de trabalho;
- treinar os trabalhadores no tocante a evitar os riscos.

Esquematizando os valores da temperatura do ar, para o estabelecimento das pausas no trabalho, e considerando a situação de trabalho sem vento apreciável (25 casos avaliados), obteve-se a figura 4.6, quando considerados os limites de tolerância e parâmetros estabelecidos na tabela 2.6, da ACGIH, observados anteriormente.

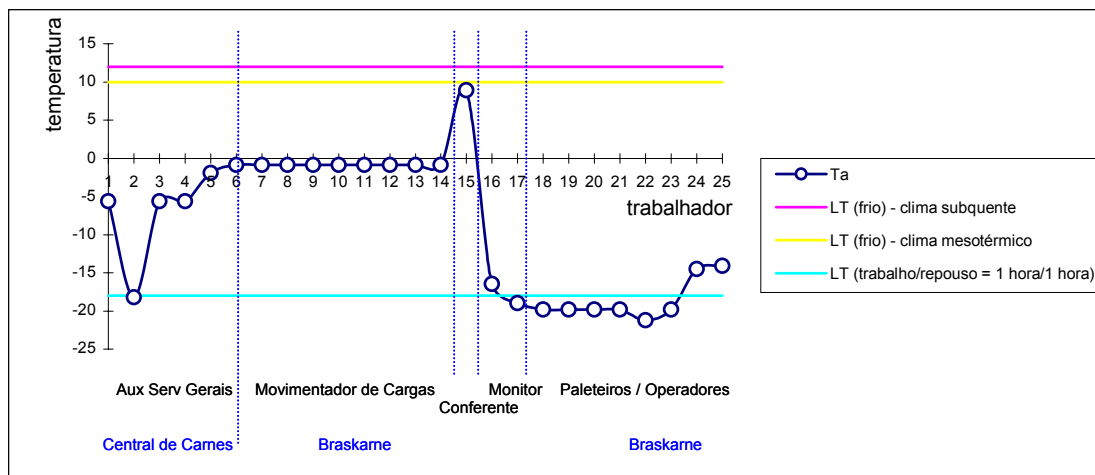


pausas normais – regime com 1 pausa a cada 4 horas, até o limite de  $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$  sem vento apreciável.

**Figura 4.6** – Tensões por Trocas Térmicas - Comportamento das temperaturas ( $T_a$ ) com o limite de exposição para regime de trabalho/aquecimento (jornada de 4 horas)

### 4.3.3 Recomendações no Brasil (M.T.E.) - Resultados

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 2.1) e dos limites de tolerância (tabela 2.7) conforme ilustrado na Figura 4.7.



**Figura 4.7 –** Comportamento das temperaturas conforme o limite para caracterização de frio e do 1º limite para tempo de recuperação térmica

Fica evidente que todas as situações analisadas na pesquisa, em zona de clima subquente (Itajaí e Blumenau/SC) estavam situadas abaixo de 12 °C, logo todos caracterizados como frio, e em 7 amostras era 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 12 °C) estavam definidas condições de trabalho insalubre quando os mesmos não estivessem com proteção adequada.

#### 4.3.4 ISO/TR 11079/1993 (IREQ) - Resultados

Analisando a condição de stress por frio através do método IREQ, determinou-se inicialmente o isolamento requerido de roupas mínimo e neutro. A partir deles, obteve-se os isolamentos básicos recomendados para altos e baixos riscos de stress, além dos tempos máximos de exposição

recomendados para as mesmas condições de riscos, dos postos de trabalho analisados. Pelo método gráfico, pressupondo a umidade relativa do ar em 50% e o  $I_{clr} > 2,00$  clo, obteve-se os resultados conforme resumido na tabela 4.4. Para a análise, faz-se necessário a avaliação dos parâmetros climáticos conforme a ISO 7726 e das interpolações gráficas das figuras de 2.5 a 2.11, resultando os índices:

- $IREQ_{\text{mínimo}}$  - Isolamento mínimo requerido das roupas [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]
- $IREQ_{\text{neutro}}$  - Isolamento neutro requerido das roupas [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]
- $I_{clAR}$  - Isolamento básico recomendado para situação de alto risco [clo]
- $I_{clBR}$  - Isolamento básico recomendado para situação de baixo risco [clo]
- DLE - Tempo limite de exposição [h]
- $DLE_{AR}$  - Tempo limite de exposição para situação de alto risco [h]
- $DLE_{BR}$  - Tempo limite de exposição para situação de baixo risco [h]

Ainda obteve-se os índices de isolamento de roupas resultante (Icl) através das tabelas da ISO 9920 e a produção de calor metabólico das atividades através da ISO 8996, que foram transportados para as tabelas 4.4 e 4.5.

As tabelas 4.5 representa a segunda situação para o cálculo do IREQ conforme a ISO 11079, através da metodologia analítica obtida por Holmer & Nilsson (linguagem JAVA - <http://www.niwl.se/tema/klimat/ireq2002alfa.htm>).

As divergências entre os dois métodos não foram muito representativas, no tocante aos resultados, visto que as diferenças se dariam no aspecto da padronização da velocidade e a umidade relativa do ar no método gráfico enquanto que no analítico ele foi considerado. Assim sendo, quando esses dois aspectos se tornam mais divergentes daqueles adotados como padrão, começa-se a perceber tais diferenças.

Quando da elaboração das tabelas 4.4 e 4.5, precisava-se calcular a temperatura operativa, que é uma função das temperaturas de bulbo seco e da

temperatura radiante média. No caso, calculou-se a temperatura radiante média, verificando-se que, consideradas as duas temperaturas ( $T_a$  e  $T_g$ ) e ainda da velocidade do ar, elas eram bastante semelhantes, razão pela qual até poderia ser adotada a temperatura do ar como a temperatura operativa.

Para a velocidade do ar, como foi quantificada através de um termo anemômetro de fio quente (unidirecional), foi necessário se calcular o resultado da velocidade relativa do ar que é função da velocidade do ar e da taxa metabólica do trabalhador.

**Tabela 4.4** - Tabela dos Cálculos (método gráfico) do IREQ, Icl, DLE

(X)	Text	Ta	Tg	M	va	var	RH	Trm	To	Iclr	WCI	tch	IREQm	IREQn	Icl <sub>AR</sub>	Icl <sub>BR</sub>	DLE <sub>AR</sub>	DLE <sub>BR</sub>
1	25,2	-5,6	-5,5	175	0,3	0,92	17,8	-5,3	-5,6	1,97	856	-0,6	1,2	1,7	1,5	2,1	8,0	4,0
2	25,2	-18	-18,2	175	0,4	1,03	16,7	-18,2	-18	2,07	1162	-12,6	1,7	1,8	2,1	2,3	8,0	2,5
3	25,2	-5,6	-5,5	175	0,4	1,03	18,9	-5,3	-5,6	2,08	876	-1,4	1,1	1,7	1,4	2,1	8,0	8,0
4	25,2	-5,6	-5,5	175	0,4	1,03	18,9	-5,3	-5,6	1,94	876	-1,4	1,2	1,7	1,5	2,1	8,0	8,0
5	25,2	-1,9	-2,1	175	0,4	1,03	72,7	-2,5	-1,9	1,52	792	1,9	1,2	1,4	1,5	1,8	8,0	8,0
6	31,5	-0,9	-0,1	230	0	0,92	47,8	0,2	-0,9	1,17	753	3,5	0,5	0,8	0,6	1,0	8,0	8,0
7	31,5	-0,9	-0,1	230	0	0,92	47,8	0,2	-0,9	1,17	753	3,5	0,5	0,8	0,6	1,0	8,0	8,0
8	31,5	-0,9	-0,1	230	0	0,92	47,8	0,2	-0,9	1,17	753	3,5	0,5	0,8	0,6	1,0	8,0	8,0
9	31,5	-0,9	-0,1	230	0	0,92	47,8	0,2	-0,9	1,18	753	3,5	0,5	0,8	0,6	1,0	8,0	8,0
10	31,5	-0,9	-0,1	230	0	0,92	47,8	0,2	-0,9	1,07	753	3,5	0,5	0,8	0,6	1,0	8,0	8,0
11	30,5	-0,9	0,0	230	0,1	0,94	49,5	0,5	-0,9	2,15	756	3,4	0,5	0,8	0,6	1,0	8,0	8,0
12	30,5	-0,9	0,0	230	0,1	0,94	49,5	0,5	-0,9	1,6	756	3,4	0,5	0,8	0,6	1,0	8,0	8,0
13	30,5	-0,9	0,0	230	0,1	0,94	49,5	0,5	-0,9	1,95	756	3,4	0,5	0,8	0,6	1,0	8,0	8,0
14	30,5	-0,9	0,0	230	0,1	0,94	49,5	0,5	-0,9	2,05	756	3,4	0,5	0,8	0,6	1,0	8,0	8,0
15	25,4	8,9	8,9	90	0,3	0,42	39	8,9	8,9	1,43	461	14,9	1,4	1,7	1,5	1,9	8,0	8,0
16	26,8	-17	-16,7	90	0,1	0,28	29,5	-16,9	-17	2,23	886	-1,7	3,6	4	4,0	4,4	0,7	0,6
17	25,4	-19	-18,6	90	0,1	0,27	69,3	-18,2	-19	1,83	926	-3,3	3,9	4,3	4,3	4,7	0,6	0,5
18	25,4	-20	-19,7	140	0,1	0,53	29,5	-19,6	-20	2,26	1052	-8,3	2,3	2,5	2,9	3,1	0,8	0,7
19	25,4	-20	-18,9	140	0,1	0,53	29,5	-18,0	-20	2,17	1052	-8,3	2,3	2,5	2,9	3,1	0,8	0,7
20	25,4	-20	-19,7	140	0,1	0,53	29,5	-19,6	-20	2,22	1052	-8,3	2,3	2,5	2,9	3,1	0,8	0,7
21	25,4	-20	-19,7	70	0,1	0,16	29,5	-19,6	-20	2,32	877	-1,4	5	5,5	5,5	6,1	0,5	0,5
22	25,4	-21	-21,1	70	0,1	0,16	30,4	-21,0	-21	2,56	900	-2,3	5,1	5,7	5,6	6,3	0,5	0,5
23	25,4	-20	-19,7	70	0,1	0,18	29,5	-19,6	-20	2,56	890	-1,9	4,5	5,5	5,0	6,1	0,5	0,5
24	29,6	-15	-14,6	70	0,2	0,22	29,5	-14,7	-15	1,94	823	0,7	4,5	5	5,0	5,5	0,6	0,5
25	29,6	-14	-14,6	70	0,2	0,22	29,5	-15,2	-14	2,21	816	1,0	4,4	4,9	4,8	5,4	0,7	0,6

Método Gráfico - ISO 11079

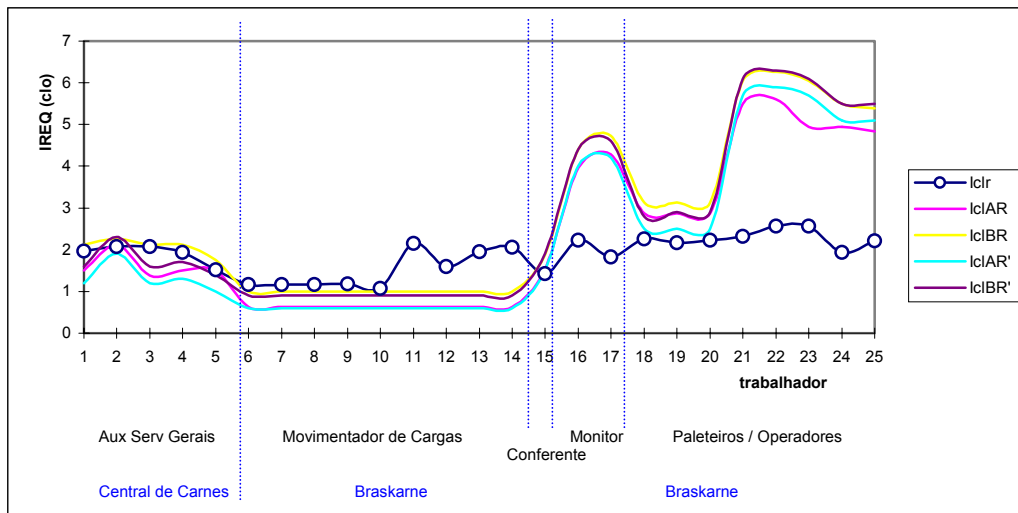


**Tabela 4.5 - Tabela dos Cálculos (método analítico) do IREQ, I<sub>cl</sub>, DLE, RT**

(X)	Text	Ta	Tg	M	va	var	RH	Trm	To	I <sub>clr</sub>	WCI'	tch'	IREQm'	IREQn'	I <sub>clAR</sub> '	I <sub>clBR</sub> '	DLE <sub>AR</sub> '	DLE <sub>BR</sub> '	RT'
1	25,2	-5,6	-5,5	175	0,3	0,92	17,8	-5,3	-5,6	1,97	856	-6	1,1	1,4	1,2	1,6	8,0	8,0	0,4
2	25,2	-18	-18,2	175	0,4	1,03	16,7	-18,2	-18	2,07	1162	-20	1,7	2,0	1,9	2,3	8,0	3,1	0,4
3	25,2	-5,6	-5,5	175	0,4	1,03	18,9	-5,3	-5,6	2,08	876	-7	1,1	1,4	1,2	1,6	8,0	8,0	0,4
4	25,2	-5,6	-5,5	175	0,4	1,03	18,9	-5,3	-5,6	1,94	876	-7	1,1	1,4	1,3	1,7	8,0	8,0	1,1
5	25,2	-1,9	-2,1	175	0,4	1,03	72,7	-2,5	-1,9	1,52	792	-3	0,9	1,2	1,0	1,4	8,0	8,0	0,5
6	31,5	-0,9	-0,1	230	0	0,92	47,8	0,2	-0,9	1,17	752	-1	0,5	0,8	0,6	0,9	8,0	8,0	1,9
7	31,5	-0,9	-0,1	230	0	0,92	47,8	0,2	-0,9	1,17	752	-1	0,5	0,8	0,6	0,9	8,0	8,0	1,9
8	31,5	-0,9	-0,1	230	0	0,92	47,8	0,2	-0,9	1,17	752	-1	0,5	0,8	0,6	0,9	8,0	8,0	1,9
9	31,5	-0,9	-0,1	230	0	0,92	47,8	0,2	-0,9	1,18	752	-1	0,5	0,8	0,6	0,9	8,0	8,0	1,9
10	31,5	-0,9	-0,1	230	0	0,92	47,8	0,2	-0,9	1,07	752	-1	0,5	0,8	0,6	0,9	8,0	8,0	2,2
11	30,5	-0,9	0,0	230	0,1	0,94	49,5	0,5	-0,9	2,15	755	-1	0,5	0,8	0,6	0,9	8,0	8,0	1,1
12	30,5	-0,9	0,0	230	0,1	0,94	49,5	0,5	-0,9	1,6	755	-1	0,5	0,8	0,6	0,9	8,0	8,0	1,4
13	30,5	-0,9	0,0	230	0,1	0,94	49,5	0,5	-0,9	1,95	755	-1	0,5	0,8	0,6	0,9	8,0	8,0	1,2
14	30,5	-0,9	0,0	230	0,1	0,94	49,5	0,5	-0,9	2,05	755	-1	0,5	0,8	0,6	0,9	8,0	8,0	1,2
15	25,4	8,9	8,9	90	0,3	0,42	39	8,9	8,9	1,43	462	12	1,4	1,8	1,5	1,9	8,0	8,0	1,4
16	26,8	-17	-16,7	90	0,1	0,28	29,5	-16,9	-17	2,23	888	-7	3,7	4,0	4,0	4,4	0,8	0,6	1,0
17	25,4	-19	-18,6	90	0,1	0,27	69,3	-18,2	-19	1,83	927	-9	3,9	4,2	4,2	4,6	0,5	0,4	1,2
18	25,4	-20	-19,7	140	0,1	0,53	29,5	-19,6	-20	2,26	1053	-15	2,3	2,6	2,5	2,8	3,8	1,5	1,0
19	25,4	-20	-18,9	140	0,1	0,53	29,5	-18,0	-20	2,17	1053	-15	2,3	2,6	2,5	2,9	2,5	1,2	1,1
20	25,4	-20	-19,7	140	0,1	0,53	29,5	-19,6	-20	2,22	1053	-15	2,3	2,6	2,5	2,9	2,8	1,3	1,1
21	25,4	-20	-19,7	70	0,1	0,16	29,5	-19,6	-20	2,32	875	-7	5,3	5,6	5,7	6,1	0,5	0,5	1,0
22	25,4	-21	-21,1	70	0,1	0,16	30,4	-21,0	-21	2,56	898	-8	5,4	5,8	5,9	6,3	0,6	0,5	1,0
23	25,4	-20	-19,7	70	0,1	0,18	29,5	-19,6	-20	2,56	889	-7	5,3	5,6	5,7	6,1	0,6	0,5	1,0
24	29,6	-15	-14,6	70	0,2	0,22	29,5	-14,7	-15	1,94	822	-4	4,7	5,1	5,1	5,5	0,5	0,4	1,1
25	29,6	-14	-14,6	70	0,2	0,22	29,5	-15,2	-14	2,21	815	-4	4,7	5,0	5,1	5,5	0,6	0,5	1,1

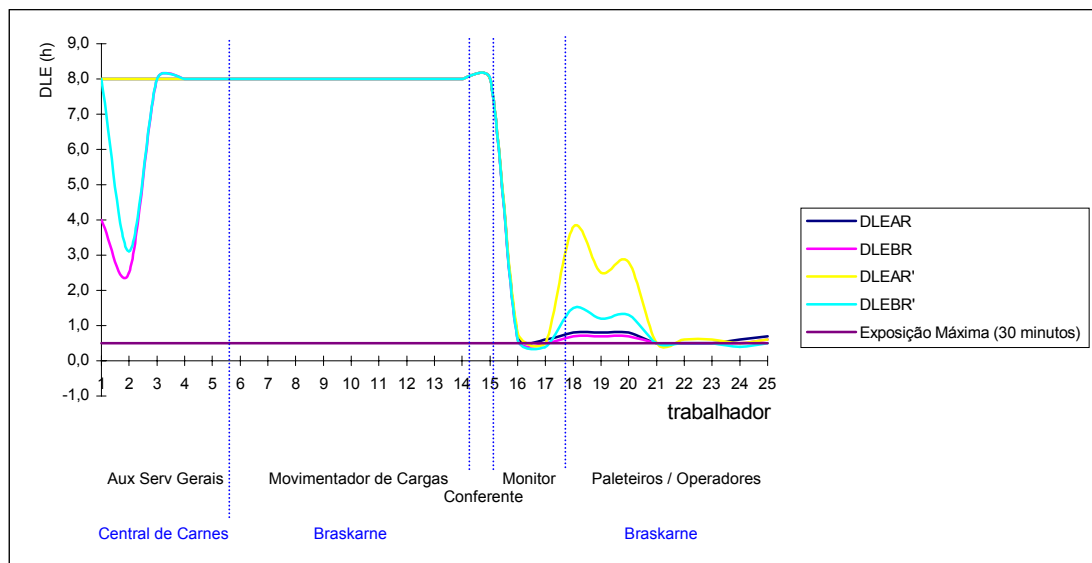
Método Analítico (Holmer &amp; Nilsson)

Interpretando os resultados das tabelas 4.4 e 4.5, constatou-se que quando o isolamento de roupas resultante ( $I_{clr}$ ) é inferior aos isolamentos de roupa requeridos ( $I_{clAR}$ ,  $I_{clBR}$ ,  $I_{clAR}'$ ,  $I_{clBR}'$ ) para baixo e alto risco (para  $I_{req_{neutro}}$  e  $I_{req_{mínimo}}$ ) devem ser tomadas providências de proteção ou controle. No caso, os últimos 10 trabalhadores (16 a 25) definem tais condições, indicando que não pode ocorrer o trabalho continuado em tais condições, sob o risco de queda da temperatura do núcleo do corpo. Para tanto, deve haver intervalos de recuperação térmica ou ser incrementado o isolamento das vestimentas. Do ponto de vista prático, a medida que nas empresas avaliadas não ocorrem atividades com duração superior a 30 minutos, e existem períodos iguais de descanso em local aquecido, ocorre a proteção desejada.



**Figura 4.8** – Comportamento dos índices de isolamento de vestimentas (resultante, mínimo e máximo)

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. Nos índices das doses consideradas nas tabelas 4.4 e 4.5, expressas na figura 4.9 ( $DLE_{AR}$ ,  $DLE_{BR}$ ,  $DLE_{AR'}$ ,  $DLE_{BR'}$ ), para os cálculos gráficos e analíticos, constatou-se que apenas para os últimos 10 trabalhadores as doses limite de exposição apresentam-se na ordem de 30 minutos. Como o tempo de recuperação adotado já é de 30 minutos para uma jornada igual, o equilíbrio é mantido. Particularmente, na  $DLE_{AR'}$  da avaliação analítica, ocorre um caso de trabalhador (nº 17) cujo índice foi de 0,4 h (24 minutos). As situações se evidenciaram mais críticas para os casos das temperaturas mais baixas, nos trabalhadores com menores taxas metabólicas (Operadores de Empilhadeira – amostras nº 16 a 25).



**Figura 4.9** – Doses limites de exposição em situações de alto e baixo risco (métodos gráfico e analítico') comparadas à dose de exposição verificada (30 minutos)

Pelos resultados, analisando-se as exposições para a empresa Braskarne, onde se adota o ritmo de trabalho de 30 minutos para um intervalo de iguais 30 minutos para recuperação, apenas para as situações de exposição à frio mais crítico (na ordem de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) consideraram-se as doses limites de exposição próximos de 30 minutos. A situação de DLE mais crítica se evidenciava para os operadores de empilhadeiras, corroborando a contribuição do valor da baixa produção de calor metabólico, embora dentro dos limites de tolerância. O limite máximo foi considerado para 8 horas, embora a jornada seja interrompida em 1 hora para refeição e descanso.

Na empresa Central Blumenauense de Carnes apenas raramente ocorriam exposições mais representativas em trabalhos dentro de câmaras frias, e mesmo assim sem ultrapassar 30 minutos. Basicamente as atividades nas câmaras eram feitas de entradas e saídas rápidas.

No método analítico foi necessário fazer algumas estimativas das condições pelas quais ocorriam as pausas de recuperação. A consideração do descanso, que é de 30 minutos fora do local de trabalho, objetivando a obtenção dos tempos de recuperação (RT) na empresa Braskarne, para todos os trabalhadores indistintamente é feita à temperatura ambiente (estimada em 25 °C), na taxa metabólica de 70 W/m<sup>2</sup>, sem vento, umidade de 70 % e sem calor radiante representativo. Para os trabalhadores da Central de Carnes, os tempos de recuperação (RT) são feitos nas áreas de antecâmara e com a mesma taxa metabólica da atividade principal, representando apenas outro ambiente mais ameno, mas com as mesmas funções desempenhadas.

#### **4.3.5 Sensações e subjetividades dos trabalhadores - Resultados**

Aplicando-se as entrevistas com os trabalhadores em atividades sob frio intenso resultou o resumo da tabela 4.6 que analisa as sensações térmicas, bem como caracteriza algumas particularidades de cada trabalhador.

Nas entrevistas, foi possível traçar o perfil dos trabalhadores, que caracterizava um biótipo relativamente jovem (média de 29 anos), com cerca de 1,75 m de altura e 75 kg. O índice de massa corpórea (IMC) da amostragem dos trabalhadores pesquisados identificou 60% dos trabalhadores com o peso normal e os 40% restantes com peso superior ao normal, conforme traduzido pela tabela 4.7. A massa corpórea é um indicativo da maior resistência térmica do indivíduo, em virtude da proteção extra pelo tecido adiposo.

Tabela 4.6 – Entrevista / Sensação Térmica

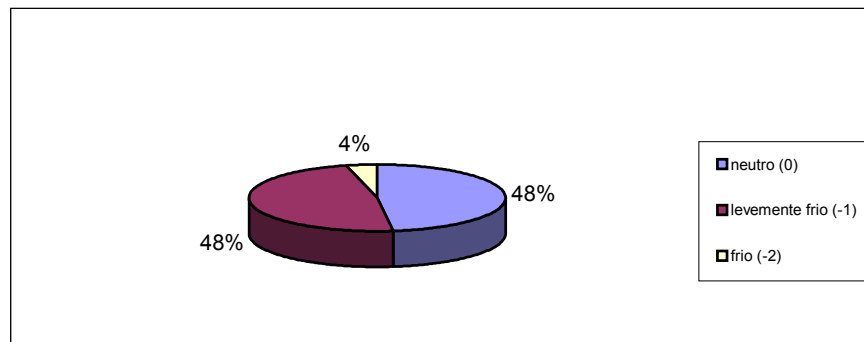
X	Idade (anos)	Altura (metros)	Peso (kg)	IMC	Tempo de trabalho	Tempo de exposição	Prática atividade física?	Como considera a atividade?	O que acha da Roupa?	sente frio no trabalho?	Local do corpo que mais sente frio?
1	31	1,76	77	25	10	00:30	não	moderada	boa	levemente	mãos
2	32	1,7	75	26	3,3	00:30	sim	moderada	boa	levemente	mãos
3	22	1,67	62	22	4	00:30	não	moderada	boa	levemente	rosto
4	22	1,77	76	24	5	00:30	não	moderada	boa	levemente	pés
5	29	1,68	78	28	2,5	04:00	sim	moderada	boa	frio	pés
6	23	1,87	80	23	2,4	04:00	não	moderada	regular	levemente	pés
7	42	1,69	64	22	2,7	04:00	não	moderada	regular	levemente	pés
8	32	1,69	70	25	2,5	04:00	sim	moderada	boa	levemente	mãos
9	35	1,8	80	25	3	04:00	não	pesada	boa	levemente	mãos
10	29	1,74	72	24	5	00:30	sim	moderada	boa	neutro	tórax
11	22	1,75	81	26	1,9	04:00	sim	moderada	boa	neutro	mãos
12	24	1,85	85	25	1	08:00	não	leve	boa	neutro	mãos
13	22	1,74	69	23	1,2	04:00	sim	leve	boa	neutro	pés
14	28	1,76	89	29	0,4	04:00	sim	leve	boa	neutro	pés
15	28	1,64	63	23	0,3	04:00	não	moderada	regular	neutro	mãos/pés
16	30	1,87	82	23	6	04:00	não	leve	regular	neutro	pés
17	20	1,65	53	19	3	05:20	sim	leve	boa	neutro	pés
18	46	1,82	91	27	5	02:00	não	leve	boa	neutro	mãos/pés
19	35	1,78	83	26	2	02:00	não	leve	boa	neutro	mãos
20	26	1,75	78	25	4	00:30	não	leve	boa	neutro	mãos/pés
21	31	1,76	79	26	5	04:00	sim	moderada	regular	levemente	pés
22	36	1,7	84	29	4	04:00	não	moderada	regular	levemente	mãos/pés
23	35	1,77	69	22	4,5	04:00	não	moderada	regular	levemente	mãos
24	21	1,87	83	24	4,5	04:00	não	moderada	boa	neutro	pés
25	23	1,74	75	23	1	00:30	sim	moderada	boa	levemente	mãos/pés
Média	29,56	1,74	75,6	24,6	3,4						
DESVPAD	6,74	0,07	8,9	2,3	2,1						

Tabela 4.7 – Resultado e Tradução do Índice de Massa Corpórea

Resultado do IMC	Tipo de Peso
Abaixo de 18.5	peso menor ao normal
18.5 - 24.9	normal
25.0 - 29.9	peso superior ao normal
30.0 ou maior	obesidade

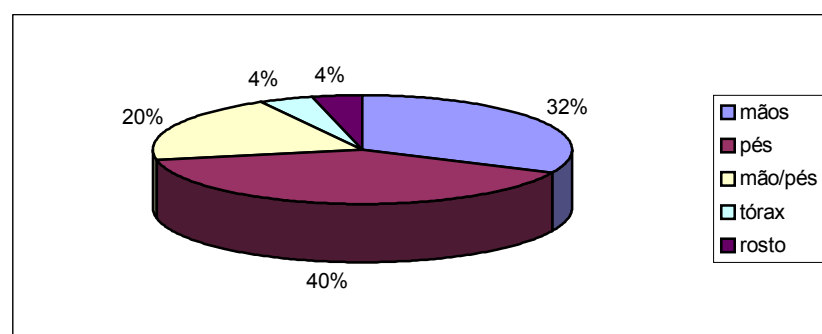
A sensibilidade subjetiva dos trabalhadores ao frio, quando das entrevistas foi traduzida na coluna da sensação térmica (sente frio no trabalho?) da tabela 4.6. Nela era dada a resposta de como se sentiam com o índice de proteção existente (vestimenta do momento da atividade). Os resultados tornaram

evidente que as sensibilidades eram quase que proporcionalmente divididas em levemente frio e neutro, conforme a figura 4.10 explicativa através da escala analógica de conforto definida por Fanger (vide figura 2.12).



**Figura 4.10 – Sensação Térmica subjetiva do trabalhador**

Um dos problemas mais identificados nas entrevistas foram as queixas dos trabalhadores relacionadas com a sensação de frio localizado, substantivamente nas extremidades (pés, mãos e rosto). A esquematização dos resultados da tabela das entrevistas retratou na figura 4.11 as suscetibilidades individuais dos trabalhadores com relação à sensação ao frio localizado. A importância destas informações permite observar e criticar o desconforto localizado pelo frio, mesmo que a temperatura do corpo esteja sendo mantida (balanço térmico neutralizado).



**Figura 4.11 – Local do corpo onde o trabalhador acusa sentir mais frio**

#### 4.4 Discussão dos Resultados

A análise da amostragem de trabalhadores pesquisada proporcionou uma série de constatações sobre os problemas correlacionados ao frio intenso a que estavam expostos os trabalhadores e às metodologias empregadas para analisar as exposições. Basicamente foi possível fazer a constatação de que os índices quantificados nas análises e as ponderações qualitativas das entrevistas dos trabalhadores, tanto confrontados nos limites de tolerância da legislação brasileira quanto aos parâmetros internacionais, sempre confirmaram as suscetibilidades individuais.

Conforme a legislação brasileira, aplicando-se a carta climática, as temperaturas abaixo de 12 °C caracterizavam uma situação de trabalho definida como frio para a área litorânea catarinense (local da pesquisa - subquente). Outras regiões do estado enquadrar-se-iam como no clima mesotérmico, definindo frio quando abaixo de 10 °C. Neste ínterim, toda a população da amostragem pesquisada no trabalho, sob regime de frio intenso, estaria caracterizada como em atividades insalubres desde que sem a proteção adequada.

A grande limitação da normalização brasileira é de que ela não estabelece limites de tolerância legais, visando evitar a hipotermia. Contudo, muitas das empresas que apresentam trabalhos continuados em câmaras frias utilizam o regime de trabalho / recuperação sugerido pela Fundacentro (tabela 2.7). Em contrapartida, quando as empresas desconhecem os critérios de descanso intercalado nas exposições, o próprio ritmo de trabalho (quando não há

períodos de descanso), determina a necessidade de trabalhos fora das câmaras, e por conseqüência em regime de temperaturas amenas (característica de um clima tropical).

Os trabalhadores da empresa Braskarne obedeciam ao regime de trabalho / descanso em que cada 30 minutos trabalhados determinavam indistintamente 30 minutos de descanso. Na Central de Carnes não eram observados tais critérios, pois não havia a necessidade prática, uma vez que as câmaras eram menores e as atividades raramente necessitavam a permanência prolongada (até em cerca de 30 minutos).

Analisando os resultados da pesquisa, houve situações onde as temperaturas eram inferiores a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sendo que estes 32% dos casos pesquisados determinavam uma condição tal que a cada hora trabalhada implicaria na necessidade de uma hora de recuperação.

Referente ao que exige a legislação brasileira para eliminar ou neutralizar a insalubridade, todos os trabalhadores usavam vestimentas teoricamente adequadas, visto a certificação (CA - certificado de aprovação do Ministério do Trabalho). Entretanto, a composição total da proteção (conjunto), 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. Em 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), na amostragem analisada, demonstrou apenas quatro valores (16%) acima dos limites de tolerância, qual sejam consideradas situações de frio. Tal verificação apenas traduz o propósito desta norma, bem como dos parâmetros aos quais depende: da temperatura de bulbo seco e da velocidade do ar, haja vista a ocorrência de perda de calor por convecção. Assim sendo, tendo em vista que em câmaras de resfriamento e de armazenamento, bem como em porões de navios a velocidade do ar é baixa, não se obteve uma grande interferência deste índice.

O WCI é muito utilizado para trabalhos externos ou quando ocorre uma ventilação forçada mais representativa, como é o caso das câmaras de congelamento. Para câmaras de congelamento, entretanto, as atividades são bastante reduzidas no que diz respeito ao tempo de exposição. As atividades nestes locais, que apresentam sopradores (evaporadores) mais potentes, são mais eventuais, e eles se prestam a baixar mais rapidamente a temperatura dos produtos. As sensações térmicas mais frias observadas nas entrevistas com os trabalhadores indicavam que a reclamação era maior quando das atividades em câmaras de congelamento.

Quando as atividades pesquisadas foram confrontadas com os critérios de avaliação estabelecidos pela ACGIH (Tensões por Trocas Térmicas) obteve-se como resultados condições de trabalho toleráveis, sem a necessidade de folgas durante a jornada (tempo de recuperação). Isto se deve ao fato que a Consolidação das Leis do Trabalho já determina para jornadas de 8 (oito) horas diárias, um intervalo de repouso e alimentação de no mínimo 1 (uma) hora

(artigo 71 da CLT). O critério da norma Americana ACGIH, tal qual o índice WCI também valoriza a velocidade do ar, bem como apenas começa a estabelecer tempos de recuperação para temperaturas inferiores a  $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ . O destaque desta norma, que estabelece limites de tolerância para a hipotermia, está nas recomendações de segurança no trabalho que são atribuídas a partir de determinadas temperaturas preestabelecidas (vestimenta, luvas, treinamento, etc). Os parâmetros e as faixas de aplicação da norma da ACGIH apesar de não terem boa eficiência para as faixas da pesquisa, enquanto limites de tolerância, poderiam ser úteis para temperaturas mais frias, encontradas e típicas em indústrias de pescados ou câmaras de congelamento.

De todos os critérios técnicos aplicados, o índice IREQ se mostrou como o mais eficiente, considerando os diversos parâmetros ambientais e proporcionando análises mais específicas das exposições e proteções. Pelas tabelas e gráficos expostos no item 4.4 com os resultados, obteve-se que:

- os problemas referentes ao equilíbrio térmico, pelo balanço do IREQ se evidenciaram apenas quando nas temperaturas inferiores a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , no sentido de indicar a necessidade de pausas para recuperação;
- quando nos níveis mais críticos de frio (cerca de 40% da amostragem), para as temperaturas mais baixas, o isolamento das roupas ( $I_{cl}$ ) para as situações neutra e mínima ( $I_{cl_{neutro}}$  e  $I_{cl_{mínimo}}$ ) caracterizaram como inviável o fornecimento de vestimentas que permitissem o trabalho contínuo sem intervalos de recuperação ( $I_{cl}$  muito alto). O isolamento

- térmico resultante das roupas, quando superior a 2,0 passa a ser muito complexo para as atividades desenvolvidas;
- os resultados mais críticos se evidenciavam para as atividades mais sedentárias (principalmente Operadores de Empilhadeira) pela reduzida taxa de produção metabólica;
  - para temperaturas mais baixas tornava-se imperativo o tempo de recuperação, que em nenhum caso extrapolava os 30 minutos que já eram adotados na amostragem da pesquisa;
  - as duas metodologias empregadas (gráfica e analítica) indicaram resultados semelhantes, demonstrando que em reduzidas taxas de velocidades do ar e quando se pressupõe a umidade relativa do ar constante e baixa (em 50% - situação referendada pela carta psicrométrica). O método gráfico demonstrou-se prático e eficiente, principalmente quando se tem limitação de equipamentos;
  - os resultados dos índices de IREQ neutro e mínimo evidenciavam as condições do trabalho como neutras ou levemente frias.

As sensações subjetivas e os resultados das análises individuais como suscetibilidades e outras observações dos trabalhadores pesquisados, permitiram traçar diversos paralelos frente aos métodos empregados, possibilitando se fazer uma crítica sobre as metodologias analisadas na pesquisa:

- as sensações térmicas relatadas pelos trabalhadores evidenciavam as condições do trabalho como neutras ou levemente frias, referendando os resultados dos índices de IREQ neutro e mínimo;

- as vestimentas que os trabalhadores utilizavam quando das pesquisas, apesar das especificações dos fabricantes, não ofereciam os índices de isolamento térmico requeridos pela norma ISO 11079/93 para o trabalho;
- analisando equipamentos de mesmo fornecedor, fabricados em datas diferentes, constatou-se especificações e características diferentes, embora mantendo as descrições na declaração para a certificação do Ministério do Trabalho;
- a durabilidade das vestimentas foi muito criticada por trabalhadores e departamentos de segurança do trabalho das empresas.
- denunciava-se particularmente que as botas de couro perdiam a impermeabilidade com o tempo, à medida que o couro sovava, e por conseqüência diminuía também o isolamento térmico;
- operadores de empilhadeiras reclamavam frio na altura dos joelhos em virtude do desgaste progressivo da manta térmica empregada na confecção e conseqüente diminuição de seu poder de isolamento térmico quando dobrada;
- muitos lotes de equipamentos proporcionavam impermeabilidade deficiente e que não correspondiam às especificações e às amostras testadas pela empresa antes da compra;
- para os trabalhadores na estiva, ocorria a entrada de umidade pela manga, gerada pelo degelo superficial das caixas quando recebiam calor no transporte externo e na descida das lingadas aos porões dos navios. Além da entrada de água por entre as mangas, a água que descia pelo avental molhava as botas.



**Figura 4.12** – Vestimentas utilizadas nos decks de porões dos navios secando no convés durante o intervalo dos trabalhos

- Em muitas atividades com taxa metabólica maior, em virtude de não existirem vestimentas com isolamentos intermediários, ocorria um isolamento térmico superior ao desejado. Nestes casos, proporcionava a liberação do suor, com o subsequente desconforto e desequilíbrio do balanço térmico pela pele molhada no frio (redução do  $I_{clr}$ ).
- Houve uma grande manifestação de queixas referente a sensações de frio nas extremidades, substancialmente nas mãos e nos pés, representando a sensação de frio localizado.

## *CAPITULO 5*

### **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Este trabalho procurou estudar, analisar e estabelecer parâmetros e condições de conforto térmico para trabalhos em situação de frio intenso para a realidade brasileira. A partir de um estudo das normas e leis brasileiras e internacionais procurou-se estabelecer critérios e parâmetros para proteger a saúde e fornecer condições de conforto aos trabalhadores expostos ao frio no Brasil. Com uma amostragem de trabalhadores pesquisados no estado de Santa Catarina, foram avaliadas as diversas variáveis ambientais para aplicação das metodologias destacadas. Aliadas das investigações das vestimentas utilizadas pelos trabalhadores e das especificações dos fabricantes, bem como das entrevistas de sensação térmica, foram comparados e discutidos os resultados.

#### **5.1 Recomendações à normalização a ser adotada no Brasil**

A necessidade de estabelecer regras objetivas se faz pela evidente inexistência de parâmetros regulamentadores através das leis e normas técnicas brasileiras, numa realidade de exposição artificial ao frio, prioritariamente em câmaras frigoríficas junto a um país tropical.

Apesar de ser uma recomendação técnica, o regime de trabalho em baixas temperaturas proposto pela Fundacentro (tabela 2.7) mostrou padrões de proteção que foram relativamente referendados pelos índices do IREQ e da Predição da Sensação Térmica relatada pelos trabalhadores. Entretanto, não considera a ação das variáveis físicas do ambiente, a taxa metabólica e o isolamento das roupas, que em algumas situações críticas poderiam inviabilizar seu resultado.

Os índices internacionais estabelecidos pelo WCI e ACGIH, enquanto limites de tolerância, não se mostraram muito indicados para a aplicação no Brasil em geral. Poder-se-ia empregar parcialmente seus critérios em condições excepcionais, fundamentalmente para temperaturas muito baixas e/ou com fluxo representativo do ar. Câmaras de congelamento possivelmente seriam locais onde esses índices poderiam ser aplicados.

As recomendações técnicas indicadas na norma da ACGIH, embora não aplicáveis enquanto limites de tolerância, quanto aos meios de proteção e controle apresentam referências importantes de proteção ao trabalhador indicando aspectos positivos para serem adotados. Da norma ACGIH também seria recomendável a adoção dos programas de treinamentos dos trabalhadores.

A Norma Regulamentadora NR 9 do Ministério do Trabalho, a partir da Portaria 25 de 29/12/94, definiu que adotar-se-iam como limites de tolerância, na ausência de limites previstos na NR-15, os valores de limites de exposição ocupacional adotados pela ACGIH – American Conference of Governmental

Industrial Hygienists (item 9.3.5.1.b). Isto posto, já teríamos uma brecha legal para ampliar as normas de proteção aos trabalhadores.

Entretanto como o propósito deste trabalho era analisar a situação local e propor uma metodologia eficiente, ficou evidente que o método da ISO 11079/93 foi aquele que se apresentou como o que melhor considerava as variáveis físicas do ambiente, além de considerar a taxa metabólica dos trabalhadores e o isolamento térmico das roupas. O balanço térmico mostrou resultados que concordavam com as sensações térmicas dos trabalhadores, bem como ofereciam respostas para as deficiências particulares do sistema.

Na proposta de adoção da norma ISO 11079, caracterizaram-se eficientes tanto o método gráfico quanto o analítico. O método gráfico se mostrou bastante prático para as condições brasileiras (frio artificial em câmaras frias), onde a umidade relativa do ar é adotada como padrão (50%) e a velocidade do ar bastante baixa.

O método gráfico se mostrou bastante útil pela possibilidade de desconsideração de algumas variáveis de difícil quantificação tanto pelo alto custo da instrumentação (anemômetro, globo, higrômetro) quanto pela pequena interferência deste índices no IREQ em câmaras frigoríficas. Algumas situações excepcionais indicariam o IREQ analítico quando algumas variáveis que normalmente são uniformes e pouco interferentes agem nos ambientes frios como:

- velocidade do ar representativa (p.ex.: em câmaras de congelamento);
- umidade do ar mais elevada (p.ex.: em câmaras de carcaça, ambientes externos ou ainda ambientes de temperaturas mais moderadas);



- calor radiante (p.ex.: em decks superiores de porões de navios onde ocorre influência solar, em atividades externas de regiões frias).

Para a adoção do IREQ e de uma efetiva normalização e controle das condições de trabalho no Brasil também seria necessário um controle ao nível de vestimentas. A padronização e certificação do efetivo isolamento térmico das vestimentas, que atualmente não tem uma verificação técnica também entram como proposta de normalização. O Ministério do Trabalho atualmente certifica, através de declaração do fabricante as vestimentas com isolamentos e características que muitas vezes não condizem o real. A norma ISO 9920, bem como parâmetros técnicos que pudessem avaliar o efetivo isolamento térmico dos materiais e vestimentas, também deveriam fazer parte da normalização brasileira. Os equipamentos de proteção individual (vestimentas) além de eficientes, deveriam obedecer a critérios ergonômicos e antropométricos de concepção.

A medida que seja proposta a implantação de normas técnicas objetivas, se faz também necessário uma fiscalização eficiente dos órgãos responsáveis. O gerenciamento poderia ser feito através dos órgãos governamentais encarregados da vigilância das condições de segurança e saúde do trabalhador, e poderia ainda ser sugerido um sistema de controle conveniado com outros órgãos e entidades envolvidas. Os trabalhadores, a medida que estejam envolvidos e conscientizados dos riscos e medidas de proteção poderiam ser partes envolvidas nas condutas preventivas.

Outra viabilização possível seria com relação à qualidade dos equipamentos de proteção, ao passo que o Inmetro poderia normalizar e fiscalizar a qualidade dos equipamentos.

## **5.2 Recomendações para os ambientes de trabalho**

Os ambientes de trabalho no Brasil, quando em condições de frio, visto serem basicamente por geração forçada, devem oferecer condições que eliminem ao máximo os riscos à saúde dos trabalhadores. As câmaras de congelamento, que representam normalmente as piores condições ambientais, podem ser substituídas por túneis de congelamento contínuo, na hipótese de limitar o trabalho nas situações mais nocivas. Esta prática de congelamento forçado é muito adotada em indústrias de pescados e de aves.

Alguns parâmetros estabelecidos pela ACGIH devem ser adotados, como câmaras aquecidas, controle de máquinas e equipamentos tais que possam ser utilizadas as luvas, redução da ventilação artificial, entre outros.

Outras medidas ambientais podem ser recomendadas como:

- anteparos contra vento em postos de trabalho;
- locais adequados para guarda e secagem das roupas;
- desligar os sopradores e evaporadores dos decks dos navios quando da movimentação das cargas;
- empregar equipamentos eficientes para movimentação de cargas como empilhadeiras fechadas e paleteiras elétricas.



**Figura 5.1** – Empilhadeira climatizada e paleteiras elétricas

### **5.3 Recomendações para as proteções nos trabalhadores**

As proteções dos trabalhadores estão relacionadas com o índice de isolamento térmico das vestimentas e com a qualidade e durabilidade dos materiais. Um controle e fiscalização mais efetivo na certificação dos equipamentos é fundamental para a melhor proteção e conforto térmico dos trabalhadores. Os parâmetros da ACGIH, onde determinam a obrigatoriedade do fornecimento de alguns equipamentos conforme os níveis de temperatura e com determinadas especificações constituem uma proposta interessante.

Algumas recomendações particulares resultaram do trabalho para serem implementados no Brasil, como:

- adaptação antropométrica dos equipamentos individuais de acordo com cada tipo físico do trabalhador;

- oferecimento de vestimentas com isolamentos térmicos para diversas faixas de temperatura, visando a adequação individual, bem como observando as condições variadas de ambientes de trabalho;
- treinamento e adaptação do trabalhador quanto ao uso adequado dos equipamentos, conservação e zelo, proporcionando livre escolha de diferentes EPIs a partir de isolamentos pré-requeridos;
- testar os equipamentos de proteção antes da compra;
- só oferecer aos trabalhadores equipamentos certificados e de preferência quando o fornecedor demonstrar o isolamento requerido através de demonstrativo técnico e laboratorial;
- substituir os equipamentos quando danificados ou impróprios para o uso.

#### **5.4 Sugestões para trabalho futuro ...**

No desenvolvimento desta dissertação identificou-se a necessidade de uma normalização brasileira para o trabalho em condições de frio intenso. Neste caminho verificou-se a grande carência de estudos e informações pouco exploradas pelos pesquisadores brasileiros. Dando continuidade a esta proposta, vários trabalhos poderiam advir para melhorar a aplicabilidade do método definido pela ISO 11079 (IREQ). Entre eles, destacaríamos dois pela necessidade e aplicabilidade prática. O primeiro seria ampliar as pesquisas para temperaturas menos críticas, mas enquadradas como frias (faixas entre 0 °C e 10 °C), onde está envolvida a maior quantidade de trabalhadores nas indústrias frigoríficas. Poder-se-ia também testar para as temperaturas em volta

dos 10 °C o método de Avaliações em Ambientes Termicamente Moderados (ASHRAE). O segundo seria definir uma rotina de procedimentos técnicos que proporcionasse a certificação confiável de equipamentos no Brasil, bem como de uma fiscalização eficaz. O estudo da certificação dos equipamentos poderia ser feito a partir de pesquisas das efetivas taxas de isolamento térmico das vestimentas no Brasil. Na avaliação dos equipamentos ainda poderia ser feito um estudo ergonômico das vestimentas, considerando-se as variáveis antropométricas e de conforto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, J.I. & FERREIRA, M.C (1994). Ergonomia- A Busca do Compromisso entre o Trabalho e a Saúde. In: *Relação Saúde, Segurança e Trabalho: Diferentes Abordagens*. SESI/DN.
- ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), ABHO (Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais) (1999). *TLVs (Limites de Exposição) e BEIs (Índices Biológicos de Exposição)* – São Paulo.
- AMERICAN SOCIETY OF HEAT REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (1997). *Handbook of Fundamentals*. Atlanta, 1997a. 1v. cap. 8: Physiological Principles for Comfort and Health. p. 8.1-8.32.
- BENITO, J.; ARAÚJO, G.M.; SOUZA, C.R.C (2000). : Normas DEJEAN, P.H.; PRETTO, J.; RENQUARD, J.P. : Normas Regulamentadoras Comentadas. Giovanni Moraes / Juarez Benito Editores, Rio de Janeiro. 2ª. Edição
- BRASIL, Ministério do Trabalho (1996). Manual de Legislação, Segurança e Medicina do Trabalho. São Paulo, Editora Atlas, 32ª Edição.
- 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.
- COX, JOE W (1981). Temperaturas Extremas. In: Curso de Engenharia do Trabalho. Editora da Fundacentro, São Paulo. Vol 2.
- DANIELLOU, François (1987). *Ergonomie el Projets Industriels*. Paris, C.N.A.M.
- DEJOURS, Cristophe (1986). Por um novo conceito de saúde. In: *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, Ministério do Trabalho, Fundacentro, São Paulo, 14(54): 7-11, abril/maio/jun.
- FANGER, P. O. (1970). *Thermal Comfort*. McGraw-Hill Book Company, New York

- GANASOTO, José Manuel, et al (1977). Riscos devido à exposição ao frio. In: *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, Ministério do Trabalho, Fundacentro, São Paulo, Vol. V, 19(54): 1-80, jul./Ago./Set.
- GIAMPAOLI, Eduardo (1985). *Temperaturas Extremas*. In: Riscos Físicos. - Fundacentro, São Paulo.
- 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, Barbara (2000). Limits of and possibilities to improve the IREQ cold stress model (ISO/TR 11079). A validation study in the field. In: *Applied Ergonomics* 31, Dortmund, Germany, pp. 423-431.
- GUERIN, F. et al (1991). *Comprendre le travail pour le transformer: la pratique de l'ergonomie*. Montrouge: Anact.
- 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).
- HOLMÉR, Ingvar (1988). Assessment of Cold Stress in Terms of Required Clothing Insulation - IREQ. In: *International Journal of Industrial Ergonomics*, Amsterdam, Netherlands, pp. 159-166.
- HOLMÉR, Ingvar; NILSON, Hakan O. (2002). Revised ALFA Version of ISO/CD 11079. Calculation of Required Clothing Insulation (IREQ), Duration Limited Exposure (DLE), Required Recovery Time (RT). In: Internet Java Script page - <http://www.niwl.se/tema/klimat/ireq2002alfa.htm> (22.02.2002).
- HOLMÉR, Ingvar; GRANBERG Per-Ola; DAHLSTROM Goran (1999). Ambientes Frios y Trabajo con Frio. In: *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, Ginebra, Suíça, 42.32-42.59.
- INSS - Instituto Nacional do Seguro Social, Superintendência Regional de Santa Catarina (1997). *Projeto CAT: Comunicação de Acidentes do Trabalho*, Relatório 1996, Florianópolis.
- INSS - Instituto Nacional do Seguro Social, Superintendência Regional de Santa Catarina (1998). *Grupo CAT: Comunicação de Acidentes do Trabalho*, Boletim junho 1998, Florianópolis.
- ISO 7730 (1994). Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. ISO, Geneva.

- ISO 8996 (1990). Ergonomics – Determination of Metabolic Heat Production. ISO, Geneva.
- ISO 9896 (1992). Evaluation of Thermal Strain by Physiological Measurement. ISO, Geneva.
- ISO 9820 (1995). Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the Influence of the Thermal Environment using Subjective Judgement Scales. ISO, Geneva.
- ISO 9920 (1995). Ergonomics of the thermal environment – Estimation of the Thermal Insulation and Evaporative Resistance of a Clothing Ensemble. ISO, Geneva.
- ISO/TR 11079 (1993). Evaluation of Cold Environments: Determination of required Clothing Insulation. ISO, Geneva.
- KONZ, Stephen A. Work design: industrial ergonomics. 3.ed. Ohio: Worthington, U.S.A., 1990.
- LAMBERTS, Roberto & XAVIER, Antonio Augusto (1998). *Conforto Térmico e Stress Térmico, Apostila, UFSC/LabEEE, Florianópolis.*
- MENDES, René (1995). *Dermatoses Ocupacionais*. In: Patologia do Trabalho. Editora Atheneu, São Paulo, Cap. IV, pp. 144-145.
- MENDES, René (1985). *Temperaturas Extremas*. In: Riscos Físicos. Fundacentro. São Paulo, Cap. IV, pp. 144-145.
- MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, (1972). *Protection de L'homme au Travail en Ambiance Froide* – Revue bibliographique, Conservatoire Nationale des Arts et Métiers Département des Sciences de L'homme au Travail, Rapport n° 34.
- PARSONS, K. C (1999). International Standards for the Assessment of the Risk of Thermal Strain on Clothed Workers in Hot Environments. In: *Annual Occupational Hygiene, Human Thermal Environments Laboratory*, Loughborough, UK, Vol. 43, N° 5, pp. 297-308.
- POSSEBON, José (1999). *Avaliação e Controle da exposição ao calor e frio*. Fundacentro, Campo Grande/MS.
- RUAS, Álvaro Cesar (2001). *Avaliação de Conforto Térmico. Contribuição à Aplicação das Normas Internacionais*. Fundacentro, Campo Grande/MS.
- SANTOS, Neri dos, et al (1995). *Manual de Análise Ergonômica no Trabalho*. Editora Gênese. Curitiba.



STELLMAN, J.M. & DAUM, S.M. (1975). *Os efeitos do calor e do frio*. In: Trabalho e Saúde na Indústria. – Editora Pedagógica e Universitária, São Paulo.

WISNER, Alain (1994). *A inteligência no trabalho: textos selecionados de ergonomia*. São Paulo, Fundacentro.

**ANEXOS**

## ENTREVISTA E AVALIAÇÃO DO AMBIENTE DE TRABALHO

<b>Empresa:</b>					
<b>Nome do trabalhador:</b>					
<b>Função:</b>		<b>Peso:</b>			
<b>É fumante?</b>		<b>Idade:</b>			
<b>Sexo:</b>		<b>Altura:</b>			
<b>Tempo Empresa:</b>		<b>Tempo Função:</b>			
<b>Costuma gripar?</b>		<b>Foi vacinado?</b>			
<b>Faz atividade física?</b>		<b>Sente frio no trabalho?</b>			
<b>Onde sente frio?</b>	<b>corpo</b>	<b>rosto</b>	<b>pés</b>	<b>mãos</b>	
<b>Rotina de trabalho:</b>					
<b>Tempo de exposição:</b>					
<b>O que acha da roupa?</b>					
<b>Sugestões para roupa?</b>					
<b>Participa na escolha da roupa?</b>					

<b>Data da avaliação:</b>		<b>Hora:</b>			
<b>Temperatura Externa:</b>		<b>Local de Trabalho:</b>			
<b>Umidade do ar:</b>		<b>Velocidade do ar:</b>			
<b>Temperatura de globo:</b>		<b>Temperatura do ar:</b>			
<b>Descrição do ambiente:</b>					
<b>Taxa Metabólica:</b> (descrição da atividade)					
<b>Vestimentas:</b>	Calça Térmica	Blusa moletom	Luva (pé pato)	Meia algodão	
	Calça de brim	Cueca	Luva borracha	Meião algodão	
	Japona Térmica	Avental napa	Luva térmica (nylon)	Capuz	
	Camiseta	Luva algodão	Sapatão	Touca ninja	
	Camisa Brim	Luva de lã	Bota térmica	boné	
	Guarda pó	Luva couro	Meia lã		

## CÁLCULO ANALÍTICO DO IREQ, DLE, RT e WCI

Fonte: Holmer & Nilsson - <http://www.niwl.se/tema/klimat/ireq2002alfa.htm> (22.02.2002)

### CALCULATION OF REQUIRED CLOTHING INSULATION (IREQ), DURATION LIMITED EXPOSURE (DLE), REQUIRED RECOVERY TIME (RT)

IREQ 2002 ver 3.1a, Hakan O. Nilsson and Ingvar Holmer.  
**BOOKMARK THIS PAGE in order to ALWAYS use the LAST VERSION of the code.**

Disclaimer and references at the end of the document.

#### CALCULATION OF REQUIRED INSULATION, IREQ AND DURATION LIMITED EXPOSURE, DLE

175	M (W/m <sup>2</sup> ), Metabolic energy production (58 to 290 W/m <sup>2</sup> )
0	W (W/m <sup>2</sup> ), Rate of mechanical work, (normally 0)
15.6	Ta (C), Ambient air temperature (< +10 C)
15.3	Tr (C), Mean radiant temperature (often close to ambient air temperature)
8	p (l/m <sup>2</sup> s), Air permeability (low < 5, medium 50, high > 100 l/m <sup>2</sup> s)
0.6	w (m/s), Walking speed (or calculated work created air movements)
0.92	v (m/s), Relative air velocity (0.4 to 18 m/s)
17.8	rh (%), Relative humidity
1.97	Icl (clo), AVAILABLE basic clothing insulation (1 clo = 0.155 W/m <sup>2</sup> K)

Calculate IREQ

Interpret IREQ

#### IREQ & DLE RESULTS (minimal to neutral)

Insulation Required, IREQ  to  (clo)

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

Duration limited exposure, DLE  to  (hours)

AVAILABLE > REQUIRED MINIMAL & NEUTRAL basic clothing insulation

#### CALCULATION OF REQUIRED RECOVERY TIME, RT

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

Calculate RT

Interpret RT

#### RT RESULTS (neutral)

Required recovery time  (hours)

CALCULATION READY!

#### CALCULATION OF THE WINDCHILL INDEX, WCI

0.92	v (m/s), Relative air velocity
15.6	Ta (C), Ambient air temperature

Calculate WCI

Interpret WCI

WINDCHILL INDEX, WCI  (W/m<sup>2</sup>)

Chilling temperature, Tch  (C)