



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Engenharia

Análise das condições de conforto em ambientes refrigerados

Eduardo Afonso Fernandes

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Eletromecânica
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Pedro Dinho Silva
Coorientador: Prof. Doutor Pedro Dinis Gaspar

Covilhã, outubro de 2014

Agradecimentos

Na realização da presente dissertação, foram vários os obstáculos e limitações que surgiram ao longo do tempo, sendo que muitos deles foram contornados devido ao incentivo e apoio de algumas pessoas.

Ao Orientador desta dissertação, Professor Doutor Pedro Dinho Silva, bem como ao Coorientador, Professor Doutor Pedro Dinis Gaspar, um agradecimento especial pela orientação, apoio e conselhos dados durante a realização desta dissertação.

Um agradecimento especial a todos os amigos e colegas que de uma forma ou de outra, com incentivos e todo outro tipo de ações ou atitudes para com a minha pessoa contribuíram na elaboração do presente estudo.

Por fim um agradecimento diferente mas com um sentido mais especial, á Sara Sofia, pelo empenho ao longo de todo este tempo.

Resumo

A presente dissertação avalia as condições de frio a que os trabalhadores estão sujeitos, nomeadamente no sector agroindustrial, avaliando dois casos, uma empresa de distribuição alimentar e uma de laticínios. Ambas as empresas estão inseridas na indústria consumidora de frio, em que estão dependentes deste para garantir a qualidade do produto comercializado. Deste modo, visto que os casos avaliados são relativos a consumidores frios, os trabalhadores destas mesmas empresas vão estar expostos a estas condições durante a sua jornada de trabalho. De forma a avaliar as condições de conforto térmico dos trabalhadores foram seguidos procedimentos e normas internacionais. Foram realizadas medições de índole ambiental e individual, de forma a caracterizar as zonas e as condições em que os trabalhadores estão inseridos, bem como os níveis de atividade apresentados por cada trabalhador. O tipo de atividade que cada trabalhador realiza, permitiu identificar tipos de exposição diferentes, existindo casos de exposição contínua e casos de exposição intermitente ao frio. As normas que foram utilizadas, permitiram determinar índices característicos do conforto térmico, nomeadamente o índice IREQ (ISO 11079, 2007) e o índice PMV e PPD (ISO 7730, 2008). Para determinar estes índices foi necessária a determinação de outros parâmetros inerentes aos mesmos, tais como níveis de metabolismo (ISO 8996, 2004), nível de isolamento do vestuário (ISO 9920, 2007), sensações térmicas manifestadas pelos trabalhadores durante a exposição ao frio e ainda a utilização de procedimentos de medições (ISO 7726, 1998). Os resultados obtidos permitiram identificar casos que requerem atenção, devido ao deficiente nível de isolamento utilizado para as condições a que os trabalhadores de um modo geral estão sujeitos. Devido ao nível de isolamento não ser o mais adequado na grande maioria dos casos, o tempo limite recomendado de exposição ao frio acaba por ser inferior ao tempo que efetivamente os trabalhadores estão expostos a este. Deste modo foram determinados tempos limites de exposição recomendados para cada um dos trabalhadores avaliados de forma assegurar o conforto térmico destes. Por forma a relacionar o tempo que efetivamente os trabalhadores estão sujeitos às condições de frio, foram determinados/otimizados níveis de isolamento de vestuário tais, que lhes permitissem obter condições térmicas mínimas para suportar as condições ambientais de cada zona avaliada, tendo em conta o tipo de exposição a que cada trabalhador estava sujeito.

Palavras-chave

Conforto térmico, Exposição ao frio, Stress térmico por frio, Tipo de exposição, Isolamento requerido (IREQ), Tempo limite de exposição (D_{lim})

Abstract

This thesis, evaluates the cold conditions to which workers are exposed, particularly in the agro-industrial sector, evaluating two cases, a food distribution and a dairy company. Both companies are big consumers of cold, and are dependent on it to ensure the quality of the sold product. Thus, since both evaluated cases are cold consumers, the workers of these companies will be exposed to these conditions during the work day. In order to evaluate the thermal comfort of workers international standards and procedures were followed. Measurements of environmental and individual nature were conducted in order to characterize the areas and conditions where workers are inserted, as well as levels of activity of each worker. The type of activity that each worker performs, allowed to identify different types of exposure, cases of continuous and cases of intermittent cold exposure. The standards used, allowed to determine the thermal comfort indices, like IREQ index (ISO 11079, 2007) and the PMV and PPD index (ISO 7730, 2008). To determine these indices was necessary to determine other parameters, such as metabolic levels (ISO 8996, 2004), clothing insulation (ISO 9920, 2007), thermal sensations expressed by workers during cold exposure and the use of measurement procedures (ISO 7726, 1998). The obtained results allowed to identify cases that require attention, due to poor insulation level used for conditions that workers in general are exposed. As the level of thermal insulation is not adequate in most cases, the time limit recommended for cold exposure is lower than the time that workers are exposed to it. Finally, taking into account the type of exposure to which each worker was subject, optimal levels of clothing thermal insulation that give them the minimum thermal conditions to withstand the environmental conditions in each area assessed were determined.

Keywords

Thermal comfort, Cold exposure, Cold stress, Exposure type, Required insulation (IREQ), Duration limited exposure (D_{lim})

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice	vii
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tabelas	xi
Nomenclatura.....	xiii
1. Introdução	15
1.1. Perspetiva geral.....	15
1.2. O problema em estudo e a sua relevância	16
1.3. Revisão bibliográfica	17
1.4. Objetivos e contribuição da dissertação	24
1.5. Visão geral e organização da dissertação	24
2. Conforto Térmico em ambientes refrigerados	27
2.1. Conforto térmico	28
2.2. Fatores ambientais que afetam o conforto	30
2.2.1. Temperatura e velocidade do ar	30
2.2.2. Temperatura média radiante e humidade do ar.....	30
2.3. Fatores individuais	31
2.4. Índices de conforto térmico	39
2.5. Conforto em ambientes refrigerados / Stress térmico.....	49
2.6. Nota conclusiva	53
3. Avaliação experimental das condições de conforto.....	55
3.1. Introdução	55
3.2. Inquérito aos ocupantes.....	55
3.3. Equipamento de medição utilizado.....	56

3.3.1.	DeltaOhm Thermal Microclimate HD32.1	56
3.3.2.	Data loggers EasyLog	61
3.3.3.	Tensiómetro Beurer BC16.....	62
3.4.	Procedimento experimental	63
3.4.1.	Medições.....	63
3.5.	Nota conclusiva	66
4.	Análise e discussão de resultados	67
4.1.	As empresas em estudo.....	67
4.1.1.	Estudo de caso 1: Empresa de Distribuição Alimentar	68
4.1.2.	Estudo de caso 2: Empresa de Lacticínios/ Queijaria	97
5.	Conclusão	135
5.1.	Recapitulação	135
5.2.	Principais conclusões	136
5.3.	Sugestão para trabalho futuro	138
	Referências bibliográficas	141
	Anexos.....	143

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Procedimento utilizado pela norma ISO 15743 e pela revisão feita por Ingvar Holmér, envolvendo um conjunto de normas de forma a avaliar o nível de conforto térmico adequadamente	20
Figura 2.1 - Camadas consideradas pela norma ISO 9920, 2007, (fonte: ISO 9920, 2007).	37
Figura 2.2 - Interface do algoritmo de cálculo utilizado pela Norma ISO 7730, 2008	44
Figura 2.3- Interface do algoritmo de cálculo utilizado pela Norma ISO 11079, 2007.....	46
Figura 2.4 - Procedimento na avaliação de ambientes refrigerados segundo a norma ISO 11079, 2007.	51
Figura 3.1 - Equipamento utilizado, inserido numa das câmaras frigoríficas analisadas.....	58
Figura 3.2 - Data logger utilizado nas medições; Fonte: www.lascarelectronics.com.	61
Figura 3.3 - Tensiómetro utilizado nas medições da frequência cardíaca; Fonte: www.beurer.com.	62
Figura 4.1 - Fluxograma do processo de produção/logístico da empresa.	69
Figura 4.2 - Gráfico representante às diferenças de valores entre métodos usualmete utilizados.	75
Figura 4.3 - Variação da frequência cardíaca de cada trabalhador.....	76
Figura 4.4 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para AC3.	82
Figura 4.5 - Tempo limite de exposição, D_{lim} , mínimo e neutro, comparativamente ao tempo passado pelos trabalhadores em AC3.....	83
Figura 4.6 - Variação da temperatura e do IREQ durante o percurso realizado pelo trabalhador 2.....	90
Figura 4.7 - Variação do IREQ, mínimo e neutro, comparativamente ao isolamento, lcl , utilizado pelo trabalhador durante o percurso em questão.....	91
Figura 4.8 - Zonas indicadas pelos trabalhadores nas quais manifestam sensações de frio	95
Figura 4.9 - Sensações térmicas manifestadas, comparativamente com os níveis de isolamento, IREQ e lcl	96
Figura 4.10 - Fluxograma do processo de logística e produção.....	100
Figura 4.11 - Gráfico representante às diferenças de valores entre métodos usualmete utilizados, para condições de CR1.	107
Figura 4.12 - Gráfico representante às diferenças de valores entre métodos usualmete utilizados, para condições de CR2.	108
Figura 4.13 - Gráfico representante às diferenças de valores entre métodos usualmete utilizados, para condições de CR3.	108
Figura 4.14 - Variação da frequência cardíaca de cada trabalhador em CR1, CR2 e CR3.....	110
Figura 4.15 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro para CR1.	117
Figura 4.16 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro para CR2.	118
Figura 4.17 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro para CR3.	119
Figura 4.18 - Tempo limite de exposição, D_{lim} , mínimo e neutro, comparativamente ao tempo passado pelos trabalhadores em CR1.....	120
Figura 4.19 - Tempo limite de exposição, D_{lim} , mínimo e neutro, comparativamente ao tempo passado pelos trabalhadores em CR2.....	121
Figura 4.20 - Tempo limite de exposição, D_{lim} , mínimo e neutro, comparativamente ao tempo passado pelos trabalhadores em CR3.....	121
Figura 4.21 - Variação do valor médio de IREQ, mínimo e neutro, temperatura entre as câmaras e o valor de lcl médio.	124

Figura 4.22 - Variação do valor médio de IREQ, mínimo e neutro, lcl médio corrigido, e variação de temperatura entre as câmaras.	125
Figura 4.23 - Variação do valor médio de IREQ, mínimo e neutro, lcl médio corrigido, e variação de temperatura entre as câmaras CR1, CR2 e CR3.	126
Figura 4.24 - Zonas indicadas pelos trabalhadores, das quais manifestam sensações de frio.	130
Figura 4.25 - Sensações térmicas manifestadas, comparativamente com os níveis de isolamento, IREQ e lcl.	131
Figura 4.26 - Níveis de isolamento, considerando todos os trabalhadores avaliados.	133
Figura 4.27 - Tempo limite de exposição, tendo em conta todos os trabalhadores avaliados.	132
Figura 4.28 - Zonas indicadas pelo conjunto total da amostra de trabalhadores, das quais manifestam desconforto térmico.	134
Figura 0.1 - Planta das instalações do estudo de caso 1.	143
Figura 0.2 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CC1.	149
Figura 0.3 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CC2.	149
Figura 0.4 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CC3.	150
Figura 0.5 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CC4.	150
Figura 0.6 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para AC1.	151
Figura 0.7 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para AC2.	151
Figura 0.8 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CR1.	152
Figura 0.9 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CR2.	152
Figura 0.10 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CR3.	153
Figura 0.11 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CR4.	153
Figura 0.12 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para o Acesso.	154

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Níveis para determinação do nível metabólico (ISO 8996, 2004)	35
Tabela 2.2 - Temperatura de arrefecimento pelo vento t_{wc} e risco associado, (Fonte: ISO 11079, 2007)...41	
Tabela 2.3 - Escala de sete sensações térmicas.	42
Tabela 2.4- Sugestões de critérios fisiológicos para determinação do IREQ, D_{lim} e Arrefimento local (Fonte: ISO 11079, 2007).	53
Tabela 3.1 - Especificações das sondas utilizadas nas medições das variáveis ambientais.	59
Tabela 3.2 - Especificações técnicas dos data loggers utilizados nas medições.	62
Tabela 3.3 - Especificações técnicas do tensiómetro utilizado nas medições da frequência cardíaca dos trabalhadores.	62
Tabela 4.1 - Características construtivas das câmaras frigoríficas e antecâmaras da empresa.....	71
Tabela 4.2 - Variáveis ambientais medidas nas várias zonas da empresa.....	72
Tabela 4.3 - Variáveis individuais mensuradas e calculadas da amostra de trabalhadores em questão.	73
Tabela 4.4 - Nível de Metabolismo de cada trabalhador e respetivo erro associado ao método utilizado. .74	
Tabela 4.5 - Variação da FC de cada trabalhador para diferentes condições.	75
Tabela 4.6 - Tipo e tempo de exposição de cada trabalhador da amostra.	77
Tabela 4.7 - Isolamento térmico do vestuário dos trabalhadores calculado.....	79
Tabela 4.8 - Variáveis utilizadas no programa de cálculo para determinar o nível de isolamento requerido IREQ.	80
Tabela 4.9 - Parâmetros calculados através da norma ISO 11079, 2007, IREQ, $I_{cl,r}$ e D_{lim} para AC3.	81
Tabela 4.10 - Tempo de recuperação (D_{rec}) de cada trabalhador.	84
Tabela 4.11 - Adequabilidade de cada trabalhador para cada zona climatizada, considerando um ciclo normal de trabalho de 8 horas.	85
Tabela 4.12 - Adequabilidade de cada trabalhador para cada zona climatizada, tendo em conta os períodos referidos, bem como respetivas pausas.	86
Tabela 4.13 - IREQ, D_{lim} , mínimo e neutro, e D_{rec} dos trabalhadores 2 e 4.....	88
Tabela 4.14 - Exemplo de percurso realizado pelo trabalhador 2.	89
Tabela 4.15 - Valores de Isolamento corrigidos para os trabalhadores 2 e 4, tendo em conta a exposição intermitente a que estão sujeitos.	92
Tabela 4.16 - Exemplo de percurso realizado pelo trabalhador 2 com níveis de isolamento corrigidos.	93
Tabela 4.17 - Adequabilidade dos trabalhadores 2 e 4 para cada zona climatizada, tendo em conta os períodos referidos, bem como as respetivas pausas.	93
Tabela 4.18 - Manifestação térmica de cada trabalhador, tendo em conta as zonas do corpo em questão.	94
Tabela 4.19 - Determinação de t_{wc} para as câmaras de congelação.	97
Tabela 4.20 - Características construtivas das câmaras frigoríficas e outras zonas da empresa.....	102
Tabela 4.21 - Variáveis ambientais medidas nas várias zonas da empresa.	103
Tabela 4.22 - Variáveis individuais mensuradas e calculadas da amostra de trabalhadores em questão..	104
Tabela 4.23 - Nível de metabolismo e frequência cardíaca de cada trabalhador e respetivo erro associado ao método utilizado	106
Tabela 4.24 - Tipo e tempo de exposição dos trabalhadores.	111
Tabela 4.25 - Isolamento térmico do vestuário dos trabalhadores calculado.	112

Tabela 4.26 - Variáveis utilizadas no programa de cálculo para determinar o nível de isolamento requerido IREQ para cada câmara.	114
Tabela 4.27 - Parâmetros calculados através da norma ISO 11079, 2007, IREQ, Icl,r e Dlim para CR1, CR2 e CR3.....	116
Tabela 4.28 - Tempo de recuperação (Drec) de cada trabalhador.....	122
Tabela 4.29- Adequabilidade de cada trabalhador para cada zona climatizada, tendo em conta os períodos referidos.	123
Tabela 4.30 - Adequabilidade de cada trabalhador para cada zona climatizada com níveis de isolamento corrigidos, tendo em conta os períodos referidos.	125
Tabela 4.31 - Valores utilizados para o cálculo do índice PMV e PPD para ZP.....	127
Tabela 4.32 - Resultados obtidos para o índice PMV e PPD, através dos valores ambientais mínimos, médios e máximos registados na zona de produção.	128
Tabela 4.33 - Manifestação térmica de cada trabalhador, tendo em conta as zonas do corpo em questão.	129
Tabela 0.1 - Variáveis utilizadas e calculadas no caso de estudo 1.....	144
Tabela 0.2 - IREQ, Dlim, mínimo e neutro, dos trabalhadores do caso de estudo 1.....	145
Tabela 0.3 - IREQ, Dlim, mínimo e neutro, dos trabalhadores do caso de estudo 1 (continuação).	146
Tabela 0.4 -Adequabilidade de cada trabalhador para cada zona climatizada, tendo em conta os períodos referidos, bem como respetivas pausas do caso de estudo 1.....	147
Tabela 0.5 - Adequabilidade de cada trabalhador para cada zona climatizada, tendo em conta os períodos referidos, bem como respetivas pausas do caso de estudo 1 (continuação).....	148
Tabela 0.6 - Variáveis utilizadas e calculadas no caso de estudo 2.....	155
Tabela 0.7 - IREQ, Dlim, mínimo e neutro, dos trabalhadores do estudo de caso 2.....	156
Tabela 0.8 - Valores de Isolamento corrigidos para os trabalhadores do estudo de caso 2.....	157

Nomenclatura

A_{Du}	Área da superfície corporal segundo Dubois, m^2 ;
a_p	Permeabilidade ao ar, $l.m^{-2}.s^{-1}$;
bpm	Batimentos cardíacos por minuto, bpm;
Clo-	Unidade de isolamento do vestuário, clo (1 clo = $0,155 m^2.k.W^{-1}$)
C_{res}	Perdas de calor por convecção através da respiração, W/m^2 ;
D	Diâmetro do termómetro de globo negro
Dlim	Duração limite de exposição, h;
D_{rec}	Tempo de recuperação, h;
E	Trocas de calor por evaporação, W/m^2 ;
E_g	Emissividade presumida do termómetro de globo;
E_{res}	Perdas de calor por evaporação através da respiração, W/m^2 ;
FC	Frequência cardíaca em condições de frio, bpm;
FC_0 ,	Frequência cardíaca em condições de repouso e termicamente neutras, bpm;
f_{cl} ,	Fator da área da superfície do vestuário, adimensional;
$FC_{máx}$	Frequência cardíaca máxima, bpm;
h_c	Coefficiente de transferência de calor por convecção, em $W.m^{-2}.K^{-1}$;
$h_{c,r}$	Coefficiente de transferência de calor por convecção, em $W.m^{-2}.K^{-1}$;
HR	Humidade relativa, %;
I_a	Isolamento térmico da camada superficial do ar;
$I_{a,r}$	Isolamento térmico resultante da camada exterior, $m^2.K.W^{-1}$;
I_{cl}	Isolamento básico do vestuário, $m^2.K.W^{-1}$;
$I_{cl,r}$	Isolamento do vestuário resultante, $m^2.K.W^{-1}$;
IREQ	Isolamento do vestuário requerido, $m^2.K.W^{-1}$;
$IREQ_{min}$	Isolamento mínimo do vestuário requerido, $m^2.K.W^{-1}$;
$IREQ_{neutro}$	Isolamento neutro do vestuário requerido, $m^2.K.W^{-1}$;
I_T	Isolamento básico total;
K	Trocas de calor por condução, W/m^2 ;
M	Nível de Metabolismo, W/m^2 ;
M	Nível de metabolismo, em W/m^2 ou met, (1 met = $58,2 W/m^2$);
M_0 ,	Nível de metabolismo em condições de repouso, W/m^2 ;
MWC	Capacidade máxima de carga, W/m^2 ;
p_a	Pressão parcial do vapor de água, Pa;
p_{ex}	Pressão parcial de saturação do vapor de água saturado à temperatura do ar expirado, kPa;
p_{sk}	Pressão do vapor de água à temperatura da pele, kPa;

$R_{e,T}$	Resistência evaporativa total do vestuário e da camada de ar da fronteira, $m^2.kPa.W^{-1}$;
$RM,$	Aumento do batimento cardíaco por unidade de nível metabólico, adimensional;
t_a	Temperatura do ar, °C;
t_{cl}	Temperatura superficial do vestuário;
t_{ex}	Temperatura do ar expirado, °C;
t_g	Temperatura do globo negro, °C;
t_{nw}	Temperatura do bolbo húmido com ventilação natural, °C;
t_r	Temperatura média radiante, em °C;
$\overline{t_{sk}}$	Temperatura média da pele, °C;
t_{sk}	Temperatura local da pele, °C;
t_{wc}	Temperatura de arrefecimento pelo vento, °C;
v_a	Velocidade do ar, $m.s^{-1}$;
W	Trabalho mecânico efetivo, $W.m^{-2}$;
W_a	Proporção da humidade absoluta do ar inspirado, kg água/kg ar seco;
W_{ex}	Proporção da humidade absoluta do ar expirado, kg água/kg ar seco;

1. Introdução

1.1. Perspetiva geral

Nas últimas décadas tem-se notado uma preocupação acrescida com a temática do conforto térmico, nomeadamente no local de trabalho, em que níveis deficientes de conforto térmico levam a um desempenho inferior nas tarefas realizadas pelos trabalhadores, e em última instância ao adoecimento dos mesmos.

A dependência do “frio” nas indústrias atuais, nomeadamente na indústria alimentar, é enorme, sendo essencial, não só para a produção mas também para a conservação e transporte dos produtos comercializados.

Esta dependência do frio nos vários processos inerentes à indústria alimentar leva a que grande parte das instalações das empresas deste sector, sejam maioritariamente climatizadas, definindo a temperatura de cada uma, consoante o tipo de produto e o tipo de conservação pretendido para este. Com esta necessidade, os indivíduos que laborem neste tipo de indústria, estão sujeitos a várias exposições ao frio, e tendo em conta que este é um bem essencial para a subsistência desta indústria, não se pode ter conta, ou seja, não é possível ponderar o conforto térmico dos trabalhadores, reduzindo o nível de frio que é utilizado para produzir ou conservar o produto ou produtos comercializados. Deste modo não podendo interferir no frio produzido por uma empresa deste sector, são necessárias medidas que permitam salvaguardar o bem-estar e a própria saúde dos trabalhadores. Estas medidas visam proporcionar um nível de conforto térmico tal, que permitam não só ao trabalhador uma sensação térmica neutra relativamente às zonas onde efetivamente há necessidade de frio, como visam também pela própria produtividade do mesmo. Sendo a produtividade uma das principais preocupações de qualquer tipo de indústria, estas medidas de índole preventivo, procuram maximizar o tempo que um indivíduo pode laborar sob determinadas condições ambientais. A utilização de níveis de isolamento relativamente ao vestuário, adequados para determinadas condições, quer ambientais, quer da própria atividade realizada pelo indivíduo, permite uma permanência em zonas climatizadas por parte deste, de tal modo que este manifesta sensações termicamente neutras, relativamente à zona em questão.

Em casos extremos e não só, em que o tipo de produto, ou tipo de processo utilizado pela indústria, obriga a temperaturas muito baixas, existem medidas que para além de adaptar o nível de isolamento do vestuário às condições ambientais e de atividade do trabalhador, permitem controlar a exposição ao frio. Este controlo é realizado pela limitação do tempo de exposição que um determinado indivíduo deve permanecer num espaço climatizado, tendo em conta o nível de isolamento e atividade que este possui. Desta forma controlando o tempo que efetivamente é utilizado pelo trabalhador no interior de um determinado espaço climatizado, é

possível determinar um nível ótimo de isolamento utilizado pelo trabalhador, de forma assegurar o seu conforto térmico durante a exposição a condições de frio.

O presente estudo avalia as condições de cada zona climatizada a que os trabalhadores estão expostos, bem como características de índole individual e fisiológico, de forma a determinar os níveis de isolamento requerido do vestuário (IREQ) e respetivos tempos limites de exposição (D_{lim}) para cada trabalhador. É ainda realizada uma otimização dos valores de isolamento requerido do vestuário de cada trabalhador, tendo em conta o nível de atividade e os tempos de exposição ao frio de cada um.

1.2. O problema em estudo e a sua relevância

A indústria atual, independentemente do local de trabalho, sendo no interior ou exterior de instalações, é caracterizada pela interação do meio envolvente com o próprio trabalhador, em que por vezes é submetido a temperaturas de trabalho elevadas e em outros casos temperaturas mais reduzidas.

Independentemente das condições adversas do local de trabalho, em que os trabalhadores sentem frio ou calor, estas detêm uma influência muito significativa, não só no conforto do trabalhador, no seu desempenho, e ainda na própria saúde do mesmo, sendo por vezes associadas a estas condições térmicas o aumento do número de acidentes de trabalho.

Nesta dissertação o caso de estudo, vai ao encontro das situações em que os trabalhadores estão sujeitos a temperaturas reduzidas, em ambientes considerados frios, em que a temperatura se situa abaixo dos 10 °C.

É de grande importância avaliar todas as condições e variáveis a que os indivíduos estão sujeitos, de forma a tentar através de algumas correções, tais como o limite de exposição do trabalhador, bem como o nível de isolamento do vestuário adequado, de forma a criar condições favoráveis ao trabalho dos indivíduos expostos, durante o seu dia de trabalho.

Este estudo foi realizado em empresas do sector industrial agroalimentar na zona da Beira Interior, em que existem vários tipos de indústria que “obrigam” a que a sua atividade seja realizada sob temperaturas reduzidas de forma a manter a qualidade do produto que comercializam.

Estas indústrias que necessitam de ambientes climatizados, possuem câmaras de refrigeração e até de congelação, levando à implementação de algumas medidas de segurança que salvaguardem a própria saúde dos trabalhadores sujeitos a estas condições térmicas.

Estes indivíduos sujeitos a estas baixas temperaturas, nomeadamente quando existe necessidade de entrar e posteriormente sair em câmaras climatizadas que mantêm as condições de conservação do produto, estão sujeitos a amplitudes térmicas bastante consideráveis. Apesar destes “choques térmicos” de ambientes moderados para frios e vice-

versa, serem apenas de breves momentos ao longo do dia de trabalho, é necessário implementar medidas que garantam a própria segurança do trabalhador, tendo em consideração o espaço em que os trabalhadores passam mais tempo ao longo do dia. Estes espaços em muitos dos casos estão situados em zonas de antecâmaras, que para além de serem climatizados, existem ainda trocas térmicas de quando se dá abertura das portas das câmaras de refrigeração ou congelação, acabando por expor alguns indivíduos a temperaturas inferiores a 10 °C de uma forma contínua ao longo do dia laboração.

Este estudo é considerado de grande importância, pois é avaliado a exposição contínua e intermitente dos trabalhadores a estas condições térmicas, em que são verificados parâmetros que permitem caracterizar aspetos como a adequabilidade do próprio vestuário, e ainda o tempo limite de exposição a estas condições térmicas, garantindo deste modo o conforto térmico, a saúde e o desempenho do trabalhador.

Parâmetros como o nível de metabolismo e frequência cardíaca são calculados e monitorizados, de forma a avaliar cada trabalhador individualmente. Através desta abordagem analítica é possível obter com maior precisão os resultados pretendidos.

Esta maior precisão é obtida através da monitorização da frequência cardíaca, e a relação que esta apresenta com o nível de metabolismo. Outros parâmetros como peso, altura e idade são também de relevante importância para uma correta avaliação. Para além destas variáveis individuais, foram feitas medições de variáveis ambientais que caracterizam o meio envolvente em que os trabalhadores estão inseridos, nomeadamente grandezas como, humidade relativa (HR), temperatura ambiente (t_a), temperatura do bolbo húmido (t_{nw}), velocidade do ar (v_a) e temperatura média radiante (t_r). Todas estas grandezas influenciam não só o nível de metabolismo de todos os indivíduos, mas também o nível de vestuário e o tempo limite de exposição, sendo deste modo consideradas fulcrais para o estudo. Assim sendo, é do interesse do estudo e também das empresas que foram avaliadas, as condições a que os trabalhadores estão sujeitos durante o dia de trabalho.

1.3. Revisão bibliográfica

Neste capítulo vai ser apresentado o estado da arte no âmbito desta dissertação, em que para tal vão ser abordados estudos relevantes que contemplem esta temática, como o conforto térmico, ambientes refrigerados, termorregulação, entre outros assuntos que estejam associados aos efeitos do frio no organismo e as suas implicações.

Existem vários estudos relacionados com a preocupação do bem-estar térmico dos trabalhadores quer em ambientes considerados como frios ou ambiente considerados como quentes. De facto os estudos já realizados comprovaram que o desempenho dos trabalhadores independentemente do tipo de indústria e a atividade que realizam, está diretamente relacionado com este dito bem-estar térmico.

O conforto térmico de um indivíduo, está dependente de vários fatores, fatores estes que são considerados, uns com mais peso que outros, nos vários estudos já realizados nesta temática. De facto existem até autores que desconsideram alguns dos fatores que podem influenciar o conforto térmico, enquanto outros consideram que deveriam ser contabilizados outros fatores na determinação dos vários índices de conforto, ou então possuírem um peso diferente do que atualmente possuem.

Das várias investigações relacionadas com esta temática é possível por vezes identificar resultados que aparentam ser comprovados por outros estudos na área, sendo que acontece também o oposto, em que se verificam resultados contraditórios, o que leva a considerar que mais estudos são necessários sobre esta temática.

Ambientes refrigerados e o efeito de exposição a estes no organismo

A atual indústria, nomeadamente no sector em que se insere este estudo, agroalimentar, necessita de um bem essencial para poder ser competitiva e possuir produtos de qualidade, o frio. Este frio, essencial às empresas deste tipo de indústria, é utilizado de diferentes formas para conservar os produtos comercializados. Determinados produtos, devido às suas características, necessitam de ser conservados em ambientes com temperaturas negativas, enquanto para outros, embora necessitem de uma temperatura positiva, seja necessário ter um controlo rígido sobre esta mesma temperatura de forma a não comprometer a própria qualidade do produto.

Assim sendo, visto que as empresas deste sector não podem dispensar a utilização do frio, de forma a procurar o conforto térmico dos seus trabalhadores, estes vão ter que se adaptar ao ambiente em questão, recorrendo a equipamento de proteção individual. Este equipamento que deve ser utilizado, diz respeito a vestuário específico que, em alguns casos, é essencial não apenas para o bem-estar térmico do próprio trabalhador, mas também para a própria saúde do mesmo.

Neste âmbito de preocupação com o conforto térmico, saúde do trabalhador e por conseguinte a própria competitividade da empresa, é que começaram a surgir investigações nesta área.

Publicações como a Standard 55 da ASHRAE, em que são abordadas temáticas relativas às condições ambientais térmicas para ocupação humana, que especificam as condições nas quais uma determinada fração de ocupantes irá encontrar as condições ambientais termicamente aceitáveis. As várias revisões já feitas a esta publicação incorporam toda a investigação e experiência desde 1992. Esta norma foi concebida para projetar, licenciar, testar edifícios e outros espaços que sejam ocupados por humanos bem como os seus sistemas de AVAC. O propósito desta norma é especificar a combinação de fatores ambientais

interiores, com fatores pessoais que permitam condições ambientais térmicas aceitáveis para a grande maioria dos ocupantes do espaço em questão. Esta norma vai ao encontro da norma ISO 7730 (Standard 55 AHRAE).

A ISO 7730 indica os vários fatores ambientais que afetam diretamente o nível do conforto térmico de um indivíduo e define métodos que podem ser utilizados para determinar o nível de conforto térmico num determinado espaço.

Foram criadas várias normas para tentar mensurar variáveis associadas e o próprio conforto térmico do organismo exposto a determinadas condições.

Algumas das normas que foram criadas para tentar contornar o problema do desconforto térmico do corpo humano quando este está sujeito a condições ambientais que assim o permitem, foram:

- Norma 55 da ASHRAE - Condições ambientais térmicas para a ocupação humana;
- ISO 11079 - Ergonomia de ambientes térmicos, determinação e interpretação do stress por frio quando é utilizado o nível de isolamento do vestuário requerido (IREQ) e os efeitos do arrefecimento local;
- ISO 7730 - Ambientes térmicos - Determinação dos índices PMV e PPD e especificações das condições para o conforto térmico;
- ISO 8996 - Ergonomia de ambientes térmicos, Determinação do nível de metabolismo;
- ISO 7726 - Ergonomia de ambientes térmicos, instrumentos e métodos de medição das grandezas físicas;
- ISO 9920 - Ergonomia de ambientes térmicos - Determinação do isolamento térmico e da resistência à evaporação de água de um determinado conjunto de vestuário;
- ISO 9886 - Ergonomia - Avaliação de tensões fisiológicas através da medição de parâmetros fisiológicos;
- ISO 13732-3 - Ergonomia de ambientes térmicos - Métodos de avaliação da resposta humana aquando contacto com superfícies frias;
- ISO 15743 - Ergonomia de ambientes térmicos - locais de trabalho sujeitos ao frio, gestão e avaliação de risco.

Muitas das pessoas espalhadas pelo mundo estão sujeitas à exposição a ambientes frios, seja no interior, como na indústria, ou mesmo no exterior. O frio é considerado um perigo para a saúde e pode afetar a segurança e o desempenho do trabalho realizado por um indivíduo. O ponto essencial para a criação de segurança e condições ótimas de trabalho, pode ser obtido através da aplicação de normas internacionais relevantes na área (Holmér, 2009).

Ingvar Holmér (2009), elaborou uma revisão de normas que permitem avaliar as condições de trabalho em ambientes frios. Este utiliza o método referido pela norma ISO 15743 (figura 1.1) em que recorre à norma ISO 11079, que permite a avaliação do balanço térmico do corpo como um todo, bem como a determinação do tempo limite de exposição, tendo em conta a temperatura das mãos que não deve ser inferior a 24 °C durante exposições prolongadas, ou 15 °C durante exposições ocasionais. Proteções especiais de índole respiratório devem ser adotadas para atividades realizadas a temperaturas inferiores a -20 °C, particularmente quando estas possuem um nível elevado de metabolismo. Riscos associados a este tipo de exposições, como o contacto com superfícies frias podem ser avaliados através da norma ISO 13732. Este autor definiu estratégias e princípios para a avaliação e prevenção do stress térmico nos trabalhadores sujeitos a estas condições.

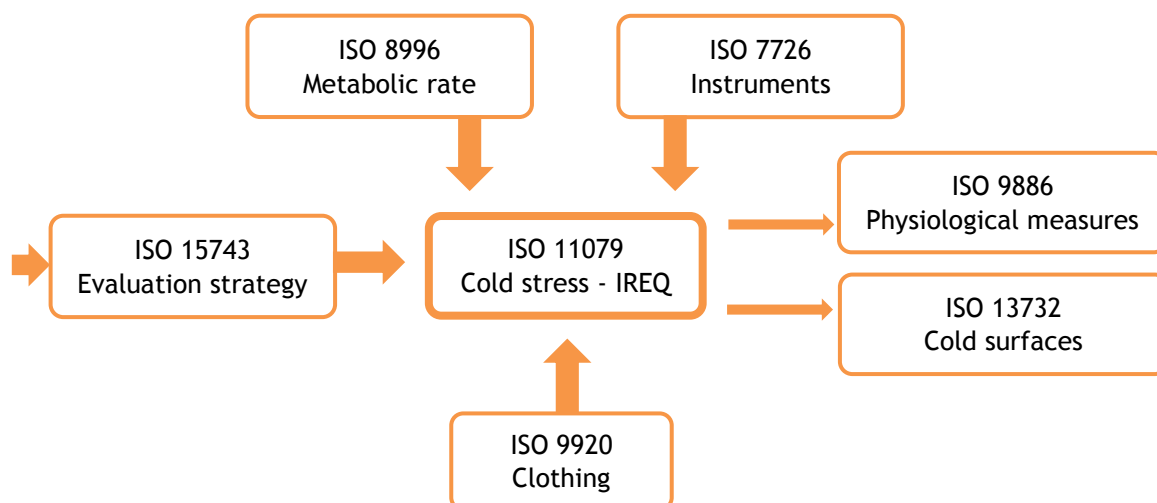


Figura 1.1 - Procedimento utilizado pela norma ISO 15743 e pela revisão feita por Ingvar Holmér, envolvendo um conjunto de normas de forma a avaliar o nível de conforto térmico adequadamente.

Vários autores (Holmér, 1988; Belding et al., 1947; Haymes et al., 1982; Smolander et al., 1986; Tanaka, 1978; entre outros) já utilizaram o índice IREQ em vários estudos e questionaram a sua aplicabilidade, sendo que entre estes de um modo geral foram encontradas concordâncias entre valores mensurados e valores calculados. Outros autores (Nielsen, 1986) concluíram que existia uma sobrestimação quanto aos valores do índice IREQ enquanto outros (O'Leary e Parsons, 1994) encontraram o oposto em relação a este índice, uma subestimação dos valores.

Outros autores (Holmér, 1994; Kahkonen et al., 1992) referem que o grande problema para a correta determinação do índice REQ é a determinação precisa do nível de metabolismo. A utilização do método número dois da norma ISO 8996 possui um nível de erro acrescido, em que segundo a norma, este ronda os 20 %, mas de facto já foram verificados por estes autores e outros (Parsons and Hamley, 1989) erros superiores a 50 %. A utilização da frequência cardíaca

na determinação do nível de metabolismo, apesar de também estar sujeita a erros, foi investigada por Nielsen (1986) e Ilmarinen et al. (1990) em que verificaram que um conjunto de indivíduos que executavam atividades semelhantes possuíam não só níveis de metabolismo aproximados, bem como frequências cardíacas semelhantes.

Foram comparados níveis de isolamento de vestuário (Icl) utilizado por trabalhadores expostos a temperaturas do ar entre 0 e 15 °C, com níveis de isolamento calculados pelo índice IREQ tendo em conta a neutralidade térmica do trabalhador. O objetivo desta investigação, levada a cabo por Barbara Griefahn (1999), era determinar possíveis limitações da aplicação deste índice e as necessidades deste, de forma a ser melhorado. No estudo foram utilizados no total 75 indivíduos (16 mulheres e 59 homens), sendo que estes eram divididos em três grupos distintos, um que possuía um tipo de exposição constante a mais de 10 °C (33 trabalhadores), outro apresentava exposições contínuas inferiores a 10 °C (32 trabalhadores) e por fim 10 trabalhadores que estavam sujeitos a um tipo de exposição intermitente, com variações de temperatura na ordem dos 13 °C. Foram ainda categorizados pelo nível de atividade que desenvolviam, 8 trabalhadores com níveis de metabolismo inferiores a 100 W/m², 50 com níveis de metabolismo entre 101 e 164 W/m² e 17 com mais de 165 W/m². A análise dos resultados revelou que o índice IREQ pode ser aplicado a temperaturas até 15 °C, e para variações de temperatura, no caso de exposições intermitentes de pelo menos 13 °C, mas necessita de ter em conta o tipo de género. Conclui ainda que os níveis de IREQ não são completamente aplicáveis para casos em que os níveis de metabolismo excedem os 165 W/m². Revela ainda que para os casos de exposição intermitente, com os frequentes ajustes que são necessários no nível de isolamento do vestuário, é muito complicado proteger adequadamente os trabalhadores, e que uma medida a curto prazo seria um aumento do fluxo de trabalho dos trabalhadores evitando atividades com níveis de metabolismo baixos e elevados.

Investigações para validar o índice do tempo limite de exposição D_{lim} foram realizadas por Gavhed et al. (1996). Este índice referido na norma ISO 11079 permite determinar o tempo limite de exposição aceitável, quando um indivíduo está exposto a um ambiente caracterizado como frio, em que o nível de isolamento do vestuário utilizado não é suficiente para manter o equilíbrio térmico do próprio corpo. Para tal avaliaram a resposta térmica a três temperaturas negativas diferentes (-6, -14 e -22 °C) de 10 indivíduos do género masculino durante a realização de exercícios leves. Concluíram que a maioria dos indivíduos avaliados reportam que poderiam suportar tais exposições uma vez por dia, mas nunca continuamente. O índice do tempo limite de exposição preza pela segurança do trabalhador, tendo em conta as perdas de calor do corpo e a temperatura rectal, mas ao mesmo permite o registo de temperaturas baixas da pele, nomeadamente nas zonas periféricas do corpo. Como tal, concluíram que para as temperaturas mais baixas utilizadas nos ensaios, -14 e -22 °C, o índice do tempo limite de exposição não era adequado. Assim sendo, recomendaram uma introdução dos critérios do arrefecimento das extremidades nos modelos de previsão, o que permitiria uma melhor análise

do stress térmico e por consequência um aumento do desempenho manual (Gavhed et al. 1996).

O desempenho manual relacionado com a exposição ao frio, neste caso com a imersão das mãos em água fria (11 °C) foi investigado por Chia-Fen Chi et al., 2012. Neste estudo verificou-se que após uma imersão de 40 minutos sob estas condições a capacidade, a força gerada pela mão é inferior à capacidade desta em condições neutras. Verificou-se ainda que o após 15 min de imersão em água quente (35 °C) o desempenho das mãos voltaram à normalidade.

Outras investigações do mesmo género (Ravindra S. Goonetilleke, 2009) avaliaram a capacidade de um conjunto de indivíduos unirem dois pontos com uma linha, utilizando uma caneta, após sujeitos a diferentes temperaturas nas mãos. Os resultados indicam coerência com outras investigações, em que para as temperaturas mais baixas, obtiveram-se os piores resultados ao nível do desempenho manual. Estas investigações indicam que, visto que existem trabalhadores sujeitos a condições de frio através de inúmeras formas, mesmo utilizando vestuário de proteção, tal como luvas, que permitem minimizar os efeitos do frio, e consequentemente o desconforto térmico bem como o nível de desempenho, é importante identificar as temperaturas limite, de forma a que todas as tarefas, tendo em conta a temperatura a que se realizam, sejam otimizadas para um ponto ótimo de desempenho por parte do trabalhador (Ravindra S. Goonetilleke, 2009).

A avaliação do desempenho não só ao nível das mãos mas do corpo como um todo, quando sujeito a condições de frio foi também realizada por vários autores como T.G. Kim et al., 2007. Nesta avaliação foram utilizados um conjunto de indivíduos dos quais passavam de uma zona com uma temperatura neutra (20 °C), para outra de -25 °C. Este conjunto de indivíduos estava dividido em dois grupos, com diferentes cargas (9 e 18 kg). Verificou-se que, em condições de frio, o nível de stress por frio tendeu a diminuir no desenvolver da atividade com a carga, desencadeando uma sensação de menos frio sentido pelos indivíduos. Verificou-se ainda que, independentemente da temperatura, a destreza manual era tanto ou quanto menor quando maior a carga transportada.

Ao nível da indústria, estes parâmetros avaliados acabam por ser pertinentes, visto que a produtividade, segurança e eficiência das atividades da indústria está diretamente relacionada com o desempenho dos trabalhadores, tornando assim importante considerar de que forma é que a exposição ao frio e a carga transportada sob estas condições afeta a resposta fisiológica dos trabalhadores (T.G. Kim et al., 2007).

O desempenho da condução de veículos sobre diferentes condições térmicas foi estudado também por diversos autores (Daanen et al., 2003; Mackie e O'Hanlon, 1977; Wyon et al., 1996), em que um conjunto de indivíduos foi exposto a condições de frio, neutras e quentes durante a condução de um veículo. No caso do estudo levado a cabo por Daanen et al.,

os indivíduos eram sujeitos a temperaturas de 5, 20 e 35 °C. Estes e outros autores verificaram que para condições semelhantes a estas, no caso de temperaturas mais elevadas registaram-se níveis de frequência cardíaca, cerca de 23 bpm superiores às registadas em condições neutras e de frio, indo deste modo ao encontro com outras investigações (Houdas and Ring, 1982), em que indicam a existência de uma ligação entre os recetores de temperatura da pele com os nervos que controlam a frequência cardíaca através do hipotálamo. Este fenómeno justifica-se com o processo de vasodilatação, em que, como se dá um aumento do volume dos vasos sanguíneos, o coração necessita de bombear com mais frequência para compensar esta diferença de volume.

Relativamente à condução verificaram-se desempenhos inferiores de 16% e 13% em ambientes frios e quentes respetivamente (Daanen et al., 2003). Embora a condução não necessite de níveis de destreza manual significativos como em algumas atividades, verificaram ainda uma redução nesta em condições de baixa temperatura.

Wyon et al., 1996, investigou o nível de concentração na condução a temperaturas de 27 e 21 °C, verificando que para a temperatura mais baixa os condutores reparavam em menos 50 % dos sinais de trânsito comparativamente aos condutores que conduziam a temperaturas de 27 °C. Ellis (1982) e Enander (1987) verificaram que o desempenho de vigilância em condições de ligeiramente frio é superior, mas o número de erros dos indivíduos eram superiores.

Investigações na área da adaptabilidade do organismo quer a nível metabólico, quer ao nível da própria manifestação térmica aquando o organismo está sujeito a exposições ambientais adversas foram realizadas por vários autores. Hitoshi Wakabayashi et al., avaliaram a capacidade de habituação do metabolismo de vários indivíduos em resposta à imersão em água fria (-12 °C). Do conjunto de indivíduos avaliados e após vários ensaios realizados, os resultados obtidos foram que, após uma exposição repetitiva a estas condições, registou-se uma adaptação do nível metabólico por parte do organismo.

Estudos recentes no terreno e em território nacional, do mesmo género que o estudo desta dissertação foram elaborados por Oliveira et al. (2013). O trabalho de investigação destes autores nesta área já decorre há alguns anos, com diversas publicações, sendo que neste caso o trabalho realizado por estes consistiu em avaliar ambientes térmicos frios em unidades industriais de distribuição alimentar, baseados na utilização de questionários individuais que permitiam descrever as condições de trabalho de cada trabalhador quando sujeitos às condições de frio. Avaliaram 61 unidades industriais deste tipo e obtiveram 1575 respostas da amostra em questão. Verificaram com o estudo que este sector é um sector dominado pela mão-de-obra feminina (78,1%) e por uma população maioritariamente jovem (63,4% com menos de 35 anos) com pouco tempo de experiência. Cerca de um terço dos inquiridos indicaram que o ambiente térmico a que estão sujeitos, tendo em conta os níveis de isolamento e de atividade de cada um, é um ambiente frio, referindo também que as condições no inverno são ainda mais frias. Os resultados obtidos indicam ainda que trabalhadores com menos tempo de

trabalho aparentam estar mais satisfeitos com o ambiente térmico do que aqueles que já trabalham sob aquelas condições há mais de 10 anos.

1.4. Objetivos e contribuição da dissertação

O presente estudo, tal como já foi mencionado anteriormente, pretende analisar e avaliar as condições a que os trabalhadores deste tipo de indústria estão sujeitos, nomeadamente as condições de frio. Este estudo foi realizado na zona da Beira Interior, contribuindo assim com dados e avaliações relativos a esta temática que podem ser utilizados em investigações futuras.

Os principais objetivos desta dissertação são:

- Quantificar o nível de isolamento do vestuário utilizado por cada um dos trabalhadores e avaliar a sua adequabilidade face às condições ambientais a que está exposto. Esta quantificação necessita ter em conta o nível de atividade realizado por cada um, sendo deste modo necessário determinar o nível de metabolismo individual;
- Verificar o tipo de exposição ao frio a que cada trabalhador está sujeito e quantificar o tempo de uma forma contínua que cada um permanece sob condições de frio;
- Determinar o tempo limite de exposição, contabilizando o nível de isolamento do vestuário utilizado e o nível de atividade de cada trabalhador, de forma a garantir condições mínimas para o balanço térmico;
- Otimizar o nível de isolamento requerido para cada trabalhador, contabilizando o tempo que cada um permanece exposto a determinadas condições ambientais, procurando garantir sempre as condições mínimas referidas;
- Avaliar as manifestações relativas à sensação térmica de cada trabalhador e correlacionar com os dados obtidos.

1.5. Visão geral e organização da dissertação

A presente dissertação, após este capítulo introdutório subdivide-se em mais quatro capítulos, contabilizando no total cinco capítulos.

No capítulo 2 é inicialmente abordada a temática do conforto térmico de um modo geral e teórico, sendo que são referidos os parâmetros que influenciam o nível do conforto de um indivíduo, bem como a forma utilizada para determinar estes. São referidos os índices mais comuns que permitem avaliar o conforto térmico para diferentes condições ambientais, dando mais ênfase ao índice IREQ, utilizado para as condições em que este estudo se insere.

No capítulo 3 é realizada a avaliação experimental das condições de conforto, em que são apresentados os vários equipamentos que foram utilizados no decorrer das medições no terreno, as suas funções, os seus erros de medição, entre outros.

Neste capítulo é ainda referido o procedimento experimental adotado para determinar todos os parâmetros necessários ao estudo, ou seja, é indicado como cada um dos parâmetros foi mensurado ou determinado.

No capítulo 4, é então realizada a análise e discussão de resultados, em que o capítulo basicamente é dividido em dois subcapítulos, um para o estudo de caso 1 e outro para o estudo de caso 2. Em ambos os casos são utilizados métodos de cálculo e análise referentes em normas internacionais. Para cada um destes houve necessidade de adotar para alguns parâmetros abordagens diferentes devido à tipologia de exposição ao frio, bem como às temperaturas registadas em cada um dos casos.

Por fim, no capítulo 5, são apresentadas as conclusões, bem como algumas recomendações, tendo em conta os resultados obtidos nos dois casos de estudo.

2. Conforto Térmico em ambientes refrigerados

O conforto térmico envolve a junção de vários fatores ambientais e também individuais que devem ser tidos em consideração, tanto em condições de ambientes frios como em condições de ambientes quentes.

No caso dos trabalhadores expostos a ambientes frios, é, de todo, necessário reunir condições que permitam a estes obter o equilíbrio térmico do seu organismo. Este equilíbrio só é possível através do controlo do tempo de exposição a estes ambientes (D_{lim}), bem como um nível de vestuário requerido (IREQ) mínimo capaz de fornecer uma adequada resistência térmica face ao ambiente frio envolvente em que estão inseridos.

Através do ajustamento ao nível do vestuário, o ser humano consegue controlar e regular a perda de calor do organismo, equilibrando deste modo as alterações térmicas do meio envolvente. Os níveis de conforto são diferentes de indivíduo para indivíduo, sendo que é necessário ter em conta fatores individuais tais como, a idade, o peso, nível de metabolismo, entre outros. Um ambiente confortável para um indivíduo pode não o ser para outro.

No âmbito da indústria, é de todo pertinente obter este nível de conforto para com os trabalhadores, de modo a combater o stress térmico e aumentar a produtividade de cada um, sendo deste modo do interesse para qualquer tipo de indústria, a preocupação com esta temática. Para além disso, variáveis inerentes à temática do conforto térmico, nomeadamente em ambientes refrigerados, acarretam riscos associados para a própria saúde dos trabalhadores.

Em termos de caracterização e avaliação destas condições a que muitos indivíduos estão sujeitos, foi utilizada a norma internacional ISO 11079, 2007, em que através da avaliação de alguns parâmetros ambientais e individuais é possível determinar o IREQ (isolamento do vestuário requerido), que garante a manutenção do equilíbrio térmico e ainda o D_{lim} (tempo limite de exposição) para cada indivíduo, segundo os parâmetros avaliados.

Sendo a exposição dos trabalhadores a ambientes refrigerados e a análise do conforto térmico destes o âmbito de estudo, são então abordados neste capítulo aspetos relevantes a estas temáticas, tais como, normas, bem como fatores que influenciam o conforto, como fatores ambientais e individuais. Todos estes fatores são considerados variáveis que devem ser tidas em especial atenção, pois possuem uma influência considerável no conforto térmico dos indivíduos expostos a estas condições.

2.1. Conforto térmico

Segundo a norma ASHRAE 55-2004, o conforto térmico é definido como um estado de espírito no qual um indivíduo expressa satisfação relativamente ao ambiente térmico que o rodeia, podendo ser estimado através de avaliação subjetiva.

Devido às grandes variações, tanto fisiológicas como psicológicas, de pessoa para pessoa, é difícil satisfazer todo um conjunto de indivíduos que estejam inseridos no mesmo espaço. As condições ambientais necessárias para o conforto não são as mesmas para todos.

A definição de conforto é então um processo cognitivo, o qual envolve vários “inputs”, influenciado por vários processos físicos, fisiológicos, psicológicos, entre outros. Têm sido vários os estudos realizados quer em laboratório, quer no terreno, de forma a fornecer dados estatísticos que definam as condições para o qual uma certa percentagem de ocupantes encontra o ambiente onde está inserido confortável.

Existem, segundo a ASHRAE, seis fatores principais que devem ser mensurados de modo a determinar as condições de conforto térmico, sendo eles:

- Fatores ambientais:
 1. Temperatura do ar
 2. Temperatura média radiante
 3. Velocidade do ar
 4. Humidade relativa
- Fatores individuais:
 5. Nível de metabolismo
 6. Isolamento do vestuário

Todos estes fatores apresentam variações com o tempo, sendo que um indivíduo ao entrar num espaço que satisfaça os seus requisitos de conforto térmico pode não considerá-lo como tal, se por exemplo experimentou condições ambientais diferentes à priori. Segundo a ASHRAE, o efeito de uma exposição ou atividade anterior pode afetar a perceção de conforto durante aproximadamente uma hora.

Os fatores, 2 até ao 6, podem ser não uniformes ao longo do corpo do indivíduo, sendo que esta não uniformidade pode ser uma importante consideração na determinação do conforto térmico. O conforto está dependente também de comportamentos que são iniciados conscientemente ou inconscientemente, sendo estes guiados através de sensações relativas à temperatura e à humidade, de forma a proporcionar uma redução do desconforto. Alguns exemplos são, alteração do vestuário, alterar a atividade que está a ser realizada, mudar a postura ou localização, abrir uma janela ou mesmo abandonar o local.

O organismo humano possui mecanismos que permitem manter a temperatura interna sensivelmente constante. Este, quando se depara com alterações ambientais do meio em que está inserido toma medidas para que, através, quer das perdas ou dos ganhos de calor, consiga manter um equilíbrio térmico adequado para o bom funcionamento do organismo.

Esta manutenção de temperatura corporal envolve vários elementos ligados à regulação, nomeadamente, sensores térmicos, o centro integrador e de comando e os sistemas eferentes.

Este conjunto de elementos fazem parte integrante do mecanismo de regulação, designado por termorregulação, que em caso de exposição a ambientes frios, toma medidas através de estímulos nervosos que vão provocar o processo designado de vasoconstricção dos vasos sanguíneos, permitindo assim uma manutenção da temperatura interna. Este processo é caracterizado pela contração dos vasos sanguíneos, em que permite uma diminuição das perdas de calor para o meio ambiente em que o indivíduo está inserido.

Existem ainda outros mecanismos que o organismo utiliza que permitem a reposição térmica do mesmo, como é o caso dos tremores, que provocam um aumento do nível de metabolismo do indivíduo, levando a um aumento de produção de calor. A contração rápida involuntária da musculatura esquelética pode resultar num aumento até 4 vezes da produção de calor, 2 vezes do consumo de oxigénio e 6 vezes da taxa metabólica (Magalhães, 2001)

Contrariamente ao stress por calor, o stress por frio, desafia então o organismo a reter o calor produzido pelo metabolismo do mesmo. O corpo humano está constantemente a produzir calor através deste processo, sendo que este é transferido do organismo para o meio envolvente, através de diferentes formas, como a radiação (transfere para objetos no meio com temperaturas inferiores à do organismo), condução (através do toque, interação com corpos/superfícies frias), convecção (trocas de calor com o ar envolvente com uma temperatura inferior à do corpo humano, pela expiração do ar inspirado, que foi aquecido no interior do corpo) e pela evaporação (através do suor que evapora do corpo para o ar envolvente, em condições de humidade que assim o permitam).

O stress por frio é atingido quando a manutenção da temperatura interior do corpo exige um esforço significativo, que para além de interferir com a capacidade de concentração e de realização de trabalho pode ainda obrigar a limitar o tempo máximo de exposição às condições térmicas que originam situações de tensões térmicas. (ISO 11079, 2007)

É nestes casos, em que as condições de stress são tais, que o organismo não consegue repor e manter a temperatura do corpo ou partes deste (como por exemplo dedos, pés, mãos, entre outros), que ocorre o fenómeno caracterizado por tensão térmica, que em casos mais críticos, dependendo do tempo de exposição, pode resultar em problemas de saúde devido às temperaturas reduzidas do meio envolvente, tais como queimaduras, problemas respiratórios, hipotermia, entre outros.

2.2. Fatores ambientais que afetam o conforto

2.2.1. Temperatura e velocidade do ar

Estes dois fatores são considerados os “principais” responsáveis pelo nível do conforto térmico, pela sensação térmica sentida pelo organismo.

A temperatura do ar (t_a) está inerente aos processos de evaporação e convecção entre o corpo humano e o meio envolvente. A magnitude destes dois processos está completamente dependente da velocidade do ar (v_{ar}), pois quanto maior a velocidade deste, maior será o efeito de arrefecimento ligado aos processos de evaporação e convecção. Comparativamente a uma velocidade do ar nula com uma certa temperatura ambiente e com uma velocidade do ar mínima, a mesma temperatura vai sofrer alterações devido a estas diferenças nas velocidades do ar, pois a magnitude dos processos referidos é completamente diferente. A direção, intensidade, e mesmo a zona do corpo que está exposta a esta “brisa” de ar compromete o conforto térmico.

2.2.2. Temperatura média radiante e humidade do ar

2.2.2.1. Humidade do ar

A humidade é outra grandeza que afeta os processos de termorregulação do corpo humano, nomeadamente o processo de evaporação, em que, dependendo da percentagem de humidade este processo será mais ou menos eficiente, pois afeta a velocidade em que se dá a evaporação de líquidos (como a transpiração) da pele para o ar do meio ambiente envolvente, contribuindo deste modo para o desconforto térmico e conseqüentemente o stress térmico.

2.2.2.2. Temperatura Média Radiante

A temperatura média radiante (t_r) é um fator significativo no que diz respeito ao conforto térmico, especialmente em edifícios cuja envolvente está exposta a uma radiação solar forte, em que níveis de temperatura e humidade ditos “normais” não conseguem garantir um conforto interior. Paredes ou janelas em que as superfícies são frias, podem provocar sensações de frio, mesmo que as condições do ar envolvente estejam em níveis considerados como confortáveis. Contrariamente, superfícies quentes possibilitam que um indivíduo se sinta mais quente que o próprio ar envolvente do meio. A temperatura média radiante é definida como a temperatura de um ambiente fictício, termicamente uniforme, que trocaria com o homem a mesma potência térmica num ambiente real. Para avaliar a temperatura média radiante devem ser obtidas: a temperatura do termómetro de globo negro, a temperatura do ar e a velocidade do ar, medidas nas proximidades do termómetro de globo. A fórmula de cálculo deste parâmetro é a seguinte (ISO 7726, 1998):

No caso de convecção natural:

$$t_r = [(t_g + 273)^4 + \frac{0.25 \times 10^8}{E_g} \left(\frac{t_g - t_a}{D}\right)^{\frac{1}{4}} \times (t_g - t_a)]^{\frac{1}{4}} - 273 \quad \text{[Equação 1]}$$

No caso de convecção forçada:

$$t_r = [(t_g + 273)^4 + \frac{1.1 \times 10^8 \times v_a^{0.6}}{E_g \times D^{0.4}} (t_g - t_a)]^{\frac{1}{4}} - 273 \quad \text{[Equação 2]}$$

Em que:

D = diâmetro do termómetro de globo

$E_g = 0.95$ (emissividade presumida do termómetro de globo)

t_g = temperatura do termómetro do globo

t_a = temperatura do ar

v_a = velocidade do ar

2.3. Fatores individuais

2.3.1.1. Balanço térmico

O corpo humano é caracterizado como homeotérmico, pois este mesmo, sujeito a variações extremas de temperatura do meio exterior, consegue manter a temperatura interna corporal ligeiramente constante, entre um pré-determinado intervalo de temperatura, 36,1 a 37,2 °C (Magalhães 2001).

O balanço térmico do organismo é influenciado pelo nível de atividade e nível de isolamento do vestuário utilizado, bem como os vários parâmetros ambientais já referidos, como, temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade do ar e humidade. O equilíbrio térmico é alcançado quando a quantidade de produção interna de calor por parte do corpo humano é igual à quantidade de calor perdida para o meio envolvente (ISO 7730). Estas trocas de calor ocorrem através de processos como a convecção, radiação, evaporação e condução.

A equação que traduz o balanço térmico é a seguinte:

$$M - W = C_{res} + E_{RES} + E + K + R + C + S \quad \text{[Equação 3]}$$

A parte esquerda da equação representa a produção interna de calor, que é equilibrada pela parte direita da equação, que representa a soma das trocas de calor por respiração, pela pele e ainda o calor acumulado no corpo.

M - Nível de Metabolismo, avaliado de acordo com a norma ISO 8996, 2004;

W - Trabalho mecânico realizado, normalmente desprezável.

Trocas de calor por respiração

O calor é perdido através da respiração, por aquecimento e saturação do ar inspirado, sendo que a soma das perdas de calor por convecção (C_{res}) e evaporação (E_{res}) são dadas pelas equações 4 e 5 (ISO 11079, 2007).

$$C_{res} = c_p \cdot V(t_{ex} - t_a)/A_{Du} \quad \text{[Equação 4]}$$

$$E_{res} = c_e \cdot V(W_{ex} - W_a)/A_{Du} \quad \text{[Equação 5]}$$

Estas mesmas fórmulas, relativas às perdas de calor através da respiração, podem ser relacionadas com o nível de metabolismo e calculadas da seguinte forma:

$$C_{res} = 0,0014 \cdot M (p_{ex} - p_a) \quad \text{[Equação 6]}$$

$$E_{res} = 0,0173 \cdot M(t_{ex} - t_a) \quad \text{[Equação 7]}$$

$$t_{ex} = 29 + 0,2 \cdot t_a \quad \text{[Equação 8]}$$

É assumido que o ar expirado é saturado e possui uma temperatura (t_{ex}), que está relacionada com a temperatura do ar inspirado (t_a), através da equação 8.

Trocas de calor por evaporação

As trocas de calor por evaporação são determinadas pela equação 9 (ISO 11079, 2007).

$$E = (p_{sk} - p_a)/R_{e,T} \quad \text{[Equação 9]}$$

Trocas de calor por condução

As trocas de calor por condução “K” estão relacionadas com a área corporal que entra em contacto com superfícies externas. Normalmente este parâmetro assume valores reduzidos, exceto na avaliação do arrefecimento local que pode possuir uma importância significativa (ISO 11079, 2007 e ISO 13732-3).

Trocas de calor por radiação

Estas trocas de calor por radiação “R” entre a superfície do vestuário, incluindo áreas do corpo descobertas, e o meio envolvente, são definidas pela equação 10 (ISO 11079, 2007).

$$R = f_{cl} \cdot h_r \cdot (t_{cl} - \bar{t}_r) \quad \text{[Equação 10]}$$

Troca de calor por convecção

Estas trocas de calor por convecção “C” entre a superfície do vestuário, incluindo áreas do corpo descobertas, e o meio envolvente, são definidas pela equação 11 (ISO 11079, 2007).

$$C = f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \quad \text{[Equação 11]}$$

Trocas de calor através do vestuário

As trocas de calor através do vestuário são resultantes dos processos de condução, convecção e radiação e também da evaporação através da transpiração.

O efeito do vestuário na troca de calor latente é representado pela equação 9. O efeito do vestuário na troca de calor sensível é determinado através do isolamento térmico do conjunto do vestuário utilizado e o gradiente de temperatura das superfícies pele/vestuário.

O calor sensível que flui para a superfície do vestuário é equivalente ao calor transferido entre a superfície do vestuário e o meio envolvente. Estas trocas de calor são definidas pela equação 12 (ISO 11079, 2007):

$$\frac{\bar{t}_{sk} - t_{cl}}{I_{cl}} = R + C = M - W - E_{res} - C_{res} - E - S \quad \text{[Equação 12]}$$

2.3.1.2. *Nível de Metabolismo*

O metabolismo é definido como o processo de produção de energia interna, a partir de elementos combustíveis orgânicos. Este parâmetro é apresentado de duas formas, através da unidade “met” ou através da unidade base W/m^2 , sendo que, 1 met corresponde a $58,15 W/m^2$.

O nível de metabolismo consiste na conversão de energia química em energia térmica e mecânica, em que é mensurado o custo energético da carga muscular, sendo apresentado sob a forma de índice numérico por atividade (ISO 8996, 2004).

Desta energia produzida apenas 20% é utilizada, convertida em trabalho efetivo, sendo que os restantes 80% são dissipados sobre a forma de calor, permitindo deste modo ao organismo manter o equilíbrio térmico (Frota, 2001).

Segundo a norma ISO 8996, 2004, no contexto ergonômico e nas condições ambientais do espaço de trabalho são utilizados diferentes métodos para determinar o nível de metabolismo. Para além destas aplicações pode também ser utilizada para outros fins como o custo energético de um trabalho específico, ou ainda o custo energético de atividades desportivas, entre outras.

Para efeitos de cálculo do metabolismo é necessário ainda determinar a área corporal do indivíduo em questão, sendo esta calculada segundo a equação de Dubois (equação 13).

$$A_{Du} = 0,007184 \times (Peso^{0,725}) \times (Altura^{0,425}) \quad \text{[Equação 13]}$$

Esta norma possui quatro métodos de cálculo distintos com diferentes níveis de precisão e considera a eficiência mecânica da carga muscular desprezável, ou seja, o trabalho mecânico efetivo (W) como nulo, devido a esta possuir um valor muito reduzido.

A tabela 2.1, apresenta os quatro métodos utilizados pela norma, em que quanto maior o nível do método, maior a precisão dos resultados obtidos.

Tabela 2.1 - Níveis para determinação do nível metabólico (ISO 8996, 2004)

Nível	Método	Precisão	Inspeção do espaço de trabalho
1	1A: Classificação por ocupação	Informação grosseira	Não necessária, mas é necessária informação sobre o equipamento utilizado e o tipo de indústria
	1B: Classificação por atividade	Risco muito elevado de erro	
2	2A: Tabelas de avaliação	Risco elevado de erro	Necessário o estudo de tempos e movimentos durante as atividades
	2B: Tabelas para atividades específicas	± 20 %	
3	Medição da frequência cardíaca sobre condições definidas	± 10 %	Estudo necessário para determinar um certo período
4	4A: Medição do consumo de oxigénio	± 5 %	Necessário o estudo de tempos e movimentos durante as atividades
	4B: Método de dupla camada de água		Inspeção do espaço de trabalho não é necessária, mas é necessária avaliação de atividades de lazer
	4C: Calorimetria direta		Inspeção de espaço de trabalho não é necessária

O método utilizado neste estudo foi o método referido como nível 3 nesta mesma norma, em que para tal é necessário aquisição da frequência cardíaca para cada trabalhador.

Nesta norma utilizam uma correlação entre o nível de metabolismo e a frequência cardíaca, em que recomendam a sua aplicação apenas para intervalos entre os 20 e os 120 bpm.

Dentro destes limites referidos a relação entre a frequência cardíaca e o metabolismo é dada pela equação 14.

$$FC = FC_0 + RM \times (M - M_0) \quad \text{[Equação 14]}$$

Em que:

- FC é a frequência cardíaca medida sobre as condições do estudo, na realização da atividade de trabalho em condições de frio.

- FC_0 é a frequência cardíaca medida em repouso e em condições neutras termicamente.
- RM é a o aumento do batimento cardíaco por unidade de nível metabólico.
- M é o nível de metabolismo.
- M_0 é o nível de metabolismo em condições de repouso (55 W/m^2).

É necessário calcular os vários parâmetros da equação 14, sendo que o aumento do batimento cardíaco por unidade de nível metabólico (FC_0) é dado pela equação 15.

$$RM = (FC_{max} - FC_0)/(MWC - M_0) \quad \text{[Equação 15]}$$

Sendo que na capacidade máxima de carga (MWC) que entra no cálculo do RM é necessário ter em conta o género do indivíduo, se é feminino ou masculino e ainda o peso (Kg), traduzindo-se nas equações 16 e 17.

- Mulheres - $MWC = (35 - 0,22A)P^{0,666} \text{ [W/m}^2\text{]}$ [Equação 16]

- Homens - $MWC = (41,7 - 0,22A)P^{0,666} \text{ [W/m}^2\text{]}$ [Equação 17]

A frequência cardíaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) é calculada segundo a equação 18.

$$FC_{m\acute{a}x} = 205 - 0,62A \quad \text{[Equação 18]}$$

Depois de determinados todos estes parâmetros é possível retirar da equação 14, o nível de metabolismo para cada trabalhador.

2.3.1.3. Nível de vestuário

O nível de isolamento do vestuário utilizado constitui um parâmetro fundamental na determinação do nível de conforto de um determinado indivíduo. Quer em ambientes quentes como ambientes frios, este é um parâmetro que deve ser mensurado de forma a proteger o trabalhador das condições a que está sujeito.

Segundo a norma ISO 9920,2007, o isolamento térmico (I) é definido como a resistência à perda de calor entre duas superfícies e expressa-se em clo ou $\text{m}^2 \cdot \text{k} \cdot \text{W}^{-1}$ (1 clo corresponde a $0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{k} \cdot \text{W}^{-1}$). É, a resistência à perda de calor por parte do vestuário, que quando cobre o corpo humano de uma forma uniforme, incluindo mãos, face, pés, etc., vai resultar na mesma perda de calor do vestuário efetivamente utilizado, apesar de este ser, possivelmente, não uniforme. A resistência à perda de calor é o quociente entre o gradiente da temperatura entre superfícies, sobre a quantidade de calor perdido por unidade de área do corpo (equação 19, ISO 9920, 2007).

$$I = \frac{\text{Gradiente de temperatura}}{\text{Calor perdido por unidade de área do corpo}}$$

[Equação 19]

Para o corpo humano, esta resistência pode ser subdividida em camadas específicas tal como é possível verificar na figura 2.1.

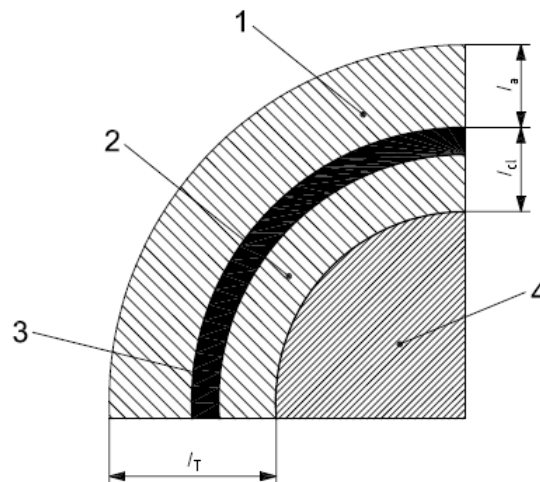


Figura 2.1 - Camadas consideradas pela norma ISO 9920, 2007, (fonte: ISO 9920, 2007).

Em que:

- 1- Superfície ou camada de ar da fronteira
- 2- Camada de ar fechada
- 3- Vestuário
- 4- Corpo

I_T - Isolamento básico total, isolamento térmico da superfície do corpo até ao meio envolvente (incluindo todo o vestuário, camada de ar fechado e camada de ar exterior, sobre condições de referência, estático).

I_a - Isolamento térmico da camada do ar superficial ou exterior, envolvente da camada exterior do vestuário ou, em casos de nudez, envolvente da pele.

I_{cl} - Isolamento básico, isolamento térmico da superfície da pele até à superfície do vestuário (incluindo a camada de ar fechada), sobre condições de referência, estático).

Esta mesma norma dispõe de valores de isolamento de conjuntos de vestuários em várias tabelas, podendo ser utilizados estes valores caso o conjunto utilizado pelo indivíduo que está a ser avaliado seja idêntico. Caso seja necessário, é possível contabilizar peça a peça do vestuário que está efetivamente a ser utilizado pelo indivíduo. Nesse caso é necessário recorrer

a métodos de cálculo de forma a ser possível contabilizar todo o isolamento do vestuário que está a ser utilizado.

O nível de isolamento básico (I_{cl}) de um determinado conjunto de vestuário necessita ser corrigido, tendo em conta a penetração do vento que se possa fazer sentir num dado espaço e a própria atividade desenvolvida pelo trabalhador, contabilizando deste modo a permeabilidade ao ar da camada exterior do vestuário utilizado ($I_{cl,r}$). Deste modo, este acaba por ser mais realista para uma comparação com o valor de IREQ.

A equação seguinte demonstra como calcular $I_{cl,r}$.

$$\bullet \quad I_{cl,r} = I_{t,r} - \left(\frac{I_{at}}{f_{cl}} \right) \quad \text{[Equação 20]}$$

Em que:

$$\bullet \quad I_{t,r} = I_t \cdot [0.54 \cdot e^{0.075 \ln(ap) - 0.15 \cdot v_a - 0.22 \cdot v_w} - 0.06 \cdot \ln(a_p) + 0.5] \quad \text{[Equação 21]}$$

$$\bullet \quad I_{a,r} \cdot [0.092 \cdot e^{0.15 \cdot v_a - 0.22 \cdot v_w} - 0.0045] \quad \text{[Equação 22]}$$

$$\bullet \quad v_w = 0.0052(M - 58) \quad \text{[Equação 23]}$$

Sendo a_p , a permeabilidade ao ar (regra geral a grande maioria das peças possuem uma permeabilidade de $8 \text{ l.m}^2.\text{s}^{-1}$), que pode ser calculada através do norma ISO 9237, v_w a velocidade do ar considerando o movimento do indivíduo ao longo da jornada de trabalho. Caso o valor da velocidade do movimento do indivíduo seja desconhecido, é possível calculá-lo através da equação v_w .

Por fim, é possível determinar através das equações anteriores, o nível de isolamento requerido. A equação 24 fornece uma avaliação complementar do nível de isolamento requerido podendo ser comparado com as tabelas referentes ao nível de isolamento existente na norma ISO 9920, 2007. O nível de isolamento requerido é determinado substituindo $I_{cl,r}$ por o valor de IREQ.

$$\bullet \quad I_{cl} = \frac{I_{cl,r} + [0.092 \cdot e^{0.15 \cdot v_a - 0.22 \cdot v_w} - 0.0045] / f_{cl}}{0.54 \cdot e^{0.075 \cdot \ln(a_p) - 0.15 \cdot v_a - 0.22 \cdot v_w} - 0.06 \cdot \ln(a_p) + 0.5} - 0.085 / f_{cl} \quad \text{[Equação 24]}$$

2.4. Índices de conforto térmico

Na avaliação do conforto térmico existem vários índices que podem ser utilizados e classificados segundo a sua aplicabilidade. Estes índices combinam dois ou mais parâmetros ambientais, como humidade, temperatura velocidade do ar, entre outros, numa variável única que permite uma descrição simplificada do ambiente térmico em questão e o stress térmico que este possa impor. Índices racionais são baseados em conceitos teóricos que utilizam modelos matemáticos, que relacionam o balanço térmico entre o indivíduo e o ambiente em que está inserido. Índices empíricos são baseados em medições com indivíduos ou relações simplificadas que podem não seguir estritamente a componente teórica. Estes índices acabam por ser geralmente classificados segundo o tipo de stress que podem incidir sobre o indivíduo, stress por frio ou stress por calor. Alguns dos índices de conforto mais utilizados são apresentados de seguida.

2.4.1.1. Índice WBGT

Índice da temperatura do bolbo húmido e do globo negro (Wet Bulb Globe Temperature) referido pela norma ISO 7243, 2006. Este é utilizado na avaliação de stress térmico nos casos em que o indivíduo está sujeito às condições de ambientes quentes e apresenta o valor em relação ao consumo do metabolismo associado a uma atividade de trabalho particular que, uma vez ultrapassado, leva o indivíduo a uma situação de stress térmico. Este índice combina a medição da temperatura do bolbo húmido com a ventilação natural (t_{nw}), com a temperatura do globo negro (t_g) e, em algumas situações, com a temperatura do ar (t_a). Pode ser determinado utilizando uma das equações abaixo (ISO 7243, 1989), dependendo das condições do local que se pretende avaliar.

No interior e exterior de edifícios com ausência de irradiação solar, apenas com radiação infravermelha:

- $WBGT_{ambientes\ fechados} = 0,7t_{nw} + 0,3t_g$ [Equação 25]

No exterior de edifícios com a presença de irradiação solar:

- $WBGT_{ambientes\ externos} = 0,7t_{nw} + a.0,95(t_g - t_a) + t_a$ [Equação 26]

2.4.1.2. Índice de Turbulência (Tu) e fator de risco da corrente de ar DR (Draught Rating)

O índice de turbulência avalia a intensidade local de turbulência em percentagem, definida como a relação entre o desvio padrão da velocidade local e a velocidade média local do ar (ISO 7726, 1998).

$$\bullet \quad Tu = \frac{SD}{v_a} \quad \text{[Equação 27]}$$

Onde, v_a é a velocidade média do ar e SD , o desvio padrão da velocidade do ar. Sendo que este último é determinado segundo:

$$\bullet \quad SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_{a_i} - v_a)^2} \quad \text{[Equação 28]}$$

A partir do cálculo da turbulência, conhecendo os valores médios da velocidade do ar e da temperatura ambiente é possível determinar o fator de risco da corrente de ar “DR” (Draguht Rating), sendo determinado através da equação 29.

$$\bullet \quad DR = (34 - t_a) \cdot (v_a - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot v_a \cdot Tu + 3,14) \quad \text{[Equação 29]}$$

Este indica a percentagem de pessoas insatisfeitas por consequência das correntes de ar. Permite avaliar o desconforto que advém de correntes de ar, pois é definido como um indesejável arrefecimento local do corpo devido a movimentações do ar. O índice DR é calculado para ambientes com temperaturas compreendidas entre 20 °C e 26 °C e velocidades médias do ar menores que 0,5 m/s.

2.4.1.3. Índice WCI (Wind Chill Index)

Este índice (índice de arrefecimento pelo vento) permite uma apreciação sintética dos efeitos a que um indivíduo está sujeito quando exposto a ambientes frios. Este índice de arrefecimento devido aos efeitos provocados pelo vento permite avaliar o desconforto térmico de um indivíduo, experimentado durante uma exposição em condições de baixa temperatura e vento, e pode ser determinado através da equação 30 (ISO 11079, 2007):

$$\bullet \quad WCI = 13,12 + 0,6215t_a - 11,37v_a^{0,16} + 0,4275t_a v_a^{0,16} \quad \text{[Equação 30]}$$

Em que t_a é a temperatura em °C, e v_a , a velocidade em km/h, mensurada a uma altura de 10 metros acima do solo. Caso a medição não seja possível ser efetuada a 10 metros

de altura, e se for utilizada a altura de 1,5 metros, utilizada por grande parte dos equipamentos de medição, o índice determina-se segundo a equação seguinte, em que $v_{1,5}$ é a velocidade do ar mensurada a 1,5 metros de altura.

$$\bullet \quad WCI = 13,12 + 0,6215t_a - 11,37v_{1,5}^{0,16} + 0,4275t_a v_{1,5}^{0,16} \quad [\text{Equação 31}]$$

O índice WCI não tem em consideração o tipo de vestuário de proteção utilizado, nem a intensidade da atividade desenvolvida. Normalmente é calculado para temperaturas de ar inferiores a 10°C e para velocidade de ar não inferiores a 4,2 km/h. É utilizado maioritariamente para ambientes exteriores, em que as condições ambientais podem ser extremamente frias.

Após determinação do índice, ou seja depois de calculada a t_{wc} , é possível através do resultado obtido, associar com recurso à tabela 2.2, presente na norma ISO 11079, 2007, ao risco que esta provoca no organismo.

Tabela 2.2 - Temperatura de arrefecimento pelo vento t_{wc} e risco associado, (Fonte: ISO 11079, 2007).

Classificação do risco	t_{wc} (°C)	Efeito
1	-10 a 24	Desconfortavelmente Frio
2	-25 a -34	Muito frio, risco de congelamento da pele
3	-35 a -59	Muitíssimo frio, pele exposta pode congelar em cerca de 10 minutos
4	≤ -60	Extremamente frio, pele exposta pode congelar em menos de 2 minutos

2.4.1.4. Índice PMV e PPD

O índice PMV (votação média previsível) referente na norma ISO 7730, 2008, permite avaliar/estimar, através de um conjunto de parâmetros ambientais e individuais, tendo em conta uma escala de sete níveis de sensações térmicas (tabela 2.3), o ambiente em que os indivíduos estão inseridos.

Tabela 2.3 - Escala de sete sensações térmicas.

+3	Muito Quente
+2	Quente
+1	Ligeiramente Quente
0	Neutro
-1	Ligeiramente Frio
-2	Frio
-3	Muito Frio

A previsão do índice PMV relativo às sensações térmicas pode ser calculada através das seguintes equações (ISO 7730, 2008):

- $$PMV = [0,303e^{(-0,036.M)+0,028}] \cdot [(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W) - pa - 0,45 \cdot M - W - 58,15 - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot 5867 - pa - 0,0014 \cdot M \cdot 34 - ta - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl}(t_{cl} + 273)^4 - tr + 2734 - f_{cl} \cdot hc \cdot ((t_{cl} - ta)$$

[Equação 32]

- $$t_{cl} = 35,27 - 0,028 \cdot (M - W) - I_{cl} \cdot \{3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl}[(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot hc \cdot (t_{cl} - ta)$$

[Equação 33]

- $$h_c \begin{cases} 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{se } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} & \text{se } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

[Equação 34]

- $$f_{cl} \begin{cases} 1,00 + 1,290 I_{cl} & \text{se } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \text{ (0,503 clo)} \\ 1,05 + 0,645 I_{cl} & \text{se } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \text{ (0,503 clo)} \end{cases}$$

[Equação 35]

Em que:

- M, o metabolismo, em W/m²;
- W, o trabalho mecânico desenvolvido, em W/m²;
- I_{cl}, o isolamento térmico do vestuário, em m².K/W;
- f_{cl}, o fator da área da superfície do vestuário;

- t_a , a temperatura do ar, em °C;
- t_r , a temperatura média radiante, em °C;
- v_a , a velocidade do ar, em m/s;
- p_a , a pressão parcial do vapor de água, em Pa;
- h_c , coeficiente de transferência de calor por convecção, em $W/(m^2.K)$;
- t_{cl} , a temperatura da superfície do vestuário.

Posteriormente é possível relacionar o índice PMV com o índice PPD (Votação Média Previsível), que consiste na previsão da votação média previsível por um conjunto considerável de indivíduos que estão sujeitos às mesmas condições ambientais. Estabelece uma previsão quantitativa do número de indivíduos que apresentam desconforto térmico, com sensações de calor ou de frio. O PPD pode ser determinado através da equação 36.

$$PPD = 100 - 95e^{-(0,03353PMV^4 + 0,2179PMV^2)} \quad \text{[Equação 36]}$$

Estes índices possuem a limitação de apenas poderem ser utilizados em ambientes considerados termicamente moderados, sendo que segundo a norma ISO 7730, 2008, estes índices só podem ser aplicados se:

- M , entre 46 e 232 W/m^2 (0,8 a 4 met);
- I_{cl} , entre 0 e 0,310 $m^2.K/W$ (0 a 2 clo);
- t_a , entre 10 e 30 °C;
- t_r , entre 10 e 40 °C;
- v_{ar} , entre 0 e 1 m/s;
- p_a , entre 0 e 2700 Pa

Esta norma disponibiliza um algoritmo de cálculo online, que permite determinar estes índices através da introdução das várias variáveis referidas (figura 2.2).

JAVA applet for ISO 7730
Calculation of Predicted mean Vote (PMV),
and Predicted Percentage Dissatisfied (PPD),
PMV 2008 ver 1.0, Ingvar Holmer.
BOOKMARK THIS PAGE in order to ALWAYS
use the LATEST VERSION of the code.
Disclaimer and references at the end of the document.

Input	Description
128.46	M (W/m ²), Metabolic energy production (58 to 232 W/m ²)
0	W (W/m ²), Rate of mechanical work, (normally 0)
14.5	Ta (C), Ambient air temperature (10-30)
15	Tr (C), Mean radiant temperature (often close to ambient air temperature)
0.2	v (m/s), Relative air velocity (0.1 to 1 m/s)
82	rh (%), Relative humidity
1.08	Icl (clo), basic clothing insulation (1 clo = 0.155 W/m ² K)

PMV and PPD

PMV -3 cold to +3 hot

PPD (%)

CALCULATION READY!

Figura 2.2 - Interface do algoritmo de cálculo utilizado pela Norma ISO 7730, 2008

2.4.1.5. IREQ

O IREQ (required clothing insulation) definido como o isolamento do vestuário resultante necessário às condições do ambiente atual de forma a manter o corpo humano, num estado de equilíbrio térmico em níveis de temperatura aceitáveis para o corpo e para a pele (ISO 11079, 2007).

IREQ é:

- Uma medida de stress térmico devido ao frio, integrando os efeitos da temperatura do ar, temperatura média radiante, humidade relativa e velocidade do ar, para níveis de metabolismo definidos.
- Um método que analisa os efeitos do ambiente térmico e a da taxa metabólica no corpo humano.
- Um método que permite especificar o isolamento do vestuário requerido e, conseqüentemente, selecionar o vestuário a ser utilizado sobre as condições de exposição.

- E ainda um método para avaliar as alterações dos parâmetros do balanço térmico, de forma a implementar melhorias no plano de trabalho, como o tempo e regime de trabalho sob condições de frio.

O cálculo deste índice é baseado na análise das trocas de calor do corpo humano com o meio envolvente, em que utiliza a equação do balanço térmico referida anteriormente.

Cálculo do IREQ

Através das equações referidas acima relativas à equação do balanço térmico, tendo em conta também o fluxo de calor por convecção, o nível de isolamento do vestuário requerido é calculado através da seguinte equação:

$$IREQ = \frac{\bar{t}_{sk} - t_{cl}}{R+C} \quad \text{[Equação 36]}$$

As equações 12 e 36 representam as trocas de calor sensível à superfície do vestuário quando o corpo humano está em equilíbrio térmico. Consequentemente, a relação entre $I_{cl,r}$ e o IREQ também estará em equilíbrio.

$I_{cl,r}$, é o valor do isolamento do vestuário resultante, para os efeitos de penetração do “vento” e atividade realizada, tendo em consideração a permeabilidade ao ar do vestuário.

A equação 37, possui duas incógnitas, IREQ e t_{cl} , deste modo, resolvendo a equação em ordem a t_{cl} vem que:

$$t_{cl} = \bar{t}_{sk} - IREQ \cdot (M - W - E_{res} - C_{res} - E) \quad \text{[Equação 37]}$$

Esta expressão substitui t_{cl} no programa de cálculo fornecido pela norma 11079, 2007, para as equações 10, 11 e 36. O valor do IREQ que satisfaça a equação 36 é calculado através de um processo iterativo. Esta norma disponibiliza um algoritmo de cálculo online (figura 2.3), referido no anexo F da mesma, que permite determinar todos os parâmetros que vão ser avaliados, tal como o índice IREQ, o tempo limite de exposição, D_{lim} , e ainda o tempo de recuperação, D_{rec} caso necessário.

JAVA applet for ISO 11079

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

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

Disclaimer and references at the end of the document.

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

220	M (W/m ²), Metabolic energy production (58 to 400 W/m ²)
0	W (W/m ²), Rate of mechanical work, (normally 0)
-24	Ta (C), Ambient air temperature (< +10 C)
-24	Tr (C), Mean radiant temperature (often close to ambient air temperature)
8	p (l/m ² s), Air permeability (low < 5, medium 50, high > 100 l/m ² s)
0.8	w (m/s), Walking speed (or calculated work created air movements)
0.4	v (m/s), Relative air velocity (0.4 to 18 m/s)
91	rh (%), Relative humidity
0.89	Icl (clo), AVAILABLE basic clothing insulation (1 clo = 0.155 W/m ² K)

IREQ & Dlim RESULTS (minimal to neutral)

Insulation Required, IREQ to (clo)

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

Duration limited exposure, Dlim to (hours)

CALCULATION READY!

Figura 2.3- Interface do algoritmo de cálculo utilizado pela Norma ISO 11079, 2007.

Interpretação do IREQ

O IREQ é uma medida do stress térmico apresentado pela combinação dos efeitos da produção interna de calor e a troca deste com o meio envolvente. Quanto maior o poder de arrefecimento do meio envolvente, maior será o valor de IREQ, independentemente do nível de atividade desenvolvida.

Quaisquer que sejam as condições ambientais do meio envolvente o stress por arrefecimento e por sua vez o IREQ, é reduzido com o aumento do nível da atividade devido à maior produção de calor pelo organismo.

O equilíbrio térmico pode ser atingido para diferentes níveis de tensões de termorregulação, definidos em termos de valores para a temperatura média da pele, transpiração (área da pele coberta por transpiração) e alterações da temperatura corporal.

O IREQ pode ser definido em dois níveis de tensão fisiológica:

- $IREQ_{min}$, é definido como o isolamento térmico mínimo necessário para manter o equilíbrio térmico do corpo humano a um nível subnormal da temperatura média do corpo, representando o valor máximo admissível para o arrefecimento do corpo no desenvolver de uma determinada atividade. O $IREQ_{min}$ representa o arrefecimento do corpo, nomeadamente nas zonas da periferia, podendo até limitar o tempo de exposição devido ao arrefecimento destas mesmas zonas.
- $IREQ_{neutro}$, é definido como o isolamento térmico necessário, que fornece condições térmicas neutras, ou seja, o isolamento térmico requerido para manter o equilíbrio a um nível normal de temperatura média corporal, representando assim o arrefecimento mínimo ou nulo para com o corpo humano.

Comparação do IREQ com o isolamento do vestuário utilizado

O objetivo principal do método do IREQ é analisar se o vestuário utilizado fornece ou não isolamento suficiente de forma a estabelecer um nível definido de balanço térmico.

O valor mais utilizado do isolamento de um conjunto de vestuário é o seu próprio valor básico de isolamento (I_{cl}). De forma a utilizar este valor para comparar com o valor de IREQ, este valor necessita de ser corrigido tendo em conta vários fatores (permeabilidade ao ar da camada exterior do vestuário, velocidade do ar e nível de atividade). Esta correção pode ser realizada tendo em conta as equações já referidas do $I_{cl,r}$.

Cada peça do vestuário vai possuir um determinado valor de isolamento, sendo que para a obtenção destes valores é utilizada a norma ISO 9920, 2007, onde é possível retirar das tabelas existentes os valores de isolamento básico individuais para a grande maioria das peças mais usuais.

$I_{cl,r}$ é então comparado com o IREQ calculado de acordo com os seguintes critérios:

- 1- $I_{cl,r} > IREQ_{neutro}$, o conjunto do vestuário utilizado fornece isolamento superior ao necessário. Neste caso existe risco de sobreaquecimento devido ao nível de vestuário excessivo, provocando um aumento do nível de transpiração, podendo conduzir a um risco de hipertermia devido à absorção da transpiração por parte do vestuário. Nestas condições deve-se procurar reduzir o isolamento do vestuário.
- 2- $IREQ_{min} \leq I_{cl,r} \leq IREQ_{neutro}$, o conjunto do vestuário utilizado fornece isolamento adequado. Nestas condições o nível de tensão fisiológica é aceitável, sendo que a

sensação térmica pode ser classificada como neutra ou ligeiramente fria. Não necessita de intervenção. É caracterizada também como a zona neutra ou de regulação, em que um indivíduo consegue alcançar a neutralidade térmica com pequenos “ajustes” ao nível do vestuário.

- 3- $I_{cl,r} < IREQ_{min}$, o conjunto do vestuário utilizado não fornece isolamento adequado de forma a prevenir o arrefecimento do corpo humano. Nestas condições, em exposição progressiva, existe um risco crescente de hipotermia. Quando se verificam estes casos, devem ser tomadas medidas de forma a minimizar o risco do trabalhador, sendo que o nível de isolamento do vestuário deve ser corrigido. Para estes casos deve ainda ser calculado um tempo limite de exposição (D_{lim}) e um tempo de recuperação (D_{rec}) de forma a reestabelecer o balanço térmico do corpo humano após exposição a ambientes frios, caso o tempo limite calculado seja excedido.

Tempo limite de exposição e de recuperação

Quando se verificam valores de $I_{cl,r}$ inferiores ao valor de $IREQ$, a exposição às condições de frio deve ser limitada de modo a prevenir o arrefecimento progressivo do organismo. O tempo limite de exposição (D_{lim}) é definido como o tempo máximo de exposição recomendado com o nível de isolamento do vestuário disponível (ISO 11079, 2007), sendo que este é obtido através da equação 38.

$$\bullet \quad D_{lim} = \frac{Q_{lim}}{S} \quad \text{[Equação 38]}$$

Sendo Q , a quantidade de calor ganha ou perdida pelo organismo para o meio envolvente, Q_{lim} será o valor limite de Q , para este caso particular, será a perda de calor máxima, e S a taxa de calor armazenada no organismo (equação 39). Sabendo estas duas variáveis é possível determinar então o D_{lim} .

$$\bullet \quad S = M - W - E_{res} - C_{res} - E - R - C \quad \text{[Equação 39]}$$

Após exposição a condições de frio, em alguns casos, é necessário um período de recuperação de forma a reestabelecer o equilíbrio térmico do organismo. Este período de recuperação (D_{rec}) é determinado de forma semelhante ao D_{lim} , em que é apenas substituído o S em condições de frio por condições moderadas, durante o período de recuperação. Deste modo D_{rec} é determinado de acordo com a equação 40.

$$\bullet \quad D_{rec} = \frac{Q_{lim}}{S} \quad \text{[Equação 40]}$$

2.5. Conforto em ambientes refrigerados / Stress térmico

O conforto em locais frios, está dependente de vários fatores já referidos acima, sendo que estes afetam tanto o conforto em locais caracterizados como quentes, bem como caracterizados como frios, diferenciando-se apenas na reação do organismo às condições térmicas sentidas.

Sendo o hipotálamo o órgão regulador da temperatura corporal, através dos seus “sensores de temperatura”, controlando a circulação sanguínea, este consegue regular a temperatura corporal. Este órgão controla vários processos fisiológicos de forma a regular a temperatura corporal, sendo que este controlo é diretamente proporcional a desvios de “set-points” de temperatura (ASHRAE Handbook 2009).

O processo fisiológico mais importante e utilizado é a regulação do fluxo sanguíneo que flui para a pele. Por exemplo no caso de se registar um aumento da temperatura interna, e este aumento ultrapassar o dito “set-point”, o hipotálamo vai aumentar o fluxo sanguíneo, de forma a que uma maior quantidade de sangue seja redirecionado para a pele. Neste processo denominado de vasodilatação, os vasos sanguíneos dilatam permitindo um aumento do fluxo sanguíneo 15 vezes superior do que em repouso, sendo que deste modo o calor interno é transferido para a pele, maximizando o arrefecimento por evaporação (ASHRAE Handbook 2009).

A temperaturas elevadas, ocorre o processo de transpiração que permite o arrefecimento da pele, reduzindo assim a temperatura interna corporal.

No caso do conforto em locais frios, o processo fisiológico que o hipotálamo desencadeia é denominado por vasoconstrição. Neste caso a reação desencadeada é a oposta da referida anteriormente, em que há uma compressão dos vasos sanguíneos, reduzindo o fluxo sanguíneo que é encaminhado para as zonas periféricas (mãos, pés, etc.), permitindo uma maior conservação do calor interno. Quando se registam temperaturas abaixo do dito “set-point”, dá-se um aumento da tensão muscular, gerando calor interno adicional. Estes tremores permitem um aumento de produção de calor comparativamente à atividade em repouso para 4,5 met (ASHRAE Handbook 2009).

O stress por frio, segundo a norma ISO 11079, 2007, é definido como as condições climatéricas em que as trocas de calor do organismo com o ambiente são iguais ou superiores à produção de calor do mesmo. Isto devido às significativas e por vezes incensáveis tensões fisiológicas, no organismo.

Para análise do conforto/stress térmico em ambientes refrigerados acaba por ser mais apropriada a utilização da norma ISO 11079, 2007, pois permite contabilizar um maior número de parâmetros relevantes para avaliação do conforto e acaba por se enquadrar de uma melhor forma às condições características de ambientes refrigerados, pois não possui tantas limitações como outros métodos utilizados em outras condições térmicas. As condições que devem estar reunidas para a utilização deste índice são:

- $t_a \leq 10 \text{ }^\circ\text{C}$
- $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \leq v_a \leq 18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- $I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ (0,05 clo)

O procedimento que é utilizado pela norma referida para determinação do IREQ baseia-se em alguns passos, visíveis de uma forma simplificada na figura 2.4. Mais pormenorizadamente os passos a seguir são os seguintes:

- 1- Medição dos seguintes parâmetros climáticos do ambiente em questão de acordo com a norma ISO 7726, 1998:
 - a. Temperatura do ar;
 - b. Temperatura média radiante;
 - c. Velocidade do ar;
 - d. Humidade relativa.
- 2- Determinar o nível de metabolismo de acordo com a norma ISO 8996, 2004;
- 3- Arrefecimento Geral
 - a. Determinar o isolamento básico do vestuário utilizado, de acordo com a norma ISO 9920. O programa informático referido anteriormente permite calcular o isolamento resultante do vestuário de forma a ser comparado de uma forma mais realista com o nível de isolamento requerido e tomar as medidas necessárias já referidas anteriormente consoante os resultados obtidos.
- 4- Arrefecimento local
 - a. Arrefecimento por correntes de ar (DR);
 - b. Arrefecimento por convecção (WCI);
 - c. Arrefecimento por condução (ISO 13732-3);
 - d. Arrefecimento das extremidades, é avaliado através da medição da temperatura das mãos;
 - e. Arrefecimento por inspiração de ar frio.

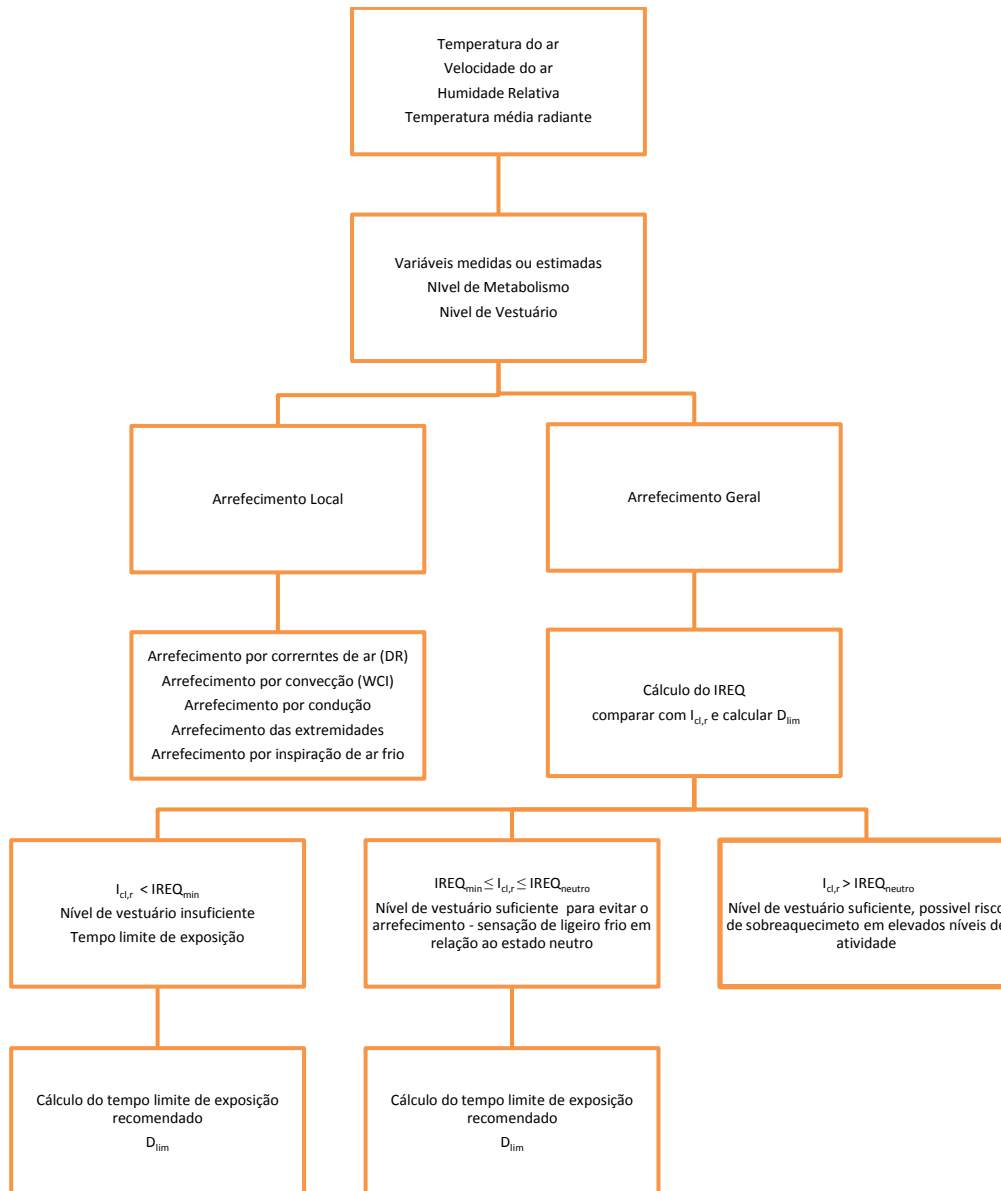


Figura 2.4 - Procedimento na avaliação de ambientes refrigerados segundo a norma ISO 11079, 2007.

Arrefecimento geral e local

A utilização do IREQ permite ainda correlacionar os efeitos do arrefecimento local com o nível de isolamento que um indivíduo deve utilizar, com o tempo limite de exposição e ainda com as tensões fisiológicas que este pode manifestar.

Para tal a norma define dois níveis de critérios fisiológicos para identificar:

- Tensões fisiológicas reduzidas que correspondem a um estado térmico neutro do corpo, ou seja, sensação termicamente neutra. O balanço térmico é mantido no mínimo da carga da termorregulação para as condições

encontradas. Para estas condições, um indivíduo não deseja estar nem mais quente nem mais frio.

- Tensões fisiológicas elevadas, caracterizadas pelo processo de vasoconstrição, em que sobre estas condições, o balanço térmico é mantido através da vasoconstrição da pele e das extremidades do corpo. Em tais condições, um indivíduo manifesta uma sensação térmica de frio, embora tolerada (no entanto não confortável), sendo que esta manifestação ocorre quando o balanço térmico do corpo não consegue ser mantido ao nível das tensões fisiológicas reduzidas. Aquando da exposição ao frio, existe um período de arrefecimento inicial de 20 a 40 minutos em que o calor do corpo, nomeadamente da pele e das extremidades, começa a reduzir-se. Posteriormente o equilíbrio térmico é restaurado, mas neste caso para valores de tensão fisiológica elevada. Esta mudança corresponde a uma perda de calor de aproximadamente 140 kJ.m^{-2} , comparativamente aos valores de tensão fisiológica reduzida.

No caso do tempo limite de exposição (D_{lim}) os critérios de tensão fisiológica reduzida e elevada são definidos da seguinte forma:

- Quando o isolamento resultante ($I_{\text{cl,r}}$) do vestuário utilizado é menor que o nível de isolamento neutro requerido ($\text{IREQ}_{\text{neutro}}$), o organismo não consegue, sobre determinados níveis de tensão, manter o equilíbrio térmico durante longos períodos de tempo. A diferença entre estes dois níveis de isolamento resulta numa taxa negativa de capacidade de armazenar calor. O tempo limite de exposição para condições de tensão fisiológica reduzida, corresponde ao tempo necessário para o corpo perder 144 kJ.m^{-2} de calor interno.
- Para condições de tensão fisiológica elevada, D_{lim} , é calculado tendo em conta a diferença entre o nível de isolamento resultante ($I_{\text{cl,r}}$) e o nível de isolamento mínimo requerido ($\text{IREQ}_{\text{mínimo}}$). É assumido para estas condições, que o organismo já se encontra no estado ligeiramente frio e que a temperatura média da pele (t_{sk}) é mais reduzida. Neste caso regista-se uma queda adicional de calor interno do corpo de 144 kJ.m^{-2} .

Os valores relativos a estes dois tipos de critérios estão presentes na tabela 2.4.

Tabela 2.4- Sugestões de critérios fisiológicos para determinação do IREQ, D_{lim} e Arrefecimento local (Fonte: ISO 11079, 2007).

Arrefecimento Geral	Tensão elevada	Tensão reduzida
IREQ	Mínimo	Neutro
t_{sk} (°C)	$t_{sk} = 33,34 - 0,0354.M$	$t_{sk} = 35,7 - 0,0285.M$
D _{lim}	Longo	Curto
Q _{lim} (kJ.m ⁻²)	Tensão reduzida +144	144
Arrefecimento Local	Tensão elevada	Tensão reduzida
t_{wc}	-30	-15
Temperatura das mãos	15	24
Sistema Respiratório		
Nível de atividade reduzido (M ≤ 115 W.m ⁻²)	$t_a = -40$	$t_a = -20$
Nível de atividade elevado (M ≥ 115 W.m ⁻²)	$t_a = -30$	$t_a = -15$

Para temperaturas inferiores a -15 °C e níveis de atividade elevados, a norma recomenda a utilização de equipamento de proteção individual, nomeadamente para os olhos e para o sistema respiratório.

2.6. Nota conclusiva

É possível identificar vários índices que permitem avaliar as condições de conforto do corpo humano nas mais variadas condições, quer ambientais, quer individuais. A escolha de um índice está dependente do tipo e das condições do local que se pretende avaliar. Se se trata de um ambiente exterior ou interior e se as variáveis ambientais estão dentro dos limites para o qual o índice foi desenvolvido. Por exemplo no caso da temperatura, determinados índices apenas se aplicam a ambientes moderados e outros a ambientes frios, em que se registam temperaturas negativas.

Em alguns casos, apesar dos limites dos parâmetros do índice utilizado permitirem avaliar determinado local, este não contabiliza variáveis que, para certos estudos, são de relevante importância.

3. Avaliação experimental das condições de conforto

3.1. Introdução

O procedimento experimental que foi estabelecido com o intuito de avaliar as condições de conforto dos trabalhadores sujeitos a ambientes caracterizados como ambientes frios, teve em conta variáveis ambientais, como temperatura e humidade do ar, bem como variáveis individuais, tais como frequência cardíaca e o nível metabolismo. Sendo objeto de estudo da presente dissertação a temática do conforto térmico em ambientes refrigerados, selecionaram-se empresas localizadas na região da Beira Interior que tivessem a refrigeração como elemento fundamental do processo produtivo. Deste modo foi possível avaliar as condições reais a que os trabalhadores estão sujeitos durante o horário de laboração. Na análise experimental para quantificar as diferentes variáveis que influenciam as condições de conforto do trabalhador, foram utilizadas e seguidas as normas que contemplam metodologias experimentais para o estudo pretendido, bem como a utilização de equipamentos adequados. Deste modo para além das variáveis de origem fisiológica, foi ainda contabilizado o nível de vestuário de cada um, recorrendo a inquéritos, em que todas as peças de vestuário são contabilizadas para uma melhor análise. Nas secções seguintes detalham-se os aspetos relativos aos procedimentos para avaliação experimental das condições e conforto.

3.2. Inquérito aos ocupantes

Para determinar alguns parâmetros fundamentais ao estudo, foi realizado um inquérito (disponível em anexo), do qual constavam questões de origem fisiológica, como a idade, peso, sexo e a altura, questões em que era contabilizado todo o vestuário que cada trabalhador possuía no desenvolver da sua atividade e ainda era registado, neste mesmo questionário, a frequência cardíaca de cada um.

Todos estes parâmetros obtidos através dos questionários foram fulcrais para a realização do estudo, pois eram necessários para obter áreas corporais, níveis de metabolismo e níveis de isolamento do vestuário, de forma a identificar a adequabilidade não só do vestuário mas também a duração destas atividades em ambientes caracterizados como frios.

Neste mesmo questionário, os trabalhadores eram ainda questionados quanto à sensação térmica durante a jornada de trabalho em que estão sujeitos a ambientes frios.

Eram interrogados de forma a avaliar o nível de sensação térmica para cada zona corporal, como mãos, costas, face, entre outros. Deste modo, foi possível correlacionar a sensação térmica de cada trabalhador com os resultados obtidos.

O preenchimento destes era realizado pelo avaliador em condições de trabalho, de forma a não interromper e ocupar o tempo de laboração dos trabalhadores. Deste modo, todas as questões foram respondidas durante a exposição a ambientes frios, o que obrigou, quando possível, a um acompanhamento em alguns casos dos trabalhadores durante o percurso realizado por estes, no desenvolver da atividade.

A contabilização do vestuário foi tida em conta, considerando a veracidade das respostas dos trabalhadores, nomeadamente no que diz respeito a peças de vestuário que não eram visíveis, tais como camisolas interiores e outro tipo de roupa interior. Quanto ao vestuário exterior era contabilizado através da observação deste.

Relativamente às sensações térmicas, por vezes houve necessidade de questionar os trabalhadores mais do que uma vez, de forma a verificar as respostas do mesmos, pois de forma a não prejudicar o próprio ritmo de trabalho, não querendo desconcentrarem-se da atividade que estavam a realizar, indicavam que estava “tudo bem”, que se sentiam em condições térmicas neutras, mas quando eram questionados novamente, aí já indicavam manifestações de desconforto térmico em algumas zonas do corpo.

3.3. Equipamento de medição utilizado

Nas medições das variáveis ambientais foi utilizado o equipamento DeltaOhm Thermal Microclimate HD32.1 e respetivas sondas, destinadas à mensuração das grandezas pretendidas. Este equipamento era inserido nas zonas em que os trabalhadores desenvolviam a sua atividade, sujeitos a condições de frio.

Nas próximas subsecções vão ser abordadas as principais características do equipamento utilizado bem como as sondas utilizadas para mensurar as variáveis ambientais em estudo.

3.3.1. DeltaOhm Thermal Microclimate HD32.1

Esta unidade permite analisar microclimas no âmbito de trabalho, permitindo verificar certos parâmetros que indicam se o espaço de trabalho, segundo determinadas condições, está ou não adequado para a realização de certas atividades.

Este pode ser obtido com três programas operativos distintos:

- HD32.1 A: Análise de microclimas para ambientes moderados, quentes e frios.

- HD32.1 B: Análise de desconforto para ambientes moderados.
- HD32.1 C: Mensurar grandezas físicas para medições gerais.

O programa operativo utilizado foi o “A”, pois para o estudo pretendido era o mais adequado, permitindo mensurar as grandezas pretendidas e avaliar juntamente com o software do equipamento, os índices que permitem classificar o ambiente em que foram realizadas as medições.

O HD32.1, analisador de microclimas, com o programa operativo “A” permite mensurar as seguintes grandezas:

- t_{nw} , temperatura de bolbo húmido com ventilação natural;
- t_g , temperatura do termómetro de globo;
- t_a , temperatura ambiente;
- p_r , pressão atmosférica;
- HR, humidade relativa;
- v_a , velocidade do ar.

Além das medições diretas realizadas pelo equipamento com as sondas ligadas, este permite ainda calcular e visualizar diretamente os seguintes índices de conforto:

- Índice WBGT, (Wet Bulb Globe Temperature) temperatura de bolbo húmido e do termómetro de globo em presença ou ausência de irradiação solar.
- Índice Tu, para o cálculo do risco de corrente de ar DR (Draught Rating).
- Índice WCI, (Wind Chill Index) índice de frio.
- Temperatura média radiante t_r .



Figura 3.1 - Equipamento utilizado, inserido numa das câmaras frigoríficas analisadas.

Na tabela 3.1, são apresentadas as especificações das sondas utilizadas nas medições das variáveis ambientais.

Tabela 3.1 - Especificações das sondas utilizadas nas medições das variáveis ambientais.

Sonda	Tipo de sensor	Variável medida	Intervalo de medição	Incerteza	Tempo de resposta [min]	De acordo com ISO
TP3275 Globo negro	Pt100	Temperatura média radiante [°C]	-30 a +120	±0,1	15	7243 e 7726
HP3201 Ventilação natural, bolbo húmido	Pt100	Temperatura do bolbo húmido [°C]	+4 a +80	± 0.1	15	7726
HP3217 Temperatura e Humidade	Pt100	Temperatura e Humidade do ar [°C;%RH]	(-30-100; 5-98)	(±0,1; ±2,5)	(15;1)	7726
AP3203 Fio quente	NTC 10Kohm	Velocidade do ar [m/s]	0.05 a 5	± 0.02 (0.05 a 1) ± 0.1 (1 a 5)	-	7726

3.3.2. Data loggers EasyLog

Estes equipamentos foram utilizados em casos que o equipamento da DeltaOhm não suportava a gama de valores encontrados no interior das câmaras, nomeadamente as câmaras de congelação. Nestas câmaras registaram-se temperaturas na ordem dos $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$, quando a unidade de medição do equipamento da DeltaOhm, segundo o fabricante não deve ser utilizado em espaços com temperaturas inferiores a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Estes data loggers, tal como o equipamento da DeltaOhm faziam registos periódicos das grandezas ambientais, sendo elas a temperatura, humidade relativa e temperatura do ponto de orvalho, de minuto a minuto. As especificações técnicas destes data loggers são apresentadas na tabela 3.2.

Devido à falta de medição da temperatura média radiante por parte destes equipamentos, nas câmaras de congelação esta temperatura foi estimada, sendo de um modo geral aproximadamente igual à temperatura do ar registada. Outra variável ambiental que também não foi possível mensurar com o HD 32.1 foi a velocidade do ar nestas mesmas câmaras. Para efeitos de cálculo, seguindo a norma ISO 11079, 2004, caso a velocidade do ar seja inferior a $0,4\text{ m/s}$, o valor a ser utilizado é $0,4\text{ m/s}$. Sendo que nas antecâmaras onde há uma maior movimentação de ar, tanto por parte dos trabalhadores como com o abrir e fechar de portas, o valor da velocidade do ar, acaba regra geral, por ser inferior a este valor, excetuando casos pontuais em que mesmo assim rondam os $0,4\text{ m/s}$.

Como tal, para efeitos de cálculo o facto de não existirem medições da velocidade do ar para estas câmaras acaba por não ser de grande relevância pois o valor utilizado acaba sempre por ser superior ao valor que seria efetivamente registado.



Figura 3.2 - Data logger utilizado nas medições; Fonte: www.lascarelectronics.com.

Tabela 3.2 - Especificações técnicas dos data loggers utilizados nas medições.

Especificação		Mínimo	Máximo	Incerteza	Unidades
Humidade Relativa	Intervalo de medição	0	100	±2	% HR
Temperatura do ar	Intervalo de medição	-35	80	±0,6 (20-80% HR)	°C
Aquisição de dados		10s	12h	-	-

3.3.3. Tensiómetro Beurer BC16

Na medição da frequência cardíaca dos trabalhadores foi utilizado o tensiómetro Beurer BC16, trata-se de um tensiómetro convencional de uso doméstico, mas com uma boa resolução tendo em conta a sua incerteza nas medições (tabela 3.3).

Tabela 3.3 - Especificações técnicas do tensiómetro utilizado nas medições da frequência cardíaca dos trabalhadores.

Especificação		Mínimo	Máximo	Incerteza	Unidades
Pressão sanguínea	Intervalo de medição	0	299	±3	mmHg
Frequência Cardíaca	Intervalo de medição	40	199	±0,6	bpm
Condições de operação		-10; 10	60;90		°C; % HR



Figura 3.3 - Tensiómetro utilizado nas medições da frequência cardíaca; Fonte: www.beurer.com.

3.4. Procedimento experimental

3.4.1. Medições

As visitas às empresas realizaram-se entre o mês de Março e Julho do presente ano desta dissertação, sendo que as medições eram efetuadas desde o período da manhã até ao fim da tarde, obtendo-se assim registos dos vários parâmetros pretendidos durante um dia normal de trabalho.

Os trabalhadores foram sujeitos, quando possível, à medição da frequência cardíaca em condições neutras tanto termicamente como de atividade física, sendo que eram realizadas medições no intervalo de pausa que estes utilizam a meio da manhã, e outras realizadas antes de iniciarem o dia de trabalho.

Este intervalo de pausa é normalmente feito numa sala que possui condições termicamente neutras (cerca de 19 °C e 58% de HR em um dos casos e cerca de 20 °C e 65 % de HR para o outro caso) e permite aos trabalhadores relaxarem durante uns minutos através de mobiliário existente nesta, nomeadamente cadeiras e sofás.

Segundo a norma ISO 11079, 2007, para determinação do IREQ para cada trabalhador é necessário valores relativos ao metabolismo de cada um destes.

Deste modo, para determinação do nível de metabolismo individual de cada trabalhador, segundo a norma ISO 8996, 2004, é necessária a medição da frequência cardíaca em condições diferentes, uma medição da frequência em condições neutras, e outra em condições normais de trabalho em que estão sujeitos a ambientes caracterizados como frios. Deste modo, o local de lazer dos trabalhadores acabou por ser o local ideal para este fim no que diz respeito às condições neutras referidas.

Nos casos em que as medições da frequência cardíaca são realizadas antes do início do dia trabalho, estas são feitas nos corredores da empresa, sendo este também um local termicamente adequado tendo em conta as condições neutras exigidas pela norma ISO 8996, 2004.

Relativamente às medições da frequência cardíaca em regime normal de trabalho, sujeitos a condições de frio, foram realizadas sempre após um período mínimo de quinze minutos de exposição ao frio exigidos pela norma, de forma a que o organismo de cada um se adaptasse às condições de frio existentes.

Ambas as medições foram realizadas com o mesmo equipamento, sendo este o tensiómetro Beurer BC16.

O registo das variáveis ambientais ficou a cargo do equipamento DeltaOhm Thermal Microclimate HD32.1 e respetivas sondas. Este era inserido no espaço em que os trabalhadores realizavam as suas atividades, sendo que o local onde este ficava localizado estava limitado pois apenas poderia ser colocado num espaço que não interferisse de qualquer forma a normal atividade dos trabalhadores, zelando também pela segurança do

próprio equipamento. As temperaturas registadas de um modo geral, contabilizando ambas as empresas avaliadas variaram entre os -24 e os 16 °C. Por motivos técnicos do equipamento, na medição das condições ambientais em câmaras de congelação foram utilizados data loggers EasyLog da Lascar.

Para mensurar as condições ambientais a que os trabalhadores estavam sujeitos, para além de ser utilizado o equipamento e respetivas sondas mencionadas acima, tentou-se também seguir as orientações indicadas pela norma ISO 7726, 1998. Esta norma refere que para uma maior precisão nos resultados, medições da mesma variável devem ser feitas em simultâneo a diferentes cotas, altura do tornozelo (0,1 m), altura do abdómen (1,1 m), e altura da cabeça (1,7 m), sendo que todos estes casos são referentes a atividades que são realizadas em pé.

Na prática, não foi possível realizar as medições em simultâneo das diferentes variáveis ambientais, dada a inexistência de sondas em número suficiente para mensurar cada variável simultaneamente a diferentes cotas. Deste modo, o equipamento e as respetivas sondas tiveram que ser mantidos durante as medições sempre à mesma cota (1,1 m), acabando por não seguir estritamente as orientações indicadas pela norma.

Todos os registos feitos pelo equipamento foram realizados a intervalos de um minuto de forma a obter variações que ocorram ocasionalmente, como por exemplo no caso da velocidade do ar (v_a), podendo deste modo contabilizar todas estas mínimas variações.

Após a realização do inquérito aos trabalhadores, juntamente com as medições realizadas a estes, foi necessário calcular certos parâmetros individuais para analisar e verificar a adequabilidade das condições a que estão sujeitos durante a jornada de trabalho.

3.4.1.1. Determinação do nível de metabolismo

Para determinar o nível de metabolismo de cada trabalhador foi utilizada uma das metodologias referidas na norma ISO 8996, 2004. Nesta norma, são referidos quatro níveis de avaliação sendo que quanto maior o nível utilizado menor o erro associado. A metodologia de análise utilizada foi a número 3, em que correlaciona a frequência cardíaca com o nível de metabolismo do indivíduo. Para tal foi utilizado o tensiómetro referido anteriormente, para mensurar a frequência cardíaca de cada trabalhador sobre as condições já referidas sendo posteriormente utilizadas para cálculo do metabolismo de cada um.

3.4.1.2. Nível de Vestuário

Para contabilizar todo o vestuário utilizado pelos trabalhadores durante o desenvolver da sua atividade, foi seguida a norma ISO 9920, 2007. Nesta mesma norma estão presentes os valores referentes ao isolamento da grande maioria do vestuário que normalmente é utilizado.

A norma possui várias tabelas, das quais dispõe de conjuntos de várias peças de vestuário, em que é fornecido o somatório do mesmo conjunto. No caso deste estudo foi optado por utilizar valores para cada peça de vestuário, e não para um conjunto, pois existiam sempre ou peças a mais, ou mesmo peças em falta, sendo deste modo um método mais rigoroso. Para cada peça existe um valor correspondente de isolamento básico do vestuário (I_{cl}), expresso em unidades de “clo” ou em $m^2.K.W^{-1}$.

Posteriormente é então associado o valor de isolamento de cada peça do vestuário utilizado, de forma a obter o nível de isolamento utilizado por parte do trabalhador.

Após serem obtidas e mensuradas todas as variáveis de índole ambiental e individual, estas são então utilizadas para calcular o índice IREQ.

Para cada trabalhador é então calculado este índice para dois níveis, já referidos anteriormente, o $IREQ_{min}$ e o $IREQ_{neutro}$. Estes níveis definem condições de isolamento distintas sendo que deste modo a sua determinação possui relevante importância.

Após o cálculo deste índice é necessário determinar o isolamento resultante ($I_{cl,r}$) que corresponde ao isolamento efetivamente necessário, nível de isolamento corrigido, pois contabiliza os efeitos do vento, do movimento do corpo e da permeabilidade do ar da camada exterior do vestuário.

Para cada empresa avaliada, o método de análise acaba por se tornar de certa forma diferente, isto devido ao tipo de exposição ao frio a que os trabalhadores estão sujeitos. Independentemente deste tipo de exposição, para todos os trabalhadores avaliados, caso o nível de isolamento do vestuário efetivamente utilizado pelo trabalhador seja insuficiente para as condições ambientais em que está inserido, tendo em conta o valor do índice IREQ calculado, é determinado o tempo limite a que o trabalhador pode estar exposto sob estas condições ambientais.

Nos casos em que se registem tempos em que o trabalhador permanece sob certas condições ambientais, superiores ao tempo limite calculado, é necessário calcular o tempo de recuperação, tempo este que deve ser utilizado pelo trabalhador de forma reestabelecer o próprio equilíbrio térmico.

3.5. Nota conclusiva

Como foi possível verificar ao longo deste capítulo, são seguidas algumas normas para analisar as condições de conforto térmico a que os trabalhadores estão sujeitos, é necessário ter em conta variadíssimas variáveis e determinar outras, de forma a ser possível caracterizar através de determinados índices, como é o caso do IREQ, as condições a que os trabalhadores estão sujeitos. Na presença de determinadas condições é necessário intervir quer de uma forma mais preventiva ou de uma forma mais condicionada, através de utilização de um nível de vestuário mais adequado perante determinadas condições, ou através da limitação do tempo a que o trabalhador está sujeito às mesmas.

Sempre com intuito de melhorar as condições de conforto dos trabalhadores, todos os parâmetros avaliados, possibilitam inserir melhorias no dia-a-dia, durante a jornada de trabalho, influenciando diretamente o desempenho do próprio trabalhador, acabando por tornar a empresa mais competitiva.

No capítulo seguinte é possível verificar todos os dados relativos ao estudo bem como a sua análise e discussão.

4. Análise e discussão de resultados

Neste capítulo é realizada a análise e discussão dos resultados obtidos no trabalho de campo. Inicialmente, vão ser referidas as empresas e o sector industrial a que estas pertencem, é feita a caracterização destas, bem como das instalações de frio, visto que é nestas zonas que se vai focar o estudo. Nestas instalações, vão ser avaliadas as condições de conforto a que os trabalhadores estão sujeitos, caracterizando para tal o tipo de exposição, bem como características fisiológicas de cada trabalhador.

São avaliadas as condições de isolamento dos trabalhadores de um modo individual, permitindo quantificar o número de indivíduos que estão em condições favoráveis ao stress e tensões térmicas. A análise efetuada vai avaliar cada empresa individualmente, tendo em conta as diferentes características que cada uma possui. Independentemente da empresa avaliada, vai ser feita uma análise para cada câmara ou espaço climatizado da empresa, tendo em conta o nível de isolamento e metabolismo de cada trabalhador, avaliando de certa forma os requisitos de cada um para poder laborar sob condições termicamente adequadas.

Certos trabalhadores podem possuir um isolamento do vestuário adequado para laborar numa determinada câmara ou zona climatizada, mas quando é necessário deslocaram-se para outra zona em que as condições ambientais não são idênticas, o trabalhador pode nestes casos possuir um nível de isolamento inadequado para as novas condições encontradas. Em contra partida, pode também acontecer, trabalhadores que estão restritos ao mesmo espaço durante todo o dia de trabalho, possuírem isolamento insuficiente para poderem laborar um ciclo normal de trabalho de oito horas, isto para condições termicamente neutras.

Por fim, vão ser analisados e discutidos os resultados de um modo geral, verificando a adequabilidade das condições dos trabalhadores, bem como o procedimento da norma ISO 11079, 2007 em certos parâmetros.

4.1. As empresas em estudo

As empresas nas quais decorreram os trabalhos de campo são empresas do sector agroalimentar, nomeadamente uma no sector da distribuição e retalho de produtos alimentares, e outra no sector dos lacticínios, mais concretamente da indústria de produção de queijo. Ambas as empresas possuem condições para a realização deste estudo, pois pertencem a um sector que é caracterizado por ser um grande consumidor de frio.

Devido ao seu processo produtivo e de logística, necessitam ter constantemente espaços climatizados de forma a preservar a qualidade do produto que comercializam.

Deste modo, a redução dos níveis de temperatura de todo o processo produtivo e de logística no sentido de zelar pelo conforto térmico do trabalhador é imprescindível. Assim sendo, não podendo interferir com a qualidade do produto que cada empresa comercializa, o trabalhador vai ter que se “adaptar” através de meios de proteção individual, às condições de frio que cada empresa possui, nomeadamente variando o nível de isolamento do vestuário utilizado.

4.1.1. Estudo de caso 1: Empresa de Distribuição Alimentar

Esta empresa possui uma área coberta de cerca de 990 m². A entidade em questão emprega atualmente 24 trabalhadores e possui um volume de negócios de cerca de 8.000.000 euros pelo que, relativamente à dimensão, esta é considerada uma pequena empresa. Segundo a classificação da atividade económica, a atividade da empresa é o comércio por grosso de produtos alimentares (46382).

Relativamente às infraestruturas da empresa (planta em anexo) esta é constituída por:

- Uma zona de distribuição climatizada;
- Sala de reuniões;
- Escritório principal;
- Sala de espera;
- Sala de gerência;
- Sala de controlo;
- Zona de receção e expedição;
- Casa das máquinas;
- Vestiário masculino e feminino;
- Três câmaras frigoríficas de refrigeração;
- Quatro câmaras frigoríficas de congelação;
- Duas antecâmaras com temperaturas negativas;
- Uma antecâmara com temperaturas positivas;
- Corredor de acesso às antecâmaras;
-

4.1.1.1. Processo produtivo/logístico

O processo logístico desta empresa de distribuição alimentar é caracterizado pelo seguinte fluxograma.

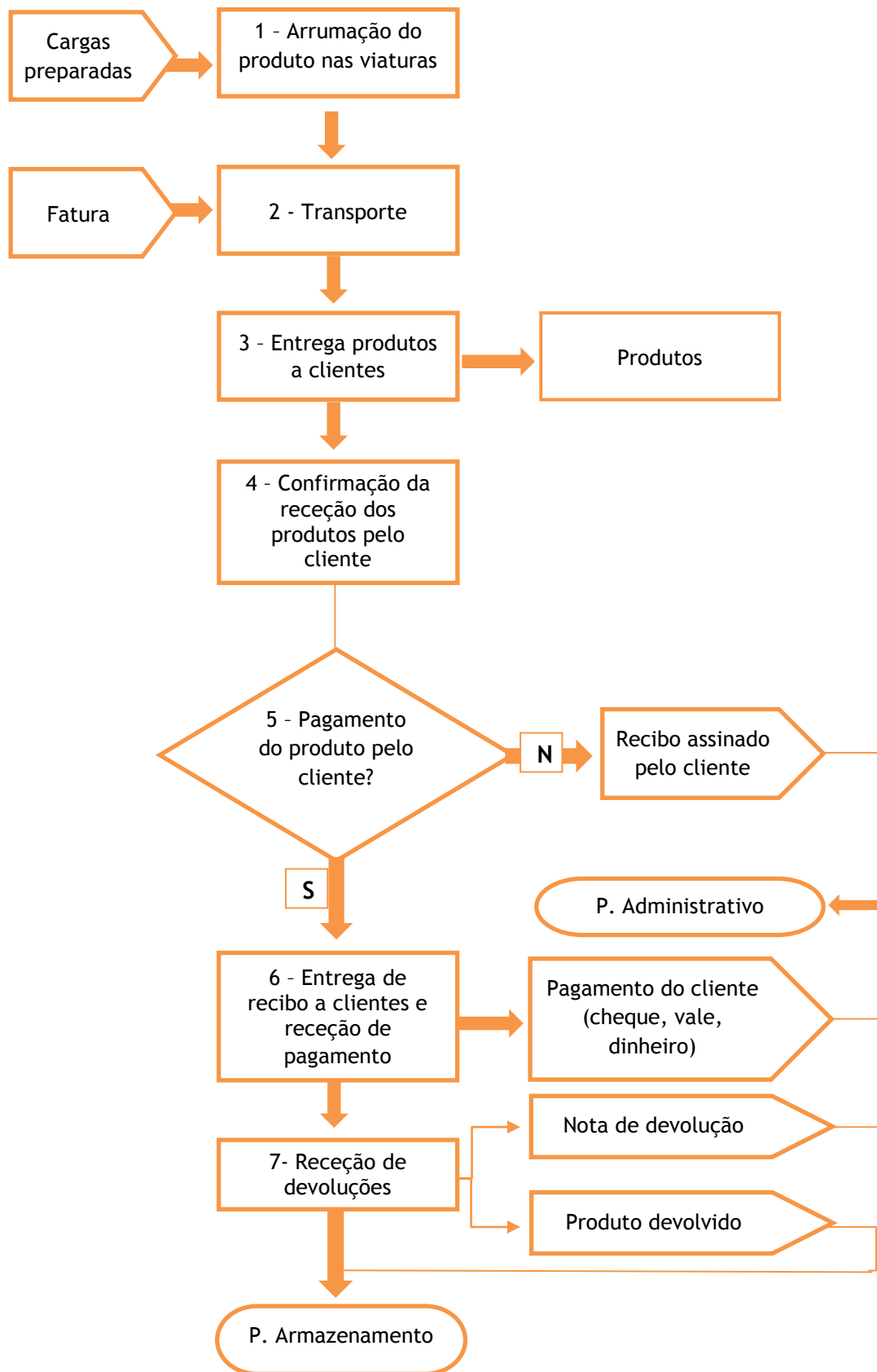


Figura 4.1 - Fluxograma do processo de produção/logístico da empresa.

Inicialmente, dá-se a receção dos produtos que são comercializados pela empresa, sendo estes devidamente separados por tipologia de produto, de seguida são acondicionados nos espaços destinados para cada um destes. Dependendo do tipo de conservação que o produto necessite, refrigeração ou congelação, é definida a prioridade de acondicionamento, sendo dada neste caso prioridade aos produtos congelados.

Independentemente, do produto necessitar de condições de refrigeração ou congelação para a sua conservação, à exceção de duas câmaras de congelação, estes passam sempre por uma antecâmara, os quais são mantidos à medida que são acondicionados nas respetivas câmaras. No caso do peixe e carne congelada, as antecâmaras, de duas das quatro câmaras de congelação, possuem temperaturas negativas o que permite uma maior margem de manobra aquando o acondicionamento dos produtos nas mesmas.

No caso dos produtos que apenas necessitam de uma conservação a temperaturas positivas, estes são mantidos numa antecâmara, denominada de antecâmara principal, pois possui acesso à grande maioria das câmaras da empresa. Esta antecâmara principal mantém por norma uma temperatura sempre inferior a 10 °C.

As duas câmaras de congelação que não possuem antecâmara com temperaturas negativas, estão na mesma posição que as câmaras de refrigeração, em que a antecâmara existente é a antecâmara principal.

4.1.1.2. Caraterização das infraestruturas da empresa / zonas climatizadas

Como já foi referido, a empresa possui no total sete câmaras, três antecâmaras, e outras zonas, a fim de conservar os produtos que são comercializados por esta.

De forma a simplificar a caraterização das câmaras, antecâmaras e outras zonas, estas foram definidas como:

- Câmara de conservação de carne congelada - CC1
- Câmara de conservação de peixe congelado 1 - CC2
- Câmara de conservação de vegetais congelados - CC3
- Câmara de conservação de peixe congelado 2 - CC4
- Antecâmara da carne congelada - AC1
- Antecâmara da câmara do peixe congelado 1 - AC2
- Antecâmara principal - AC3
- Câmara de conservação de carnes frescas - CR1
- Câmara de conservação de bacalhau e ovos - CR2
- Câmara de conservação de lacticínios - CR3
- Zona de enlatados - ZE

- Corredores de acesso às antecâmaras - CA

Relativamente às características construtivas das câmaras da empresa, estas podem ser visualizadas na tabela 4.1. O tipo de construção e materiais utilizados nos espaços climatizados é do tipo sandwich, com isolamento em poliuretano, piso em betão e o isolamento das tubagens dos evaporadores em neopreno.

Tabela 4.1 - Características construtivas das câmaras frigoríficas e antecâmaras da empresa

Câmara	Área [m ²]	Altura [m]	Volume [m ³]	Nº Evaporadores	Tipo de Fluido
CC1	16,8x7=117,6	5	588	1	R422A
CC2	8x6=48	4	192	1	R422A
CC3	8x4=32	4	128	1	R422A
CC4	8x6=48	4	192	1	R404A
CR1	6x4=24	4	96	1	R22
CR2	6x4=24	4	96	1	R22
CR3	8x2,4=19,2	4	76,8	1	R22
AC1	9x7=63	5	315	1	R22
AC2	6x2,5=15	4	60	1	R22
AC3	10,3x10,8=111,24	5	556,2	1	R22

Quanto à utilização destas câmaras, em média, ao longo de uma jornada diária de trabalho entram nas câmaras entre 6 a 10 pessoas/hora, o que implica ganhos térmicos para o interior das câmaras frigoríficas. Fora destas, as portas encontram-se permanentemente encerradas. Para além da entrada de pessoas nas câmaras, de registar ainda a entrada e saída de empilhadores utilizadas para o transporte de produtos. De referir que as portas de cada uma destas câmaras são manuais e de correr com fecho, sendo que em todas as portas encontram-se cortinas em PVC de modo a diminuir os ganhos térmicos aquando da abertura das mesmas.

Quanto às variáveis ambientais que foram mensuradas nestes espaços são apresentadas na tabela 4.2.

Q

Tabela 4.2 - Variáveis ambientais medidas nas várias zonas da empresa.

Variável	Parâmetro	Zona										
		CC1	CC2	CC3	CC4	CR1	CR2	CR3	AC1	AC2	AC3	ZE
Temperatura do ar/média radiante [°C]	Máximo	-11,50	-15,0	-11,50	-10,00	3,00	7,00	9,00	1,00	4,50	5,00/6,10	7,50
	Média	-19,00	-19,30	-18,50	-17,00	1,40	4,50	4,40	-0,61	2,53	4,01/4,43	5,66
	Mínimo	-24,00	-23,00	-22,00	-20,50	0,50	3,50	4,00	-4,50	-2,00	1,50/1,90	3,50
	Desvio Padrão	2,10	1,50	1,79	2,28	0,42	0,48	0,25	0,93	2,53	0,73/0,91	1,05
Humidade relativa [% HR]	Máximo	100,00	96,50	92,50	94,00	100,00	85,50	97,50	95,50	73,00	70,50	67,50
	Média	80,20	86,30	74,10	77,88	95,80	71,80	84,10	84,81	62,38	63,66	58,52
	Mínimo	65,00	70,50	61,00	64,00	72,50	59,50	74,00	59,50	42,50	56,00	50,00
	Desvio Padrão	5,09	2,52	4,39	5,28	3,67	2,78	2,21	5,66	5,25	2,33	3,07

Através da tabela 4.2, é possível verificar o nível de amplitude térmica a que um trabalhador está sujeito, caso tenha que entrar e sair das várias câmaras que a empresa possui. Esta amplitude térmica no caso mais extremo, considerando a temperatura mais baixa e mais alta registada no conjunto de todas as câmaras chega a ser de 33 °C, sendo a relação de temperaturas entra a câmara CC1 e a câmara CR3.

4.1.1.3. Caracterização da amostra avaliada

Nesta empresa a amostra dos trabalhadores que foi encontrada aquando a realização das medições ambientais, foi uma amostra caracterizada como jovem, em que as faixas etárias variam entre os 20 e os 39 anos. Dos 7 trabalhadores desta empresa utilizados no estudo, seis eram do género masculino e um do género feminino. As alturas e pesos registados variaram entre 163-187 cm e 64-95 kg respetivamente.

Foi possível constatar níveis de atividade ligeiramente diferentes entre alguns trabalhadores, pois enquanto alguns laboram na antecâmara AC3, em que organizam a mercadoria que era rececionada ou a mercadoria que ia ser expedida, outros realizavam o transporte, ou manual, ou através de porta paletes, ou mesmo ainda recorrendo a empilhadores para a respetiva câmara ou para o veículo de distribuição.

Relativamente à área corporal da amostra avaliada, esta variou entre 1,83-2,20 m² no caso dos indivíduos do sexo masculino, enquanto que no caso do trabalhador do género feminino a área corporal registada foi de 1,68 m².

Estes parâmetros que foram mensurados e calculados são apresentados em maior detalhe na tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Variáveis individuais mensuradas e calculadas da amostra de trabalhadores em questão.

Variável	Nº do Trabalhador							Média	D.P.
	1	2	3	4	5	6	7		
Sexo	H	M	H	H	H	H	H	-	-
Idade (anos)	26	38	20	34	29	32	39	31,14	6,74
Peso (Kg)	84	64	70	72	91	95	79	79,29	11,40
Altura (cm)	165	163	175	170	172	187	171	171,86	7,84
Área corporal (m ²)	1,91	1,69	1,85	1,83	2,04	2,21	1,91	1,92	0,17

4.1.1.4. Nível de atividade da amostra

Neste tipo de indústria, o nível de atividade tende a ser ligeiramente mais elevado do que o normal, visto que envolve movimentação com ou sem cargas constantemente.

Segundo a norma ISO 8996, 2004, o nível de atividade registado nesta empresa está dentro dos valores referidos para este tipo de atividade. A norma refere que para o tipo de atividade que é realizado na empresa, os valores do metabolismo deveriam estar compreendidos entre 130-200 W/m², sendo que os valores registados na amostra de trabalhadores em questão estão compreendidos entre aproximadamente 150-220 W/m².

De referir ainda que os valores registados confirmam estudos anteriores no mesmo campo, em que para a mesma atividade registam-se valores distintos de metabolismo, daí a importância e a razão pelo qual foi adotado o método que recorre à medição da frequência cardíaca, em vez de se restringir aos valores predefinidos em tabelas para cada tipologia de atividade, acabando assim por ser deste modo um método mais preciso na determinação do metabolismo e por consequência no cálculo do nível de isolamento do vestuário requerido (IREQ) para cada trabalhador. Através deste método, o nível de erro na determinação do metabolismo em vez de os 20 % relativamente ao método mais utilizado, utilização de tabelas com os vários tipos de atividade (método de análise 2 da norma ISO 8996, 2004, o erro é reduzido para 10 %. Na tabela seguinte são apresentados os valores de metabolismo de cada trabalhador bem como o seu erro associado (ϵ).

As variáveis utilizadas e calculadas para determinar o nível de metabolismo de cada trabalhador, são apresentadas em anexo na tabela 0.1.

Tabela 4.4 - Nível de Metabolismo de cada trabalhador e respetivo erro associado ao método utilizado.

Variável	Nº do Trabalhador							Média	D.P.
	1	2	3	4	5	6	7		
Met [W/m ²]	159,94	155,76	197,20	221,13	167,23	188,86	151,01	177,30	25,85
Met + ϵ [W/m ²]	175,93	171,34	216,92	243,24	183,96	207,75	166,11	195,04	24,62
Met - ϵ [W/m ²]	143,95	140,19	177,48	199,01	150,51	169,98	135,91	159,57	20,15

Como referido, os valores de metabolismo obtidos através da frequência cardíaca são mais precisos do que os valores obtidos recorrendo a tabelas, em que é utilizado um valor de metabolismo segundo uma determinada atividade, como tal na figura 4.2 é possível verificar a diferença de valores que seriam obtidos caso tivesse sido utilizado o

método 2 da norma ISO 8996, 2004. Pode-se constatar através das linhas dos valores máximos e mínimos, na qual a atividade devia estar compreendida, e que de facto não acontece em alguns casos, em que é superior ao limite máximo, como é o caso do trabalhador número 4, logo para este trabalhador, devido à elevada influência do metabolismo, para o cálculo do isolamento requerido IREQ, este resultaria num erro superior. É ainda possível verificar a linha relativa à média do metabolismo que a norma recomenda caso seja utilizado este método 2, pois possui uma diferença bastante considerável relativamente à média obtida pelos trabalhadores. Deste modo consta-se claramente um menor erro associado com a utilização do método de análise número 3 desta norma.

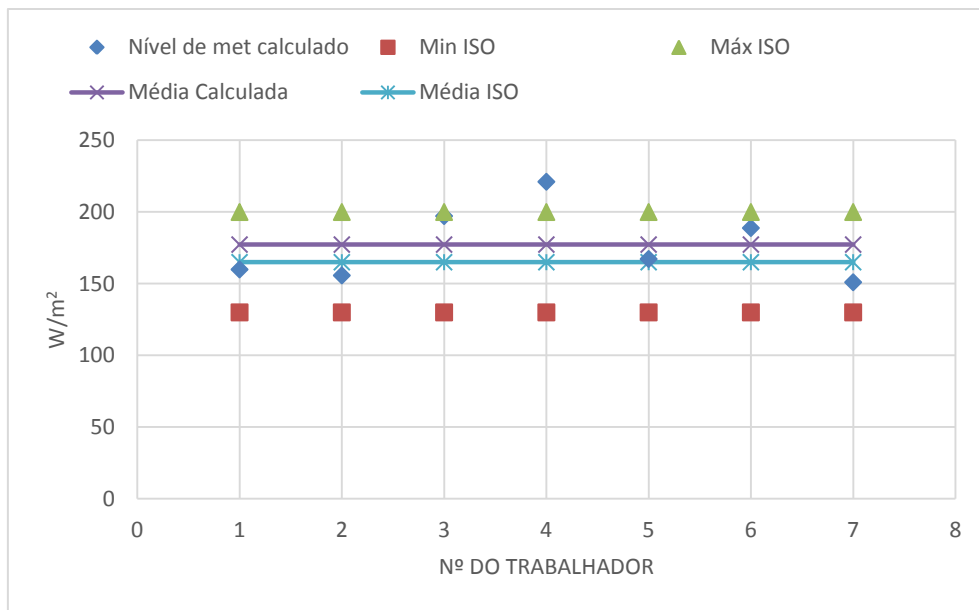


Figura 4.2 - Gráfico representante às diferenças de valores entre métodos usualmete utilizados.

Estes níveis de atividade podem ser correlacionados com a frequência cardíaca, sendo que esta em relação à amostra, variou entre 60-81 bpm em condições de repouso e termicamente neutras, e em condições de trabalho com exposição ao frio variou entre os 71-100 bpm (tabela 4.5).

Tabela 4.5 - Variação da FC de cada trabalhador para diferentes condições.

FC (bpm)	Nº do Trabalhador							Média	D.P.
	1	2	3	4	5	6	7		
Condições Normais	61	81	65	70	67	61	60	66,43	7,39
Condições Trabalho	73	100	88	98	78	75	71	83,29	12,05

Na figura 4.3, é possível visualizar a variação da frequência cardíaca em relação a cada trabalhador, para as condições de repouso e de trabalho, sendo que, devido ao aumento do nível de atividade aquando estão a laborar, verifica-se o aumento da frequência cardíaca.

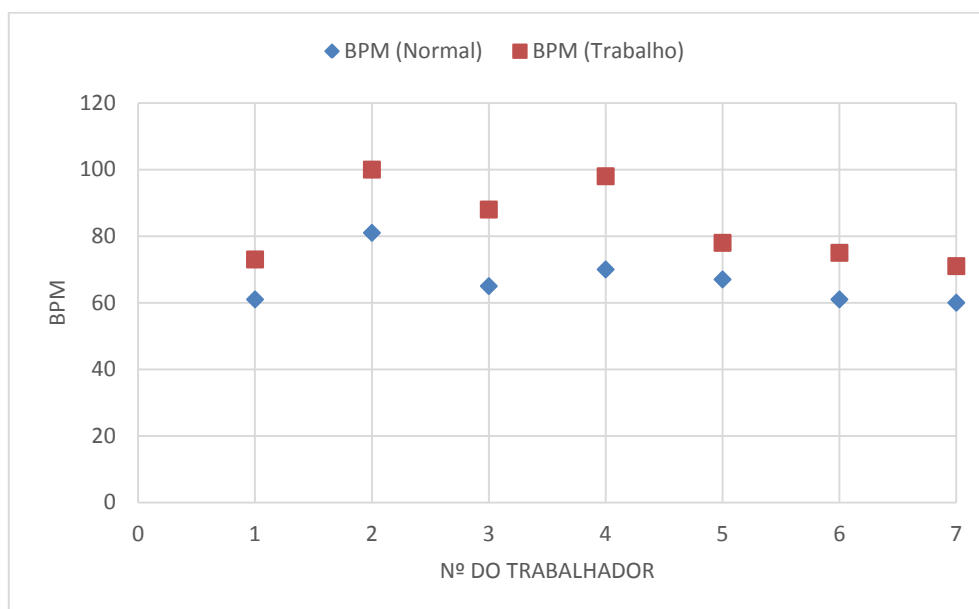


Figura 4.3 - Variação da frequência cardíaca de cada trabalhador.

4.1.1.5. Tipo e duração de exposição

O tipo de exposição, a que os trabalhadores desta empresa estão sujeitos acaba por ser um tipo de exposição “misto”, embora mais para uns trabalhadores do que para outros, o que acontece é que como a empresa comercializa produtos que necessitam de ser conservados a temperaturas negativas e ao mesmo tempo produtos que necessitam de temperaturas baixas mas positivas, obriga a que certos trabalhadores possuam um tipo de exposição intermitente, devido à necessidade de entrar e sair dos espaços climatizados.

Durante a jornada de trabalho, o mais usual na empresa é que pelo menos dois dos trabalhadores que estão a laborar possuam um tipo de exposição com um nível de intermitência superior, pois são estes que costumam deslocar-se às câmaras para retirar ou armazenar os produtos. Nestes percursos, estes trabalhadores estão exposto a elevadas amplitudes térmicas, pois passam normalmente da AC3 que possui uma temperatura média de 4 °C (tabela 4.2), para as restantes câmaras em que estão a uma temperatura muito inferior, na ordem dos -18 °C, salvo exceção das câmaras de conservação (CR) de temperaturas superiores a 0 °C, em que nestes caso a amplitude térmica não é tão significativa.

Os trabalhadores restantes quando necessário, mas com uma menor frequência também se deslocam às câmaras, quer sejam de temperaturas negativas ou positivas, sendo que, normalmente, passam praticamente o dia de trabalho em AC3. Para estes trabalhadores o tipo de exposição ao frio foi caracterizado como exposição contínua, visto manterem-se neste espaço a preparar as várias encomendas, quer para expedição ou para armazenamento.

Devido às diferenças relativamente ao tipo de exposição a que os trabalhadores estão sujeitos, os que possuem um tipo de exposição intermitente vão ser analisados de uma forma distinta dos restantes trabalhadores, pois é necessário analisar a adequabilidade do nível de isolamento do vestuário utilizado, bem como os tempos limites de exposição de forma assegurar as condições de conforto térmico em todos os espaços climatizados. De todo o modo, a análise aos trabalhadores com exposição maioritariamente contínua, vai abranger também as câmaras com temperaturas negativas, visto que, apesar de ser com a uma frequência muito menor, estes quando necessário também se deslocam a estas.

A tabela 4.6 apresenta o tipo e os tempos de exposição para cada trabalhador da amostra em questão observados durante a realização das medições.

Tabela 4.6 - Tipo e tempo de exposição de cada trabalhador da amostra.

	Nº do Trabalhador											
	1		2	3		4	5		6		7	
Tipo de exposição	Cont ¹		Int ²	Cont		Int			Cont		Cont	
Tempo de exposição [horas]	8		-	8		-	8		8		8	
	Manhã	Tarde		Manhã	Tarde		Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
	2+1,45	2+1,45		2+1,45	2+1,45		2+1,45	2+1,45	2+1,45	2+1,45	2+1,45	2+1,45

Verificou-se que os trabalhadores 2 e 4 são os trabalhadores sujeitos a uma exposição intermitente mais acentuada. Durante as medições, os tempos que estes permaneciam no interior das câmaras responsáveis pela grande amplitude térmica

¹ Exposição contínua

² Exposição Intermitente

(câmaras de congelação), não eram superiores a 15 minutos. Todos os trabalhadores usufruem de uma pausa a meio da manhã e a meio da tarde de aproximadamente 15 minutos.

4.1.1.6. *Nível de isolamento do vestuário dos trabalhadores e Índice IREQ*

Na determinação do nível de isolamento do vestuário dos trabalhadores foram contabilizadas todas as peças individualmente e obtido então o nível de isolamento do conjunto total das peças utilizadas. Todos os trabalhadores da amostra avaliada possuem vestuário de proteção, nomeadamente casacos térmicos e luvas, os quais são cedidos por parte da entidade empregadora, no entanto nem todos utilizam este vestuário, como é o caso dos trabalhadores que apresentam um tipo de exposição contínua ao frio, em que passam grande parte do dia de trabalho em AC3.

Os trabalhadores que utilizam este tipo de equipamento de proteção individual, regra geral, são os que apresentam um tipo de exposição intermitente relativamente ao frio, mais concretamente os trabalhadores 2 e 4. O nível de manifestação, por parte dos trabalhadores em relação ao nível de isolamento do vestuário utilizado revelou-se praticamente na sua totalidade como adequado às condições de trabalho. Apenas no caso de um dos trabalhadores (trabalhador 3), registaram-se sensações de frio durante o dia de trabalho. Esta sensação pode ser justificada através da recente contratação do mesmo, cerca de um mês, o que pode indicar a não adaptação às condições de frio por parte do organismo do mesmo. Relatos dos restantes trabalhadores, indicam que quando iniciaram atividade da empresa, demoraram algum tempo adaptar-se às condições de frio, indicando que por vezes apresentavam sensações de calor e outras de frio. Referiram ainda, que só ao fim de algum tempo, quando “acertaram” com o nível de isolamento do vestuário, é que começaram a manifestar sensações termicamente neutras. Foi ainda referido que, com o passar do tempo a trabalhar em condições de frio, progressivamente iam diminuindo o nível de isolamento do vestuário utilizado, o que indica um nível de adaptabilidade por parte do organismo às condições de frio. Tais resultados de adaptabilidade foram também obtidos em estudos anteriores.

O nível de isolamento do vestuário da amostra dos trabalhadores avaliados variou entre 0,48 e 1,24 clo.

A tabela seguinte representa o nível de isolamento calculado para cada um dos trabalhadores.

Tabela 4.7 - Isolamento térmico do vestuário dos trabalhadores calculado.

Nº do Trabalhador								Média	D.P.
1	2	3	4	5	6	7			
Icl [clo]	0,69	1,24	0,69	0,89	0,69	0,48	0,75	0,78	0,24

É possível verificar que os trabalhadores sujeitos a uma maior exposição intermitente (trabalhador 2 e 4), que frequentam as câmaras de congelação, possuem um nível de isolamento térmico superior aos restantes.

4.1.1.7. Índice IREQ

Após as medições de índole ambiental, fisiológico, determinação dos níveis de metabolismo, nível de isolamento de vestuário utilizado por parte dos trabalhadores entre outros, foi possível então proceder ao cálculo deste índice. Como já foi referido, o índice é calculado para dois níveis, neutro e mínimo, permitindo avaliar as condições a que os trabalhadores estão expostos, se o nível de isolamento térmico do vestuário utilizado é o mais adequado, e caso não seja, permite quantificar qual o isolamento que deve ser utilizado sob certas condições ambientais e de atividade.

Na determinação deste índice, foi seguida a norma ISO 11079, 2007, bem como o seu método cálculo.

A análise foi inicialmente realizada para AC3, visto ser o espaço mais frequentado por todos os trabalhadores, incluindo os trabalhadores que possuem um tipo de exposição com um nível intermitência superior. Todos os parâmetros relativos aos outros espaços, devido à sua extensão estão disponíveis em anexo (tabela 0.2 e 0.3).

Todas as variáveis utilizadas para o cálculo destes parâmetros relativos a AC3 estão apresentados na tabela 4.8. De referir novamente, que o valor utilizado para a velocidade do ar foi de 0,4 m/s. Outros valores necessários para o cálculo deste índice são, o valor relativo à permeabilidade ao ar da camada exterior do vestuário, que segundo a norma ISO 9920, 2007 é utilizado para grande maioria do vestuário o valor $8 \text{ l.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, e ainda o valor de 0 W/m^2 para o trabalho mecânico realizado pelos trabalhadores.

Tabela 4.8 - Variáveis utilizadas no programa de cálculo para determinar o nível de isolamento requerido IREQ.

Variável	Nº do trabalhador						
	1	2	3	4	5	6	7
t_a [°C]	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
HR [%]	57	57	57	57	57	57	57
t_r [°C]	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
v_a [m/s]	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
v_w [m/s]	0,53	0,51	0,72	0,85	0,57	0,68	0,48
Met [W/m ²]	159,94	155,76	197,20	221,13	167,23	188,86	151,01
Icl [clo]	0,69	1,24	0,69	0,89	0,69	0,48	0,75

Os valores considerados em AC3 foram os que maior desconforto poderiam trazer para os trabalhadores, deste modo de todas as temperaturas registadas para esta antecâmara, foi selecionada a temperatura mais baixa, sendo neste caso de 1,5 °C. Para estes parâmetros foi então calculado o nível de Isolamento requerido IREQ, bem como os restantes parâmetros calculados pelo algoritmo da norma. Os resultados obtidos para a AC3 são apresentados na tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Parâmetros calculados através da norma ISO 11079, 2007, IREQ, $I_{cl,r}$ e D_{lim} para AC3.

Variável		Nº do trabalhador						
		1	2	3	4	5	6	7
I_{cl} [clo]		0,69	1,24	0,69	0,89	0,69	0,48	0,75
IREQ [clo]	Mínimo	0,8	0,9	0,5	0,4	0,8	0,6	0,9
	Neutro	1,1	1,2	0,8	0,7	1,1	0,9	1,2
$I_{cl,r}$ [clo]	Mínimo	0,9	0,9	0,6	0,4	0,8	0,6	1
	Neutro	1,2	1,3	0,9	0,7	1,1	1	1,3
D_{lim} [h]	Mínimo	1,8	>8	>8	>8	2,8	1,6	1,7
	Neutro	0,7	8	1,4	8	0,7	0,5	0,7

A partir dos resultados obtidos, é possível verificar que segundo a norma ISO 11079, 2007 e o seu método de análise, existem trabalhadores da amostra avaliada que possuem nível de isolamento insuficiente relativamente ao nível de IREQ mínimo (Figura 4.4), mais precisamente 4 dos 7 trabalhadores, 57 % da amostra. O facto de estarem abaixo do nível mínimo de isolamento requerido calculado, leva a que a probabilidade destes manifestarem stress e consecutivamente tensões térmicas seja superior. Nestes casos, quando o nível de isolamento utilizado pelo trabalhador é inferior ao nível de isolamento requerido neutro ($IREQ_{neutro}$) torna-se necessário determinar o tempo limite (D_{lim}) a que os trabalhadores podem estar sujeitos sob determinadas condições.

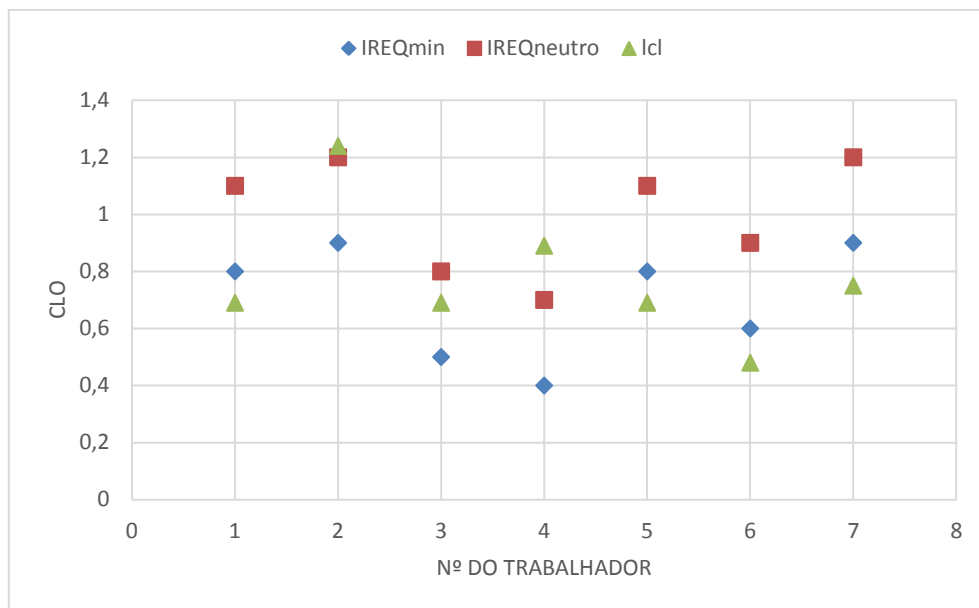


Figura 4.4 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para AC3.

É possível verificar também, que existem trabalhadores acima do nível do IREQ neutro o que para este caso, em AC3, pode resultar em casos de sobreaquecimento, podendo levar também a stress térmico. Estes casos são referentes aos trabalhadores 2 e 4, que tal como foi anteriormente referido, estes são o que possuem um maior nível de intermitência relativamente às amplitudes térmicas da empresa, deste modo é justificável o porquê do nível de isolamento térmico do vestuário utilizado ser mais elevado que os restantes.

Quanto ao trabalhador 3, é o único que para este espaço climatizado apresenta segundo a norma um nível de isolamento adequado, pois encontra-se entre o nível de IREQ mínimo e neutro. Para este nível, entre os dois “patamares”, a norma refere que se trata de uma zona neutra ou zona de regulação, e que nestes casos os indivíduos manifestam sensações neutras ou de ligeiramente frio. De referir que este trabalhador comparativamente com os restantes, é recente na empresa o que pode justificar o nível de isolamento utilizado, e que apesar de apresentar um nível de vestuário aceitável acaba por ser o que manifesta com maior frequência sensações de ligeiramente frio. Tal como é referido na norma 11079, 2007, quando os indivíduos se situam nesta zona neutra/regulação, este vai demorar algum tempo a encontrar o nível adequado de isolamento para que deixe de sentir sensações de ligeiramente frio e passe a sentir sensações termicamente neutras.

4.1.1.8. Tempo limite de exposição D_{lim}

Como foi referido, quando o nível de isolamento utilizado pelo trabalhador é inferior ao isolamento requerido neutro calculado ($IREQ_{neutro}$), é necessário calcular o tempo limite (D_{lim}) durante o qual o trabalhador pode estar sob determinadas condições ambientais e de atividade.

Na figura 4.5, é representado o tempo limite mínimo e neutro para cada trabalhador, em que é assinalado pela linha contínua o tempo que estes passam de um modo contínuo em AC3 (os trabalhadores 2 e 4 para já são avaliados como os restantes, como se permanecessem neste espaço continuamente). Neste caso, este tempo contínuo é de pelo menos 2 horas, pois diz respeito tanto ao período da manhã, como ao período da tarde, em que quer no período da manhã quer no da tarde, os trabalhadores fazem uma pausa de cerca de 15 minutos, e possuem ainda o intervalo da hora de almoço, 1,5 horas.

Deste modo, para estas 2 horas de laboração seguidas, apenas os trabalhadores 2 e 4 reúnem as condições necessárias quer de atividade e de isolamento de vestuário utilizado, para laborar em condições de conforto. Apesar do trabalhador 3 estar entre o nível mínimo e neutro, para condições neutras, este, segundo a norma, apenas poderia permanecer em AC3 1,4 horas (tabela 4.9).

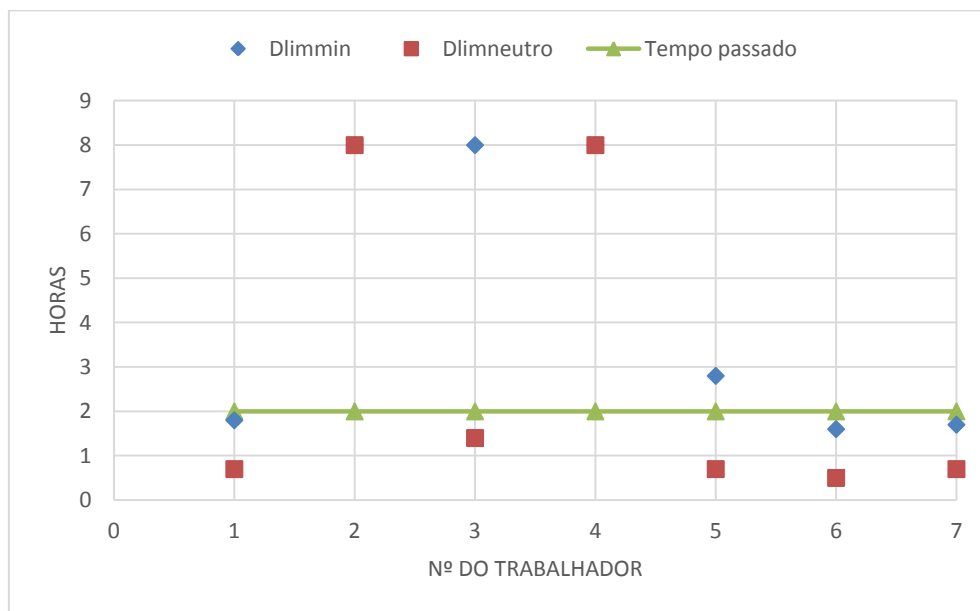


Figura 4.5 - Tempo limite de exposição, D_{lim} , mínimo e neutro, comparativamente ao tempo passado pelos trabalhadores em AC3

Os restantes trabalhadores, apresentam tempos limites para condições mínimas significativamente inferiores ao período que efetivamente permanecem em AC3, o que pode desencadear fenómenos de stress térmico. Para estes casos, em que o tempo limite é

excedido, após um período de exposição a ambientes frio, é necessário determinar outro parâmetro, o tempo de recuperação (D_{rec}), sendo este tempo, o tempo necessário para restabelecer o balanço térmico dos trabalhadores.

Para estes foi então determinado o tempo de recuperação, e verifica-se que o período de pausa, à exceção do período de almoço, mostra-se insuficiente relativamente ao tempo de recuperação calculado.

Tabela 4.10 - Tempo de recuperação (D_{rec}) de cada trabalhador.

Variável		Nº do trabalhador						
		1	2	3	4	5	6	7
D_{lim} [h]	Mínimo	1,8	>8	>8	>8	2,8	1,6	1,7
	Neutro	0,7	8	1,4	8	0,7	0,5	0,7
Tempo de pausa/almoço [h]		0,25/1,5	0,25/1,5	0,25/1,5	0,25/1,5	0,25/1,5	0,25/1,5	0,25/1,5
D_{rec} [h]		0,7	-	-	-	0,6	0,6	0,7

Relativamente a AC3, verifica-se então que à exceção dos trabalhadores 2, 3 e 4, os trabalhadores possuem condições para desenvolver stress e tensões térmicas. A pausa a meio do período da manhã e da tarde, acabar por não ser suficiente para repor o balanço térmico, sendo que apenas na hora de almoço, que apesar de desconhecidas as condições, supõe-se que o espaço utilizado reúna as condições para repor o balanço térmico, uma vez que á partida, as condições devem ser neutras, o que leva a que 1,5 horas sejam suficientes para tal.

Os trabalhadores que apresentam um tipo de exposição continua às mesmas condições, também se deslocam quando necessário às restantes câmaras e antecâmaras que possuem na sua grande maioria, temperaturas inferiores a AC3. Deste modo, foram avaliados juntamente com os trabalhadores que apresentam exposição intermitente (trabalhador 2 e 4) às condições de isolamento e tempo limite para estas zonas.

Para tal, elaboraram-se as tabelas 0.1 e 0.2, disponíveis em anexo, em que são apresentados todos os parâmetros acima mencionados para cada zona climatizada de forma a identificar a adequabilidade das condições de cada trabalhador, para cada nível, mínimo e neutro. De referir nestas tabelas, para todas as câmaras avaliadas, é sempre utilizado o pior cenário, ou seja para as condições de temperatura mais baixas.

Devido à extensão destas, de um modo mais sucinto, foi elaborada a tabela 4.11, em que o tipo de adequabilidade de cada trabalhador para cada zona climatizada é

identificada com uma cor, em que a cor laranja refere-se à não adequabilidade do trabalhador à zona em questão, pois não reúne as condições para níveis mínimos.

Contrariamente, a cor azul indica a adequabilidade do trabalhador, em que são reunidas as condições para níveis neutros. Com ambas as cores, uma cor mista entre azul e laranja, diz respeito à adequabilidade apenas para condições mínimas, em o trabalhador nestes casos situa-se na zona neutra/regulação, podendo manifestar sensações de ligeiramente frio. Por fim, a cor mais escura avermelhada, refere-se a casos em que o nível de isolamento do vestuário é superior ao requerido, podendo gerar situações de sobreaquecimento. A tabela 4.11, refere-se à adequabilidade de cada trabalhador para um ciclo normal de trabalho de 8 horas, tendo em conta que cada um destes frequenta a mesma zona durante um ciclo inteiro de trabalho.

Tabela 4.11 - Adequabilidade de cada trabalhador para cada zona climatizada, considerando um ciclo normal de trabalho de 8 horas.

Nº do trabalhador		1	2	3	4	5	6	7
Zona	CC 1							
	CC 2							
	CC 3							
	CC 4							
	CR 1							
	CR 2							
	CR 3							
	CR 4							
	AC 1							
	AC 2							
	AC 3							
	Acesso							

É possível verificar, tal como seria de esperar, que nenhum dos trabalhadores apresenta condições para permanecer um ciclo inteiro de trabalho em determinadas zonas climatizadas, tais como as câmaras de congelação e algumas antecâmaras. Visto que este cenário felizmente nunca acontece, pois nos casos das câmaras de congelação verificou-se que os intervalos que alguns trabalhadores permanecem no interior destas, não ultrapassaram os 15 minutos.

Visto então que, o tempo de frequência para as zonas mais críticas por parte de alguns trabalhadores (2 e 4) não ultrapassa os 15 minutos, foi elaborada a tabela 4.12. Na elaboração desta foram considerados os tempos limites calculados para estes trabalhadores, bem como para os restantes, para cada zona climatizada (tabelas 0.4 e 0.5 em anexo). Deste modo, é representada a adequabilidade de cada um, tendo em conta o tempo que efetivamente passam em cada zona climatizada.

No caso dos trabalhadores que apresentam uma exposição maioritariamente contínua, foi utilizado o mesmo intervalo de tempo (15 minutos) na análise da adequabilidade de cada um em relação a todas as câmaras à exceção de AC3. No caso de AC3 é considerado um tempo de 2 horas de exposição contínua, visto que é o tempo que efetivamente os trabalhadores com este tipo de exposição permanecem nesta zona, contabilizando o intervalo que realizam quer no período da manhã quer no período da tarde, até à hora de almoço e à hora de saída.

Tabela 4.12 - Adequabilidade de cada trabalhador para cada zona climatizada, tendo em conta os períodos referidos, bem como respetivas pausas.

Nº do trabalhador		1	2	3	4	5	6	7
Zona	CC 1	Amarelo	Azul	Amarelo	Azul	Amarelo	Amarelo	Amarelo
	CC 2	Amarelo	Azul	Amarelo	Azul	Amarelo	Amarelo	Amarelo
	CC 3	Amarelo	Azul	Amarelo	Azul	Amarelo	Amarelo	Amarelo
	CC 4	Amarelo	Azul	Amarelo	Azul	Amarelo	Amarelo	Amarelo
	CR 1	Azul	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	CR 2	Azul	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	CR 3	Azul	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	CR 4	Azul	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	AC 1	Azul	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	AC 2	Azul	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	AC 3	Amarelo	Verde	Amarelo	Verde	Amarelo	Amarelo	Amarelo
	Acesso	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

É possível verificar que, mesmo tendo em conta os períodos de pausa durante a jornada de trabalho, ou seja, sensivelmente 2 horas de exposição contínua sem pausas, os trabalhadores que permanecem maioritariamente em AC3, apresentam níveis de isolamento requerido insuficiente para condições neutras relativamente a esta zona. Para níveis de isolamento requerido entre mínimo e neutro, apenas os trabalhadores 3 e 5 reúnem as condições necessárias para permanecerem durante este mesmo período de exposição contínua em AC3.

Relativamente às restantes câmaras, estes trabalhadores para condições de exposição idênticas aos trabalhadores 2 e 4, isto é para exposições de aproximadamente 15 minutos, nenhum destes reúne as condições de isolamento requerido mínimo para permanecer este período de tempo. Apenas o trabalhador 3, que se encontra na zona neutra/regulação, apresenta condições para permanecer tal período.

Quanto aos trabalhadores 2 e 4, para as condições das câmaras de congelação, estes apresentam níveis de isolamento requerido neutro para permanecerem no interior das mesmas durante o período referido de aproximadamente 15 minutos. É possível

verificar ainda que, existem zonas em que estes apresentam níveis de isolamento superiores ao nível de isolamento requerido, podendo levar nestes casos à ocorrência de sobreaquecimento, em que, em casos de níveis de atividade mais elevada, como é o caso do trabalhador 4, pode levar a um aumento do processo de transpiração, deixando o vestuário utilizado húmido, provocando uma diminuição do nível de isolamento que este está a utilizar, pois a transpiração irá aumentar a condutividade do material do vestuário utilizado, e vai provocar um aumento das trocas de calor com o meio envolvente através do processo de evaporação.

A zona de “Acesso”, no caso dos trabalhadores que apresentam níveis de vestuário superiores aos níveis requeridos, acaba por não possuir grande relevância, uma vez que os trabalhadores não permanecem períodos significativos nesta mesma zona, pois normalmente apenas é utilizada para aceder a outras zonas, como é o caso de um trabalhador que se desloque da AC3 para a CC1.

Para o caso dos trabalhadores 2 e 4, devido ao nível de intermitência, isto é, devido às amplitudes térmicas a que estão sujeitos durante o dia trabalho, estes necessitam de utilizar um nível e tipologia de isolamento que permita uma adaptação a todas as zonas que são frequentadas. A utilização de por exemplo, casacos térmicos com fecho, em que permitem a sua abertura, ou mesmo retirar-los com facilidade quando passam para zonas mais quentes, possibilita a redução do valor de isolamento utilizado, permitindo uma melhor adaptação ao novo meio, de forma a manifestar sensações termicamente neutras, evitando assim a possibilidade da ocorrência de stress térmico.

Para uma melhor perceção das amplitudes térmicas, a que principalmente estes dois trabalhadores estão sujeitos, foram elaboradas as tabelas 4.13 e 4.14 e os gráficos das figuras 4.6 e 4.7.

Tabela 4.13 - IREQ, D_{lim}, mínimo e neutro, e D_{rec} dos trabalhadores 2 e 4.

Zona	Trabalhador 2 (1,24 clo)					Trabalhador 4 (0,89 clo)				
	IREQ		D _{lim}		D _{rec}	IREQ		D _{lim}		D _{rec}
	Min	Neutro	Min	Neutro		Min	Neutro	Min	Neutro	
CC 1	2,2	2,5	0,5	0,4	0,5	1,3	1,6	0,5	0,3	0,3
CC 2	2,1	2,4	0,5	0,4	0,5	1,3	1,6	0,5	0,3	0,3
CC 3	2,1	2,4	0,5	0,4	0,5	1,3	1,5	0,6	0,4	0,3
CC 4	2	2,3	0,6	0,4	0,5	1,2	1,5	0,7	0,4	0,3
CR 1	0,9	1,2	>8	>8	-	0,5	0,7	>8	>8	-
CR 2	0,8	1,1	>8	>8	-	0,3	0,5	>8	>8	-
CR 3	0,8	1,1	>8	>8	-	0,3	0,6	>8	>8	-
CR 4	0,7	1	>8	>8	-	0,3	0,6	>8	>8	-
AC 1	1,2	1,5	>8	1,4	0,5	1,2	1,5	0,7	0,4	0,3
AC 2	1,1	1,4	>8	2,3	0,5	0,5	0,8	>8	>8	-
AC 3	0,9	1,2	>8	>8	-	0,4	0,7	>8	>8	-
Acesso	0,4	0,7	>8	>8	-	0,1	0,4	>8	>8	-

Verificam-se as amplitudes térmicas a que estes trabalhadores estão sujeitos, sendo que, através do método utilizado, para analisar as condições do nível isolamento é possível constatar que apesar de não possuírem isolamento suficiente para uma permanência de 8 horas em algumas zonas climatizadas, estes possuem níveis de isolamento excessivo considerando o tempo que efetivamente permanecem no interior destas.

Na tabela 4.13, as zonas estão agrupadas por tipologia, não fornecendo uma percepção tão elucidativa caso fosse apresentada numa forma de percurso que estes trabalhadores realizam ao longo de uma jornada de trabalho, para tal foi recriado um exemplo de um dos percursos que estes dois trabalhadores realizam (tabela 4.14).

Tabela 4.14 - Exemplo de percurso realizado pelo trabalhador 2.

Horas	8:00	8:15	8:16	8:20	8:35	8:35	8:36	8:45	8:45	9:00	9:00	9:15	9:30	9:40
Zona	AC3	Ace	AC1	CC1	AC1	Ace	AC3	Ace	CR3	Ace	AC3	CC4	AC3	CR1
AQ														
T [°C]	1,5	10	-4,5	-24	-4,5	10	1,5	10	3,5	10	1,5	-20,5	1,5	0,5

Continuação	10:00	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:16	11:25	11:35	11:45	12:00
	AC3	P	CR2	AC3	AC2	CC2	AC2	AC3	CR4	AC3	CC3	AC3
	1,5	19	3,5	1,5	-2	-23	-2	1,5	4	1,5	-22	1,5

O exemplo do percurso acima, diz respeito ao percurso realizado pelo trabalhador 2, que acaba por ser semelhante ao do trabalhador 4. É possível verificar o nível de amplitude térmica a que está sujeito. Foi recriado este percurso para o período da manhã, em que a jornada de trabalho inicia-se às oito da manhã, possuem uma pausa de quinze minutos por volta das dez, e terminam ao meio dia com a pausa de almoço. Na tabela 4.14, é relacionado o percurso com os tempos que permanece em cada zona, com a adequabilidade (“AQ”) do trabalhador em relação às mesmas (tendo em conta o método de análise utilizado, para permanências de 8 horas). É ainda representada a temperatura para cada zona, permitindo uma melhor perceção da amplitude térmica a que o trabalhador está sujeito, sendo que a cor laranja diz respeito a temperaturas negativas e a cor azul a temperaturas positivas.

A figura 4.6 representa a variação da temperatura juntamente com a variação do nível de IREQ_{neutro}, durante o percurso realizado pelo trabalhador 2.

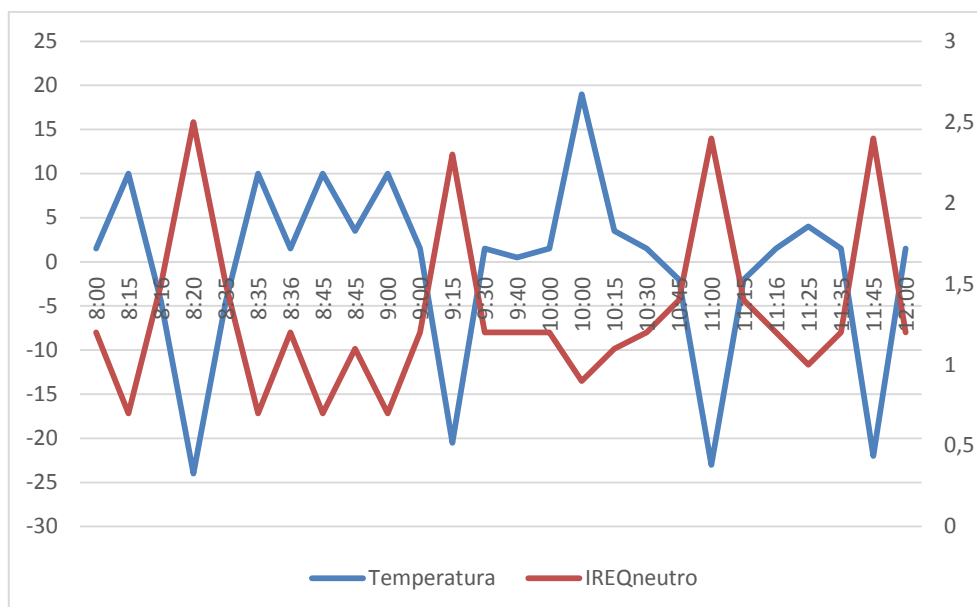


Figura 4.6 - Variação da temperatura e do IREQ durante o percurso realizado pelo trabalhador 2.

Como seria de esperar, verifica-se que o nível de isolamento acompanha, embora de forma inversa, a temperatura registada em cada zona climatizada, ou seja quando a temperatura diminui o nível de isolamento aumenta, e vice-versa.

Ao longo do percurso, devido ao nível de amplitude térmica que se faz sentir de zona para zona, o nível de isolamento requerido do vestuário para suportar todas as condições com que o trabalhador se depara, vai sofrer grandes variações. A grande dificuldade com que os trabalhadores se deparam é conseguirem atingir um certo nível de isolamento que lhes permita obter um equilíbrio térmico para todas as zonas, isto é, conseguirem utilizar um nível de isolamento de vestuário tal, que lhes dê sensações o mais neutras possíveis, de forma a satisfazer as condições de conforto em todas as zonas climatizadas que frequentam.

A figura 4.7, ilustra a variação dos níveis de isolamento requerido, mínimo e neutro, comparativamente ao nível de isolamento que é efetivamente utilizado pelo trabalhador ao longo de todo o percurso.

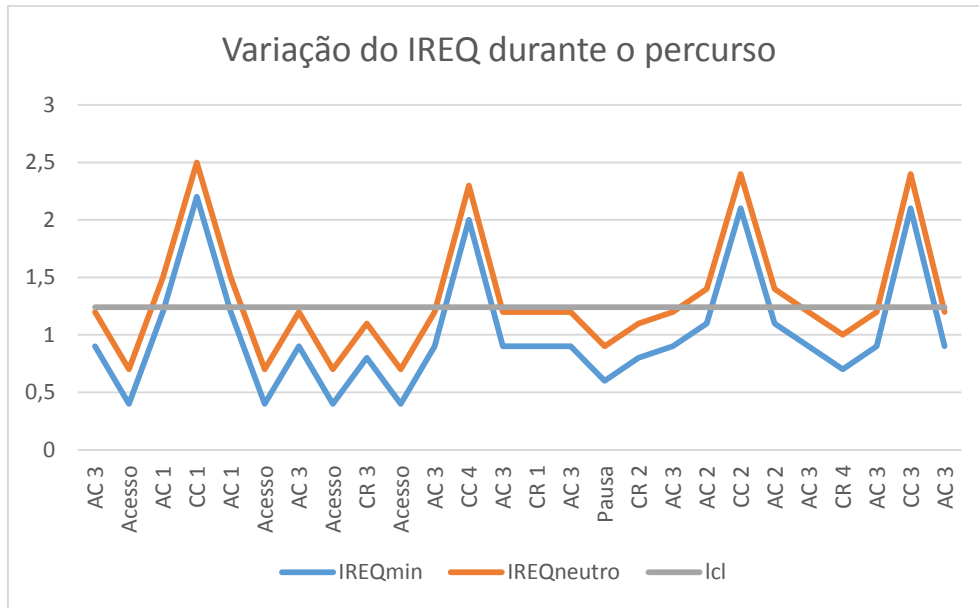


Figura 4.7 - Variação do IREQ, mínimo e neutro, comparativamente ao isolamento, Icl, utilizado pelo trabalhador durante o percurso em questão.

Verifica-se que, para o trabalhador é muito complicado conseguir atingir os níveis de isolamento requerido para todas as zonas quando este está constantemente a mudar de zona. Deste modo, tendo em conta os tempos aproximados que os trabalhadores 2 e 4 permanecem no interior de cada zona, procurou-se determinar um nível de isolamento do vestuário tendo em conta todas as zonas climatizadas que frequentam, de modo a satisfazer os requisitos mínimos de isolamento para o período de tempo que permanecem na câmara com temperaturas mais baixas (CC1). Deste modo, visto que segundo a tabela 4.13, os trabalhadores 2 e 4, com o nível de isolamento utilizado, conseguem permanecer cerca de meia hora no interior da CC1, quando na realidade estes normalmente não ultrapassam os quinze minutos no interior desta, assim sendo é possível reduzir o nível de isolamento destes, de modo a que possuam condições para permanecer este período no interior da câmara e assim, tentar evitar situações de sobreaquecimento nas câmaras com temperaturas positivas.

Foram então determinados os níveis de isolamento requerido de modo a satisfazer as condições acima mencionadas. Na tabela 4.15, estão presentes os valores de isolamento corrigidos para estas condições.

Tabela 4.15 - Valores de Isolamento corrigidos para os trabalhadores 2 e 4, tendo em conta a exposição intermitente a que estão sujeitos.

Zona	Trabalhador 2 (1,24 -> 0,845 clo)					Trabalhador 4 (0,89 -> 0,565 clo)				
	IREQ		D _{lim}		D _{rec}	IREQ		D _{lim}		D _{rec}
	Min	Neutro	Min	Neutro		Min	Neutro	Min	Neutro	
CC 1	2,2	2,5	0,3	0,2	0,7	1,3	1,6	0,3	0,2	0,4
CC 2	2,1	2,4	0,3	0,2	0,7	1,3	1,6	0,3	0,2	0,4
CC 3	2,1	2,4	0,3	0,2	0,7	1,3	1,5	0,3	0,2	0,4
CC 4	2	2,3	0,3	0,2	0,7	1,2	1,5	0,3	0,2	0,4
CR 1	0,9	1,2	3	0,9	-	0,5	0,7	>8	1,1	-
CR 2	0,8	1,1	>8	1,3	-	0,3	0,5	>8	2,5	-
CR 3	0,8	1,1	>8	1,3	-	0,3	0,6	>8	2,7	-
CR 4	0,7	1	>8	1,5	-	0,3	0,6	>8	4,6	-
AC 1	1,2	1,5	1	0,5	0,7	1,2	1,5	2,1	0,5	0,4
AC 2	1,1	1,4	1,4	0,7	0,7	0,5	0,8	>8	0,7	0,4
AC 3	0,9	1,2	4,6	1	0,7	0,4	0,7	>8	1,3	0,4
Acesso	0,4	0,7	>8	>8	-	0,1	0,4	>8	8	-

Tendo em conta as condições referidas acima, foi possível reduzir o nível de isolamento dos trabalhadores 2 e 4, de 1,24 para 0,845 clo e 0,89 para 0,565 clo, respetivamente. Foi determinado o valor do isolamento mais baixo possível, para satisfazer os quinze minutos de permanência dentro da CC1. Obtido este foi possível melhorar as condições em outras zonas que possuíam risco de sobreaquecimento. Verificase então que comparativamente com a tabela 4.13, com este nível de isolamento foi possível melhorar as condições dos trabalhadores nas restantes zonas climatizadas.

Novamente, é ilustrado o exemplo de percurso realizado pelo trabalhador 2 em que tendo em conta a análise das 8 horas de permanência no mesmo local, verifica-se a diferença comparativamente ao percurso apresentado anteriormente, que apesar de existir um maior número de zonas caracterizadas com a cor laranja, ou seja, o trabalhador não possui as condições de isolamento requerido mínimo para permanecer as 8 horas na mesma zona, mas possui as condições de isolamento requerido suficientes para permanecerem os períodos de tempo que normalmente são efetivamente utilizados por ele nestas zonas.

Tabela 4.16 - Exemplo de percurso realizado pelo trabalhador 2 com níveis de isolamento corrigidos.

Horas	8:00	8:15	8:16	8:20	8:35	8:35	8:36	8:45	8:45	9:00	9:00	9:15	9:30	9:40
Zona	AC3	Ace	AC1	CC1	AC1	Ace	AC3	Ace	CR3	Ace	AC3	CC4	AC3	CR1
AQ														
T [°C]	1,5	10	-4,5	-24	-4,5	10	1,5	10	3,5	10	1,5	-20,5	1,5	0,5

Continuação	10:00	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:16	11:25	11:35	11:45	12:00
	AC3	P	CR2	AC3	AC2	CC2	AC2	AC3	CR4	AC3	CC3	AC3
	1,5	19	3,5	1,5	-2	-23	-2	1,5	4	1,5	-22	1,5

Através da tabela 4.16, comparativamente à tabela 4.14, verifica-se que para os períodos que os trabalhadores 2 e 4 passam no interior das câmaras, com o isolamento corrigido, acabam por possuir de um modo global melhores condições de conforto.

Verifica-se que apenas em CR2 no caso do trabalhador 4 (tabela 4.17), existe um pequeno excesso no valor de isolamento para condições neutras, que acaba por ser praticamente irrelevante devido ao seu valor reduzido.

Tabela 4.17 - Adequabilidade dos trabalhadores 2 e 4 para cada zona climatizada, tendo em conta os períodos referidos, bem como as respetivas pausas.

Nº do trabalhador		2	4
Zona	CC 1		
	CC 2		
	CC 3		
	CC 4		
	CR 1		
	CR 2		
	CR 3		
	CR 4		
	AC 1		
	AC 2		
	AC 3		
	Acesso		

A zona de acesso devido à sua temperatura mais elevada, acaba por ser uma zona em que vai existir sempre risco de sobreaquecimento, mas tendo em conta o período de tempo que os trabalhadores passam nesta, esta pode ser desprezável.

4.1.1.9. Manifestação térmica

Através do questionário a que os trabalhadores se sujeitaram, estes manifestaram a sua sensação térmica, segundo as condições ambientais onde se inseriam. No questionário indicavam a sensação térmica das várias zonas do corpo.

Deste modo tentaram-se relacionar os dados obtidos através das sensações térmicas manifestadas pelos trabalhadores com os índices anteriormente calculados.

Na tabela 4.18, são apresentadas as sensações térmicas de cada trabalhador para cada zona do corpo tendo em consideração a escala das sete sensações já mencionada.

As sensações térmicas apresentadas de seguida dizem respeito apenas a AC3.

Tabela 4.18 - Manifestação térmica de cada trabalhador, tendo em conta as zonas do corpo em questão.

Zona\ Nº do Trabalhador	1	2	3	4	5	6	7
Mãos	-1	0	-1	0	0	0	-1
Costas	0	0	0	0	0	0	0
Face	0	1	-1	1	0	-1	0
Pernas	0	0	0	0	0	0	0
Pés	0	0	-1	1	0	0	0

Através dos resultados obtido, é possível verificar que, nesta zona comum a todos os trabalhadores, a zona corporal que é mais vezes assinalada como fora da neutralidade térmica, é a face. Relativamente a esta zona corporal, os dados obtidos acabam por ser distintos, visto que existem dois trabalhadores (2 e 4) que apresentam sensações de ligeiramente quente, enquanto os outros dois trabalhadores (3 e 6) que manifestaram sensações térmicas nesta zona fora da neutralidade, indicam sensações de ligeiramente frio.

Tal como já tinha sido justificado anteriormente com o cálculo do índice IREQ, os trabalhadores 2 e 4 possuem um nível de isolamento tal, tendo em conta também o nível de metabolismo, superior aos restantes, que, quando sujeitos a este tipo de exposição manifestam sensações de ligeiramente quente na zona corporal em questão.

Na figura 4.8, são apresentados os valores relativos às sensações de frio manifestadas pelos trabalhadores em cada zona do corpo.

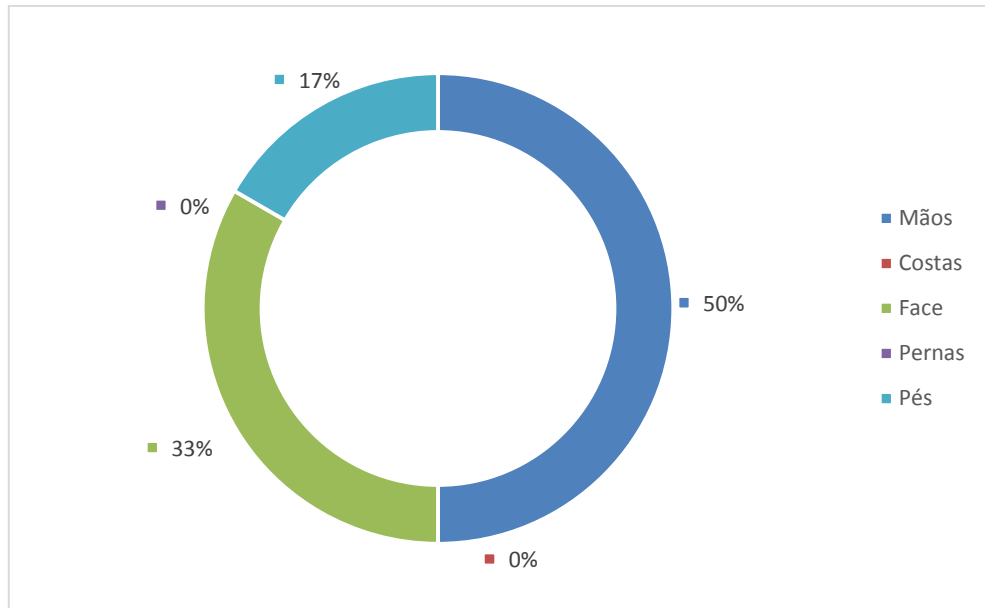


Figura 4.8 - Zonas indicadas pelos trabalhadores nas quais manifestam sensações de frio

Verifica-se que, a zona que é mais apontada pelos trabalhadores, no qual apresentam sensações de ligeiramente frio, é zona das mãos (50%), seguido da zona da face (33%)

É possível verificar que, as zonas que são mais vezes referidas pelos trabalhadores, como zonas em que manifestam sensações de frio, neste caso ligeiramente frio (-1), são as zonas periféricas do corpo, as mãos, a face e os pés.

As zonas do corpo do qual nenhum dos trabalhadores da amostra manifestou sensações de ligeiramente frio foi a zona das costas e das pernas, que eram caracterizadas por 100% da amostra como sensação neutra em relação às condições a que estavam sujeitos.

Verifica-se que, o trabalhador que manifesta uma maior quantidade de zonas com sensações abaixo do nível neutro é o trabalhador 3. Este trabalhador apesar de possuir níveis de isolamento superiores a alguns trabalhadores que manifestam sensações térmicas neutras é o que expressa um maior nível de desconforto.

Comparativamente aos resultados obtidos através do índice IREQ calculado verifica-se que, os trabalhadores que possuem um maior número de zonas em que manifestam sensações de ligeiramente frio, são os que possuem um nível insuficiente de isolamento, para as condições das câmaras consideradas.

De modo a comparar estas sensações térmicas com os níveis de isolamento requerido e níveis de isolamento utilizado pelos trabalhadores, elaborou-se o gráfico seguinte (Figura 4.9), em que as sensações térmicas e os respetivos valores de cada uma foram somados, de modo a tentar relacionar estes dois parâmetros.

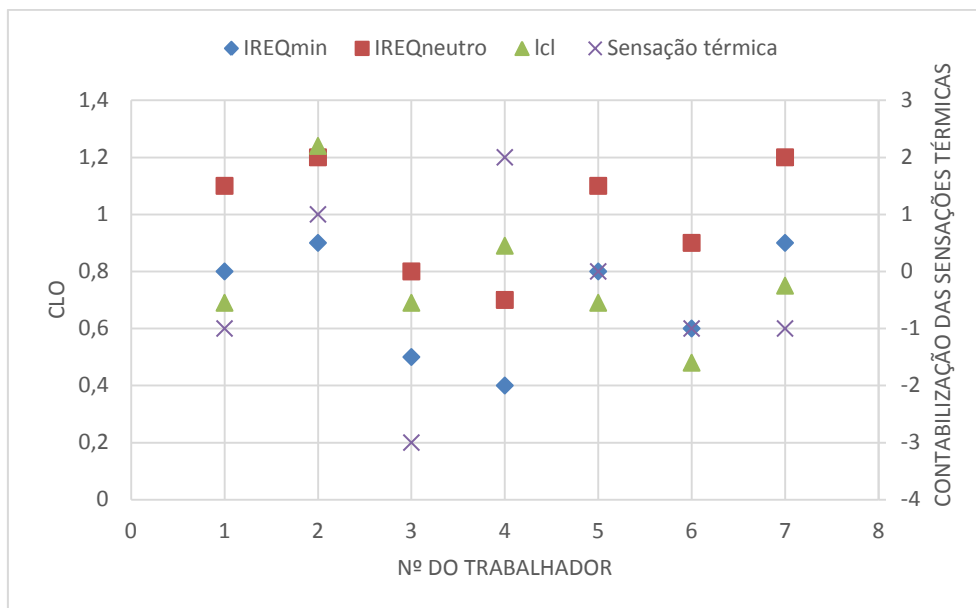


Figura 4.9 - Sensações térmicas manifestadas, comparativamente com os níveis de isolamento, IREQ e Icl.

É possível verificar e confirmar através do gráfico que os trabalhadores que possuem um valor mais elevado (embora negativo) de resultante de sensações térmicas nas várias zonas do corpo, são os que possuem um menor nível de isolamento que é efetivamente utilizado por cada um, e conseqüentemente, são os que possuem um nível de isolamento requerido superior. Verifica-se também que, os trabalhadores 2 e 4 como possuem um nível de isolamento ligeiramente superior para as condições neutras de AC3, são os que possuem níveis de sensações de ligeiramente quente. No caso do trabalhador 3, como já foi referido, apesar de possuir níveis de isolamento supostamente adequado às condições de AC3, manifesta sensações térmicas contraditórias às que realmente deveria manifestar. Para este caso, como já tinha sido referido, põe-se em causa a capacidade de adaptabilidade do organismo a determinadas condições ambientais.

4.1.1.10. Arrefecimento local

Relativamente ao arrefecimento local neste caso de estudo, através da norma ISO 10079, 2007, estão presentes condições favoráveis a este tipo de arrefecimento. Como referido no capítulo 2, com $t_a < -15 \text{ }^\circ\text{C}$, e para níveis de metabolismo superiores a 115 W/m^2 , estão reunidas as condições para indução de tensões fisiológicas, para níveis elevados e reduzidos.

Para o caso de arrefecimento pelo vento foi então utilizado o índice WCI de forma a determinar a possibilidade dos trabalhadores desenvolverem arrefecimento local, através deste parâmetro. Como já foi possível verificar, todos os trabalhadores existentes na empresa apresentam níveis de metabolismo superiores a 115 W/m^2 , no entanto existem

apenas quatro zonas (câmaras de congelação) que possuem temperaturas inferiores a -15 °C, o que reduz o número de trabalhadores expostos para dois (trabalhador 2 e 4). Para as condições ambientais destas zonas foi então determinada a temperatura t_{wc} para cada uma. A tabela seguinte apresenta as variáveis utilizadas e os resultados obtidos.

Tabela 4.19 - Determinação de t_{wc} para as câmaras de congelação.

Zona	t_{ar}	v_{ar}	t_{wc}	Classificação do Risco
CC1	-24	0,4	-21,72	1
CC2	-23	0,4	-20,71	1
CC3	-22	0,4	-19,69	1
CC4	-20,5	0,4	-18,17	1

A partir dos resultados obtidos para estas quatro zonas verifica-se através dos parâmetros disponíveis na norma que os dois trabalhadores que estão sujeitos às condições destas, possuem segundo a norma um risco associado de nível 1, pois os valores calculados estão entre $-24 < t_{wc} < -10$. Para estes trabalhadores o efeito associado a este risco é de desconfortavelmente frio. De referir que para estas quatro câmaras foi utilizada uma velocidade do ar de 0,4 m/s uma vez que foi utilizada nos cálculos anteriores, e também devido à impossibilidade de a medir nestas câmaras. Relativamente às tensões fisiológicas induzidas, estes dois trabalhadores estão sujeitos a tensões fisiológicas reduzidas. No entanto, visto estarem sujeitos a temperaturas inferiores a -15 °C e possuírem um nível de atividade superior a 115 W/m^2 , a norma recomenda a utilização de equipamento de proteção para as vias respiratórias. Os restantes trabalhadores devido ao facto de se deslocarem a estas câmaras pouco frequentemente e o tempo que permanecem no interior das mesmas ser pouco significativo, não possuem um risco associado de tensões fisiológicas.

4.1.2. Estudo de caso 2: Empresa de Lacticínios/ Queijaria

A entidade em questão emprega atualmente 7 trabalhadores e possui um volume de negócios de cerca de 581.000 euros pelo que, relativamente à dimensão, esta é considerada uma pequena empresa. Segundo a classificação de atividade económica, o sector da atividade de indústria da empresa avaliada, é a indústria de leite e derivados (10510). As suas instalações possuem uma área coberta de cerca de 1650 m^2 .

A instalação subdivide-se num conjunto de espaços que se localizam todos no mesmo edifício, sendo eles:

- Escritório
- Sala de espera
- Zona de convívio
- Vestiários / Casas de banho
- Sala de controlo
- Zona de receção e armazenamento da matéria-prima
- Zona de expedição do produto final
- Laboratório
- Zona de transformação da matéria-prima/produção
- Cinco câmaras frigoríficas refrigeradas
- Uma câmara frigorífica de congelação
- Um túnel de congelação
- Zona de lavagem
- Zona de embalamento
- Lavandaria
- Casa das máquinas
- Armazém
- ETAR

4.1.2.1. *Processo produtivo/logístico*

De modo a melhor entender o processo de logística e produção realizado pela empresa, encontra-se de seguida um fluxograma com a posterior descrição.

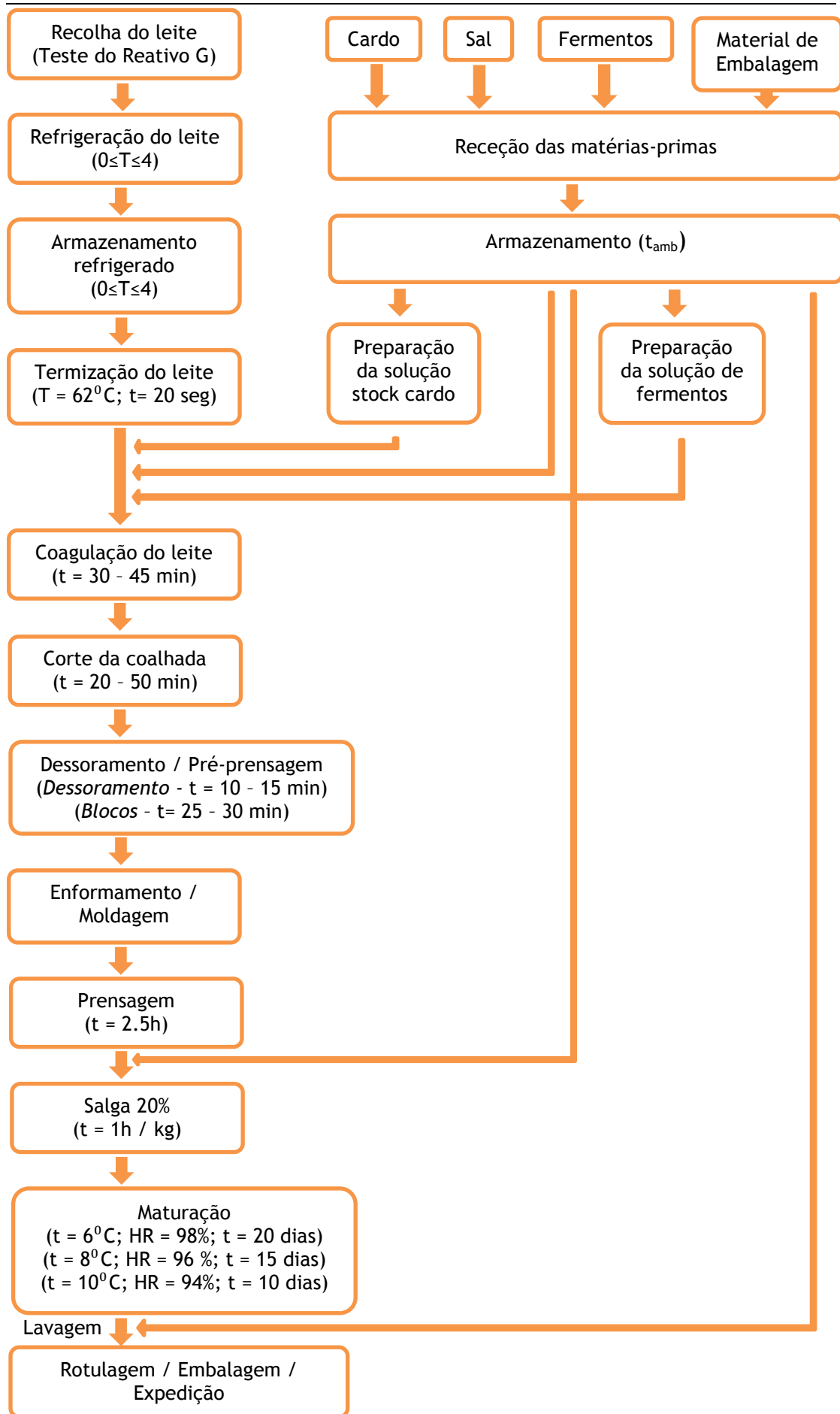


Figura 4.10 - Fluxograma do processo de logística e produção.

Descrição:

1 - Inicialmente dá-se a recepção e armazenagem das matérias-primas, como o leite e outros tipos de matérias necessárias á produção do queijo.

2 - O leite é mantido a uma temperatura controlada enquanto está armazenado, sendo posteriormente tratado termicamente (termização) de modo a eliminar a grande maioria da carga microbiana e inativar enzimas. Este tratamento eleva o leite a uma temperatura de sensivelmente de 62 °C durante cerca de 20 segundos. As restantes matérias-primas são também preparadas, para que estas possam então juntar-se ao leite já tratado.

3 - Em seguida após mistura das matérias-primas dá-se a coagulação do leite devido á função coagulante do cardo.

4 - Realiza-se o corte da coalhada, sendo que neste processo é possível retirar o soro natural do leite, que pode ser utilizado posteriormente para fazer requeijão.

5 - De seguida para retirar o soro da coalhada, esta passa pelo processo de dessoramento/pré-prensagem.

6 - Após o dessoramento, a coalhada passa pelo processo de enformamento/moldagem, neste processo são utilizados moldes onde se coloca a coalhada, de forma a obter os diferentes tamanhos do produto final comercializados pela empresa.

7 - Posteriormente o produto que foi enformado e moldado é prensado, o queijo é prensado durante aproximadamente duas horas sendo de seguida retirado das formas. Nesta fase vai apresentar a forma do molde que lhe foi conferido. É ainda utilizada uma cinta de pano a envolver o queijo, que é mudada sempre que este é lavado.

8 - Após a prensagem, o queijo é colocado na câmara número 1 durante cerca de 20 dias a uma temperatura aproximada de 6 °C, e uma humidade de cerca de 98%. Posteriormente após este período, o queijo é levado para a câmara número 2, no qual permanece durante 15 dias, sob condições de temperatura e humidade aproximadas de 8 °C e 96% respetivamente. Por fim, na fase da maturação o queijo é ainda levado para uma outra câmara, câmara número 3 no qual permanece durante 10 dias sob condições de temperatura e humidade, 10°C e 94% respetivamente. Durante este processo, em que o queijo é transferido de câmara para câmara ao longo do tempo, os trabalhadores executam o processo de viragem e lavagem o qual é realizado de igual modo nas três câmaras.

O processo de viragem ocorre duas vezes por semana, nomeadamente à terça e à quinta-feira, sendo que nos restantes dias da semana o dia de laboração é inteiramente dedicado à produção do queijo e ao seu armazenamento. Por fim, o queijo já maturado é rotulado, embalado e armazenado na câmara de produto acabado, estando pronto para ser expedido assim que seja necessário.

4.1.2.2. Caraterização das infraestruturas da empresa / Zonas climatizadas

A empresa possui várias zonas climatizadas, de forma a manter a qualidade do produto comercializado. Estas zonas possuem caraterísticas distintas, pois cada uma delas detêm condições de temperatura e humidade únicas, pois como já foi referido, assim o obriga ao longo do processo produtivo, de forma a manter a qualidade do queijo desde a sua produção até ao fim do processo de maturação. Estas zonas vão ser, tal como foi realizado no primeiro caso de estudo, identificadas por categorias de forma a simplificar a descrição de cada uma. Assim sendo foram definidas como:

- Zona de transformação da matéria-prima/produção - ZP
- Cinco câmaras frigoríficas refrigeradas
 - CR1 - Câmara fase um
 - CR2 - Câmara fase dois
 - CR3 - Câmara fase três
 - CR4 - Câmara produto acabado
 - CR4.1 - Câmara de produto acabado (requeijão)
- Uma câmara frigorífica de congelação - CC
- Um túnel de congelação - TC

Relativamente às caraterísticas construtivas das câmaras da empresa, estas podem ser visualizadas na tabela 4.20. O tipo de construção e materiais utilizados nos espaços climatizados é do tipo sandwich, com isolamento em poliuretano, piso em betão e o isolamento das tubagens dos evaporadores em neopreno.

Tabela 4.20 - Características construtivas das câmaras frigoríficas e outras zonas da empresa.

Câmara	Área [m ²]	Altura [m]	Volume [m ³]	Nº Evaporadores	Tipo de Fluido
ZP	19x12=228	4,5	1026	2	R404A
CR1	9,5x9=85,5	3,5	299,3	1	R404A
CR2	8x8=64	3,5	224	1	R404A
CR3	8x7=56	3,5	196	1	R404A
CR4	4x4=16	3,5	56	1	R404A
CR4.1	2x4=8	3,5	28	1	R404A
CC	10x4=40	3,5	140	1	R22
TC	3,5x2=7	3	21	1	R22

Quanto à utilização destas câmaras, em média, ao longo de uma jornada diária de trabalho entram nas câmaras entre 2 a 5 pessoas/hora, o que implica ganhos térmicos para o interior das câmaras frigoríficas. Fora e dentro destas, as portas encontram-se permanentemente encerradas. Para além da entrada e permanência dos trabalhadores nas câmaras registam-se ocasionalmente entradas e saídas de “carros de queijo” para a zona de lavagem e vice-versa. De referir que as portas de todas as câmaras são manuais e de correr com fecho. Em nenhuma das câmaras existe qualquer tipo de barreiras com o intuito de diminuir os ganhos térmicos aquando da abertura das portas.

Quanto às variáveis ambientais que foram mensuradas nestes espaços são apresentadas na tabela 4.21.

Tabela 4.21 - Variáveis ambientais medidas nas várias zonas da empresa.

Variável	Parâmetro	Zona							
		ZP	CR1	CR2	CR3	CR4	CR4.1	CC	TC
Temperatura do ar [°C]	Máximo	16,00	9,00	12,50	12,00	9,00	27,50	-7,00	15,00
	Média	15,40	8,04	10,89	10,70	4,94	6,22	-10,07	-15,93
	Mínimo	14,50	7,00	9,00	9,5	3,50	4,50	-11,50	-24,50
	D.P.	0,47	0,17	0,74	0,26	0,92	0,56	0,56	8,33
Humidade relativa [% HR]	Máximo	91,00	100,00	95,50	94,50	99,00	100,00	89,50	100,00
	Média	82,96	92,30	78,00	85,41	81,39	92,74	74,78	73,21
	Mínimo	68,50	71,50	65,00	70,50	59,00	25,00	56,00	49,00
	D.P.	6,79	3,31	4,99	3,22	5,98	5,78	7,02	11,22

Através da tabela 4.21 é possível verificar o nível de amplitude térmica a que um trabalhador está sujeito caso tenha que entrar e sair das várias câmaras que a empresa possui. Esta amplitude térmica no caso mais extremo, considerando a temperatura mais baixa e mais alta registada no conjunto de todas as zonas climatizadas chega a ser de 31 °C, considerando a zona neutra (aproximadamente 20 °C), o corredor da empresa que dá acesso a todas as câmaras e restantes zonas, a zona mais quente, com a câmara de congelação como a zona mais fria. Não é considerado o túnel de congelação visto que neste só há entrada e saída de trabalhadores caso seja estritamente necessário, pois em condições normais só há entrada e saída destes antes do túnel começar a operar e após o processo de congelação estar concluído. Apesar destas amplitudes térmicas registadas na empresa, em que de facto em alguns períodos do dia existem efetivamente trabalhadores que estão sujeitos a estas, o mais habitual acontecer durante o dia de laboração, é os trabalhadores entrarem e saírem apenas das câmaras de refrigeração, o que leva a níveis de amplitude térmica muito inferiores.

4.1.2.3. Caraterização da amostra avaliada

Nesta empresa, a amostra dos trabalhadores que foi encontrada aquando da realização das medições ambientais, foi uma amostra com alguma diferença relativamente à faixa etária, em que estas variaram entre os 22 e os 58 anos. Dos 4 trabalhadores desta empresa utilizados no estudo, todos eram do mesmo género, feminino. As alturas e pesos registados variaram entre 146 - 160 cm e 51 - 61 kg, respetivamente.

Quanto ao nível de atividade, apesar de todos os trabalhadores avaliados desenvolverem a mesma função em condições de frio (virar o queijo), em CR1, CR2 e CR3, foram registados níveis de atividade consideravelmente diferentes.

Relativamente à área corporal da amostra avaliada, esta variou entre 1,48 - 1,57 m². Estes parâmetros que foram mensurados e calculados são apresentados em maior detalhe na tabela seguinte.

Tabela 4.22 - Variáveis individuais mensuradas e calculadas da amostra de trabalhadores em questão.

Variável	Nº do Trabalhador				Média	D.P.
	1	2	3	4		
Sexo	M	M	M	M	-	-
Idade (anos)	40	58	27	22	36,75	13,91
Peso (Kg)	57	61	56	51	56,25	3,56
Altura (cm)	155	146	160	156	154,25	5,12
Área corporal (m ²)	1,55	1,52	1,57	1,48	1,53	0,03

4.1.2.4. Nível de atividade da amostra

Neste tipo de indústria o nível de atividade tende a ser ligeiramente inferior ao registado no estudo de caso 1, pois não envolve movimentação de cargas constantemente.

Segundo a norma ISO 8996, 2004, o nível de atividade registado nesta empresa está dentro dos valores referidos para este tipo de atividade. A norma refere que para o tipo de atividade que é realizado na empresa, os valores do metabolismo deveriam estar compreendidos entre 70-130 W/m², sendo que os valores registados na amostra de trabalhadores em questão, estão compreendidos entre, aproximadamente, 76-136 W/m².

Mais uma vez, verifica-se que para a mesma atividade registam-se valores distintos de metabolismo, e tal como aconteceu no estudo de caso anterior, foi adotado o método

que recorre à medição da frequência cardíaca, acabando por ser um método mais preciso na determinação do metabolismo e, por consequência, no cálculo de IREQ para cada trabalhador.

Para o caso em estudo, a abordagem feita acaba por ser ligeiramente diferente, pois foram analisadas as condições de conforto para as câmaras CR1, CR2 e CR3, de uma forma mais aprofundada. Para estas três câmaras, para além de serem efetuadas medições da frequência cardíaca em condições neutras, foram realizadas também medições no interior de cada uma destas câmaras, ou seja, para cada trabalhador era mensurada a frequência cardíaca no interior de cada uma, visto possuírem condições ambientais ligeiramente diferentes. Este método não foi adotado para as restantes câmaras visto que o tempo que os trabalhadores permanecem no interior destas ser apenas o tempo necessário para descarregar ou carregar um “carro de queijo”, acabando por ser um período reduzido que acaba por não influenciar a frequência cardíaca, e consequentemente o nível de metabolismo dos trabalhadores. De qualquer modo, as restantes câmaras vão ser, apesar de não tão detalhadamente, avaliadas também, em relação às condições que apresentam para com os trabalhadores no que diz respeito ao nível do conforto térmico. Na tabela 4.23, são apresentados os valores da frequência cardíaca e os níveis de metabolismo de cada trabalhador em cada uma destas câmaras (CR1, CR2 e CR3) bem como o seu erro associado (ϵ).

As variáveis utilizadas e calculadas para determinar o nível de metabolismo de cada trabalhador tal como no primeiro caso de estudo, são também apresentadas em anexo na tabela 0.6.

Tabela 4.23 - Nível de metabolismo e frequência cardíaca de cada trabalhador e respectivo erro associado ao método utilizado

CR1						
Variável\ Nº do Trabalhador	1	2	3	4	Média	D.P.
FC (Normal) (bpm)	80,00	77,00	65,00	69,00	72,75	6,02
FC + ϵ	84,8	81,62	68,9	73,14	77,12	6,38
FC - ϵ	75,2	72,38	61,1	64,86	68,39	5,65
FC (Trabalho)	94,00	85,00	76,00	71,00	81,50	8,79
FC + ϵ	99,64	90,1	80,56	75,26	86,39	9,32
FC - ϵ	88,36	79,9	71,44	66,74	76,61	8,26
M (W/m ²)	127,46	106,64	116,76	87,17	109,51	14,85
Met + ϵ	140,20	117,30	128,44	95,89	120,46	16,33
Met - ϵ	114,71	95,97	105,09	78,45	98,56	13,36
CR2						
Variável\ Nº do Trabalhador	1	2	3	4	Média	D.P.
FC (Normal) (bpm)	80,00	77,00	65,00	69,00	72,75	6,02
FC + ϵ	84,8	81,62	68,9	73,14	77,12	6,38
FC - ϵ	75,2	72,38	61,1	64,86	68,39	5,65
FC (Trabalho)	92,00	81,00	75,00	75,00	80,75	6,94
FC + ϵ	97,52	85,86	79,5	79,5	85,60	7,36
FC - ϵ	86,48	76,14	70,5	70,5	75,91	6,53
M (W/m ²)	121,44	95,35	114,02	98,02	107,21	10,88
Met + ϵ	133,58	104,89	125,43	107,82	117,93	11,97
Met - ϵ	109,29	85,82	102,62	88,22	96,49	9,79
CR3						
Variável\ Nº do Trabalhador	1	2	3	4	Média	D.P.
FC (Normal) (bpm)	80,00	77,00	65,00	69,00	72,75	6,02
FC + ϵ	84,8	81,62	68,9	73,14	77,12	6,38
FC - ϵ	75,2	72,38	61,1	64,86	68,39	5,65
FC (Trabalho)	97,00	79,00	81,00	67,00	81,00	10,68
FC + ϵ	102,82	83,74	85,86	71,02	85,86	11,32
FC - ϵ	91,18	74,26	76,14	62,98	76,14	10,04
M (W/m ²)	136,49	89,71	130,46	76,32	108,24	25,76
Met + ϵ	150,14	98,68	143,50	83,95	119,07	28,33
Met - ϵ	122,84	80,74	117,41	68,69	97,42	23,18

Como referido, os valores de metabolismo obtidos através da frequência cardíaca são mais precisos do que os valores obtidos recorrendo a tabelas, em que, em vez de ser utilizado por exemplo o valor médio para um tipo de atividade definido pela norma, é calculado o metabolismo através do débito cardíaco de cada trabalhador.

É possível verificar através do gráfico seguinte, onde são apresentados os valores do nível de metabolismo calculados para cada trabalhador relativamente às condições encontradas em CR1, bem como os valores máximo, mínimo e média para o tipo de atividade referido pela norma ISO 8996, 2004. Verifica-se que, neste caso, para CR1 todos os trabalhadores avaliados estão dentro dos limites referidos pela norma.

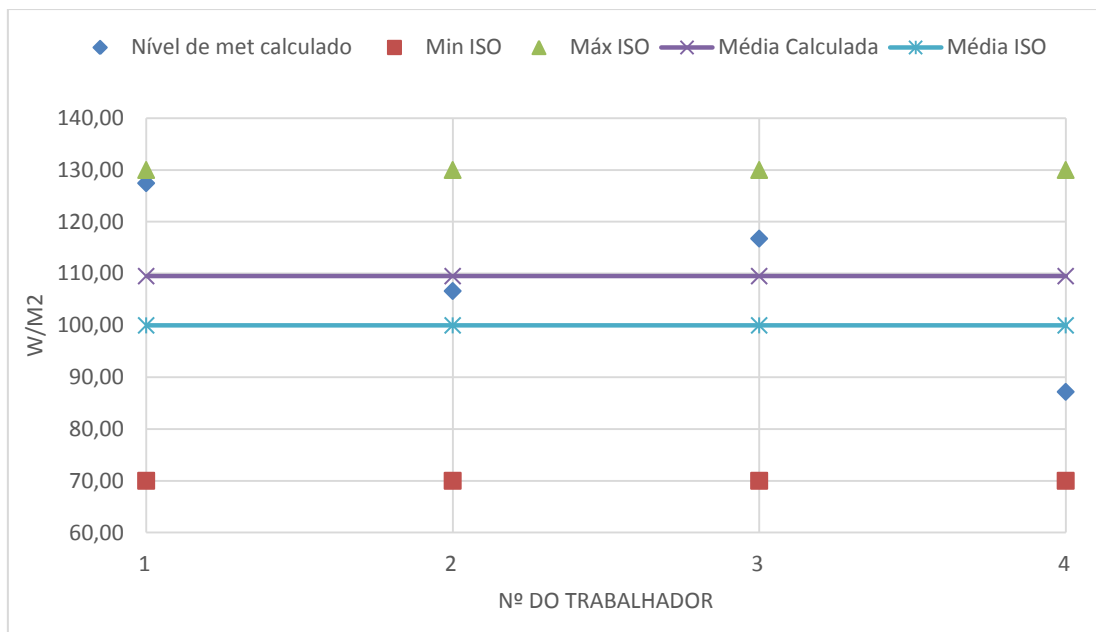


Figura 4.11 - Gráfico representante às diferenças de valores entre métodos usualmete utilizados, para condições de CR1.

No caso de CR2, os níveis de metabolismo dos trabalhadores tal como na câmara anterior estão também entre os limites referidos pela norma (figura 4.12).

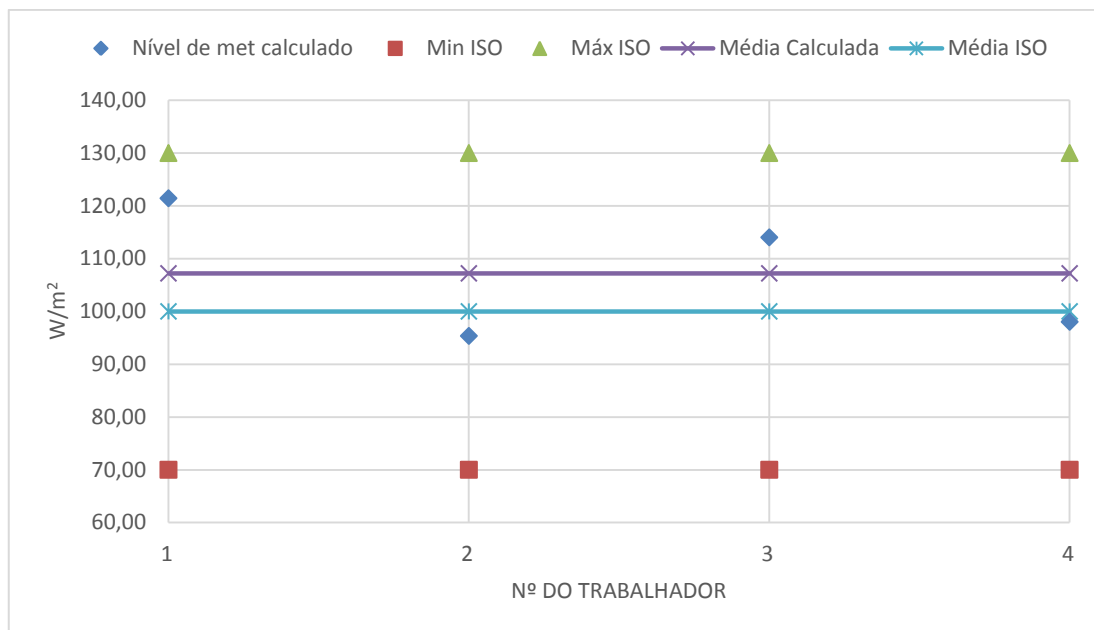


Figura 4.12 - Gráfico representante às diferenças de valores entre métodos usualmete utilizados, para condições de CR2.

No caso de CR3, apenas um dos trabalhadores, o trabalhador número um, apresenta níveis de metabolismo, apesar de não serem muito significativos, superiores aos níveis máximos referidos pela norma, 136 W/m^2 , em vez de os 130 W/m^2 .

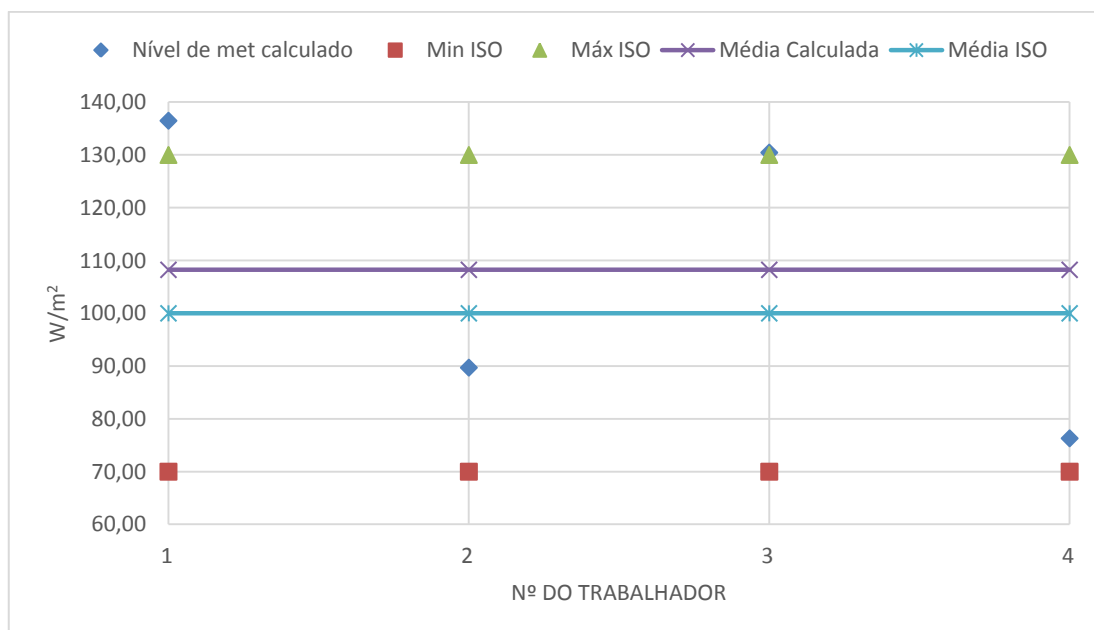


Figura 4.13 - Gráfico representante às diferenças de valores entre métodos usualmete utilizados, para condições de CR3.

É possível verificar que a linha relativa à média do metabolismo, que a norma recomenda caso seja utilizado o método número 2, possui uma diferença significativa relativamente à média obtida pelos trabalhadores. De um modo geral, esta diferença no conjunto das três câmaras foi de cerca de 10 W/m^2 . Foi possível ainda verificar que no geral, à exceção do trabalhador número um na câmara 3, todos os valores de metabolismo calculados encontram-se entre os limites mínimos e máximos referidos pela norma. Apesar disto, o cálculo do metabolismo recorrendo à frequência cardíaca, realizado para cada um destes trabalhadores permitiu uma maior precisão nos valores que, posteriormente, são utilizados na determinação do nível de isolamento requerido. Deste modo, consta-se claramente um menor erro associado com a utilização do método de análise número 3 desta norma. Estes níveis de atividade podem ser correlacionados com a frequência cardíaca, sendo que esta em relação à amostra variou entre 65-80 bpm em condições de repouso e termicamente neutras, e em condições de trabalho com exposição ao frio variou entre os 67-97 bpm.

Na figura 4.14 é apresentada a variação da frequência cardíaca em relação a cada trabalhador, para as condições de repouso e de trabalho, tendo em conta as condições de cada câmara (CR1, CR2 e CR3), em que se verifica que de um modo geral existe um aumento da frequência cardíaca, devido ao aumento do nível de atividade aquando estão a laborar. O trabalhador número quatro acaba por ser uma exceção relativamente a este facto, pois em CR3 apresenta valores de frequência cardíaca inferiores aos valores registados em condições normais. Este valor em condições de trabalho foi mensurado duas vezes, e verificou-se que o valor era novamente inferior às condições de repouso, despistando deste modo um possível erro proveniente do tensiómetro. De qualquer forma, devido à anormalidade dos valores considerou-se ser um caso pontual, em que pode ter ocorrido um erro de leitura em condições neutras e não em condições de trabalho.

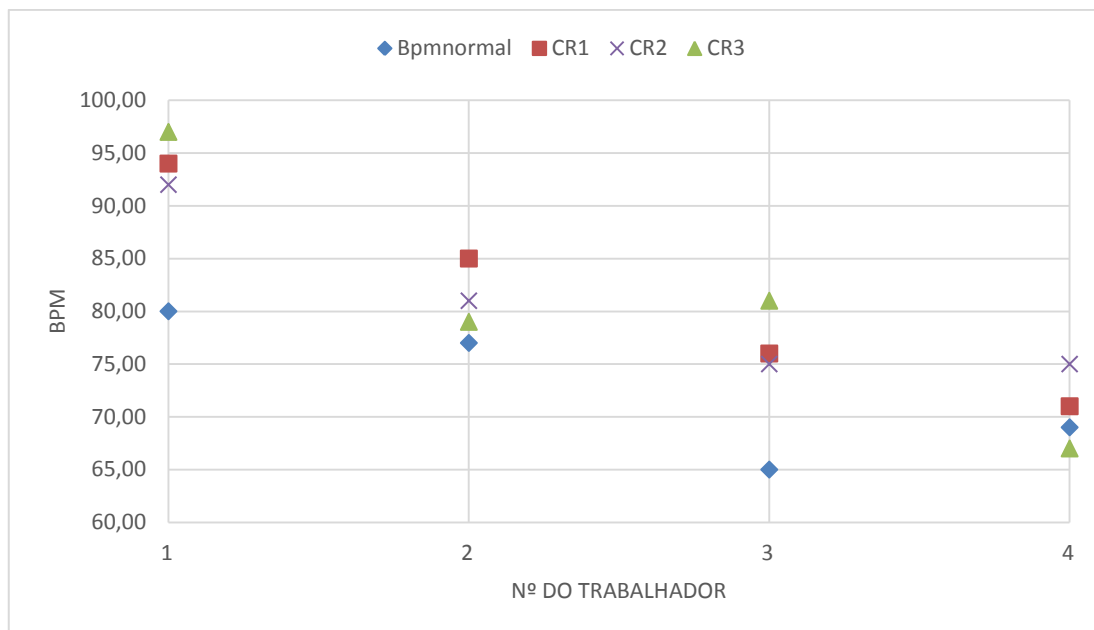


Figura 4.14 - Variação da frequência cardíaca de cada trabalhador em CR1, CR2 e CR3.

Verifica-se que, nem todos os trabalhadores apresentam para a mesma câmara nem o valor mais elevado nem o mais reduzido de frequência cardíaca. Enquanto os trabalhadores 1 e 3 registam valores mais elevados para CR3, os trabalhadores 2 e 4 registam-nos para CR1 e CR2, respetivamente. A não uniformidade dos valores registados dos trabalhadores avaliados pode-se justificar pelas condições ambientais de todas as câmaras serem ligeiramente diferentes, acabando por não existir uma uniformidade dos valores. Outros fatores podem influenciar também os resultados, como é o caso do ritmo que impõem na execução da tarefa, em que quando foram realizadas as medições em condições de trabalho, verificou-se que no turno em que os trabalhadores número 1 e 2, que operavam juntos, executavam a tarefa de viragem do queijo a um ritmo superior ao trabalhadores 3 e 4. Este ritmo superior reflete-se nos níveis de frequência cardíaca e consequentemente nos níveis de metabolismo, tal como é possível verificar nos gráficos anteriores, em que os trabalhadores 1 e 2 apresentam níveis de metabolismo superiores.

Esta diferença na execução da tarefa pode também ser justificável através da experiência que estes dois pares de trabalhadores possuem, pois os trabalhadores 3 e 4 operam na empresa recentemente.

4.1.2.5. Tipo e duração de exposição

O tipo de exposição a que os trabalhadores desta empresa estão sujeitos acaba por ser um tipo de exposição “misto”, embora não tão acentuado como no primeiro caso de estudo, pois os trabalhadores desta empresa operam praticamente sob condições

ambientais que não possuem grandes oscilações, à exceção da câmara de congelação, que acaba por ser sempre um curto espaço de tempo (inferior a um minuto).

Os trabalhadores que normalmente possuem a tarefa de viragem do queijo, são os que acabam por possuir uma maior exposição ao frio durante a jornada de trabalho. Nestes casos, o que acontece é que os trabalhadores iniciam o dia de trabalho com a viragem do queijo em CR1, quando terminam, saem desta, passam para as condições ambientais existentes no corredor da empresa (aproximadamente 20 °C), entram em CR2 e assim sucessivamente até CR3. O tempo que os trabalhadores operam no interior de cada câmara nunca é o mesmo, pois está sempre dependente da quantidade de queijo produzida, pois quanto maior a quantidade produzida, maior a quantidade de queijo que é armazenada nestas câmaras, logo consecutivamente, maior será o período de tempo dedicado a executar a tarefa de viragem do queijo. Apesar de os períodos de tempo serem variáveis, nos dias em que foram realizadas as medições verificaram-se períodos de 10 minutos a 1,5 horas em cada câmara. Nos dias em que foram registados períodos de 10 minutos, apesar de os trabalhadores serem avaliados na mesma, os valores obtidos acabaram por não ser utilizados, devido ao curto espaço de tempo que estes operavam sob condições de frio. Posteriormente, foram realizadas medições em que de facto existia um maior número de queijos armazenados nas câmaras que necessitavam de ser “virados”, o que proporcionava uma exposição por parte dos trabalhadores a um período de tempo superior.

Para efeitos de avaliação do nível de isolamento requerido do vestuário, bem como do tempo limite de exposição, foram utilizados, tal como no primeiro caso de estudo, os valores de temperatura mais baixos registados em cada câmara durante a jornada de trabalho, bem como o maior período de tempo que os trabalhadores permaneceram no interior de cada câmara, permitindo avaliar as condições mais extremas encontradas durante as medições.

A tabela seguinte apresenta o tipo e os tempos de exposição para cada trabalhador da amostra em questão observados durante a realização das medições.

Tabela 4.24 - Tipo e tempo de exposição dos trabalhadores.

Nº do Trabalhador	1,2,3 e 4		Restantes Trabalhadores	
Tipo de exposição	Cont./Int.		Cont.	
Tempo de exposição [horas]	8		8	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
	2+1,4	3+1,4	3+1,4	3+1,4

Apesar de apenas os trabalhadores que estão expostos às condições de frio serem avaliados, existem ainda outros trabalhadores que operam na empresa, sendo que estes passam maioritariamente o tempo de laboração a lavar o queijo que está armazenado nas câmaras numa zona que possui condições termicamente neutras. Todos os trabalhadores, incluindo os que foram avaliados, possuem uma pausa a meio da manhã e da tarde de cerca de 20 minutos, fora isso usufruem de 1,5 horas de almoço.

4.1.2.6. *Nível de isolamento do vestuário dos trabalhadores e Índice IREQ*

Na determinação do nível de isolamento do vestuário dos trabalhadores, tal como no caso de estudo um, foram contabilizadas todas as peças individualmente e obtido então o nível de isolamento do conjunto total das peças utilizadas. Todos os trabalhadores da amostra avaliada possuem vestuário de proteção, nomeadamente coletes térmicos, botas e luvas de borracha, os quais são cedidos por parte da entidade empregadora.

O nível de manifestação por parte dos trabalhadores em relação ao nível de isolamento do vestuário utilizado, revelou-se adequado para os trabalhadores 1 e 2 e razoável para os trabalhadores 3 e 4 relativamente às condições de trabalho, pois manifestavam em certas alturas do período de laboração sensações de ligeiramente frio. Estas manifestações, tal como aconteceu com um dos trabalhadores do primeiro caso estudado, podem ser justificadas por estes ainda laborarem recentemente na empresa, o que pode indicar a não adaptação às condições de frio por parte do organismo do mesmos. Os trabalhadores que há mais tempo operam na empresa foram também questionados quanto à adaptação por parte do seu organismo às condições de frio aquando iniciaram a atividade na empresa, sendo que estes indicaram uma resposta semelhante à dos trabalhadores da empresa do primeiro caso, em que referiram que o seu organismo demorou algum tempo adaptar-se às condições de frio.

O nível de isolamento do vestuário da amostra dos trabalhadores avaliados, variou entre 0,73 e 1,08 clo. A tabela seguinte representa o nível de isolamento calculado para cada um dos trabalhadores.

Tabela 4.25 - Isolamento térmico do vestuário dos trabalhadores calculado.

Nº do Trabalhador					Média	D.P.
	1	2	3	4		
lcl [clo]	1,08	0,94	0,73	0,81	0,89	0,13

4.1.2.7. Índice IREQ

O método utilizado para determinação do índice IREQ foi idêntico ao método utilizado no estudo de caso um, em que, após as medições de índole ambiental, fisiológico, determinação dos níveis de metabolismo, nível de isolamento do vestuário utilizado por parte dos trabalhadores, entre outros, procedeu-se ao cálculo deste índice. Mais uma vez foram determinados os níveis neutro e mínimo. Deste modo, é possível avaliar se o nível de isolamento térmico do vestuário utilizado é o mais adequado, e caso não seja, quantificar qual o nível de isolamento que deve ser utilizado.

Tabela 4.26 - Variáveis utilizadas no programa de cálculo para determinar o nível de isolamento requerido IREQ para cada câmara.

CR1				
Variável / N° do trabalhador	1	2	3	4
t_a [°C]	7,00	7,00	7,00	7,00
HR [%]	97,00	97,00	97,00	97,00
t_r [°C]	7,30	7,30	7,30	7,30
v_a [m/s]	0,40	0,40	0,40	0,40
v_w [m/s]	0,36	0,25	0,31	0,15
Met [W/m ²]	127,46	106,64	116,76	87,17
lcl [clo]	1,08	0,94	0,73	0,81
CR2				
Variável/N° do trabalhador	1	2	3	4
t_a [°C]	9,00	9,00	9,00	9,00
HR [%]	78,50	78,50	78,50	78,50
t_r [°C]	8,10	8,10	8,10	8,10
v_a [m/s]	0,40	0,40	0,40	0,40
v_w [m/s]	0,33	0,19	0,29	0,21
Met [W/m ²]	127,46	106,64	116,76	87,17
lcl [clo]	1,08	0,94	0,73	0,81
CR3				
Variável/N° do trabalhador	1	2	3	4
t_a [°C]	9,50	9,50	9,50	9,50
HR [%]	82,00	82,00	82,00	82,00
t_r [°C]	9,80	9,80	9,80	9,80
v_a [m/s]	0,40	0,40	0,40	0,40
v_w [m/s]	0,36	0,25	0,31	0,15
Met [W/m ²]	121,44	95,35	114,02	98,02
lcl [clo]	1,08	0,94	0,73	0,81

A tabela 4.26 apresenta todas as variáveis utilizadas no programa de cálculo para determinar o nível de isolamento requerido IREQ. Foram avaliadas as condições específicas para cada câmara (CR1, CR2 e CR3), de modo a determinar qual o nível de isolamento requerido para cada trabalhador em cada uma destas.

Tal como no estudo de caso anterior, o valor utilizado para a velocidade do ar foi de 0,4 m/s, o valor relativo à permeabilidade ao ar da camada exterior do vestuário, 8 l.m⁻².s⁻¹, e ainda o valor de 0 W/m² para o trabalho mecânico realizado pelos trabalhadores.

Os valores considerados independentemente da câmara, foram os que maior desconforto poderiam trazer para os trabalhadores, ou seja, foram também utilizadas as temperaturas mais baixas registadas nestas câmaras. Para estes parâmetros foi então calculado o nível de isolamento requerido IREQ, bem como os restantes parâmetros calculados pelo algoritmo da norma. Na tabela 4.27 são apresentados os parâmetros calculados pelo algoritmo da norma ISO 11079, 2007, para cada uma das câmaras em questão.

Tabela 4.27 - Parâmetros calculados através da norma ISO 11079, 2007, IREQ, Icl,r e D_{tim} para CR1, CR2 e CR3.

Câmara		CR1				CR2				CR3			
Variável /N° do Trabalhador		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Icl [clo]		1,08	0,94	0,73	0,81	1,08	0,94	0,73	0,81	1,08	0,94	0,73	0,81
IREQ [clo]	Mínimo	0,9	1,2	1	1,6	0,8	1,3	0,9	1,2	0,6	1,3	0,7	1,7
	Neutro	1,2	1,5	1,3	1,9	1,1	1,6	1,2	1,5	0,9	1,7	1	2
IREQ Médio [clo]	Mínimo	1,18				1,05				1,08			
	Neutro	1,48				1,35				1,40			
I _{cl,r} [clo]	Mínimo	0,9	1,2	1,1	1,7	0,9	1,3	1	1,3	0,6	1,4	0,7	1,7
	Neutro	1,2	1,6	1,4	2,1	1,2	1,7	1,3	1,6	1	1,7	1	2,1
D _{tim} [h]	Mínimo	8	2,1	1,5	0,8	8	1,9	2,1	1,4	8	1,7	8	0,9
	Neutro	3,7	1	0,7	0,5	4,9	1	0,9	0,8	8	0,9	1,4	0,6

A partir dos resultados obtidos, é possível verificar que segundo a norma ISO 11079, 2007 e tal como tinha acontecido no primeiro estudo, existem trabalhadores da amostra avaliada que possuem nível de isolamento insuficiente relativamente ao nível de IREQ mínimo. Apenas o trabalhador número um apresenta nível de isolamento de vestuário adequado para as condições de CR1 e CR2, pois apesar no caso de CR3, embora que pouco significativo, apresenta um nível de isolamento ligeiramente superior ao $IREQ_{neutro}$. Os restantes trabalhadores, à exceção do trabalhador número três que apresenta um nível de isolamento no limiar do $IREQ_{mínimo}$ no caso de CR3, apresentam todos níveis de isolamento insuficiente para todas as câmaras. Nos gráficos seguintes, é possível observar os diferentes níveis de isolamento requeridos para as condições de cada câmara juntamente com o nível de isolamento efetivamente utilizado por cada trabalhador.

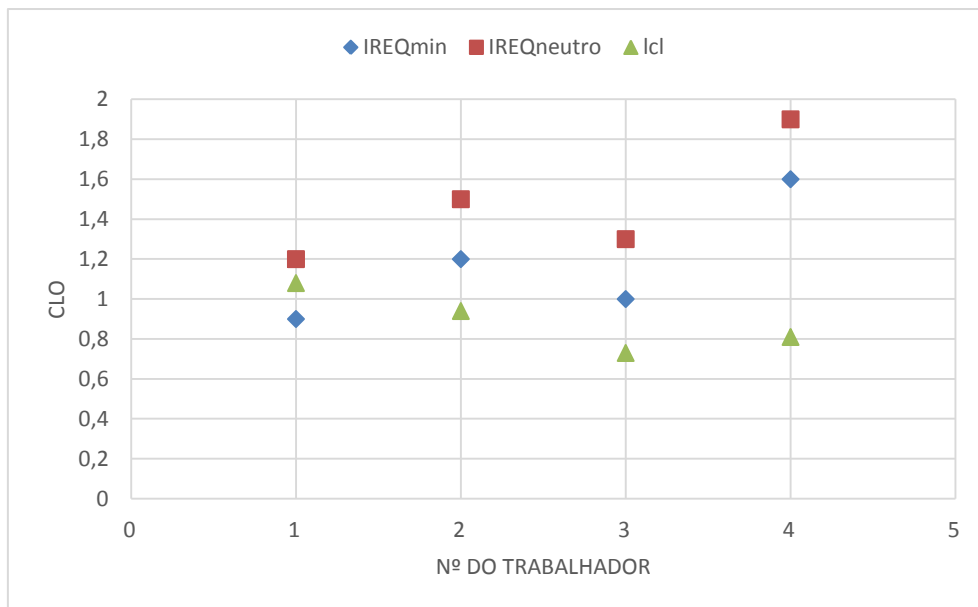


Figura 4.15 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro para CR1.

Verifica-se através da figura 4.15, que para esta câmara apenas o trabalhador número 1 apresenta níveis de isolamento adequado, pois o nível de isolamento do vestuário utilizado coloca-o na zona “neutra/regulação” que a norma refere. Os restantes trabalhadores situam-se abaixo no nível do $IREQ_{mínimo}$ podendo provocar casos de stress térmico e tensões térmicas, sendo o caso mais crítico o trabalhador número quatro que apresenta um nível de isolamento térmico que corresponde a cerca de metade do valor calculado do $IREQ_{mínimo}$.

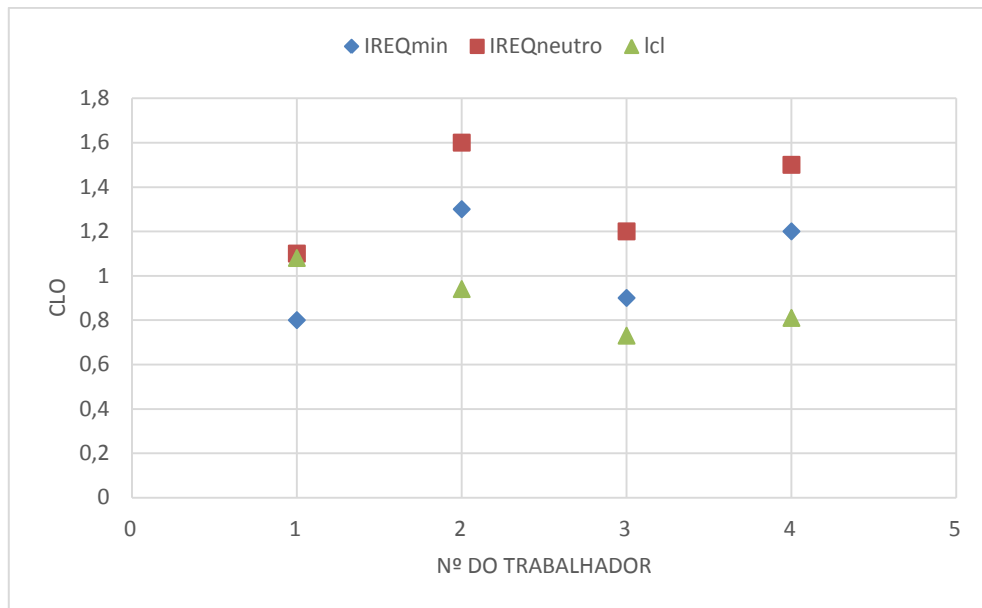


Figura 4.16 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro para CR2.

Neste caso, para as condições registadas em CR2, o trabalhador 1 é mais uma vez, o único que apresenta condições de isolamento adequadas para laborar nesta zona. Os restantes, apesar desta câmara apresentar uma temperatura média ligeiramente superior, continuam a possuir do mesmo modo um isolamento inadequado face às condições de $IREQ_{mínimo}$.

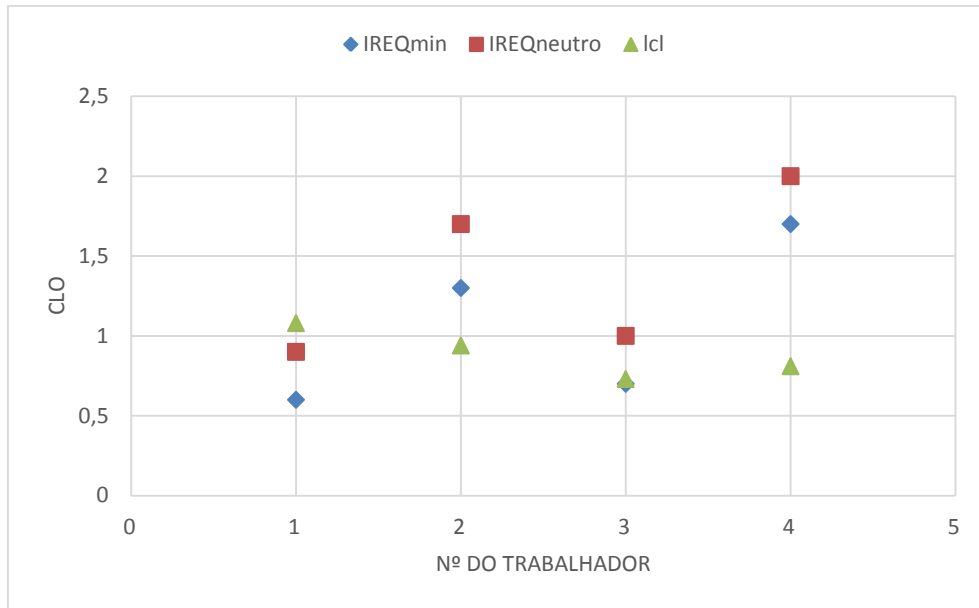


Figura 4.17 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro para CR3.

Por fim, em CR3, verifica-se que os trabalhadores número dois e quatro continuam abaixo do nível de isolamento térmico requerido mínimo, enquanto que o trabalhador três, segundo as condições da câmara e de atividade deste, passou a estar entre os limites de isolamento requerido mínimo e neutro. O trabalhador número um, neste caso, embora que pouco significativo, regista valores de isolamento térmico superior ao nível de isolamento térmico requerido calculado.

Todos os trabalhadores à exceção do trabalhador um, o facto de estarem abaixo do nível mínimo de isolamento requerido calculado, leva a que a probabilidade destes manifestarem stress e consecutivamente tensões térmicas seja superior. Nestes casos quando o nível de isolamento utilizado pelo trabalhador é inferior ao nível de isolamento requerido neutro ($IREQ_{neutro}$) torna-se necessário determinar o tempo limite (D_{lim}) a que os trabalhadores podem estar sujeitos a determinadas condições.

4.1.2.8. Tempo limite de exposição D_{lim}

Os gráficos seguintes representam o tempo limite mínimo e neutro para cada trabalhador, em que é assinalado pela linha contínua o tempo que estes passam de um modo contínuo no interior de cada câmara. Para efeitos do tempo que efetivamente os trabalhadores passam no interior de cada câmara foram consideradas as já referidas 1,5 horas, visto ser o maior tempo registado em cada uma delas. No entanto, como a pausa da manhã é por volta das 10 horas, os trabalhadores acabam por permanecer cerca de 2 horas (1,5 horas em CR1 e cerca de 0,5 horas em CR2) expostos a condições de frio. De modo a simplificar a análise, vão ser utilizadas as 1,5 horas como o tempo de permanência em

cada câmara, de modo avaliar as condições para cada uma. De referir ainda que quando a produção é elevada, como é o caso da estação do inverno, os trabalhadores chegam a permanecer o período todo da manhã no interior de uma câmara, cerca de 4 horas (excluindo o tempo de pausa a meio da manhã e da tarde) em condições de frio.

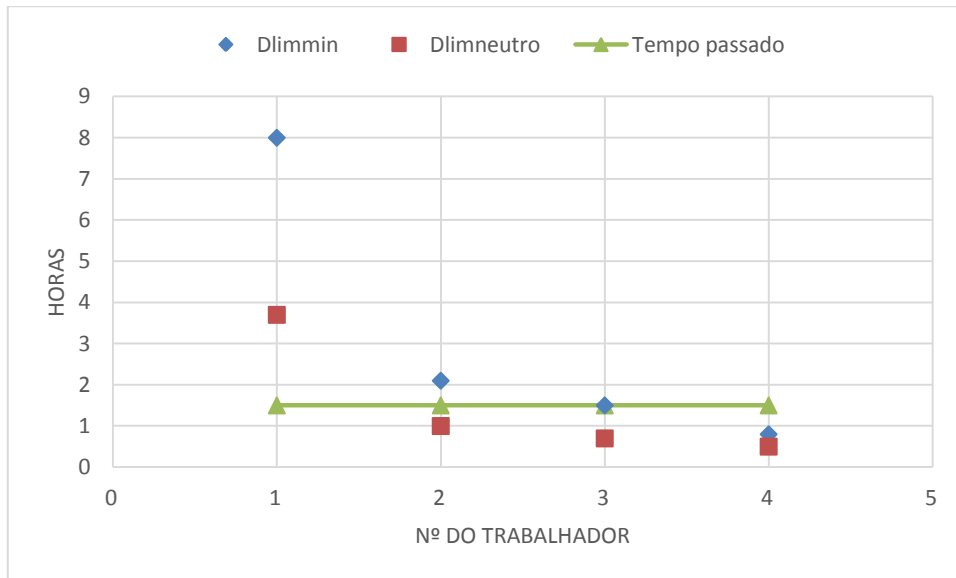


Figura 4.18 - Tempo limite de exposição, Dlim, mínimo e neutro, comparativamente ao tempo passado pelos trabalhadores em CR1.

Através da figura 4.18, verifica-se que os trabalhadores que possuem um nível de isolamento adequado ou inadequado, vai influenciar o período de tempo que estes podem permanecer no interior de cada uma destas câmaras. Neste caso, em CR1 verifica-se que para o período de tempo que efetivamente permanecem no interior desta (considerando 1,5 horas) existem situações distintas. Dois dos trabalhadores avaliados (1 e 3) reúnem condições necessárias quer de atividade e de isolamento de vestuário utilizado para laborar em condições de conforto em CR1, durante o período em questão.

O trabalhador 2 apresenta condições de isolamento para permanecer em condições termicamente mínimas durante um período de cerca de 2,1 horas, enquanto que para condições neutras apenas 1 hora. Assim sendo, para condições mínimas este apresenta um nível de vestuário aceitável para o período de tempo em questão.

No caso do trabalhador 4, mesmo para condições termicamente mínimas ultrapassa o tempo que efetivamente poderia permanecer no interior desta câmara (0,8 horas), isto devido ao seu nível de isolamento ser insuficiente.

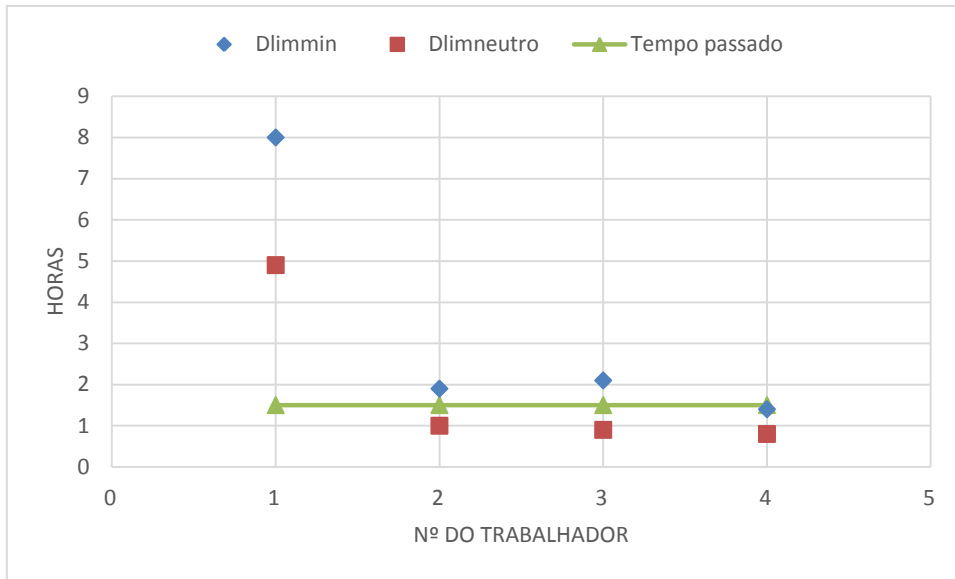


Figura 4.19 - Tempo limite de exposição, Dlim, mínimo e neutro, comparativamente ao tempo passado pelos trabalhadores em CR2.

No caso de CR2, à exceção do trabalhador número 1, que apresenta condições termicamente neutras para as condições em questão, todos os trabalhadores apresentam níveis de isolamento tais, que lhes permitem permanecer em condições mínimas durante o período de tempo em questão.

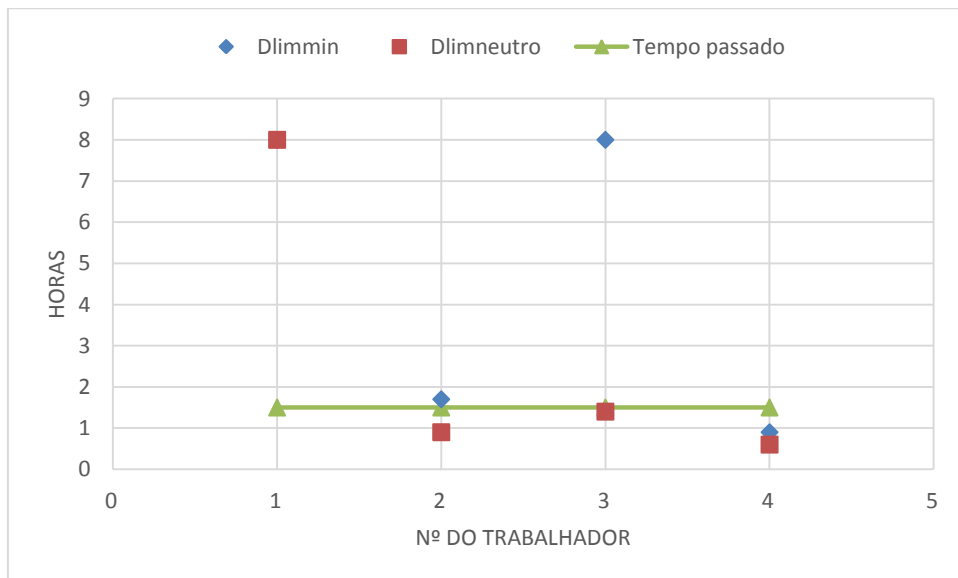


Figura 4.20 - Tempo limite de exposição, Dlim, mínimo e neutro, comparativamente ao tempo passado pelos trabalhadores em CR3.

Relativamente a CR3, verifica-se que neste caso o trabalhador 1 reúne condições para permanecer em condições termicamente neutras durante um período superior a 8

horas, sendo que na realidade apresenta até um nível de isolamento ligeiramente superior para as condições desta câmara, podendo em caso de níveis de atividade mais elevados ou permanência no interior desta durante um período de tempo superior, provocar sobreaquecimento do organismo. O trabalhador 2 apresenta níveis de isolamento e de atividade que lhe permitem permanecer o período de tempo referido em condições mínimas, enquanto que o trabalhador 3 apresenta níveis para condições neutras. Por fim, o trabalhador 4, mais uma vez apresenta níveis quer de atividade quer de isolamento, insuficientes para fazer face às condições de CR3.

Como foi possível verificar, existem casos em que o tempo limite para condições mínimas, é significativamente inferior ao período que efetivamente permanecem no interior das câmaras, nomeadamente o trabalhador 4, o que pode desencadear fenómenos de stress térmico. Para estes casos, tal como no primeiro estudo, foi determinado o tempo de recuperação (D_{rec}) para os casos mais críticos (Tabela 4.28). Foi calculada a média dos tempos limites das três câmaras em questão para cada um dos trabalhadores, sendo possível verificar a adequabilidade de cada um às condições térmicas de cada câmara.

Tabela 4.28 - Tempo de recuperação (D_{rec}) de cada trabalhador.

Variável /Nº do Trabalhador		1	2	3	4
D_{lim} [h]	Mínimo	>1,5	>1,5	>1,5	1,03
	Neutro	>1,5	0,97	1,00	0,63
Tempo de pausa/almoço [h]		0,3/1,5	0,3/1,5	0,3/1,5	0,3/1,5
D_{rec} [h]		-	1,7	1,8	-

Verifica-se que, para o tempo de recuperação calculado para as condições da zona em que os trabalhadores realizam a sua pausa, mostra-se temporalmente superior ao período utilizado, nomeadamente nos trabalhadores 2,3 e 4. No caso do trabalhador 4, o nível de isolamento e metabólico é tanto ou quanto reduzido, levando á impossibilidade do cálculo do tempo de recuperação. Estes possui um nível de armazenamento de calor corporal (S) negativo, quando deveria ser positivo, pondo em causa o adequado balanço térmico do trabalhador. Quanto ao trabalhador 1, visto que possui condições para permanecer um período bastante superior ao que efetivamente permanece no interior das câmaras, nomeadamente em condições neutras termicamente, o tempo de recuperação para este acaba por não ser relevante. Embora a exposição ao frio a que os trabalhadores estão sujeitos, seja maioritariamente nas câmaras avaliadas, foi realizada uma abordagem idêntica, em que são avaliados todos os espaços da empresa, à exceção da zona de produção (ZP), de modo a obter um panorama geral das condições de cada câmara e adequabilidade de cada trabalhador em relação a estas.

A zona de produção (ZP) não pode ser avaliada pelo índice de IREQ pois ultrapassa os limites de temperatura do ar para o qual foi desenvolvido. Deste modo, para avaliar esta zona foi utilizado outro índice, PMV e PPD, o qual será abordado mais à frente.

Foram então elaboradas tabelas idênticas ao estudo de caso um, em que são avaliadas as condições de cada trabalhador face a cada espaço climatizado. Neste caso, foram considerados os tempos de permanência de 1,5 horas para as três câmaras (CR1, CR2 e CR3) anteriormente avaliadas, e para as restantes câmaras foram definidos tempos de permanência de 15 min (0,25 horas). Apesar da permanência dos trabalhadores no interior das restantes câmaras ser normalmente inferior a este período, foi definido este intervalo de tempo, visto ser o período mínimo que a norma ISO 11079, 2007 recomenda na utilização do índice IREQ. Na tabela 4.29, é possível verificar o referido acima, sendo que foi utilizado tal como no estudo de caso um, o mesmo sistema de cores e respetiva correspondência de cada uma.

Tabela 4.29- Adequabilidade de cada trabalhador para cada zona climatizada, tendo em conta os períodos referidos.

Zona \ N° do trabalhador	1	2	3	4
CR1	Blue	Green	Green	Yellow
CR2	Blue	Green	Green	Yellow
CR3	Red	Green	Green	Yellow
CR4	Blue	Blue	Blue	Blue
CR4.1	Blue	Blue	Blue	Blue
CC	Blue	Blue	Green	Yellow
TC	Blue	Yellow	Yellow	Yellow

A tabela 0.7, disponível em anexo apresenta todos os parâmetros acima mencionados para cada zona climatizada de forma a identificar a adequabilidade das condições de cada trabalhador, para cada nível de isolamento e tempo limite, mínimo e neutro.

Para este caso de estudo não se justificava recriar um percurso, tal como foi realizado no caso de estudo anterior, pois o tipo de exposição não o justifica. De qualquer forma, foi elaborado o gráfico seguinte (figura 4.21), que representa a variação do nível médio de isolamento requerido médio, de níveis mínimos e neutros para cada uma das câmaras, juntamente com o nível de isolamento médio da amostra utilizado pelos trabalhadores e a variação de temperatura entre cada câmara.

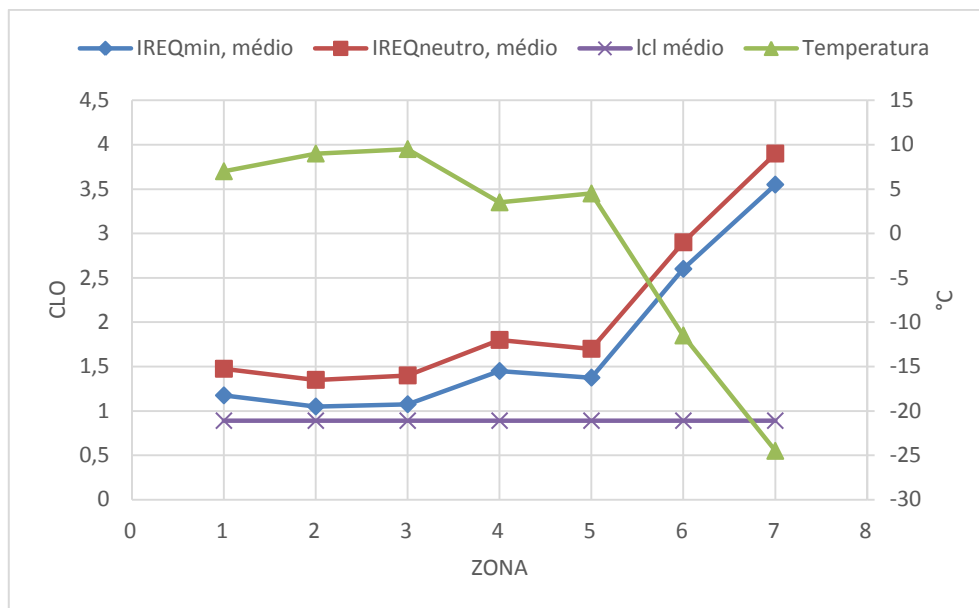


Figura 4.21 - Variação do valor médio de IREQ, mínimo e neutro, temperatura entre as câmaras e o valor de lcl médio.

Como neste segundo caso, o tipo de exposição ao frio é mais frequente nas câmaras CR1, CR2 e CR3, procurou-se, tal como no caso anterior, corrigir os níveis de isolamento requerido, tendo em conta o período de tempo que estes permanecem no interior de cada câmara, bem como as características de cada trabalhador, de forma a que estes alcancem um nível de conforto mínimo.

Para o efeito, foi elaborada a tabela 0.8 presente em anexo, onde estão presentes os valores de isolamento corrigidos para estas condições. Como resultado destas correções foi elaborada uma tabela idêntica à tabela anterior (tabela 4.30), mas neste caso com os valores de isolamento corrigidos. De forma a corrigir os valores de isolamento foi necessário conjugar todas as condições de cada câmara, como níveis de metabolismo, que são distintos para cada câmara, tendo em conta sempre que para qualquer que seja a câmara (CR1, CR2 e CR3) necessita no mínimo de um isolamento tal que permita ao trabalhador permanecer em condições neutras 1,5 horas no interior destas câmaras. Para as restantes câmaras foi também avaliada a adaptabilidade de cada um, tendo em conta o nível de metabolismo médio registado em CR1, CR2 e CR3 de cada trabalhador, e considerando, tal como anteriormente, os 15 minutos de permanência no interior em cada uma.

Tabela 4.30 - Adequabilidade de cada trabalhador para cada zona climatizada com níveis de isolamento corrigidos, tendo em conta os períodos referidos.

Zona \ N° do trabalhador	1	2	3	4
CR1				
CR2				
CR3				
CR4				
CR4.1				
CC				
TC				

É possível verificar, através da tabela 0.8 em anexo, com os valores de isolamento requerido corrigidos, que os trabalhadores para passarem a estar numa “zona” de conforto, apenas necessitam de uma ligeira correção. Tendo em conta os períodos referidos, para condições neutras esta correção poderia ser obtida através da utilização de apenas mais uma peça de vestuário, como por exemplo uma camisola.

Comparativamente ao nível de isolamento efetivamente utilizado pelos trabalhadores e as condições que cada zona climatizada possui, foi elaborado o gráfico (figura 4.22), idêntico ao anterior, mas neste caso para os níveis corrigidos e respetivas médias.

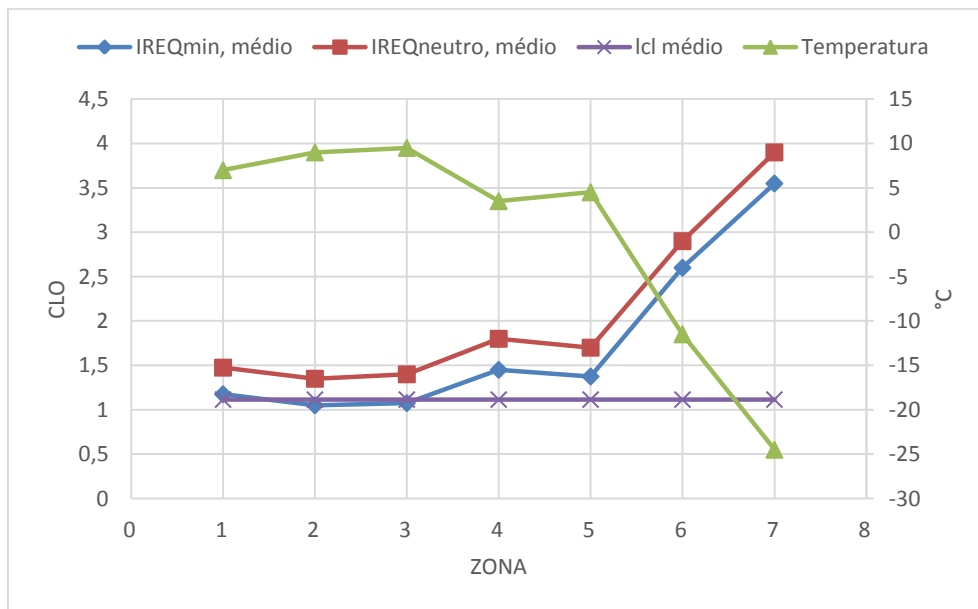


Figura 4.22 - Variação do valor médio de IREQ, mínimo e neutro, Icl médio corrigido, e variação de temperatura entre as câmaras.

Como era de esperar, como os níveis de isolamento requerido foram corrigidos com o intuito de melhorar as condições apenas nas três câmaras mais utilizadas, para as restantes o isolamento continua a ser insuficiente, sendo que, para as zonas CC e TC, devido às suas temperaturas serem muito inferiores às restantes câmaras, os trabalhadores para estas condições teriam que possuir um isolamento cerca de 3 a 4 vezes superior ao nível de isolamento corrigido.

Para o caso de CR1, CR2 e CR3, foi elaborado o gráfico mostrado na figura 4.23, em que é possível verificar os níveis de isolamento requerido médio corrigido, bem como os níveis de isolamento médio efetivamente utilizado pelos trabalhadores, corrigido e não corrigido. É possível verificar que, do valor médio corrigido para o valor não corrigido de lcl, existe uma diferença de sensivelmente 0,20 clo, que podem ser compensados, por exemplo com um casaco de trabalho (0,22 clo) ou até por uma camisola de manga comprida (0,26 clo) (ISO 9920, 2007). O caso mais crítico, como já tinha sido referido, é o trabalhador 4, em que a diferença de valores de lcl corrigido para o que é realmente utilizado por este, chega a ser aproximadamente 0,6 clo, equivalente a quase metade do nível de isolamento utilizado pelo trabalhador 1.

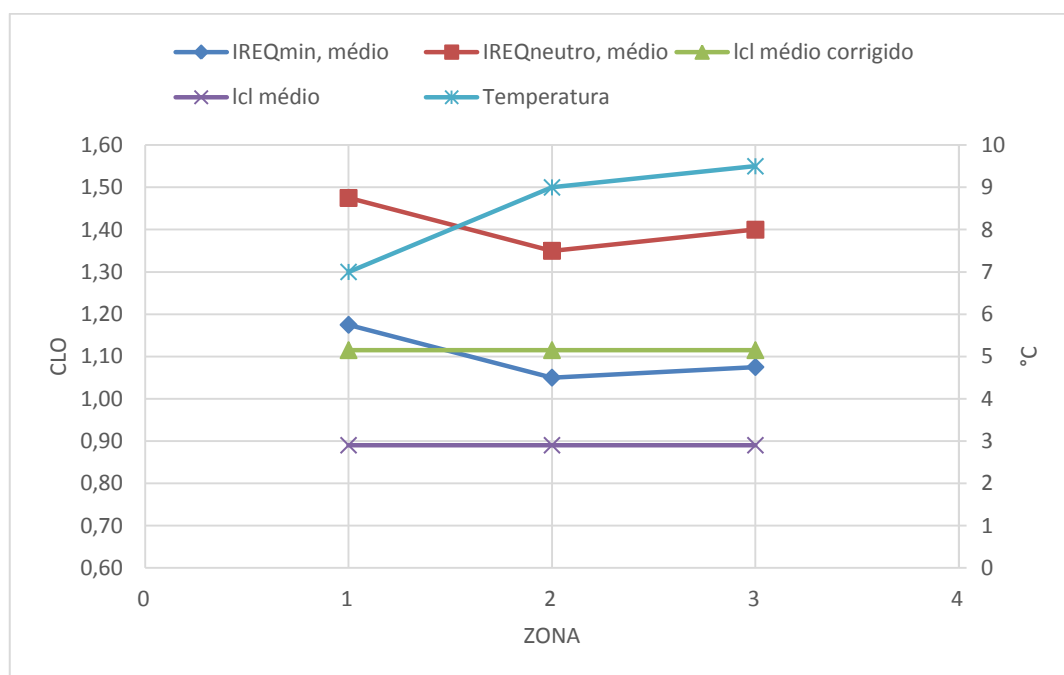


Figura 4.23 - Variação do valor médio de IREQ, mínimo e neutro, lcl médio corrigido, e variação de temperatura entre as câmaras CR1, CR2 e CR3.

Um reparo não menos importante, é o facto de que apesar da temperatura registada em CR2 ser inferior à registada em CR3, o nível de isolamento requerido calculado para CR2 é inferior a CR3, quando na realidade o que deveria acontecer era exatamente o oposto. Isto deve-se ao facto de em CR3 o valor médio registado para o

metabolismo dos trabalhadores ser ligeiramente superior ao registado em CR2. Assim sendo, mais uma vez, é possível verificar a importância que o nível de atividade possui na determinação do nível de isolamento adequado para o trabalhador, em que cada caso é um caso.

Zona de produção

Relativamente à zona de produção, como já tinha sido referido, o índice IREQ não pode ser aplicado devido às suas especificidades, sendo que para as condições desta zona o índice mais adequado a utilizar é o índice de PMV e PPD. A determinação deste já foi referida no capítulo 2 sendo de seguida aplicado o procedimento referido nesse mesmo capítulo de forma a obter resultados correspondentes aos níveis de conforto para esta zona climatizada. Deste modo, utilizaram-se os valores mínimos, médios e máximos das variáveis ambientais desta zona, bem como a média do nível de metabolismo retirada através de CR1, CR2 e CR3, que também foi utilizada anteriormente, permitindo analisar de uma forma mais detalhada as condições de conforto segundo este índice. Os valores que foram utilizados para o cálculo deste índice são apresentados na tabela 4.31. De referir que, valores como temperatura média radiante, foram estimados, tal como o nível de metabolismo que, como já foi referido, foi retirado através da média de valores de outras câmaras. Isto devido ao facto de que, em dias de produção, devido à agitação na empresa, não era permitido realizar medições mais detalhadas. Foi colocado apenas um data logger na zona em questão de forma a obter registos de temperatura e humidade. Nestes dias, em que há produção, o número de trabalhadores aumenta, cerca de duas vezes mais, acabando por ser uma amostra mais considerável. Infelizmente não foi possível utilizá-la. Como tal, a análise através deste índice, acaba por ser meramente informativa, pois não é possível comparar manifestações térmicas dos trabalhadores em relação ao índice calculado por impossibilidade de obtenção da mesmas.

Tabela 4.31 - Valores utilizados para o cálculo do índice PMV e PPD para ZP.

Nº do Trabalhador	M (W/m ²)	Icl (clo)	v _a (m/s)	Temperatura do ar/radiante [°C]			Humidade relativa [% HR]		
				Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo
1	128,46	0,8	0,2	16/16,5	15,4/15,8	14,5/15	91	82,96	68,5
2	97,23	0,94							
3	120,41	0,73							
4	87,17	0,81							

Através destes inputs, foi utilizado o algoritmo de cálculo disponibilizado pela norma ISO 7730, 2008, para calcular estes índices, sendo que os resultados obtidos são apresentados na tabela 4.32.

Tabela 4.32 - Resultados obtidos para o índice PMV e PPD, através dos valores ambientais mínimos, médios e máximos registados na zona de produção.

Nº do Trabalhador\ Valores	Mínimos		Médios		Máximos	
	PMV	PPD	PMV	PPD	PMV	PPD
1	0,2	5,9	0,36	7,7	0,47	9,7
2	-0,65	13,8	-0,5	10,2	-0,36	7,7
3	-0,45	9,3	-0,31	7	-0,17	5,6
4	-1,26	38	-1,08	29,5	-0,91	22,7
Média	-0.54	16.75	-0.38	13.6	-0.24	11.43

Através dos resultados obtidos, é possível verificar que, apesar de as condições ambientais desta zona serem menos favoráveis ao desconforto, os trabalhadores que apresentavam anteriormente isolamento insuficiente para pelo menos um nível (neutro e mínimo) térmico, nomeadamente os trabalhadores 2,3 e 4, através deste índice, continuam a ser os que apresentam resultados favoráveis ao desconforto. Se este índice permitisse a sua aplicação para as condições das câmaras que foram avaliadas anteriormente seria possível constatar que os resultados obtidos através do índice IREQ iriam ao encontro dos resultados obtidos por estes índices. Mesmo não sendo possível aplicar estes índices às restantes câmaras, apenas com os resultados obtidos para a zona de produção, é possível verificar um défice no nível de vestuário de alguns trabalhadores. Se para esta zona, em que, existem condições menos favoráveis ao desconforto, obtiveram-se índices que os colocam entre aproximadamente a zona neutra e zona de ligeiramente frio, então para as restantes zonas em que as condições são mais propícias ao desconforto térmico, menos adequado será o isolamento térmico utilizado.

4.1.2.9. Manifestação térmica

Nesta empresa, tal como na empresa estudada anteriormente, segundo as condições ambientais a que estavam sujeitos, os trabalhadores manifestaram através do questionário a sensação térmica das várias zonas do corpo.

Deste modo, tentaram-se relacionar os dados obtidos através das sensações térmicas manifestadas pelos trabalhadores com os índices calculados. Na tabela 4.33 são apresentadas as sensações térmicas de cada trabalhador para cada zona do corpo tendo em consideração a escala das sete sensações já mencionada.

De referir que, as sensações térmicas apresentadas de seguida, dizem respeito apenas às zonas climatizadas mais frequentadas, ou seja, CR1, CR2 e CR3.

Tabela 4.33 - Manifestação térmica de cada trabalhador, tendo em conta as zonas do corpo em questão.

Zona\ Nº do Trabalhador	1	2	3	4
Mãos	-1	0	-1	-1
Costas	0	0	0	0
Face	0	-1	-1	-1
Pernas	0	0	0	-1
Pés	0	-1	-1	-2

É possível verificar que as zonas que são mais vezes referidas pelos trabalhadores, como zonas em que manifestam sensações de frio, neste caso ligeiramente frio (-1), são as zonas periféricas do corpo, as mãos, face e pés.

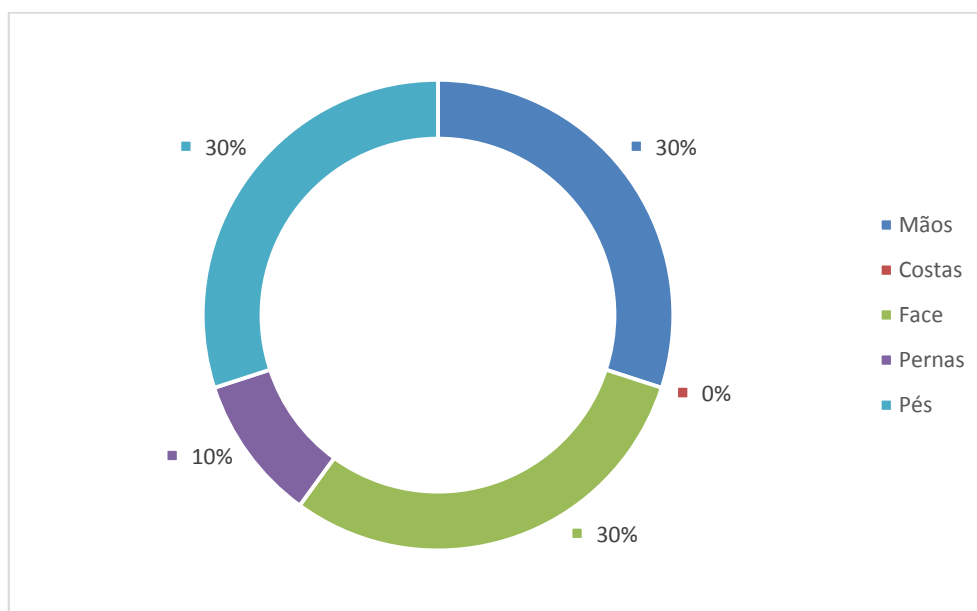


Figura 4.24 - Zonas indicadas pelos trabalhadores, das quais manifestam sensações de frio.

Do conjunto dos trabalhadores da amostra avaliada, através da figura 4.24, verifica-se que, 30% apresenta sensações de ligeiramente frio nas mãos, 30% para a zona dos pés (trabalhador 4 manifesta sensações de frio, -2), 30% na face, e ainda 10% manifestam a mesma sensação (-1) relativamente às pernas. A zona do corpo na qual nenhum dos trabalhadores da amostra manifestou sensações de ligeiramente frio foi a zona das costas, que era caracterizada por 100% da amostra como sensação neutra em relação às condições a que estavam sujeitos. Verifica-se que, o trabalhador que manifesta uma maior quantidade de zonas com sensações abaixo do nível neutro é o trabalhador 4.

Comparativamente aos resultados obtidos através dos outros índices verifica-se que os trabalhadores, que possuem um maior número de zonas, em que manifestam sensações de ligeiramente frio e frio, são os que possuem um nível insuficiente de isolamento, para as condições das câmaras consideradas.

De modo a comparar estas sensações térmicas com os níveis de isolamento requerido e níveis de isolamento utilizado pelos trabalhadores, elaborou-se o gráfico seguinte (figura 4.25), em que as sensações térmicas e os respetivos valores de cada uma foram somados, de modo a tentar relacionar estes dois parâmetros, tal como foi realizado no primeiro caso estudado.

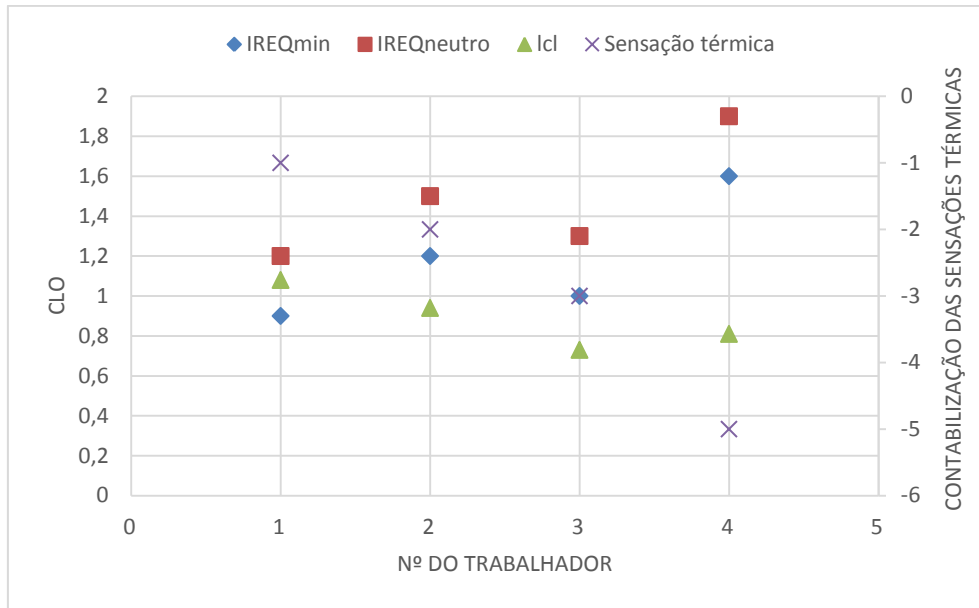


Figura 4.25 - Sensações térmicas manifestadas, comparativamente com os níveis de isolamento, IREQ e lcl.

Tal como se verificou no estudo de caso anterior, verifica-se mais uma vez que os trabalhadores que possuem, um valor mais elevado (embora negativo) de resultante de sensações térmicas nas várias zonas do corpo, são os que possuem um menor nível de isolamento, que é efetivamente utilizado por cada um, e conseqüentemente, são os que possuem um nível de isolamento requerido superior. O gráfico anterior diz respeito a CR1, sendo que esta foi utilizada como exemplo visto ser, considerando as três câmaras em questão, a que possui variáveis ambientais que causam um maior impacto ao nível do conforto térmico.

Apesar de as empresas de cada caso de estudo pertencerem a atividades distintas foram agrupados todos os trabalhadores das duas empresas, de forma a obter uma percepção da quantidade de indivíduos que estão sujeitos à ocorrência de desconforto térmico, stress térmico. Para esta análise foram consideradas as câmaras definidas como mais “comuns”, ou seja mais utilizadas tanto numa empresa como na outra, isto é, para o caso um, é considerada a antecâmara número 3 (AC3), para o caso dois são consideradas três câmaras (CR1, CR2 e CR3). Assim sendo, foram elaborados os seguintes gráficos, em que um diz respeito ao nível de isolamento, e o outro, ao tempo limite de exposição do conjunto total de trabalhadores.

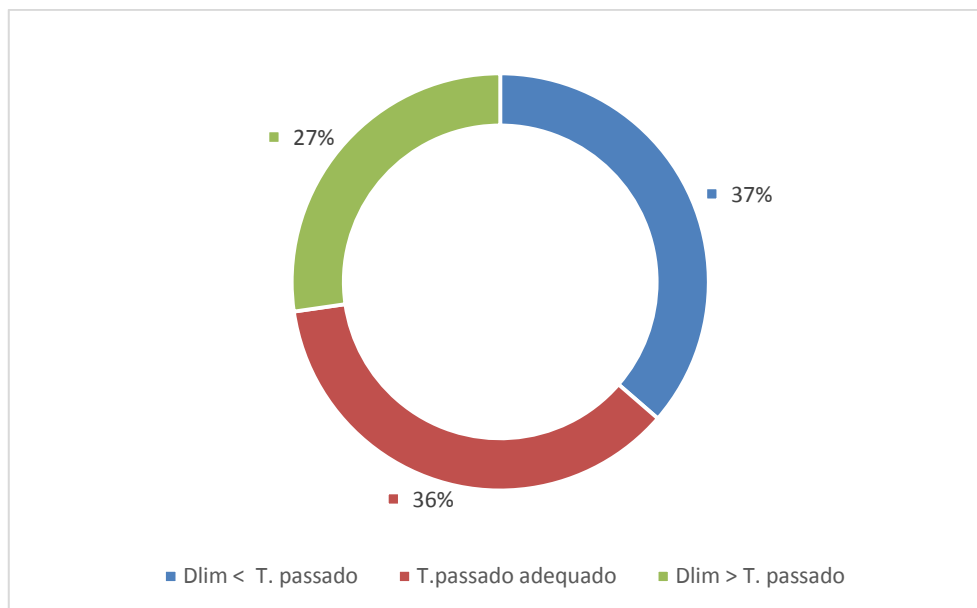


Figura 4.26 - Tempo limite de exposição, tendo em conta todos os trabalhadores avaliados.

No caso dos trabalhadores que possuem condições que os coloca entre os patamares do tempo limite neutro e mínimo, são contabilizados 36 % do total dos trabalhadores avaliados (2 trabalhadores em cada caso). Quanto aos trabalhadores que possuem condições tais, que lhes permitem permanecer o período de tempo que efetivamente permanecem dentro das câmaras para condições neutras, são cerca de 27 % (2 no caso um e 1 no caso dois).

Relativamente às sensações térmicas de frio manifestadas pelo conjunto total da amostra tendo em conta cada zona do corpo verifica-se através da figura 4.28, que a zona que é mais indicada pelos trabalhadores é a zona das mãos com 40 % (3 trabalhadores para ambos os casos), seguida da zona da face com 33 % (2 no caso um e 3 no caso dois), e por fim, a zona dos pés, com 27 % de manifestações de desconforto térmico. Quanto às zonas das pernas e costas, para ambos os casos de estudo, a manifestação térmica aparentemente é unânime, em que todos os trabalhadores da amostra indicam sensações térmicas neutras.

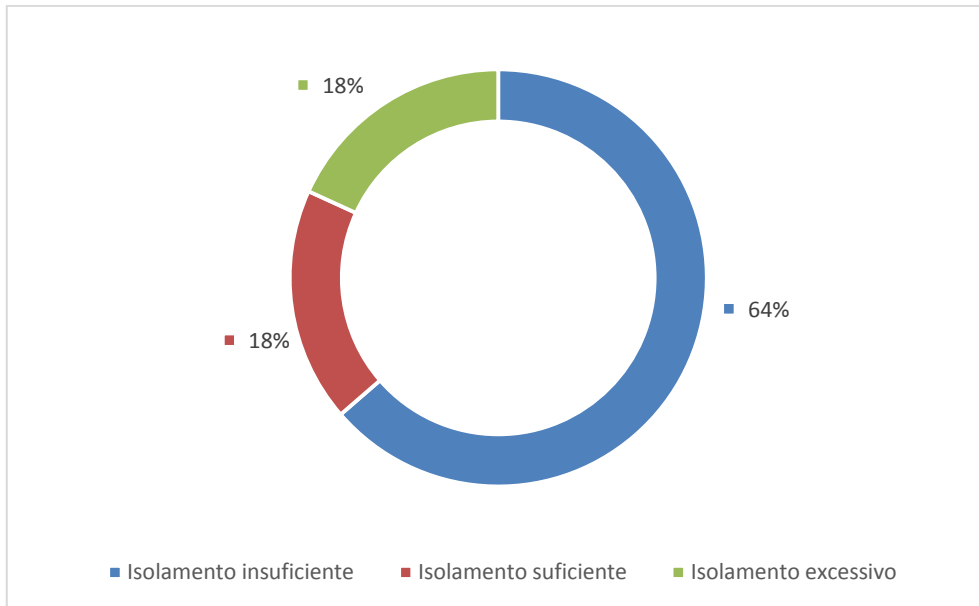


Figura 4.27 - Níveis de isolamento, considerando todos os trabalhadores avaliados.

Verifica-se através da figura 4.26, tendo em conta o conjunto de todos os trabalhadores avaliados (11 trabalhadores), considerando o índice IREQ calculado, 64 % destes possuem níveis de isolamento insuficiente (4 trabalhadores no caso um e 3 no caso dois), 18 % possuem níveis de isolamento suficiente (1 trabalhador em cada caso), e por fim, 18 % também para níveis de isolamento “excessivo” (apenas no caso um, com 2 trabalhadores).

Os últimos dois tipos de isolamento, se forem agrupados, ficam então 64 % da amostra com níveis de isolamento inadequado às condições ambientais em que estão inseridos e 36% com níveis de isolamento, tal que os coloca fora da probabilidade da ocorrência de stress por frio.

Relativamente ao tempo limite de exposição, considerando também todos os trabalhadores avaliados, através da figura 4.27, verifica-se que, 37 % dos trabalhadores (3 no caso um e 1 no caso dois), permanecem sob condições de frio, períodos de tempo superiores ao que efetivamente deveriam permanecer, ou seja, o período de tempo que permanecem nas câmaras é superior ao tempo limite recomendado para condições térmicas mínimas.

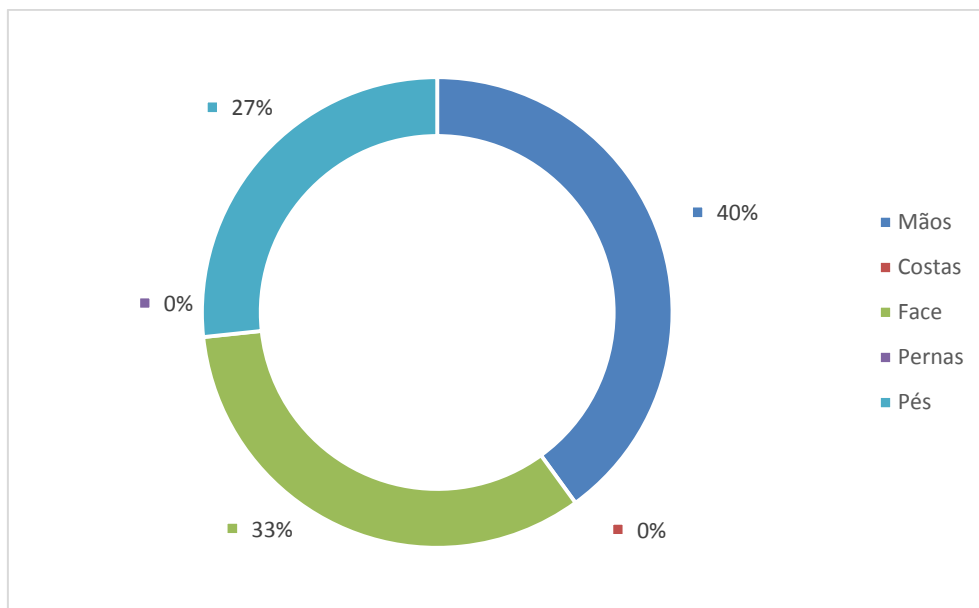


Figura 4.28 - Zonas indicadas pelo conjunto total da amostra de trabalhadores, das quais manifestam desconforto térmico.

4.1.2.10. Arrefecimento local

Relativamente à probabilidade de ocorrência de arrefecimento local neste caso de estudo, contrariamente ao caso anterior, não existem condições para tal, visto que as temperaturas das principais câmaras avaliadas não são inferiores a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ e existem casos de trabalhadores em que o nível de atividade é inferior aos 115 W/m^2 referidos pela norma.

Mesmo considerando a câmara de congelação, esta possui temperaturas superiores a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, o que a coloca fora das condições de ocorrência de arrefecimento local.

5. Conclusão

Como resultado desta dissertação, foram identificadas diferentes situações, relativas às empresas avaliadas. Verifica-se que no sector agroindustrial, a necessidade de utilização de frio independentemente da atividade da empresa, obriga a que os trabalhadores estejam sujeitos a condições ambientais que devem ser tidas em conta, para o bem-estar dos mesmos. A utilização de nível de isolamento térmico, bem como, tempos de exposição adequados, são fundamentais para fornecer as condições mínimas de conforto aos trabalhadores, procurando deste modo, um aumento da produtividade da empresa zelando pela segurança e própria saúde do trabalhador.

5.1. Recapitulação

Após a compreensão por parte dos responsáveis das empresas, no decorrer das medições, existiram algumas limitações, pois para realizar algumas destas era necessário interromper, embora que por pouco tempo, a atividade de cada trabalhador avaliado.

No primeiro caso estudado, devido ao facto de a própria atividade da empresa assim o obrigar, em que os trabalhadores (2 e 4) estão constantemente em movimento, de câmara para câmara, sendo que, normalmente com cargas, acabou por ser complicado conseguir medições de frequências cardíacas de forma a não interferir com o trabalho normal destes.

No segundo caso, as medições foram restritas a dias específicos da semana, sendo que, em dias de produção, para além dos dados adquiridos de temperatura e humidade relativa, através de data loggers, não foi possível obter medições de índole individual. Deste modo, a avaliação desta zona, apesar de as condições ambientais registadas, definirem esta zona como um ambiente moderado, acabou por ser limitada, acabando por incorrer num certo erro nos resultados obtidos.

Outra limitação, embora neste caso, relativo aos equipamentos utilizados, deve-se ao facto de no caso do equipamento DeltaOhm Thermal Microclimate HD32.1, a utilização da consola estar limitada para zonas com temperaturas inferiores a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, o que levou ao recurso de data loggers. A impossibilidade de utilização deste equipamento em algumas câmaras levou a que medições de variáveis ambientais não fossem possíveis, como é o caso da temperatura média radiante e da velocidade do ar. Para estes casos, a temperatura média radiante teve que ser estimada, e quanto à velocidade do ar, visto que normalmente as velocidades registadas são inferiores a $0,4\text{ m/s}$ foi utilizado este mesmo valor, visto ser o recomendado pela norma ISO 11079, 2007 para efeitos de cálculo.

Apesar de vários trabalhadores permanecerem no mesmo espaço climatizado durante a jornada de trabalho, foi possível identificar diferentes situações no que diz respeito à adequabilidade de cada um, para laborar em determinadas zonas.

Das empresas avaliadas, foram identificados diferentes tipos de exposição ao frio. No caso de estudo 1, foram avaliados os dois tipos de exposição por parte dos trabalhadores, foram identificados casos de exposição intermitente e casos de exposição contínua. Nos casos registados de exposição intermitente, os trabalhadores estavam sujeitos a grandes amplitudes térmicas, como foi possível verificar no capítulo de análise e discussão de resultados, em que há casos que os trabalhadores passam de temperaturas a rondar os $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ para zonas com temperaturas a rondar $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para estas condições mais adversas, os trabalhadores com este tipo de exposição possuem níveis de isolamento insuficiente, enquanto que, quando se deslocam para outras câmaras em que a temperatura registada já é positiva, apresentam para estes casos, níveis de isolamento excessivo, o que pode acarretar alguns problemas.

No caso da empresa do estudo de caso 2, o tipo de exposição às condições de frio acaba por ser maioritariamente contínua, em que os trabalhadores apesar de mudarem de zona climatizada ao longo do dia, estas não possuem um nível de amplitude térmica tão elevado como no estudo de caso anterior, possuem até condições ligeiramente idênticas. Para este caso e para as condições encontradas e avaliadas, não se registaram níveis de isolamento excessivos, embora que, contrariamente tal como no estudo de caso um, verificaram-se casos de níveis de isolamento inferiores aos níveis de isolamento calculados. Apesar de as condições encontradas serem menos desfavoráveis ao desconforto térmico, verificam-se mais casos de níveis de isolamento insuficiente.

5.2. Principais conclusões

Tal como é referido em vários estudos, verificou-se que para a mesma atividade, existem níveis de metabolismo bastante diferentes, devido a características fisiológicas individuais dos trabalhadores. Esta diferença nos níveis de metabolismo, vai afetar de um modo bastante considerável o nível de isolamento requerido calculado, o próprio isolamento do vestuário utilizado pelo trabalhador e, conseqüentemente, a manifestação de conforto térmico em relação às condições onde está inserido.

Os níveis de metabolismo registados no estudo de caso 2, comparativamente aos níveis encontrados no estudo de caso 1, são muito inferiores, em que, comparando os níveis médios de metabolismo de um caso e do outro, estes chegam a possuir uma diferença de cerca de 70 W/m^2 . O nível mais baixo registado no estudo de caso 2 chega a ser metade do nível de metabolismo registado no estudo de caso 1.

Esta diferença muito considerável no nível de metabolismo, demonstra o tipo de atividade que cada empresa possui, em que no primeiro caso de estudo o tipo de atividade desenvolvida requer maior produção de calor, um maior gasto de “combustível“, para fazer face ao tipo de atividade desenvolvido.

Devido ao nível de influência que a atividade desenvolvida por cada trabalhador possui, ou seja, o nível de metabolismo de cada um, relativamente ao nível de isolamento requerido calculado, é possível justificar níveis de isolamento através dos valores de metabolismo obtidos.

No geral, contabilizando as sensações térmicas de todos os trabalhadores avaliados, nos dois casos de estudo, existem casos de manifestações por parte dos trabalhadores que não coincidem com o nível de isolamento utilizado e calculado. Acabam por existir duas vertentes, em que numa os trabalhadores possuem isolamento supostamente adequado às condições onde está inserido e mesmo assim manifesta sensações relacionadas com o desconforto térmico. Por outro lado, ocorre também o oposto em que, existem trabalhadores que possuem níveis de isolamento supostamente insuficiente e manifestam sensações térmicas neutras. Estas manifestações contraditórias acabam por questionar, de um certo modo, a aplicabilidade de normas que foram utilizadas no desenvolver desta dissertação.

Um dos fatores que já foi referido em alguns estudos da área é o fator da adaptabilidade do organismo às condições de ambientes frios e também de ambientes quentes. As normas utilizadas para determinação dos níveis de isolamento requerido e o tempo limite a que um determinado indivíduo deve estar exposto a certas condições ambientais, deveriam, de um certo modo, tentar contabilizar este fator na determinação destes parâmetros. Esta aclimação a longo prazo, é relatada pelos próprios trabalhadores e também por outros estudos na área, em que indicaram veracidade de tal fenómeno. O caso de trabalhadores que possuem níveis de isolamento inferiores ao nível de isolamento requerido mínimo e que indicam sensações térmicas neutras, são trabalhadores que já laboram sob aquelas condições há um período bastante considerável. Enquanto que, o caso dos trabalhadores em que a situação é exatamente a oposta, são indivíduos que operam sob aquelas condições de frio há relativamente pouco tempo. Deste modo, os resultados obtidos, tendo em conta este fenómeno de adaptabilidade do organismo, vão ao encontro de outros estudos que indicam este parâmetro, como de relativa importância na caracterização deste tipo de ambientes.

A utilização de diferentes índices no segundo caso de estudo devido à impossibilidade de utilização da norma ISO 11079, 2007, por restrição dos níveis de temperatura registados numa das zonas avaliadas, permitiu concluir, embora que, de uma forma não tão precisa, comparativamente com condições ambientais de outras zonas, que os indivíduos que possuíam níveis de isolamento inadequados, acabam por ser os indivíduos

que apresentavam valores de PMV negativo. ou seja, de sensações de ligeiramente frio e frio e vice versa. Deste modo, para estes casos, verifica-se a coerência entre as duas normas, apesar de ambas possuírem um espectro de aplicabilidade diferente.

Relativamente á determinação do nível de metabolismo, verificou-se que quanto maior o nível de atividade, maior a discrepância de valores entre o metabolismo calculado, através da utilização da frequência cardíaca, com os valores apresentados nas tabelas da norma ISO 8996, 2004. Verificou-se que, sempre que possível, utilizar no mínimo o método número 3 desta mesma norma na determinação do nível de metabolismo, através da frequência cardíaca. O recorrer às tabelas na determinação do nível de metabolismo segundo a atividade desenvolvida constitui um erro associado acrescido, o que pode levar a determinações de níveis de isolamento requerido inadequados.

Apesar de, nesta dissertação apenas serem utilizados dois tipos de indústria distintos, verifica-se que, era de todo relevante tentar obter vários dados relativos a tipos de indústria idênticos, de forma a correlacionar esses mesmos dados, permitindo definir níveis de isolamento e metabolismo para cada tipo.

Outro ponto que teria sido interessante realizar, em vista ao enriquecimento desta dissertação, seria a possibilidade de “testar” os níveis de isolamento do vestuário corrigidos para todos os trabalhadores, avaliando estes durante um período mais alargado do que o que foi utilizado.

Todas estas observações que foram relatadas neste capítulo são apenas informativas, pois para uma verificação destes resultados, mais estudos de campo são necessários, de forma a obter uma amostra populacional superior.

5.3. Sugestão para trabalho futuro

O estudo desta dissertação permitiu identificar alguns aspetos que podem ser tidos em conta para investigações futuras.

Seleção logo à priori de equipamentos que permitam medições para condições extremas, como acontece nas câmaras de congelação. É importante determinar o maior número de variáveis ambientais possíveis para uma avaliação mais complexa do ambiente, em que o indivíduo está inserido.

O nível de metabolismo tem um peso tremendo no nível de isolamento requerido, o que obriga a uma adequada determinação deste. A utilização de equipamentos necessários à análise do método número 4 da norma ISO 8896, não está disponível para qualquer pessoa, pelo que, a determinação do metabolismo através da frequência cardíaca deve ser o mais rigoroso possível. Se possível, devem-se utilizar equipamentos que permitam adquirir esta, constantemente, durante o desenvolver da atividade.

A determinação do nível de metabolismo deve ser melhorada, pois na utilização de alguns métodos referidos pela norma ISO 8996, quanto maior o nível metabólico registrado por um indivíduo, maior será o erro associado.

No modelo de isolamento requerido IREQ, principalmente na determinação do tempo de recuperação, era pertinente a introdução de parâmetros que contabilizassem o ambiente do qual o trabalhador vem, contabilizando as condições ambientais a que este teve sujeito, antes de se deslocar para uma zona neutra de forma a recuperar o seu equilíbrio térmico.

Por fim, a adaptabilidade do organismo aos mais diversos ambientes, quer seja frio ou quente é de relevante importância. Como tal, a contabilização de há quanto tempo um determinado indivíduo opera sob as condições de frio na determinação do nível de isolamento requerido, seria pertinente.

Referências bibliográficas

ASHRAE Standard 55 (2004), “Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy”

ASHRAE, “Thermal Comfort, SI Edition, Handbook Fundamentals”, 2009.

Calculation of Predicted mean Vote (PMV), and Predicted Percentage Dissatisfied (PPD), http://www.eat.lth.se/fileadmin/eat/Termisk_miljoe/PMV-PPD.html.

Calculation of required insulation, IREQ and duration limited exposure, Dlim, http://www.eat.lth.se/fileadmin/eat/Termisk_miljoe/IREQ2009ver4_2.html

Daanena, A.M & Vliertb, E. & Huang, Xu., “Driving performance in cold, warm, and thermoneutral environments”, 2003.

Frota, A.B., Schiffer, S.R., “Manual do Conforto Térmico, 5ª Edição”.

Gavhed, C.E., Holmér, I., “Thermal responses at three low ambient temperatures: Validation of the duration limited exposure index”, 1996.

Gavhed, C.E., Holmér, I., ”Thermal responses at three low ambient temperatures: Validation of the duration limited exposure index”, 1996.

Goonetilleke, R. S., Hoffmann, E. R., “Hand-skin temperature and tracking performance”, 2008.

Green, M. K., “Cold adaptation as a life style strategy”, 2003.

Griefahn, B., “Limits of and possibilities to improve the IREQ cold stress model (ISO/TR 11079). A validation study in the field”, 1999.

Holmér, I., “Evaluation of Cold Workplaces: An Overview of Standards for Assessment of Cold Stress”, 2008.

ISO 11079 (2007), “Ergonomics of the thermal environment -- Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects”

ISO 15743 (2008), “Ergonomics of the thermal environment -- Cold workplaces -- Risk assessment and management”

ISO 7726 (1998), “Ergonomics of the Thermal environment- Instruments for measuring physical quantities”.

ISO 7730 (2006), “Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria”.

ISO 8996 (2004), “Ergonomics of the thermal environment -- Determination of metabolic rate”.

ISO 9886 (2004), “Ergonomics -- Evaluation of thermal strain by physiological measurements”.

ISO 9920 (2007), “Ergonomics of the thermal environment -- Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble”.

Kima, T.G., Tochiharab, Y., Fujitac M., Hashiguchib, N., “Physiological responses and performance of loading work in a severely cold environment”, 2007.

Magalhães, S., Albuquerque, R.R., Pinto, J.C., Moreira, A.D., “Termoregulação”, Serviço de Fisiologia, Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, 2002.

Oliveira A.V. M., Gaspar, A. R., André J. S., Quintela, D. A., “Subjective analysis of cold thermal environments”, 2013.

Sormunena, E. Oksab, J., Tuomo, P., Rissanenb, S., Rintama, H., “Muscular and cold strain of female workers in meatpacking work”, 2006.

Tipton, M.J., Wakabayashi, H., Barwood, M.J., Eglin, C., Mekjavic, I., Taylor, N.A.S., “Habituation of the metabolic and ventilator responses to cold-water immersion in humans”, 2012.

Anexos

São apresentados nestes anexos, informações relativas às empresas referentes aos casos de estudo.

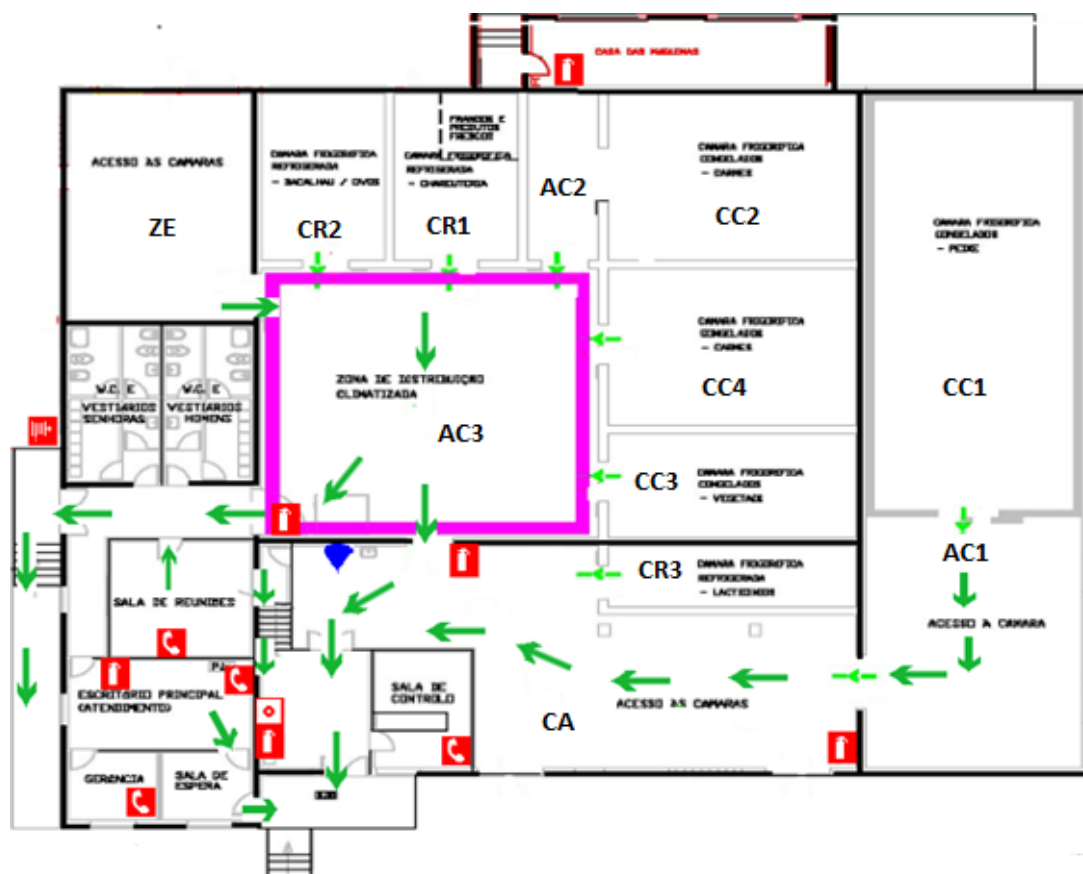


Figura 0.1 - Planta das instalações do estudo de caso 1.

Tabela 0.1 - Variáveis utilizadas e calculadas no caso de estudo 1.

Variável\Nº Trabalhador	1	2	3	4	5	6	7
Sexo	H	M	H	H	H	H	H
Idade	26	38	20	34	29	32	39
Peso	84	64	70	72	91	95	79
Altura	165	163	175	170	172	187	171
FC (Normal)	61	81	65	70	67	61	60
FC (Trabalho)	73	100	88	98	78	75	71
Metabolismo							
Área corporal (m ²)	1,91	1,69	1,85	1,83	2,04	2,21	1,91
M0 (W/m ²)	105,25	92,94	101,65	100,73	112,22	121,44	105,23
MWC (W/m ⁻²)	688,07	425,06	631,75	590,56	712,43	719,44	608,01
FCmax	188,88	181,44	192,60	183,92	187,02	185,16	180,82
RM	0,22	0,30	0,24	0,23	0,20	0,21	0,24
M (W/ m ²)	159,94	155,76	197,20	221,13	167,23	188,86	151,01
Icl calculado (clo)	0,69	1,24	0,69	0,89	0,69	0,48	0,75

Tabela 0.2 - IREQ, D_{lim}, mínimo e neutro, dos trabalhadores do caso de estudo 1.

Zona	Trabalhador 1 (0,69 clo)					Trabalhador 2 (1,24 clo)					Trabalhador 3 (0,69 clo)					Trabalhador 4 (0,89 clo)				
	IREQ		D _{lim}		D _{rec}	IREQ		D _{lim}		D _{rec}	IREQ		D _{lim}		D _{rec}	IREQ		D _{lim}		D _{rec}
	Min	Neutr o	Min	Neutr o		Min	Neutr o	Min	Neutr o		Min	Neutr o	Min	Neutr o		Min	Neutr o	Min	Neutr o	
CC 1	2,1	2,4	0,2	0,2	0,7	2,2	2,5	0,5	0,4	0,5	1,6	1,9	0,3	0,2	0,6	1,3	1,6	0,5	0,3	0,3
CC 2	2,1	2,4	0,2	0,2	0,7	2,1	2,4	0,5	0,4	0,5	1,5	1,8	0,3	0,2	0,6	1,3	1,6	0,5	0,3	0,3
CC 3	2	2,3	0,2	0,2	0,7	2,1	2,4	0,5	0,4	0,5	1,5	1,8	0,3	0,2	0,6	1,3	1,5	0,6	0,4	0,3
CC 4	1,9	2,2	0,3	0,2	0,7	2	2,3	0,6	0,4	0,5	1,4	1,7	0,3	0,2	0,6	1,2	1,5	0,7	0,4	0,3
CR 1	0,9	1,2	1,4	0,6	0,7	0,9	1,2	>8	>8	-	0,6	0,8	>8	1,2	0,6	0,5	0,7	>8	>8	-
CR 2	0,7	1	3,8	0,8	0,7	0,8	1,1	>8	>8	-	0,5	0,7	>8	2,5	0,6	0,3	0,5	>8	>8	-
CR 3	0,7	1	4	0,8	0,7	0,8	1,1	>8	>8	-	0,5	0,7	>8	2,7	0,6	0,3	0,6	>8	>8	-
CR 4	0,7	1	8	0,9	0,7	0,7	1	>8	>8	-	0,4	0,7	>8	3,7	0,6	0,3	0,6	>8	>8	-
AC 1	1,1	1,4	0,7	0,4	0,7	1,2	1,5	>8	1,4	0,5	0,8	1,1	1,8	0,6	0,6	1,2	1,5	0,7	0,4	0,3
AC 2	1	1,3	0,9	0,5	0,7	1,1	1,4	>8	2,3	0,5	0,7	1	>8	0,8	0,6	0,5	0,8	>8	>8	-
AC 3	0,8	1,1	1,8	0,7	0,7	0,9	1,2	>8	>8	-	0,5	0,8	>8	1,4	0,6	0,4	0,7	>8	>8	-
Acesso	0,4	0,7	8	8	0,7	0,4	0,7	>8	>8	-	0,2	0,5	>8	>8	0,6	0,1	0,1	>8	>8	-

Tabela 0.3 - IREQ, D_{lim}, mínimo e neutro, dos trabalhadores do caso de estudo 1 (continuação).

Zona	Trabalhador 5 (0,69 clo)					Trabalhador 6 (0,48 clo)					Trabalhador 7 (0,75 clo)				
	IREQ		D _{lim}		D _{rec}	IREQ		D _{lim}		D _{rec}	IREQ		D _{lim}		D _{rec}
	Min	Neutro	Min	Neutro		Min	Neutro	Min	Neutro		Min	Neutro			
CC 1	2	2,3	0,2	0,2	0,6	1,7	2	0,2	0,1	0,6	2,3	2,6	0,2	0,2	0,7
CC 2	1,9	2,2	0,2	0,2	0,6	1,6	1,9	0,2	0,2	0,6	2,2	2,5	0,2	0,2	0,7
CC 3	1,9	2,2	0,2	0,2	0,6	1,6	1,9	0,2	0,2	0,6	2,1	2,5	0,2	0,2	0,7
CC 4	1,8	2,1	0,3	0,2	0,6	1,5	1,8	0,2	0,2	0,6	2,1	2,4	0,3	0,2	0,7
CR 1	0,8	1,1	2	0,7	0,6	0,6	0,9	1,3	0,5	0,6	1	1,3	1,4	0,6	0,7
CR 2	0,7	1	>8	1	0,6	0,5	0,8	3,9	0,6	0,6	0,8	1,1	3,4	0,9	0,7
CR 3	0,7	1	>8	1	0,6	0,5	0,8	3,9	0,6	0,6	0,8	1,1	3,4	0,9	0,7
CR 4	0,6	0,9	>8	1,1	0,6	0,5	0,8	8	0,7	0,6	0,8	1,1	8	1	0,7
AC 1	1	1,3	0,8	0,4	0,6	0,8	1,1	0,6	0,3	0,6	1,2	1,5	0,7	0,4	0,7
AC 2	0,9	1,2	1,1	0,5	0,6	0,7	1	0,8	0,4	0,6	1,1	1,4	0,9	0,5	0,7
AC 3	0,8	1,1	2,8	0,7	0,6	0,6	0,9	1,6	0,5	0,6	0,9	1,2	1,7	0,7	0,7
Acesso	0,3	0,6	8	8	0,6	0,2	0,5	8	4,8	0,6	0,5	0,7	8	8	0,7

Tabela 0.4 -Adequabilidade de cada trabalhador para cada zona climatizada, tendo em conta os períodos referidos, bem como respetivas pausas do caso de estudo 1.

Zona	Trabalhador 1 (0,69 clo)					Trabalhador 2 (1,24 clo)					Trabalhador 3 (0,69 clo)					Trabalhador 4 (0,89 clo)				
	IREQ		D _{lim}		D _{rec}	IREQ		D _{lim}		D _{rec}	IREQ		D _{lim}		D _{rec}	IREQ		D _{lim}		D _{rec}
	Min	Neutro	Min	Neutro		Min	Neutro	Min	Neutro		Min	Neutro	Min	Neutro		Min	Neutro			
CC 1	2,1	2,4	0,2	0,2	0,7	2,2	2,5	0,5	0,4	0,5	1,6	1,9	0,3	0,2	0,6	1,3	1,6	0,5	0,3	0,3
CC 2	2,1	2,4	0,2	0,2	0,7	2,1	2,4	0,5	0,4	0,5	1,5	1,8	0,3	0,2	0,6	1,3	1,6	0,5	0,3	0,3
CC 3	2	2,3	0,2	0,2	0,7	2,1	2,4	0,5	0,4	0,5	1,5	1,8	0,3	0,2	0,6	1,3	1,5	0,6	0,4	0,3
CC 4	1,9	2,2	0,3	0,2	0,7	2	2,3	0,6	0,4	0,5	1,4	1,7	0,3	0,2	0,6	1,2	1,5	0,7	0,4	0,3
CR 1	0,9	1,2	1,4	0,6	0,7	0,9	1,2	>8	>8	-	0,6	0,8	>8	1,2	0,6	0,5	0,7	8	8	-
CR 2	0,7	1	3,8	0,8	0,7	0,8	1,1	>8	>8	-	0,5	0,7	>8	2,5	0,6	0,3	0,5	8	8	-
CR 3	0,7	1	4	0,8	0,7	0,8	1,1	>8	>8	-	0,5	0,7	>8	2,7	0,6	0,3	0,6	8	8	-
CR 4	0,7	1	8	0,9	0,7	0,7	1	>8	>8	-	0,4	0,7	>8	3,7	0,6	0,3	0,6	8	8	-
AC 1	1,1	1,4	0,7	0,4	0,7	1,2	1,5	>8	1,4	0,5	0,8	1,1	1,8	0,6	0,6	1,2	1,5	0,7	0,4	0,3
AC 2	1	1,3	0,9	0,5	0,7	1,1	1,4	>8	2,3	0,5	0,7	1	>8	0,8	0,6	0,5	0,8	8	8	-
AC 3	0,8	1,1	1,8	0,7	0,7	0,9	1,2	>8	>8	-	0,5	0,8	>8	1,4	0,6	0,4	0,7	8	8	-
Acesso	0,4	0,7	8	8	0,7	0,7	0,7	>8	>8	-	0,5	0,5	>8	>8	0,6	0,1	0,1	8	8	-

Tabela 0.5 - Adequabilidade de cada trabalhador para cada zona climatizada, tendo em conta os períodos referidos, bem como respetivas pausas do caso de estudo 1 (continuação).

Zona	Trabalhador 5 (0,69 clo)					Trabalhador 6 (0,48 clo)					Trabalhador 7 (0,75 clo)				
	IREQ		D _{lim}		D _{rec}	IREQ		D _{lim}		D _{rec}	IREQ		D _{lim}		D _{rec}
	Min	Neutro	Min	Neutro		Min	Neutro	Min	Neutro		Min	Neutro	Min	Neutro	
CC 1	2	2,3	0,2	0,2	0,6	1,7	2	0,2	0,1	0,6	2,3	2,6	0,2	0,2	0,7
CC 2	1,9	2,2	0,2	0,2	0,6	1,6	1,9	0,2	0,2	0,6	2,2	2,5	0,2	0,2	0,7
CC 3	1,9	2,2	0,2	0,2	0,6	1,6	1,9	0,2	0,2	0,6	2,1	2,5	0,2	0,2	0,7
CC 4	1,8	2,1	0,3	0,2	0,6	1,5	1,8	0,2	0,2	0,6	2,1	2,4	0,3	0,2	0,7
CR 1	0,8	1,1	2	0,7	0,6	0,6	0,9	1,3	0,5	0,6	1	1,3	1,4	0,6	0,7
CR 2	0,7	1	8	1	0,6	0,5	0,8	3,9	0,6	0,6	0,8	1,1	3,4	0,9	0,7
CR 3	0,7	1	8	1	0,6	0,5	0,8	3,9	0,6	0,6	0,8	1,1	3,4	0,9	0,7
CR 4	0,6	0,9	8	1,1	0,6	0,5	0,8	8	0,7	0,6	0,8	1,1	8	1	0,7
AC 1	1	1,3	0,8	0,4	0,6	0,8	1,1	0,6	0,3	0,6	1,2	1,5	0,7	0,4	0,7
AC 2	0,9	1,2	1,1	0,5	0,6	0,7	1	0,8	0,4	0,6	1,1	1,4	0,9	0,5	0,7
AC 3	0,8	1,1	2,8	0,7	0,6	0,6	0,9	1,6	0,5	0,6	0,9	1,2	1,7	0,7	0,7
Acesso	0,3	0,6	8	8	0,6	0,2	0,5	8	4,8	0,6	0,5	0,7	8	8	0,7

Os gráficos referentes às restantes zonas avaliadas no caso de estudo 1, em que é verificado o nível de adequabilidade do vestuário utilizado pelos trabalhadores, para as condições ambientais de cada zona, são apresentados de seguida (figura 0.2 a 0.12).

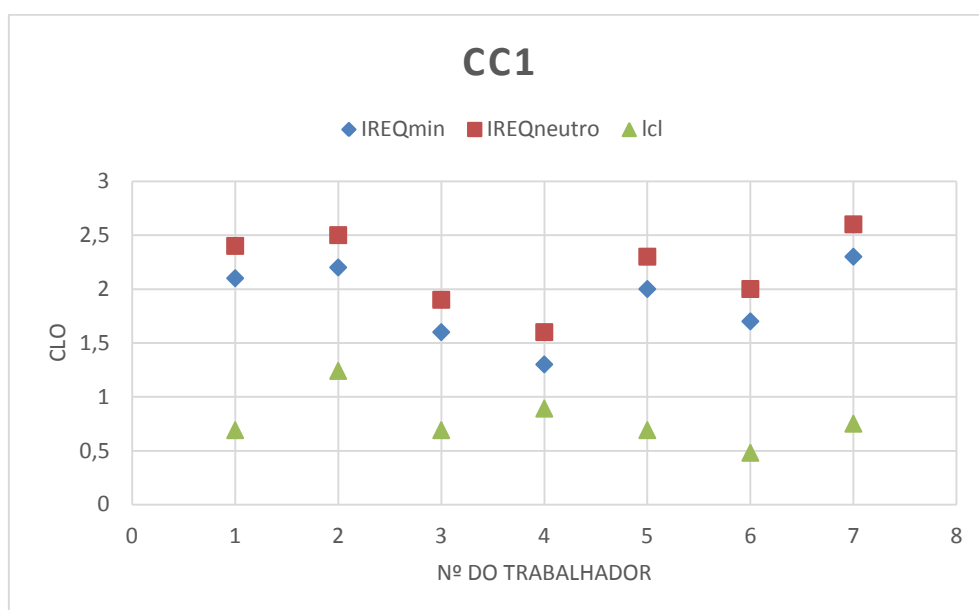


Figura 0.2 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CC1.

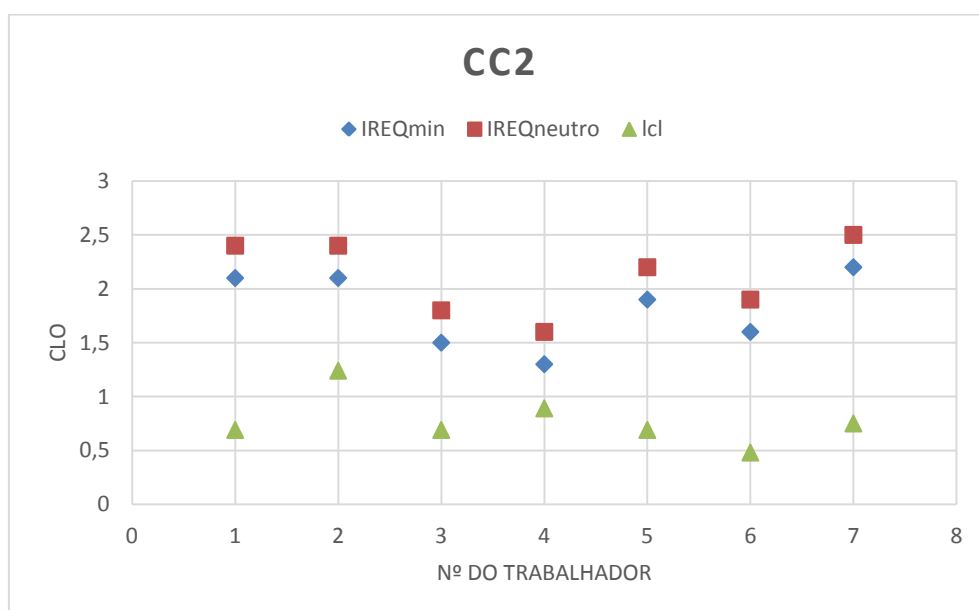


Figura 0.3 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CC2.

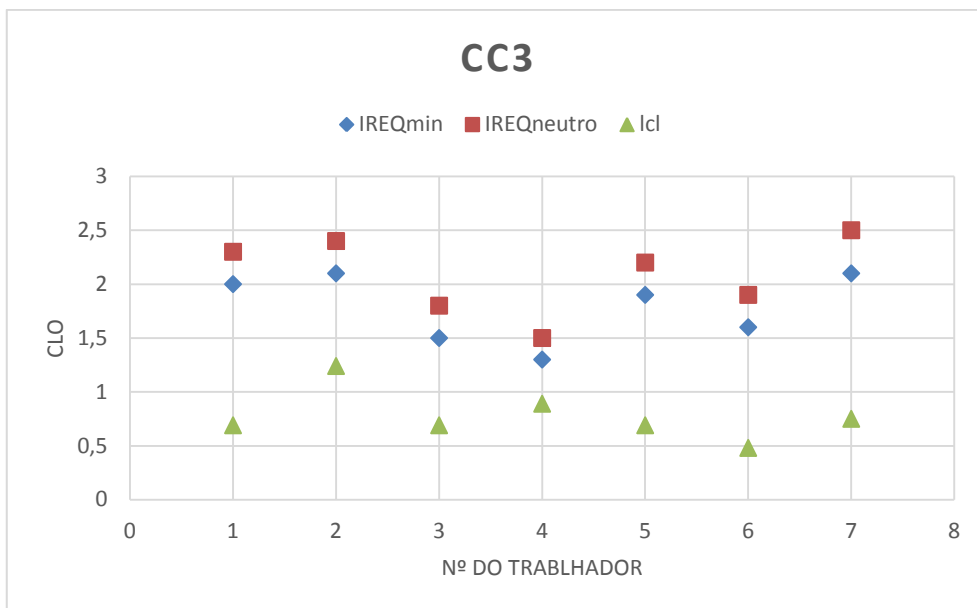


Figura 0.4 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CC3.

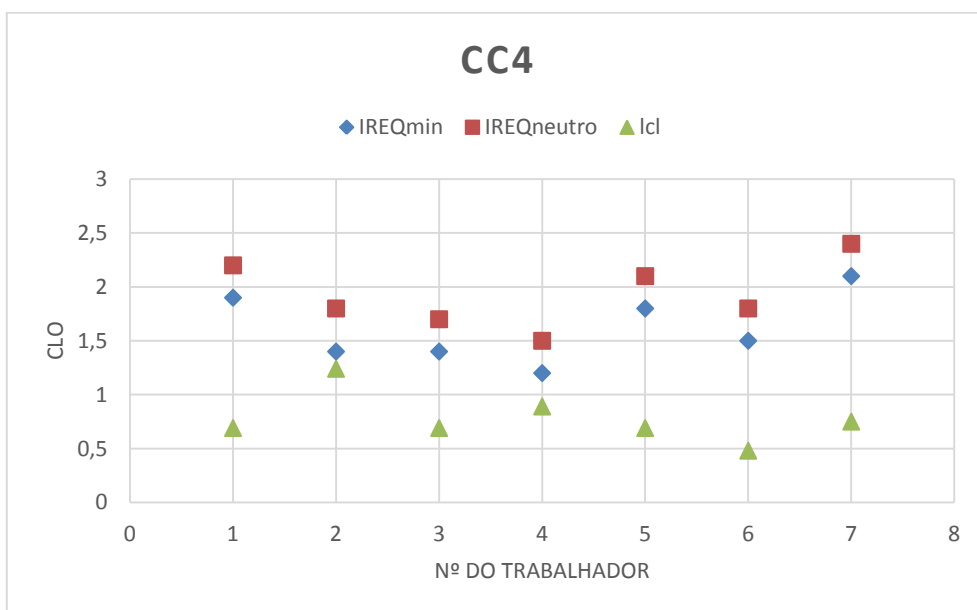


Figura 0.5 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CC4.

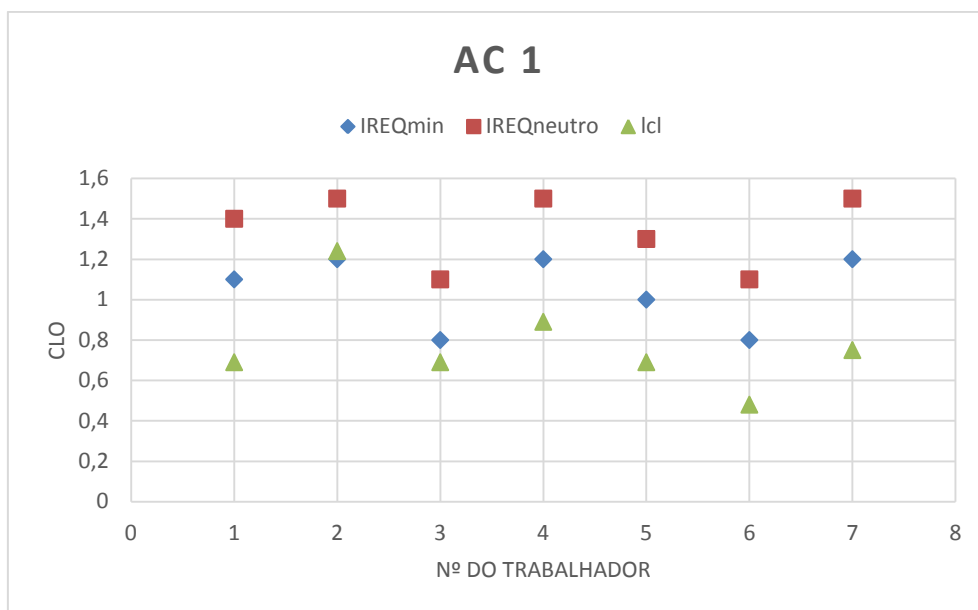


Figura 0.6 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para AC1.

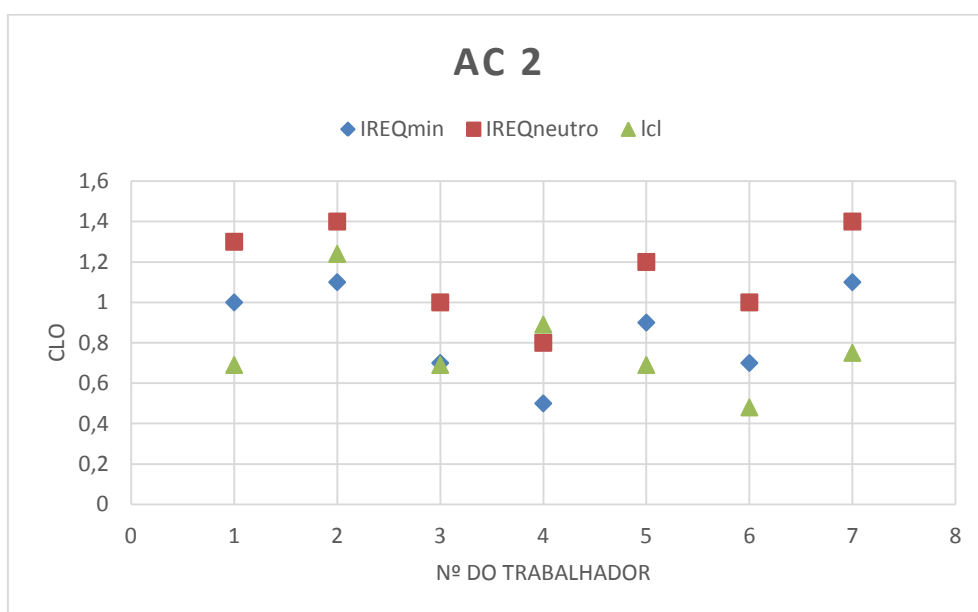


Figura 0.7 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para AC2.

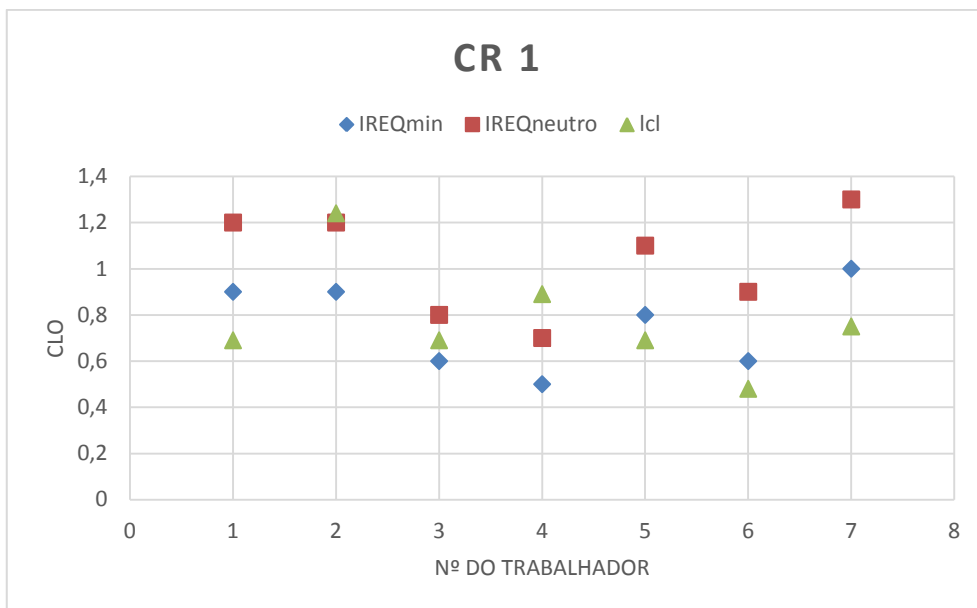


Figura 0.8 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CR1.

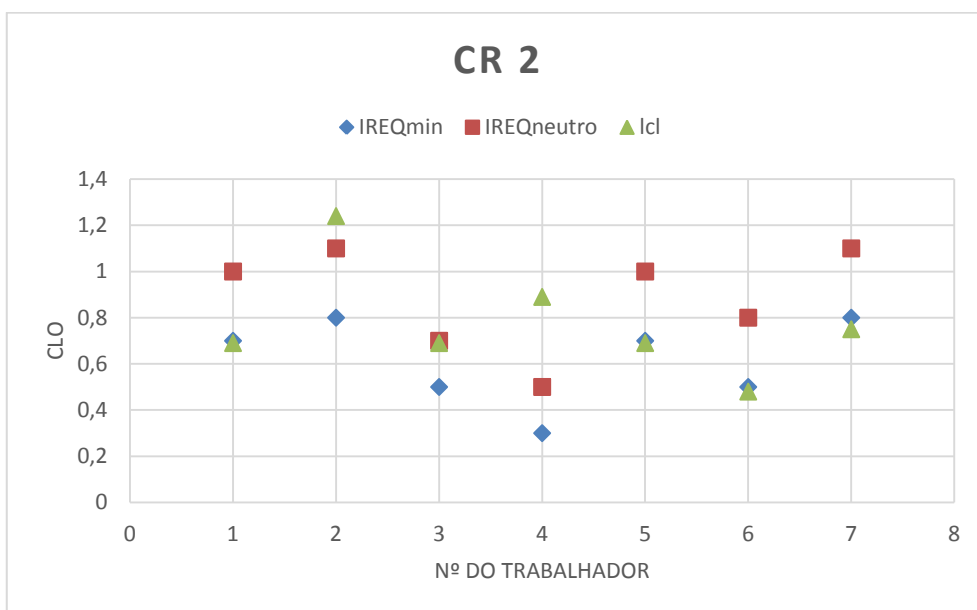


Figura 0.9 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CR2.

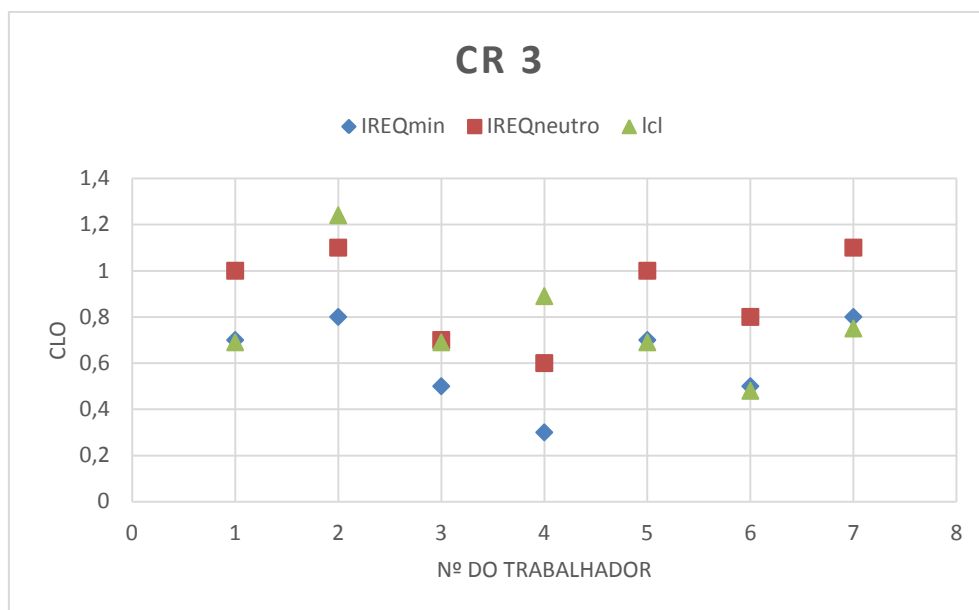


Figura 0.10 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CR3.

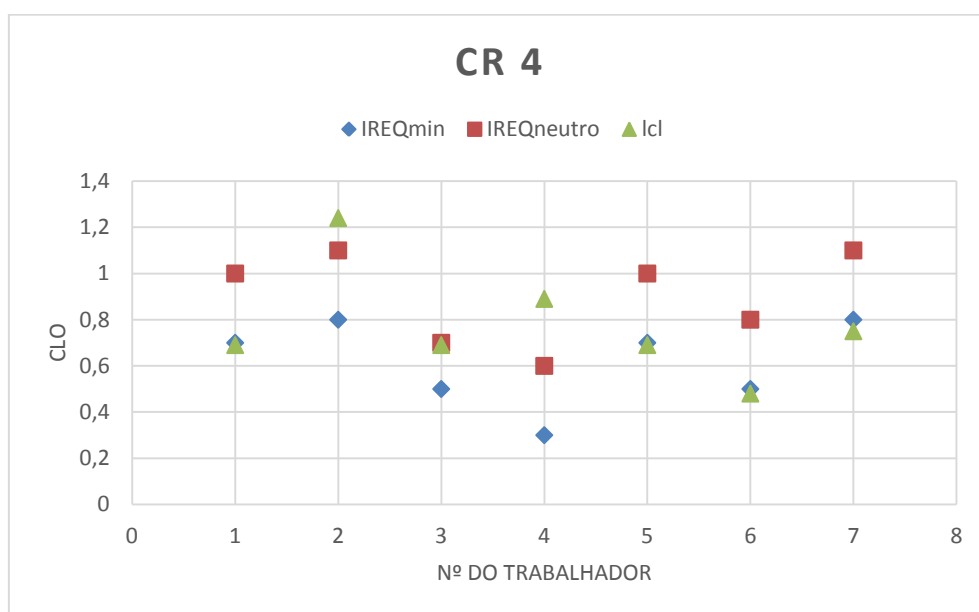


Figura 0.11 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para CR4.

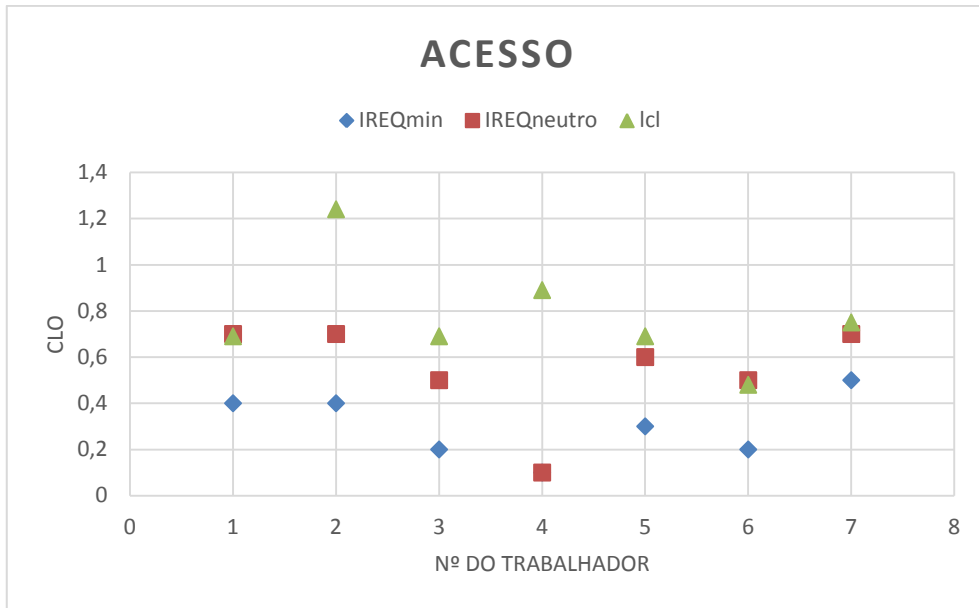


Figura 0.12 - Níveis de Isolamento do vestuário requerido, IREQ, mínimo e neutro, para o Acesso.

Tabela 0.6 - Variáveis utilizadas e calculadas no caso de estudo 2.

Trabalhador	1			2			3			4		
Variável\ Câmara	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Idade	40	40	40	58	58	58	27	27	27	22	22	22
Peso	57	57	57	61	61	61	56	56	56	51	51	51
Altura	155	155	155	146	146	146	160	160	160	156	156	156
FC (Normal)	80	80	80	77	77	77	65	65	65	69	69	69
FC (Trabalho)	94	92	97	85	81	79	76	75	81	71	75	67
Lcl calculado (clo)	1,08	1,08	1,08	0,94	0,94	0,94	0,73	0,73	0,73	0,81	0,81	0,81
Metabolismo												
Área corporal	1,55	1,55	1,55	1,53	1,53	1,53	1,58	1,58	1,58	1,49	1,49	1,49
M0 (W/m ²)	85,30	85,30	85,30	84,07	84,07	84,07	86,64	86,64	86,64	81,75	81,75	81,75
MWC (W/m ²)	387,00	387,00	387,00	343,69	343,69	343,69	424,22	424,22	424,22	413,69	413,69	413,69
FCmax	180,20	180,20	180,20	169,04	169,04	169,04	188,26	188,26	188,26	191,36	191,36	191,36
RM	0,33	0,33	0,33	0,35	0,35	0,35	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
M (W/m ²)	127,46	121,44	136,49	106,64	95,35	89,71	116,76	114,02	130,46	87,17	98,02	76,32
Met +ε	140,20	133,58	150,14	117,30	104,89	98,68	128,44	125,43	143,50	95,89	107,82	83,95
Met - ε	114,71	109,29	122,84	95,97	85,82	80,74	105,09	102,62	117,41	78,45	88,22	68,69

Tabela 0.7 - IREQ, D_{lim}, mínimo e neutro, dos trabalhadores do estudo de caso 2.

Zona	Trabalhador 1 (1,08 clo)				Trabalhador 2 (0,94 clo)				Trabalhador 3 (0,73 clo)				Trabalhador 4 (0,81 clo)			
	IREQ		D _{lim}		IREQ		D _{lim}		IREQ		D _{lim}		IREQ		D _{lim}	
	Min	Neutro	Min	Neutro	Min	Neutro	Min	Neutro	Min	Neutro	Min	Neutro	Min	Neutro	Min	Neutro
CR1	0,9	1,2	>8	3,7	1,2	1,5	2,1	1	1	1,3	1,5	0,7	1,6	1,9	0,8	0,5
CR2	0,8	1,1	>8	4,9	1,3	1,6	1,9	1	0,9	1,2	2,1	0,9	1,2	1,5	1,4	0,8
CR3	0,6	0,9	>8	>8	1,3	1,7	1,7	0,9	0,7	1	>8	1,4	1,7	2	0,9	0,6
CR4	1,1	1,4	>8	1,4	1,6	2	0,9	0,6	1,2	1,5	0,9	0,6	1,9	2,3	0,6	0,4
CR4.1	1	1,3	>8	1,8	1,6	1,9	1	0,6	1,1	1,4	1	0,6	1,8	2,2	0,6	0,5
CC	2	2,3	0,5	0,4	2,9	3,2	0,3	0,3	2,2	2,5	0,3	0,2	3,3	3,6	0,3	0,2
TC	2,8	3,1	0,3	0,3	3,9	4,3	0,2	0,2	3	3,4	0,2	0,2	4,5	4,8	0,2	0,2

Tabela 0.8 - Valores de Isolamento corrigidos para os trabalhadores do estudo de caso 2.

Zona	Trabalhador 1 (0,9 clo)				Trabalhador 2 (1,16clo)				Trabalhador 3 (1 clo)				Trabalhador 4 (1,4 clo)				IREQ, médio	
	IREQ		D _{lim}		IREQ		D _{lim}		IREQ		D _{lim}		IREQ		D _{lim}		Min	Neutro
	Min	Neutro	Min	Neutro	Min	Neutro	Min	Neutro	Min	Neutro	Min	Neutro	Min	Neutro				
CR1	0,9	1,2	>8	1,5	1,2	1,5	>8	1,7	1	1,3	8	1,5	1,6	1,9	3,6	1,5	1,17	1,475
CR2	0,8	1,1	>8	1,7	1,3	1,6	4,8	1,7	0,9	1,2	8	1,9	1,2	1,5	>8	4,1	1,05	1,35
CR3	0,6	0,9	>8	>8	1,3	1,7	>8	1,5	0,7	1	>8	>8	1,7	2	3,3	1,6	1,08	1,40
CR4	1,1	1,4	2,1	0,9	1,6	2	2	1	1,2	1,5	1,8	0,9	1,9	2,3	1,5	1	1,45	1,80
CR4.1	1	1,3	3	1	1,6	1,9	1,6	0,6	1,1	1,4	3,2	1,1	1,8	2,2	1,9	1,1	1,37	1,70
CC	2	2,3	0,4	0,3	2,9	3,2	0,4	0,4	2,2	2,5	0,4	0,3	3,3	3,6	0,5	0,4	2,60	2,90
TC	2,8	3,1	0,2	0,2	3,9	4,3	0,3	0,2	3	3,4	0,3	0,2	4,5	4,8	0,3	0,3	3,55	3,90

Questionário para análise das condições de conforto em ambientes refrigerados

1. Empresa: _____
2. Nome: _____

3. Sexo: Feminino Masculino
4. Idade: _____ anos
5. Peso: _____ Kg
6. Altura: _____ cm
7. Trabalho realizado: _____

8. Sensação térmica

8.1. Tempo de exposição ao frio ao longo do dia trabalho: _____ horas

8.2. Como se sente durante o período de trabalho relativamente á sensibilidade térmica

Sensação	Local					
	Mãos	Costas	Face	Pernas	Pés	
Muito Frio						
Frio						
Ligeiramente Frio						
Neutro						
Ligeiramente Quente						
Quente						
Muito Quente						

9. Vestuário

9.1.1. Considera o vestuário utilizado suficiente para as condições de trabalho?

Sim Não. Porquê? _____

9.2. Vestuário utilizado

	Tipologia do Vestuário						
Roupa interior	Cueca	Boxer	Soutien	Meia fina	Meia grossa		
Membros Inferiores	Calça Finas	Calça de Ganga	Calça de Flanela	Calça Térmica	Saia	Vestido	
Tronco	T-shirt	Camisola Fina	Camisola Média	Camisola Grossa	Camisa	Casaco	Casaco Térmico
Calçado	Sapato	Sapatilha	Bota de Borracha	Bota Térmica			
Acessórios	Gorro	Cachecol	Luvras Fina	Luvras Grossa	Luvras de Borracha	Luvras Térmicas	
Outros							

10. Nível de Metabolismo

11. Frequência Cardíaca

11.1.1. Repouso, em condições neutras termicamente.

Temperatura	FC (bpm)

11.1.2. Atividade, em condições normais de trabalho, sujeito às condições de frio.

Temperatura	FC (bpm)

12. Observações
