

**Instituto Politécnico de Setúbal**



**Escola Superior de Ciências Empresariais**

**Escola Superior de Tecnologia de Setúbal**

# **Estudo do Conforto Térmico numa Lavandaria/Engomadoria**

**Patrícia Alexandra Varela Silva**

Trabalho realizado em contexto real de trabalho no âmbito do

**Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho**

Orientador: Prof. João Garcia

Setúbal, 2013

"A zona de conforto representa aquele ponto no qual a pessoa necessita de consumir a menor quantidade de energia para se adaptar ao ambiente circunstante".

(Olygay, 1973)

## Agradecimentos

Nunca estamos sós. É bom saber que temos do nosso lado quem nos apoia. Este estudo não é resultado de um empenho individual, mas sim de um conjunto de esforços que o tornaram possível e sem a ajuda dos quais teria sido difícil concluir esta etapa.

Não podia deixar de manifestar a minha gratidão a todos os que estiveram presentes nesta etapa da minha vida tão importante a nível pessoal, pelo nascimento do meu primeiro filho como a nível profissional, pela esperança que os novos conhecimentos adquiridos abram portas a uma nova carreira e a novas oportunidades. Assim...

Ao **Instituto Politécnico de Setúbal** por ter facultado todos os equipamentos de medições necessários ao desenvolvimento deste estudo, ao meu orientador, **Prof. João Garcia**, pela sua ajuda, ao **Prof. Paulo Lima** pelo entusiasmo e motivação transmitido nas aulas.

Um especial agradecimento aos **colegas de curso da XXI edição do Mestrado em Higiene e Segurança no Trabalho** pelo apoio, amizade, incentivo e partilha.

Aos meus **pais**, pelo apoio incondicional, acreditando sempre no meu esforço e empenho, pela paciência e dedicação com que me apoiam nos momentos mais difíceis.

Aos meus **sogros**, pelo apoio em qualquer momento, pela ajuda e disponibilidade e por acreditarem no meu esforço e empenho..

À **gerência da empresa em estudo** pela permissão na concretização deste estudo.

Ao meu **filho** pela agradável distração que é, pelo primeiro sorriso, pelas primeiras descobertas... por tudo.

Ao **Henrique** por fazeres parte da minha vida, por seres especial, pelo abraço quando preciso, pela força quando fraquejo, pela sinceridade e amizade, pelo companheirismo...

...juntos, onde quer que seja, enfrentaremos os desafios que a vida nos oferece.

Obrigada!

## **Índice Geral**

<b>Introdução .....</b>	<b>10</b>
<b>Revisão da Literatura.....</b>	<b>11</b>
<b>1. Definição de Conforto Térmico.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Normalização e Legislação Aplicável.....</b>	<b>11</b>
<b>3. Metodologia de Cálculo de Conforto Térmico .....</b>	<b>12</b>
<b>4. Análise dos Parâmetros de Conforto .....</b>	<b>13</b>
4.1. Parâmetros Individuais .....	14
4.1.1. Metabolismo.....	14
4.1.2. Trabalho.....	15
4.1.3. Vestuário.....	15
4.1.4. Temperatura da pele .....	17
4.2. Parâmetros Ambientais .....	17
4.2.1. Temperatura do ar:.....	18
4.2.2. Humidade:.....	18
4.2.3. Velocidade do ar: .....	19
4.2.4. Calor radiante:.....	19
<b>5. Equação de conforto térmico .....</b>	<b>20</b>
5.1. Temperatura exterior do vestuário .....	20
5.2. Factor de vestuário.....	21
5.3. Coeficiente de convecção.....	21

5.4. Evaporação.....	<b>23</b>
5.5. Respiração.....	<b>24</b>
5.6. Radiação.....	<b>24</b>
<b>6. Índices de determinação de Stress Térmico.....</b>	<b>25</b>
6.1. ISO 7730/2005.....	<b>25</b>
6.1.1. PMV – Predicted Mean Vote.....	<b>25</b>
6.1.2. PPD - Predicted Percentage os Dissatisfied.....	<b>27</b>
6.2. Desconforto térmico local.....	<b>28</b>
6.2.1. Draught.....	<b>28</b>
6.2.2. Diferença da temperatura de ar vertical.....	<b>29</b>
6.2.3. Pavimentos aquecidos ou arrefecidos.....	<b>29</b>
6.2.4. Radiação assimétrica.....	<b>30</b>
<b>7. Conforto térmico padrão.....</b>	<b>30</b>
7.1. Categorias do ambiente térmico.....	<b>31</b>
7.2. Vestuário.....	<b>31</b>
7.3. Desconforto térmico local.....	<b>33</b>
7.3.1. Velocidade do ar (Draught).....	<b>33</b>
7.3.2. Diferença de temperatura do ar entre o tornozelo e a cabeça (entre 1.1m e 0.1m do pavimento.....	<b>33</b>
7.3.3. Temperatura do pavimento.....	<b>34</b>
7.3.4. Temperatura radiante assimétrica.....	<b>34</b>
<b>8. Riscos Derivados do Ambiente Térmico.....</b>	<b>35</b>
<b>9. Medidas de Prevenção do Calor.....</b>	<b>37</b>

---

9.1. Medidas de Prevenção Geral .....	<b>37</b>
9.2. Medidas de Prevenção Individual .....	<b>37</b>
9.3. Medidas de Prevenção Construtivas.....	<b>38</b>
9.3.1. Ventilação .....	<b>38</b>
9.3.2. Protecção de paredes opacas e superfícies vidradas.....	<b>40</b>
<b>10. Ambientes Térmicos Neutros .....</b>	<b>41</b>
<b>11. Ambientes Térmicos Frios.....</b>	<b>42</b>
<b>Estudo de Caso.....</b>	<b>43</b>
<b>12. Objecto de Estudo – Descrição da Organização.....</b>	<b>44</b>
<b>13. Descrição das Instalações e dos locais de medição .....</b>	<b>44</b>
<b>14. Caracterização dos Recursos Humanos .....</b>	<b>47</b>
<b>15. Caracterização dos equipamentos de trabalho .....</b>	<b>47</b>
<b>16. Metodologia.....</b>	<b>48</b>
<b>17. Instrumento de Medição Utilizado .....</b>	<b>49</b>
<b>18. Apresentação de Dados.....</b>	<b>51</b>
<b>19. Análise e Discussão dos Resultados Obtidos .....</b>	<b>52</b>
19.1. Determinação dos índices PMV e PPD.....	<b>52</b>
19.2. Determinação do conforto pela diferença de temperatura vertical. ....	<b>54</b>
19.3. Determinação do conforto pela corrente de ar - Draught. ....	<b>55</b>
<b>20. Acções de melhoria.....</b>	<b>56</b>
<b>21. Simulação .....</b>	<b>58</b>
<b>Conclusão .....</b>	<b>59</b>

---

Referências Bibliográficas.....	60
<b>Anexo I.....</b>	<b>62</b>

## **Índice de Figuras**

Figura 1 - Área corporal em função da altura e do peso.....	14
Figura 2- Factor de vestuário em função da resistência térmica.....	21
Figura 3 - Coeficiente de convecção natural.....	23
Figura 4 - Coeficiente de convecção forçada.....	23
Figura 5 - Escala de sensação térmica (PMV).....	26
Figura 6 - Percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) em função do voto médio (PPD).....	28
Figura 7 - A temperatura operativa óptima em função do vestuário e actividade para as três categorias .....	32
Figura 8 - Velocidade média de ar admissível em função da temperatura do ar e turbulência para as três categorias do ambiente térmico.....	33
Figura 9 - Desconforto local provocado por pavimentos quentes/frios.....	34
Figura 10 - Efeitos das radiações assimétricas.....	35
Figura 11 - Ventilação natural .....	39
Figura 12 - Planta da lavandaria/engomadoria .....	46
Figura 13 - Unidade .....	49
Figura 14 - Sondas de medições.....	50
Figura 15 - Tripé de apoio .....	50
Figura 16 - Medição local A.....	51

## **Índice de Quadros**

Quadro 1 - Valores de metabolismo para várias actividades (Tabela A.1 da ISO 7730/2005).....	15
Quadro 2 - Resistência térmica do vestuário (Fonte: ISO 7730/2005).....	17
Quadro 4 - Categorias de fatores de desconforto térmico .....	31
Quadro 5 - Diferença de temperatura vertical .....	33
Quadro 6 - Temperatura de pavimento permitida para as três categorias térmicas .....	34
Quadro 7 - Temperatura radiante assimétrica permitida para as três categorias .....	35
Quadro 8 - Medidas de prevenção gerais .....	37
Quadro 9 - Valores de parâmetros climáticos para diferentes actividades.....	41
Quadro 10 - Condições meteorológicas previstas.....	44
Quadro 11 - Apresentação geral dos funcionários .....	47
Quadro 12 - Quadro resumo dos resultados das medições.....	52
Quadro 14 - Calculo PMV / PPD .....	53
Quadro 15 - Valores térmicos para simulação. ....	58

## **Introdução**

Dada a variação biológica entre indivíduos é impossível que todos os ocupantes do espaço se sintam confortáveis termicamente, daí ser importante criar condições de conforto nas quais a maior percentagem se sinta confortável. Define-se conforto térmico como *“a condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico”* (ASHRAE, 2001). O Homem sente conforto térmico se o balanço térmico for nulo e a temperatura da pele e a produção de suor estiverem dentro de certos limites. Se a qualidade do ar interior for pobre, em conjunto com o descontrolo dos sistemas de iluminação e de climatização do local de trabalho, surgem a fadiga, a cefaleia que podem tornar-se incómodas, e a produtividade de um indivíduo é afetada.

Os estudos de conforto térmico são importantes para que as organizações analisem e estabeleçam condições para a avaliação e conceção de um ambiente térmico adequado às actividades e ocupações humanas. A importância deste estudo de conforto térmico reside na satisfação do homem face ao ambiente, na sua performance uma vez que as actividades intelectuais, manuais e perceptivas apresentam um melhor rendimento quando realizadas em conforto térmico, e na conservação de energia para evitar desperdícios com o aquecimento e arrefecimento que muitas vezes são desnecessários.

Muitos trabalhadores passam parte de sua jornada diária diante de fontes de calor e frequentemente enfrentam condições adversas de calor que representam perigos para a sua segurança e saúde.

Este estudo, pretende assim avaliar as condições fisiológicas nas quais os funcionários de uma empresa de prestação de serviços de lavandaria, engomadoria e limpeza e seco, são submetidos durante a jornada de trabalho, identificando e ponderando a influência das variáveis pessoais e do uso do vestuário na percepção do conforto térmico. Face aos resultados obtidos, são propostas medidas de intervenção a nível individual, organizacional e construtivo visando neutralizar as actuais condições de trabalho.

## **Revisão da Literatura**

### ***1. Definição de Conforto Térmico***

O conforto térmico é muito difícil de definir, porque precisa de ter em conta uma série de fatores ambientais e pessoais que poderão interferir com o ambiente térmico. Segundo a Health and Safety a situação mais favorável é um ambiente térmico que satisfaça a maioria das pessoas no local de trabalho. Considera 80% dos ocupantes como um limite razoável para o número mínimo de pessoas que devem sentir-se termicamente confortáveis num ambiente. Assim, o conforto térmico não é medido pela temperatura do ar, mas pelo número de funcionários que se queixam de desconforto térmico.

A exposição a um ambiente térmico desadequado pode pressupor um risco potencial para a saúde do indivíduo e afectá-lo negativamente através de alterações psíquicas ou psicossomáticas. O Homem necessita de manter uma temperatura interna de aproximadamente 37°C, do ponto de vista da Ergonomia não deveria aumentar mais de 1°C.

Podemos afirmar que têm que estar reunidas 3 condições para que se possa atingir o conforto térmico (Lamberts, Xavier, 2002):

- O indivíduo tem que se encontrar em neutralidade térmica;
- A temperatura da sua pele e os limites da sua taxa de secreção de suor devem ser compatíveis com a sua actividade;
- O indivíduo não se deve encontrar sujeito a desconforto localizado.

### ***2. Normalização e Legislação Aplicável***

A legislação Portuguesa é ainda generalista e não contempla valores limites de referência. De uma forma geral a legislação referente ao conforto térmico é:

- Norma ISO 7730/2005 – Ambientes Térmicos: Instrumentos e métodos para medição de parâmetros físicos;

- Portaria nº 53/71 de 3 de Fevereiro alterado pela **Portaria nº 702/80 de 22 de Setembro**, que aprova o regulamento geral de SHT nos estabelecimentos industriais;
- Decreto-Lei nº243/86 de 20 de Agosto, que aprova o regulamento geral de Higiene e Segurança no Trabalho nos estabelecimentos comerciais, escritórios e serviços;
- Decreto-Lei 347/93 de 1 de Outubro relativa às prescrições mínimas de Segurança e de Saúde do trabalho;
- Portaria 987/93 de 6 de Outubro estabelece as prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais de trabalho;

### ***3. Metodologia de Cálculo de Conforto Térmico***

A norma ISO 7730/2005 considera que um espaço apresenta condições de conforto térmico quando não mais do que 5% dos seus ocupantes se sintam desconfortáveis.

A quantificação da percentagem de desconforto foi feita através de estudos desenvolvidos por Fanger que envolveram cerca de 1300 pessoas. Estes estudos permitiram estabelecer uma relação entre o resultado do balanço energético do corpo e a tendência de insatisfação, designada por PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied).

A metodologia de cálculo consiste na avaliação seguintes pontos:

- a) Parâmetros : quantificam-se os parâmetros individuais e ambientais.
- b) Equação de Conforto: substituem-se os valores na equação de conforto térmico para determinação do termo associado à acumulação energética no corpo, S.
- c) Índice PMV : com base no valor da acumulação energética no corpo e no metabolismo determina-se o valor de PMV (Predicted Mean Vote) através de uma correlação. O PMV não é mais do que uma escala quantitativa da sensação de calor e de frio.
- d) Índice PPD: a percentagem de pessoas insatisfeitas termicamente, PPD, é determinada com base no valor de PMV através de uma correlação." (Águas, 2000/01).

#### 4. Análise dos Parâmetros de Conforto

Trabalhar exposto a alta ou baixas temperaturas, influi negativamente sobre a saúde dos trabalhadores, a primeira sensação é de um mal estar que aumenta à medida que o sistema termo regulador do organismo funciona para resistir à exposição do calor. Desta forma compromete o seu bem estar e o rendimento de trabalho.

O calor produzido no corpo é determinado pelo nível de actividade da pessoa, sendo também variável com a idade e o sexo. Este calor é trocado com o ambiente exterior para que não cause um aumento exagerado da temperatura interna, mantendo o equilíbrio térmico do organismo (Águas, 2000/01).

O corpo humano tende a igualar a sua temperatura com o meio que o rodeia, cedendo ou aceitando o calor por **convecção**, ou intercambiando calor com os objectos que o rodeiam por **radiação**. Por isso é necessário ter em conta a **condução** ao manejar comandos, volantes, etc, e a **evaporação** do suor que permite dissipar o calor. A presença de suor é um sintoma incómodo que no geral não é desejável chegar.

Os parâmetros mais importantes que determinam o conforto térmico são de origem:

##### Individual:

- Metabolismo
- Temperatura da pele
- Vestuário

##### Ambiental:

- Temperatura do ar
- Humidade do ar
- Velocidade do ar
- Temperatura média radiante

## 4.1. Parâmetros Individuais

### 4.1.1. Metabolismo

O metabolismo corresponde à taxa de utilização de energia pelo corpo, é a soma da reacção química produzida no corpo para o manter a uma temperatura estável de 36.7° C e para compensar a sua permanente perda de calor para o meio imediato que o envolve. Corresponde à taxa de utilização de energia pelo corpo. Subdivide-se no metabolismo basal e de actividade. O metabolismo basal corresponde à taxa verificada durante o repouso absoluto o de actividade está relacionado com o esforço físico, e pode ser até 20 vezes superior ao metabolismo basal.

Para a mesma actividade, verificou-se que o metabolismo varia principalmente com a área corporal, pelo que é geralmente definido nas unidades W/m<sup>2</sup>, tomando-se o valor de 1.8 m<sup>2</sup> como área corporal de um adulto. (Águas, 2000/01).

Embora não referido no texto da norma ISO 7730/2005, convém ter em conta que de acordo com DuBois e DuBois (1916), a área corporal (em m<sup>2</sup>) está correlacionada com a altura (em m) e com o peso (em kg), conforme representação gráfica na figura 1. (Águas, 2000/01).

$$\text{Área} = 0.202 \times \text{Altura}^{0.725} \times \text{Peso}^{0.425} \quad \text{Equação 1}$$

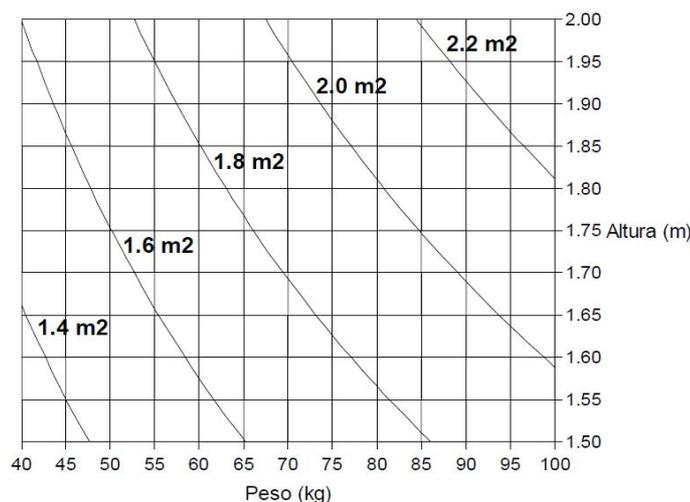


Figura 1 - Área corporal em função da altura e do peso. Fonte: Águas, 2000/01.

A relação entre a actividade e o metabolismo (valor total, isto é, soma da parcela basal com a de actividade) apresenta-se no quadro 1. Estes valores são expressos em W/m<sup>2</sup>. Uma forma de simplificar a análise do metabolismo, consistiu na definição da unidade met, onde 1 met corresponde ao metabolismo de uma pessoa sentada a descansar (1 met = 58.15 W/m<sup>2</sup>). (Águas, 2000/01, p.12 e 13).

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

**Quadro 1 - Valores de metabolismo para várias actividades (Fonte: Tabela A.1 da ISO 7730/2005).**

#### *4.1.2. Trabalho*

Tipicamente a avaliação de conforto verifica-se em casos em que o trabalho realizado é nulo ou corresponde apenas a dissipações por atrito, tais como, pessoas sentadas ou em andamento contínuo.

#### *4.1.3. Vestuário*

O vestuário constitui uma barreira entre a superfície cutânea e o ambiente. Esta barreira age tanto sobre as trocas de calor convectivas e radiantes como sobre as trocas de calor por evaporação. Quando se está vestido, cria-se um microclima em volta da superfície cutânea coberta cuja temperatura de radiação característica é a da face interna do vestuário.

O vestuário é caracterizado através da sua resistência térmica,  $I_{cl}$ , nas unidades  $m^2KW$ . À semelhança do metabolismo, o vestuário apresenta uma unidade própria, o clo, que corresponde à resistência térmica de  $0.155 m^2KW$  (Águas, 2000/01). Corresponde ao isolamento térmico assegurado por um vestuário padrão (fato, camisa, gravata, colete, sapatos, meias. (Miguel, 1998). O quadro 2 apresenta os valores de resistência térmica,  $I_{vest}$ , de diferentes tipos de vestuário. (Águas, 2000/01)

Work clothing	$I_{cl}$		Daily wear clothing	$I_{cl}$	
	clo	$m^2 \cdot K/W$		clo	$m^2 \cdot K/W$
Underpants, boiler suit, socks, shoes	0,70	0,110	Panties, T-shirt, shorts, light socks, sandals	0,30	0,050
Underpants, shirt, trousers, socks, shoes	0,75	0,115	Panties, petticoat, stockings, light dress with sleeves, sandals	0,45	0,070
Underpants, shirt, boiler suit, socks, shoes	0,80	0,125	Underpants, shirt with short sleeves, light trousers, light socks, shoes	0,50	0,080
Underpants, shirt, trousers, jacket, socks, shoes	0,85	0,135	Panties, stockings, shirt with short sleeves, skirt, sandals	0,55	0,085
Underpants, shirt, trousers, smock, socks, shoes	0,90	0,140	Underpants, shirt, light-weight trousers, socks, shoes	0,60	0,095
Underwear with short sleeves and legs, shirt, trousers, jacket, socks, shoes	1,00	0,155	Panties, petticoat, stockings, dress, shoes	0,70	0,105
Underwear with short legs and sleeves, shirt, trousers, boiler suit, socks, shoes	1,10	0,170	Underwear, shirt, trousers, socks, shoes	0,70	0,110
Underwear, with long legs and sleeves, thermo jacket, socks, shoes	1,20	0,185	Underwear, track suit (sweater and trousers), long socks, runners	0,75	0,115
Underwear with short sleeves and legs, shirt, trousers, jacket, thermo jacket, socks, shoes	1,25	0,190	Panties, petticoat, shirt, skirt, thick knee-socks, shoes	0,80	0,120
Underwear with short sleeves and legs, boiler suit, thermo jacket and trousers, socks, shoes	1,40	0,220	Panties, shirt, skirt, roundneck sweater, thick knee-socks, shoes	0,90	0,140
Underwear with short sleeves and legs, shirt, trousers, jacket, thermo jacket and trousers, socks, shoes	1,55	0,225	Underpants, singlet with short sleeves, shirt, trousers, V-neck sweater, socks, shoes	0,95	0,145
Underwear with short sleeves and legs, shirt, trousers, jacket, heavy quilted outer jacket and overalls, socks, shoes	1,85	0,285	Panties, shirt, trousers, jacket, socks, shoes	1,00	0,155

Work clothing	$I_{cl}$		Daily wear clothing	$I_{cl}$	
	clo	$m^2 \cdot K/W$		clo	$m^2 \cdot K/W$
Underwear with short sleeves and legs, shirt, trousers, jacket, heavy quilted outer jacket and overalls, socks, shoes, cap, gloves	2,00	0,310	Panties, stockings, shirt, skirt, vest, jacket	1,00	0,155
Underwear with long sleeves and legs, thermo jacket and trousers, outer thermo jacket and trousers, socks, shoes	2,20	0,340	Panties, stockings, blouse, long skirt, jacket, shoes	1,10	0,170
Underwear with long sleeves and legs, thermo jacket and trousers, Parka with heavy quilting, overalls with heavy quilting, socks, shoes, cap, gloves	2,55	0,395	Underwear, singlet with short sleeves, shirt, trousers, jacket, socks, shoes	1,10	0,170
			Underwear, singlet with short sleeves, shirt, trousers, vest, jacket, socks, shoes	1,15	0,180
			Underwear with long sleeves and legs, shirt, trousers, V-neck sweater, jacket, socks, shoes	1,30	0,200
			Underwear with short sleeves and legs, shirt, trousers, vest, jacket, coat socks, shoes	1,50	0,230

Quadro 2 - Resistência térmica do vestuário (Fonte: ISO 7730/2005).

#### 4.1.4. Temperatura da pele

A produção de energia metabólica (calor) e a necessidade de recobrimos o corpo com vestuário dependem do nível de actividade física que despendemos. O vestuário impede ou atrasa o intercâmbio de calor entre a superfície da nossa pele e a atmosfera circunstante. A temperatura da pele resulta da função do metabolismo, do vestuário e da temperatura no local. Ao contrário da nossa temperatura corpórea interior, a temperatura da pele não se mantém constante.

#### 4.2. Parâmetros Ambientais

A tensão térmica de origem ambiental refere-se ao ganho de calor por parte do organismo por causa das condições térmicas ambientais. Essas condições são determinadas por:

#### 4.2.1. Temperatura do ar:

Corresponde à temperatura seca do ar, é expressa em graus centígrados e afeta a perda de calor do corpo humano por convecção e por evaporação. (Dryvit, sd). É medida com termómetros de bolbo seco, termómetros de dilatação de líquidos (mercúrio, álcool), termopares, termistores.

#### 4.2.2. Humidade:

Refere-se à quantidade de água existente no ar. Intervém na determinação das trocas de calor por evaporação ao nível do Homem (Miguel, 1998). Um grau de humidade elevado dificulta a evaporação do suor, enquanto que um grau baixo provoca um problema de secura que podem dar lugar a problemas respiratórios.

A quantidade real de vapor de água contida no ar caracterizam a humidade absoluta do ambiente. O conteúdo em vapor de água do ar, relativamente à quantidade máxima que ele pode conter a uma determinada temperatura é caracterizado pela humidade relativa (Miguel, 1998).

Definido o estado higrocópico do ar em termos da temperatura seca (T em °C), e humidade relativa (HR entre 0 e 1) a pressão parcial do vapor de água (p<sub>vap</sub> em Pa), é obtida pela equação, (Águas, 2000/01):

$$p_{\text{vap}} = \text{HR} \times p_{\text{sat}}(T) \quad \text{Equação 2}$$

com,

$$p_{\text{sat}}(T) = 1000 \times e^{(16,6536 - (4030,183/(T+235)))} \quad \text{Equação 3}$$

A humidade relativa do ar é uma variável decisiva na avaliação do conforto térmico pois, quanto maior for o seu valor, menor é a eficiência da evaporação na remoção do calor. Para um edifício no Inverno a humidade deve estar entre os 20 a 24°C, com a humidade relativa entre 30 a 70% indiferentemente da estação do ano. (Mendonça, 2012)

A humidade em ambientes internos pode variar muito, e pode depender se existem processos de secagem (fábricas de papel, lavandaria etc) onde o vapor é emitido. Tendo em conta que a evaporação do suor é o principal método de perda de calor em seres humanos, é

importante considerar a percentagem de humidade em ambientes quente, porque menos suor evapora quando a humidade é alta. (HSE, sd).

Em ambientes moderados a humidade tem um impacto modesto, contudo em ambientes mais severos o impacto é muito maior. (ISO 7730/2005).

#### *4.2.3. Velocidade do ar:*

A velocidade do ar intervém na determinação das trocas de calor por convecção entre o Homem e o ambiente. (ISO 7730, 2005). A velocidade do ar não baixa a temperatura, no entanto causa um efeito de arrefecimento, como pode ser um factor incómodo para o trabalhador, é importante ter em conta a sua presença. Dentro de edifícios, a velocidade do ar é geralmente inferior a 0,2 m/s.

Para condições de conforto não existe um valor mínimo para a velocidade do ar, contudo valores elevados podem compensar a sensação calor causada pelo aumento da temperatura. A velocidade do ar pode ser aumentada através da abertura de janelas e durante a estação do verão, em vista a atingir níveis de conforto, a velocidade do ar pode ser aumentada acima dos valores de conforto. (ISO 7730, 2005).

Mede-se através de anemómetros mecânicos, termoanemómetros e velómetros. (Esine, s.d).

#### *4.2.4. Calor radiante:*

O calor radiante consiste na energia que é radiada por todos os corpos quentes (HSE, s/d).

Tem uma influência maior do que a temperatura do ar sobre como podemos perder ou ganhar calor para o ambiente.

Podemos encontrar exemplos de fontes de calor radiante como: o sol, o fogo, incêndios elétricos, fornos, rolos de vapor, fornos, paredes em fornos, fogões, secadores, superfícies quentes e máquinas, metais fundidos, etc

## 5. Equação de conforto térmico

A equação de conforto térmico permite calcular o termo de acumulação de energia no corpo,  $S$ , correspondente à diferença entre o metabolismo desenvolvido no corpo e a transferência de calor para o ambiente, (Águas, 2000/01, p.15)

É apresentada na equação 4:

$(M-W)$	Y (Metabolismo e Trabalho)	} = S (Acumulação de calor)
$- 3.05 \times 10^{-3} (5733-6.99(M-W) - p_{vap})$	Y (Difusão de vapor)	
$- 0.42 [(M-W) - 58.15]$	Y (Transpiração)	
$- 1.7 \times 10^{-5} M (5867 - p_{vap})$	Y (Respiração latente)	
$- 0.0014 \times M (34 - T_a)$	Y (Respiração sensível)	
$- 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} ((T_{cl} + 273)^4 - (T_{rad}+273)^4)$	Y (Radiação)	
$- f_{cl} \times h_c \times (T_{cl}-T_a) =$	Y (Convecção)	

Equação 4

### 5.1. Temperatura exterior do vestuário

A temperatura da superfície do vestuário é obtida por balanço energético igualando a transferência por condução da pele para o vestuário à transferência de calor por convecção e radiação, resultando na equação 5. (Águas, 2000/01, p.16).

$$T_{cl} = 35.7 - 0.028 \times (M-W) - I_{cl} \{3.96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(T_{cl} + 273)^4 - (T_{rad} + 273)^4] + f_{cl} \times h_c (T_{cl} - T_a)\}$$

Equação 5

## 5.2. Factor de vestuário

O factor de vestuário define-se pela razão entre a área exterior do vestuário e a área corporal, sendo, conseqüentemente, um valor adimensional e superior à unidade.

O factor de vestuário correlaciona-se com a resistência térmica do vestuário através das equações 6 e 7 com expressão gráfica na figura 2.

$$f_{cl} = 1.00 + 1.290 \times I_{cl} \quad \text{para } I_{cl} \leq 0.078 \text{ m}^2\text{K/W} \quad \text{Equação 6}$$

$$f_{cl} = 1.05 + 0.645 \times I_{cl} \quad \text{para } I_{cl} > 0.078 \text{ m}^2\text{K/W} \quad \text{Equação 7}$$

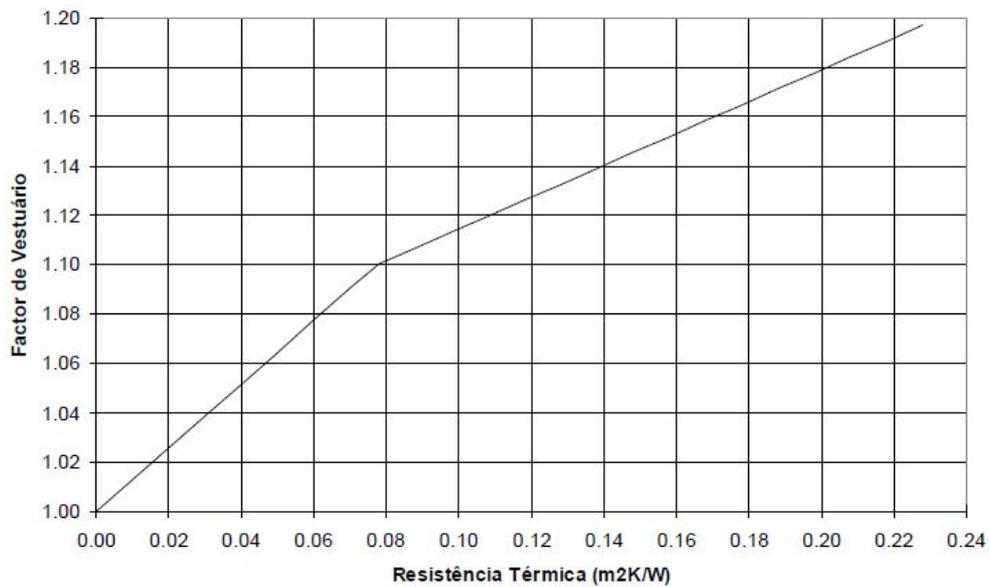


Figura 2- Factor de vestuário em função da resistência térmica

## 5.3. Coeficiente de convecção

A norma ISO 7730/2005 define o cálculo do coeficiente de convecção natural e forçada (equação 8 e 9) (Águas, 2000/01):

$$h_c = 2.38 \times (T_{cl} - T_a)^{0.25} \quad \text{para } 2.38 \times (T_{cl} - T_a)^{0.25} > 12.1 \cdot \sqrt{Var} \quad \text{Equação 8}$$

$$h_c = 12.1 e V_{ar} \quad \text{para } 2.38 \times (T_{cl} - T_a)^{0.25} < 12.1 \cdot \sqrt{Var} \quad \text{Equação 9}$$

em que  $Var = Va + 0.0052(M-58)$

Para as equações anteriores temos,

- M é o metabolismo, em W/m<sup>2</sup> (área corporal).
- W é o trabalho realizado para o exterior, em W/m<sup>2</sup> (área corporal)
- $p_{vap}$  é a pressão parcial do valor de água do ar ambiente, em Pa.
- $T_a$  é a temperatura do ar ambiente, em °C.
- $f_{cl}$  é um factor de vestuário, adimensional
- $T_{cl}$  é a temperatura exterior do vestuário, em °C
- $T_{rad}$  é a temperatura média radiante dos elementos opacos do espaço, em °C.
- $h_c$  é o coeficiente de convecção entre a superfície exterior do vestuário e o ar exterior, em W/m<sup>2</sup>K (área exterior do vestuário)
- $I_{cl}$  corresponde à resistência térmica do vestuário, em m<sup>2</sup>K/W
- $V_{ar}$  corresponde à velocidade do ar (m/s)
- S é o termo de acumulação de energia no corpo, em W/m<sup>2</sup> (área corporal)

Estas correlações são representadas graficamente nas figuras 3 e 4. (Águas, 2000/01):

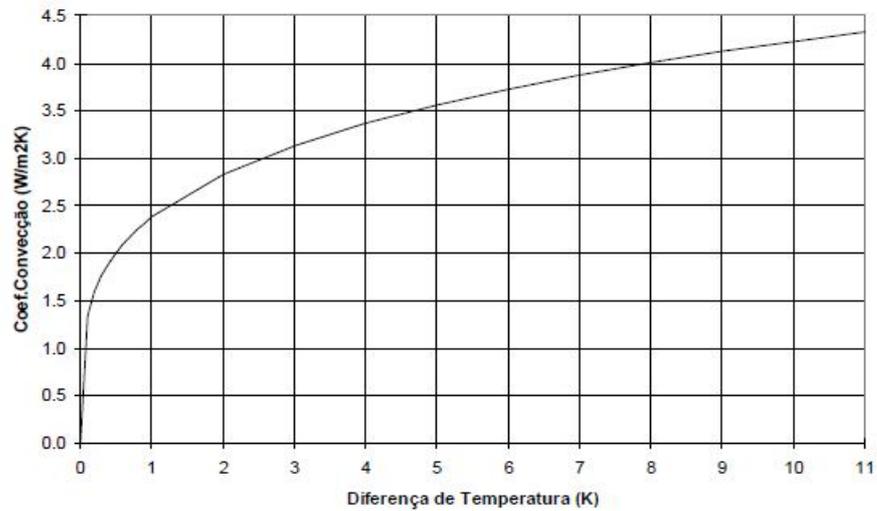


Figura 3 - Coeficiente de convecção natural. Fonte: Águas, 2000/01.

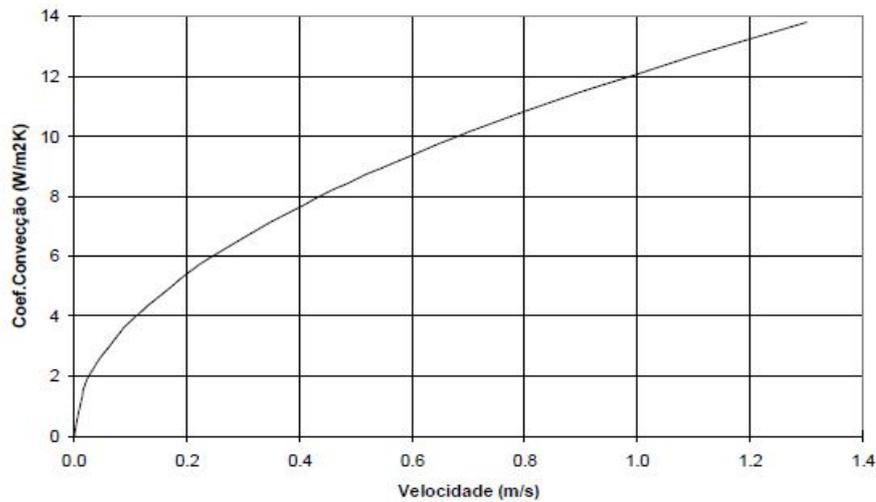


Figura 4 - Coeficiente de convecção forçada. Fonte: Águas, 2000/01.

#### 5.4. Evaporação

As perdas de evaporação de água na pele devem-se à constante difusão de vapor e à transpiração na necessidade de manter uma temperatura constante.

A difusão de vapor depende da diferença de pressão de vapor entre a pele ( $p_{pele}$ ) e a atmosfera ( $p_{vap}$ ), é determinada pela equação:

$$3.05 \times 10^{-3} (p_{pele} - p_{vap}), \text{ em W/m}^2.$$

Equação 10

Como a pressão de vapor é função da temperatura da pele, a anterior expressão poderá tomar a seguinte forma:

$$3.05 \times 10^{-3} (256 \times T_{pele} - 3373 - p_{vap})$$

Equação 11

Conduzindo à expressão final do termo de evaporação substituindo  $T_{pele}$  pela correlação anteriormente apresentada, função do metabolismo e do trabalho. (Águas, 2000/01, p.18) .

### 5.5. Respiração

Trata-se de uma perda de calor de pouco significado. Compõe-se de uma carga sensível resultante do aquecimento do caudal de ar de respiração e de uma carga latente por humidificação do ar. Tipicamente a temperatura do ar expirado é de 34 °C, tendo-se identificado uma relação linear entre o caudal e o metabolismo, pelo que este termo é dado por :

$$0,0014 \times M (34 - T_a)$$

Equação 12

Para condições normais ( $T_a = 23$  °C e metabolismo de  $90 \text{ W/m}^2$ ) esta carga é de  $1,3 \text{ W/m}^2$ , ou seja, insignificante.

A carga latente está relacionada com a pressão de vapor do ambiente sendo calculada por:

$$1,7 \times 10^{-5} \times M (5867 - p_a).$$

Equação 13

Para condições normais ( $p_a = 1,4$  kPa e o metabolismo de  $90 \text{ W/m}^2$ ) esta carga é de  $7 \text{ W/m}^2$ , pelo que muitas vezes não é considerada. (Águas, 2000/01, p.18) .

### 5.6. Radiação

A constante  $3,96 \times 10^{-8}$  resulta do produto da constante de Boltzmann pelo factor de forma entre o vestuário e o exterior (toma-se 0,71) e pelo termo relacionado com as emissividades

(considera-se uma emissividade da pele e do vestuário de 1 e 0,95, respectivamente). (Águas, 2000/01, p.18) .

## 6. Índices de determinação de Stress Térmico

### 6.1. ISO 7730/2005

Para um ser humano a sensação térmica relaciona-se com o equilíbrio térmico do seu corpo de uma forma geral. Este equilíbrio é dado por factores individuais (actividade física e vestuário), bem como por parâmetros ambientais (ar ambiente, temperatura média, temperatura radiante, velocidade do ar e a humidade do ar). Após a medição destes parâmetros a avaliação do conforto térmico pode ser verificado pelo cálculo do índice PMV (Predict Mean Vote). (ISO 7730, 2005).

A previsão do índice PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) fornece informações sobre o desconforto ou insatisfação térmica, prevendo o percentual de pessoas que possam sentir-se quentes ou frias num determinado ambiente. O PPD pode ser obtido a partir do índice PMV. (ISO 7730, 2005).

O desconforto térmico também pode também ser causado por parâmetros de desconforto térmico local, os mais comuns são a assimetria de temperatura radiante (superfícies frias ou quentes), draught (definido como um local de resfriamento do corpo causada pelo movimento do ar), diferença vertical temperatura do ar e pisos frios ou quentes. (ISO 7730, 2005).

#### 6.1.1. PMV – Predicted Mean Vote

O índice PMV foi desenvolvido por Fanger e adotado na norma ISO 7730 como índice recomendado para a avaliação do conforto térmico do ambiente. Refere-se às opiniões subjectivas dos trabalhadores, é um índice que prevê o valor médio do voto com base no equilíbrio térmico do corpo humano, de um grupo de pessoas segundo a seguinte escala de sensação térmica:

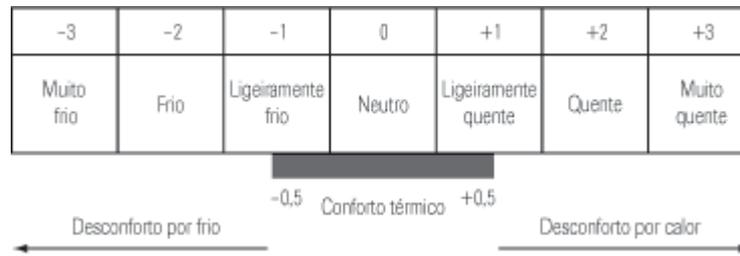


Figura 5 - Escala de sensação térmica (PMV).

Fonte: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132009000300006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132009000300006&script=sci_arttext)

Pode ser calculado para diferentes combinações de (ISO 7730, 2005):

- Temperatura média radiante;
- Velocidade do ar;
- Humidade relativa;
- Temperatura do ar;
- Atividade física;
- Vestuário;
- Trabalho mecânico quando existe.

O índice PMV baseia-se no balanço de energia ao corpo humano, considera-se que um indivíduo encontra-se em equilíbrio térmico quando a produção interna de energia do corpo (função do metabolismo) igualar as perdas de calor com o ambiente envolvente. Em ambientes moderados, os sistemas internos de regulação térmica do corpo humano tentam, automaticamente, alterar a temperatura da pele e o nível de sudação, de forma a manter o equilíbrio térmico.

A sua determinação é feita a partir da seguinte equação, da norma ISO 7730, 2005.

$$PMV = (0.303 X e^{-0.036M} + 0.028) x S \quad \text{Equação 14}$$

Segundo a norma ISO 7730/2005, o uso do índice PMV é recomendado para valores entre - 2 e + 2, e quando os valores dos seguintes parâmetros se encontrarem dentro da gama indicada:

$$46 \text{ W/M}^2 \leq M \leq 232 \text{ W/m}^2$$

$$(0.8 \text{ met} \leq M \leq 4 \text{ met})$$

$$0 \text{ m}^2.\text{K/W} \leq |cl| \leq 0.310 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

$$(0 \text{ cl} \leq |cl| \leq 2\text{cl})$$

$$10^\circ\text{C} \leq t_a \leq 30^\circ\text{C}$$

$$10^\circ\text{C} \leq t_r \leq 40^\circ\text{C}$$

$$0 \text{ m/s} \leq \text{Var} \leq 1 \text{ m/s}$$

$$0 \text{ kPa} \leq P_v \leq 2.7\text{kPa}$$

Pode ser usado para verificar se um determinado ambiente térmico está em conformidade com os critérios de conforto e com os requisitos para os diferentes níveis de aceitabilidade. Ao definir  $PMV = 0$ , prevê-se combinações de roupa, actividade e parâmetros ambientais que, em média, irá proporcionar uma sensação térmica neutra. (ISO 7730, 2005).

### 6.1.2. PPD - Predicted Percentage of Dissatisfied

O índice PPD, estabelece uma previsão quantitativa de percentagem de pessoas termicamente insatisfeitas que se sentem muito frias ou muito quentes. Consideram-se pessoas termicamente insatisfeitas aquelas que irão votar, quente ou fria na escala de sensação térmica. (ISO 7730, 2005).

Conhecido o valor de PMV, determina-se o índice PPD pela seguinte equação. (ISO 7730, 2005).

$$PPD = 100 - 95 \times e^{(-0.03353 \times PMV^4 - 0.2179 \times PMV^2)}$$

Equação 15

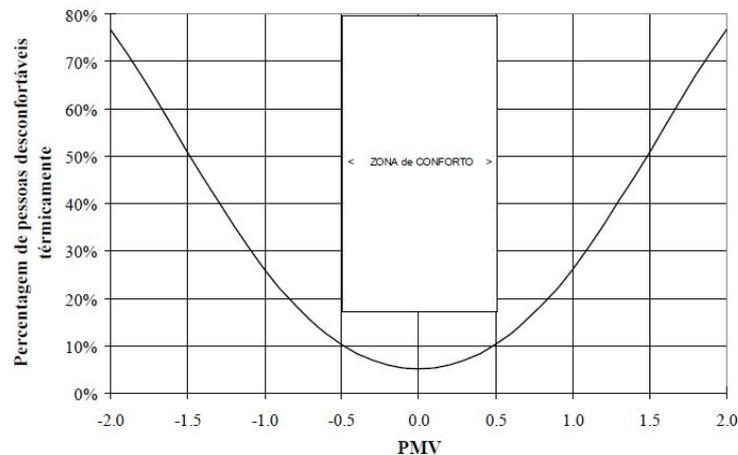


Figura 6 - Percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) em função do voto médio (PPD)

Fonte: (Águas, 2000/01)

A norma internacional ISO 7730, 2005 especifica que um ambiente é aceitável no que se refere ao conforto térmico se  $PPD < 10\%$ . A Figura 6 mostra que, para se atingir o percentual máximo de 10% de insatisfação, o indicador PMV deve variar dentro do intervalo  $[-0,5; +0,5]$ .

## 6.2. Desconforto térmico local

O desconforto térmico pode também ser provocado por factores locais. O desconforto térmico local não pode ser removido elevando ou baixando a temperatura do espaço. É necessário remover a causa do localizado sobre-aquecimento ou resfriamento.

Em geral, o desconforto térmico local pode ser devido a:

1. Local de resfriamento convectivo do corpo provocada por correntes de ar.
2. Diferenças de temperatura do ar verticais.
3. "Pé frio ou quente", causado pela temperatura do pavimento desconfortável.
4. Frio ou quente de partes do corpo por radiação assimétrica. Isso é conhecido como uma radiação problema de assimetria.

### 6.2.1. Draught

A taxa de corrente de ar pode ser definida como o resfriamento local não desejado do corpo, causado pelo movimento de ar. É expressa por uma percentagem de pessoas que estão

incomodadas pela corrente de ar. Pela norma ISO 7730/2005, podemos determinar a taxa de correntes de ar pela seguinte equação:

$$DR = (34 - t_{al})(v_{al} - 0.05)^{0.62}(0.37 \cdot v_{al} \cdot T_u + 3.14)$$

Equação 16

para:

$$v_{al} < 0.05 \text{ m/s} \quad v_{al} = 0.05 \text{ m/s}$$

$$DR > 100\% \quad DR = 100\%$$

em que:

$t_{al}$  - temperatura do ar local

$v_{al}$  - velocidade do ar média local

$T_u$  - intensidade da turbulência local

### 6.2.2. Diferença da temperatura de ar vertical

Uma diferença de temperatura na vertical entre a cabeça e os tornozelos pode provocar desconforto esta pode ser determinada pela seguinte equação:

$$PD = 100 / (1 + \exp(5.76 - 0.856 \cdot \Delta t_{av}))$$

Equação 17

Nota: Deve apenas ser utilizada se  $\Delta t_{av} < 8^\circ\text{C}$

### 6.2.3. Pavimentos aquecidos ou arrefecidos.

O desconforto térmico provocado por pavimentos aquecidos ou arrefecidos é determinado pela equação 23.

$$PD = 100 - 94 \cdot \exp(-1,387 + 0,118 \cdot t_f - 0,0025 \cdot t_f^2)$$

Equação 18

#### 6.2.4. Radiação assimétrica

- Tectos aquecidos

$$PD=(100/(1+\exp(2,84-0.174.\Delta t_{pr})) - 5,5$$

Equação 19

- Paredes frias (janelas)

$$PD=100/(1+\exp(6.61-0.345.\Delta t_{pr}))$$

Equação 20

- Tectos arrefecidos

$$PD=100/(1+\exp(9.93-0.50.\Delta t_{pr}))$$

Equação 21

- Paredes quentes

$$PD=(100/(1+\exp(3.72-0.052.\Delta t_{pr})) - 3,5$$

Equação 22

### 7. Conforto térmico padrão

Conforto térmico é uma condição da mente que expressa satisfação em relação ao ambiente térmico. A insatisfação pode ser causada pelo desconforto quente ou frio do corpo, como está expresso pelo índice PMV e PPD, ou por um indesejável arrefecimento/aquecimento de uma parte em particular do corpo.

Devido às diferenças individuais, é impossível especificar um ambiente térmico que irá satisfazer todos. Apesar de existir sempre uma percentagem de indivíduos insatisfeitos, segundo a norma ISO7730/2005 é possível caracterizar ambientes que serão aceitáveis por uma certa percentagem de ocupantes.

### 7.1. Categorias do ambiente térmico

O ambiente térmico desejado para um espaço pode ser seleccionado de entre as três categorias A, B e C. Todos os critérios deverão ser satisfeitos simultaneamente para cada categoria.

Estado térmico do corpo			Percentagem de insatisfeitos quanto ao desconforto local			
CAT	PPD (%)	PMV	DR (%)	Diferença de temperatura vertical (%)	Pavimento quente/frio (%)	Radiação assimétrica (%)
A	<6	-0,2 < PMV <0,2	<10	<3	<10	<5
B	<10	-0,5 < PMV <0,5	<20	<5	<10	<5
C	<15	-0,7 < PMV <0,7	<10	<10	<15	<10

Quadro 3 - Categorias de fatores de desconforto térmico. Fonte: Norma ISO 7730/2005.

As três categorias aplicam-se a espaços onde as pessoas estão expostas ao mesmo ambiente térmico, sendo vantajoso a implementação de um sistema de controlo individual do ambiente térmico. O controlo individual da temperatura do ar local, da temperatura radiante ou da velocidade do ar contribui para equilibrar as grandes diferenças entre as necessidades individuais e consequentemente, diminui a percentagem de insatisfeitos.

### 7.2. Vestuário

A alteração do vestuário é um factor que contribui para o equilíbrio das diferenças individuais dos trabalhadores.

Para um determinado espaço a norma ISO 7730 de 2005 apresenta uma temperatura operativa ótima correspondente a um PMV=0 em função da actividade e do vestuário do indivíduo. A figura 7 mostra qual a temperatura operativa ótima e a gama de temperatura permitida em função do vestuário e da actividade para cada uma das 3 categorias.

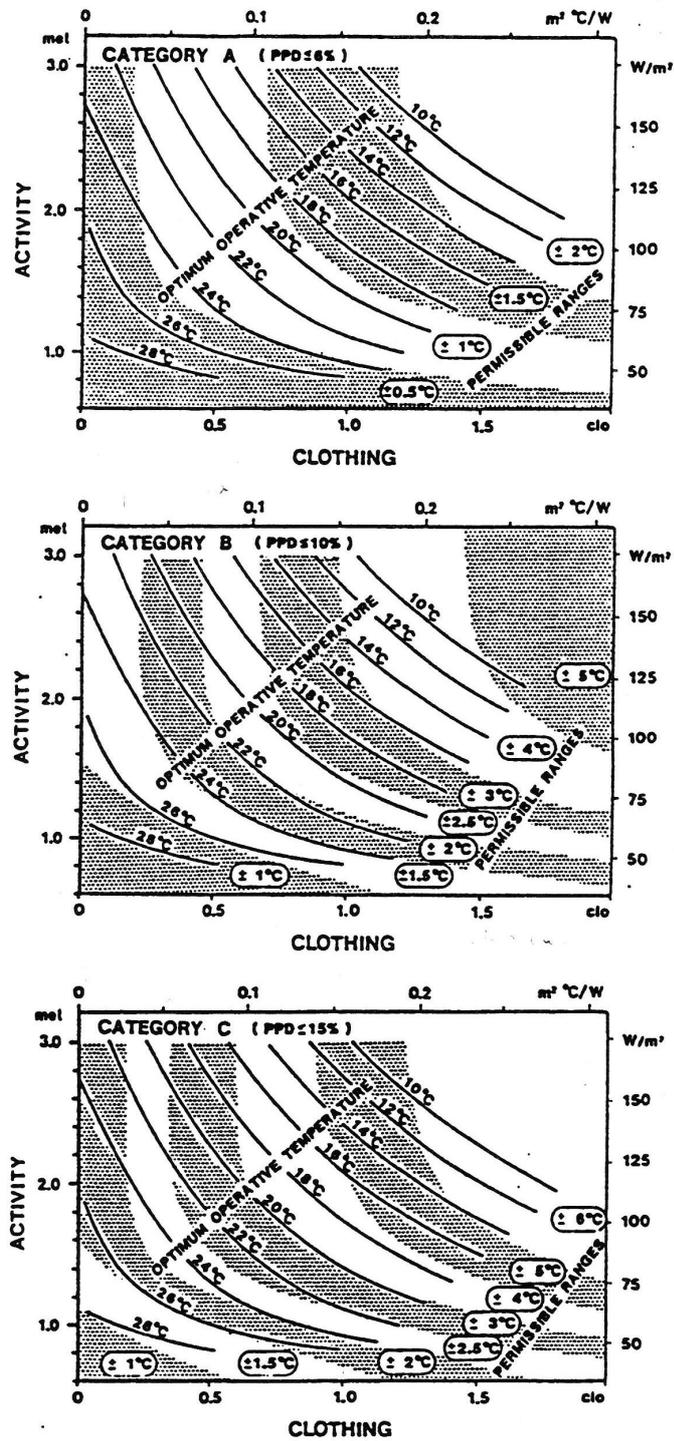


Figura 7 - A temperatura operativa óptima em função do vestuário e actividade para as três categorias.

Fonte: Norma ISO 7730/2005 in Akair, 2009.

### 7.3. Desconforto térmico local

#### 7.3.1. Velocidade do ar (Draught)

A velocidade média do ar admissível e turbulência na função da temperatura do ar é dado na figura 8 para as três categorias. A velocidade média do ar é determinada em função da temperatura do ar e da intensidade da turbulência, esta pode variar entre 30 e 60% em espaços convencionalmente ventilados.

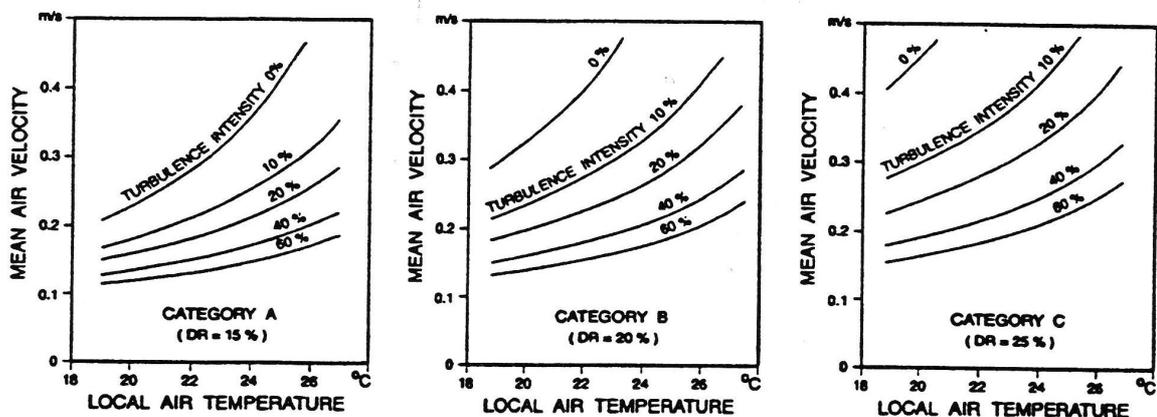


Figura 8 - Velocidade média de ar admissível em função da temperatura do ar e turbulência para as três categorias do ambiente térmico. Fonte: Norma ISO 7730/2005 in Akair, 2009.

#### 7.3.2. Diferença de temperatura do ar entre o tornozelo e a cabeça (entre 1.1m e 0.1m do pavimento).

O seguinte quadro da norma ISO 7730/2005, demonstra qual a diferença de temperatura de ar vertical permitida para as diferentes categorias.

CAT	Diferença de temperatura vertical (°C)
A	< 2
B	< 3
C	< 4

Quadro 4 - Diferença de temperatura vertical. Fonte: Norma ISO 7730/2005.

### 7.3.3. Temperatura do pavimento.

Para a avaliação do desconforto local referente à temperatura do pavimento deve ter-se em consideração a figura 9 da norma ISO 7730/2005.

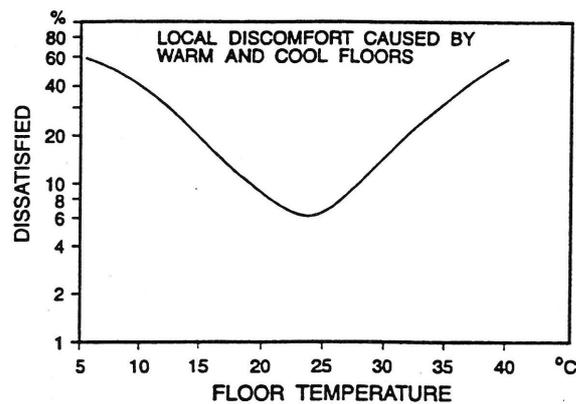


Figura 9 - Desconforto local provocado por pavimentos quentes/frios.

Fonte: Norma ISO 7730/2005 in Akair, 2009.

CAT	Temperatura da superfície de pavimento (°C)
A	de 19 a 29
B	de 19 a 29
C	de 17 a 31

Quadro 5 - Temperatura de pavimento permitida para as três categorias térmicas.

Fonte: Norma ISO 7730/2005.

### 7.3.4. Temperatura radiante assimétrica

Para a avaliação do desconforto local referente à temperatura radiante devem ter-se em contas a figura 10 e o quadro 7.

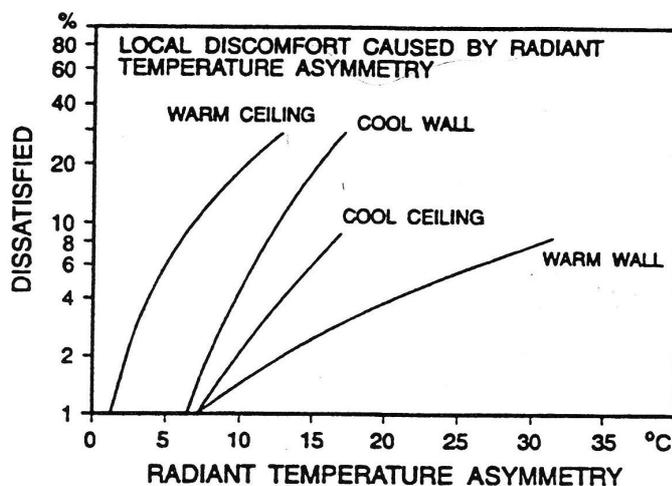


Figura 10 - Efeitos das radiações assimétricas. Fonte: Norma ISO 7730/2005 in Akair, 2009.

CAT	Tectos quentes	Paredes frias	Tectos frios	Paredes quentes
A	< 5	< 10	< 14	< 23
B	< 5	< 10	< 14	< 23
C	< 7	< 13	< 18	< 35

Quadro 6 - Temperatura radiante assimétrica permitida para as três categorias. Fonte: Norma ISO 7730/2005.

## 8. Riscos Derivados do Ambiente Térmico

Quando o corpo não consegue eliminar o excesso de calor, este fica retido. O trabalhador começa a perder a sua capacidade de concentração e, como consequência, torna-se vulnerável ao acidente. Irrita-se com facilidade e, frequentemente, perde o desejo de ingerir líquidos. Geralmente seguem-se os desmaios e posteriormente a morte se a pessoa não for retirada a tempo das proximidades da fonte de calor. Os principais danos de exposição ao calor são:

**Insolação** – Este é um dos mais sérios problemas de saúde que o trabalhador enfrenta. Surge em decorrência da falta de mecanismo do corpo para regular sua temperatura interior. A transpiração cessa e o corpo já não consegue se livrar do calor excessivo. Os sinais são:

- a) Confusão mental

- b) Delírio
- c) Perda da consciência
- d) Convulsão
- e) Coma

A insolação pode matar, a menos que a pessoa receba a tempo tratamento de forma adequada. As providências relativas aos primeiros socorros podem ser tomadas como forma de prevenção contra lesões permanentes no cérebro e em outros órgãos vitais.

**Esgotamento** – Resulta da perda de líquido por meio da transpiração e quando o trabalhador descarta a sua hidratação. Quando o trabalhador sofre esgotamento ocasionado pela sua exposição ao calor, é dominado pela debilidade, fadiga extrema, náusea, dor de cabeça e desfalecimento.

**Cãibra** – Mesmo quando o trabalhador ingere grande quantidade de líquido mas não repõe a perda dos sais de seu organismo, pode sofrer terríveis dores musculares nos músculos mais exigidos durante o trabalho.

**Desmaio** – Geralmente ocorre com o trabalhador que tem dificuldade de aclimação em ambientes de temperatura elevada, principalmente no exercício de atividades que exigem pouca mobilidade.

Em ambientes que se verifica a exposição a temperaturas baixas os principais efeitos sobre o organismo são:

**Deficiências circulatórias**

**Congelação dos membros**

**Frieiras**

**Queimaduras**

**Postura hirta**

**Tremores**

**Alucinações e inconsciência**

## 9. Medidas de Prevenção do Calor

### 9.1. Medidas de Prevenção Geral

Conforme grande parte das medidas preventivas o calor deve ser preferencialmente isolado da fonte, e como complemento, deve ser aplicada a prevenção individual. São diversas as medidas a aplicar conforme exemplificado no quadro seguinte. (Macedo, 1988)

Medida adoptada	Factor alterado
Insuflação de ar fresco no local onde permanece o trabalhador.	Temperatura do ar
Maior circulação do ar existente no local de trabalho.	Velocidade do ar
Captação de vapores de água emanados de um processo.	Humidade relativa do ar
Utilização de barreiras reflectoras (alumínio polido, aço inoxidável) ou absorventes (ferro ou aço inoxidável) de radiação infra-vermelha, colocadas entre a fonte e o trabalhador.	Calor radiante
Automatização do processo. Por exemplo, mudança do transporte manual de carga para transporte mecanizado.	Calor produzido por metabolismo

Quadro 7 - Medidas de prevenção gerais. Fonte: Macedo, 1988.

### 9.2. Medidas de Prevenção Individual

Quanto às medidas preventivas a nível individual, destacam-se:

- Exames médicos: Devem ser realizados exames de admissão a fim de serem detectados eventuais problemas de saúde que possam ser agravados com a exposição ao calor (problemas cardíco-circulatórios, deficiências glandulares,

problemas de pele, etc) e periódicos, que se destinam ao acompanhamento dos trabalhadores expostos ao calor a fim de detectar estados patológicos nos seu estádios iniciais.(Macedo,1988).

- **Aclimação:** Constitui uma adaptação fisiológica do organismo a um ambiente quente, é fundamental na prevenção dos riscos decorrentes da exposição ao calor intenso.
- **Ingestão de água e de sal:** Tem a finalidade de compensar a perda de água e sal por sudorese. A não reposição pode provocar desidratação e câibras de calor. Devem ser adicionadas 5-6 g de sal por litro de água.
- **Limitação do tempo de exposição:** Tem o objectivo de reduzir a sobrecarga térmica a níveis compatíveis com o organismo humano.
- **Equipamento de protecção individual:** Devem se utilizados os equipamentos apropriados (luvas, óculos, sapatos, aventais, etc)
- **Formação:** O trabalhador deve estar informado quanto à prática corrente das suas tarefas, evitando esforços desnecessários, longos tempos de permanência junto à fonte de calor.

### *9.3. Medidas de Prevenção Construtivas*

#### *9.3.1. Ventilação*

O objectivo principal da ventilação é a substituição do ar contaminado e sobreaquecido por ar fresco do exterior e evitar o mau estar devido à humidade. Uma vez que os custos de climatização são muito elevados à exceção de um número reduzido de empresas industriais como tabaqueiras, têxtil, pasta de papel, não é feita a climatização geral do edifício.

Muitas instalações de ventilação funcionam à custa da acção por gravidade da desigualdade das temperaturas no exterior e interior e do vento atmosférico. A ventilação natural permite aproveitar os fenómenos naturais, que provocam movimento nas massas de ar, para que estrategicamente e eficientemente se faça a renovação de ar de um espaço de uma forma natural e a baixo custo.

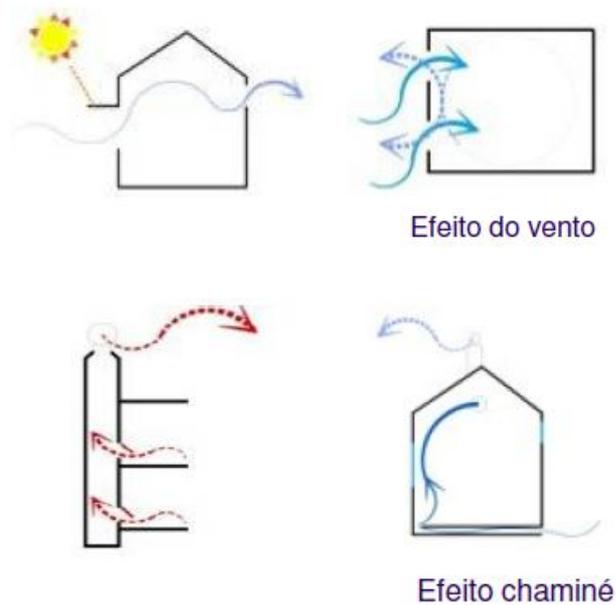


Figura 11 - Ventilação natural. Fonte: Botelho, sd.

Noutras situações, a movimentação do ar faz-se com dispêndio de energia, empregando-se para o efeito ventoinhas, ventiladores. São ventilações mecânicas que não dependem de factores externos e que podem garantir um efeito eficiente, localizado e regulável. Para determinar a ventilação necessária é preciso ter em conta os seguintes aspectos:

- Dimensão do local ou edifício;
- Número e tipo de ocupantes e suas actividades;
- Fornecimento de calor por parte do equipamento e da radiação solar;
- Humidade relativa;
- Temperatura do ar exterior e variação da temperatura (interior e exterior);

A velocidade de ventilação pode ser calculada tendo em conta estes aspectos.

A ventilação natural ou mecânica é fundamental na obtenção de níveis de qualidade de ar interior aceitáveis. Torna-se muitas vezes necessário calcular os caudais de ventilação necessário à remoção de um dado poluente. O controlo dos sistemas de ventilação em função da concentração de poluentes no interior de um edifício devido à ocupação é um método cada vez mais utilizado em instalações de AVAC. (Garcia, 2012/13).

### 9.3.2. Protecção de paredes opacas e superfícies vidradas.

A protecção de paredes é garantida por:

- aumento do coeficiente de reflexão das paredes (pintura, folha de cobre ou de alumínio, cal viva, etc.).
- aumento da resistência térmica das paredes, através da utilização de diversos materiais isolantes, tectos duplos, etc).
- aumento do coeficiente de transmissão de calor das paredes através da irrigação das superfícies.
- é importante a utilização de placas isoladoras em lã de vidro ou aglomerado negro de cortiça, em certos casos recobertas com folha de alumínio.

A protecção de superfícies vidradas, obtém-se por:

- diminuição do fluxo de calor incidente (orientação das janelas, guarda ventos horizontais, estores exteriores, etc).
- aumento do coeficiente de reflexão dos vidros (vidros duplos separados por uma folha de cobre ou de ouro etc).
- absorção do fluxo incidente nos vidros através de coloração apropriada.

Os vidros de protecção ao calor atuam por absorção e/ou reflexão ao calor radiante.

A coloração apresenta o inconveniente de provocar um aquecimento do vidro e consequentemente uma radiação secundária que pode diminuir o efeito de protecção em cerca de 50%. Torna-se necessário o arrefecimento por ar ou por água. (Miguel, 1998)

## 10. Ambientes Térmicos Neutros

Um ambiente neutro é um ambiente no qual a produção de calor metabólico é equilibrada pelos desperdícios de calor sensível (convecção, radiação, condução), pelas perdas de calor respiratório e pela transpiração, sem que um indivíduo tenha necessidade de lutar contra o calor ou contra o frio.

Um ambiente confortável é um ambiente neutro para o qual os parâmetros fisiológicos que determinam a sensação de calor têm um ótimo valor. (Miguel, 1998).

Para que se reúna um ambiente térmico neutro é necessário:

- equilíbrio térmico, sem armazenamento nem perda de calor.
- ausência de arrepios.
- débito de sudação ótimo.
- temperatura cutânea média ótima.
- pele relativamente seca.
- ausência de secura das mucosas bucofaríngeas (pressão parcial de vapor de água ambiente superior a 1.5kPa).

O seguinte quadro tem em conta alguns fatores de clima para diferentes actividades.

Temperatura ambiente °C			Humidade relativa (%)			Velocidade do ar (m.s <sup>-1</sup> )	
Tipo de actividade	Min	Ótimo	Max	Min	Ótimo	Max	Max
Administrativa	18	21	24	40	50	70	0,1
Trabalho manual ligeiro sentado	18	20	24	40	50	70	0,1
Trabalho manual ligeiro de pé	17	18	22	40	50	70	0,2
Trabalho pesado	15	17	21	30	50	70	0,4
Trabalho muito pesado	14	16	20	30	50	70	0,5
Trabalho ao calor radiante	12	15	18	20	50	70	1,0-1,5

Quadro 8 - Valores de parâmetros climáticos para diferentes actividades. Fonte: Esine, s.d.

A radiação ambiente é considerada ótima quando a diferença entre a temperatura ambiente e a temperatura das paredes não excede os 2°C

---

## ***11. Ambientes Térmicos Frios***

Os ambientes frios são os ambientes térmicos para os quais o balanço térmico, calculado na base das trocas convectivas e radiantes é negativo. O organismo deverá accionar os diferentes meios de luta contra o frio de que dispõe. À excepção da humidade do ar, o conjunto dos parâmetros ambientais pode estar na origem de um tal desequilíbrio. Para manter um balanço térmico próximo de zero, diferentes reacções do organismo podem ser observadas :

- Sobrecarga termosestática: a temperatura cutânea baixa a fim de diminuir a diferença entre a temperatura da pele e a temperatura ambiente, contribuindo para a redução das perdas convectivas e radiantes
- Sobrecarga circulatória: como aumenta a diferença entre a

## **Estudo de Caso**

## 12. Objecto de Estudo – Descrição da Organização

A empresa em estudo localiza-se no conselho de Palmela tem como atividade principal a lavagem e limpeza a seco de têxteis e peles. A empresa possui como um dos seus objectivos a prevenção dos riscos profissionais e a promoção da saúde de todos os que nela trabalham através da aplicação de uma política de organização dos serviços de Segurança e Higiene no Trabalho. Com este objectivo tem contratada os serviços externos de SHT.

## 13. Descrição das Instalações e dos locais de medição

O edifício implanta-se numa zona urbana com médio movimento rodoviário e pedonal. O mês da amostra é Setembro e nos dias em que decorreram as amostragens, as condições meteorológicas foram aproximadamente as apresentadas no quadro 10.

Hora da Medição	Valores meteorológicos estimados	
	Temperatura	Humidade relativa
08.30	17°C	79%
11.00	22°C	62%
14.00	25°C	47%
17.30	25°C	49%

Quadro 9 - Condições metereológicas previstas

As tarefas desenvolvem-se num espaço com aproximadamente 75 m<sup>2</sup> e um pé direito de 3m o espaço não possui nenhuma compartimentação física, à excepção da instalação sanitária e uma pequena arrecadação.

Pela planta podemos identificar as seguintes áreas e equipamentos:

1. Expositor

2. Máquina de limpeza a seco
3. Máquina de embalar
4. Máquinas de passar a ferro
5. Máquina de passar a ferro (calandra)
6. Secador
7. Máquina de lavar roupa
8. Tanque
9. Secretária
10. Armários
11. Cabides
12. Estantes
13. Balcão
14. Balcão de atendimento
15. Mesa de apoio

Encontram-se assinalados por A e B a localização das respectivas medições. O critério para a escolha do posicionamento foi a sectorização em 2 grandes áreas de trabalho com temperaturas distintas.

O local assinalado por A, é onde se desenvolvem todas as tarefas com vaporetas e calandras é onde as funcionárias permanecem a maior parte do tempo. é também a mais dura em termos de temperatura ambiente. Em contrapartida o posto assinalado por B, localiza-se numa zona destinada ao atendimento ao público cujo o ambiente térmico é mais confortável dada à sua forte ventilação natural vinda da entrada principal dirigida a Norte.

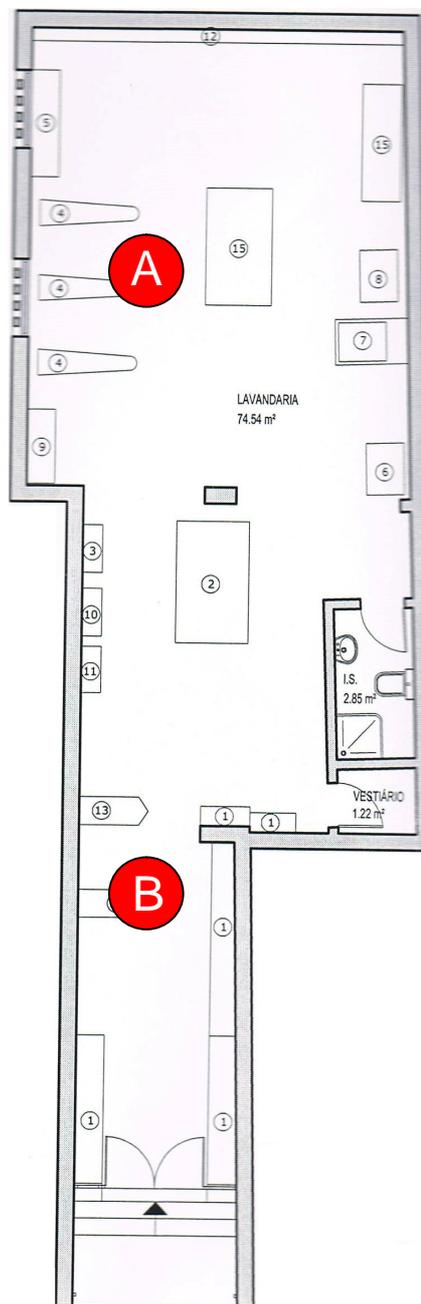


Figura 12 - Planta da lavandaria/engomadoria

#### 14. Caracterização dos Recursos Humanos

As tarefas na lavandaria são desenvolvidas por 3 funcionárias, sendo uma delas a própria gerente, dão resposta a uma média de 230 clientes mensais no serviço de lavandaria, engomadoria e limpeza a seco, o que resulta numa dura carga de trabalho.

	Idades	altura	Horas de trabalho por dia	Anos de serviço
Irene (gerente)	55	1.64	12	25
Vera	32	1.61	8	13
Helena	57	1.69	8	8

Quadro 10 - Apresentação geral dos funcionários

#### 15. Caracterização dos equipamentos de trabalho

A tarefa de passagem a roupa a ferro é aquela que é predominante no dia a dia de trabalho. O desenvolvimento desta desenvolve-se em 3 Máquinas de passar a ferro industriais. Qualquer uma das máquinas de passar a ferro industrial existentes nesta lavandaria são essencialmente compostas por três grupos, o grupo gerador de vapor, composto por uma caldeira cuja água é aquecida por intermédio de um conjunto de resistências eléctricas, o conjunto ferro/tábua de passar e o braço de apoio para passar a ferro, por exemplo mangas de camisas/camisolas. O vapor é conduzido ao ferro, ao braço e à própria tábua por intermédio de tubagem interna.

Para além das máquinas de passar a ferro é dotada de:

##### - Calandra

Funcionamento: Cilindro aquecido por um sistema de resistências eléctricas e accionado por um pedal. Serve para passar a ferro peças de maior dimensão e de formas simples, como por exemplo lençóis. Posição de trabalho – de pé.

##### - Máquina de limpeza a seco

Funcionamento: Lavagem de peças de roupa por intermédio de um solvente (percloro-etileno). Após ciclo de lavagem, a roupa é seca no mesmo tambor, sendo extraído todo o solvente envolvido na lavagem, sendo que a roupa entra e sai seca do tambor, daí o nome de “limpeza a seco”. O solvente é então destilado e filtrado sendo recuperado para novas e sucessivas lavagens.

**- Máquina de lavar industrial**

Funcionamento: Funcionamento semelhante ao de uma máquina de lavar convencional, sendo que a principal diferença se encontra na capacidade da máquina.

**- Secador industrial**

Funcionamento: Equipamento programável em temperatura e tempo de secagem, com sistema de paragem de ciclo de secagem no caso de se registar uma abertura intempestiva da máquina.

## ***16. Metodologia***

O presente estudo de análise do conforto térmico tem como objectivo a determinação das condições ambientais que proporcionam a satisfação ao maior número de pessoas possível, devendo para o efeito ser efectuado em 4 alturas do ano (preferencialmente em cada estação do ano) para que as medidas de melhoria possam ser revistas garantindo a sua eficácia.. A monitorização a que corresponde o presente estudo foi realizado durante o mês de Setembro.

O estudo foi realizado por meio de observação directa e da consulta dos representantes da empresa e foi seguida a metodologia recomendada pela norma ISO 7730/2005. Foram identificadas in loco as variáveis climáticas ambientais, o ritmo metabólico relativo às actividades realizadas no trabalho e o isolamento térmico do vestuário utilizado pelos colaboradores, com o objectivo de apurar a percentagem de pessoas (in)satisfeitas com o ambiente térmico.

Como os trabalhadores podem ser considerados agentes ativos e que interagem com o ambiente em resposta às suas sensações e preferências térmicas foi elaborada uma entrevista que se encontra apenas ao anexo 1. Feita a entrevista foi possível comparar os resultados reais com as respostas subjetivas dos trabalhadores.

Existem dois tipos de medição possíveis:

- Individuais, por posto de trabalho;

- Por área.

Optou-se para o presente estudo a medição por áreas, dividindo-se o espaço em duas grandes áreas, designadas por Local A e Local B conforme indicado na figura 10. O critério para a sua designação foi por um lado o contraste de temperatura existente entre os locais assinalados e os pontos onde os trabalhadores permanecem a maior parte do tempo. Foram desenvolvidas 4 medições ao longo do dia, sensivelmente de 3 em 3 horas.

### ***17. Instrumento de Medição Utilizado***

Para a determinação dos parâmetros físicos necessários para a avaliação das temperaturas interiores, foi utilizado um equipamento para análise do ambiente interior, Brüel & Kjaer type 1213 dotado de 4 transdutores (temperatura do ar, temperatura radiante, humidade do ar e velocidade do ar). Recorreu-se ao apoio de um tripé para colocação das diferentes sondas à altura da cabeça dos trabalhadores.



Figura 13 - Unidade



**Figura 14 - Sondas de medições**



**Figura 15 - Tripé de apoio**



**Figura 16 - Medição local A**

## ***18. Apresentação de Dados***

Nas medições foram obtidos os seguintes resultados para os diferentes períodos horários.

Ref.	Hora da Medição	Local	Temperatura do ar °C	Temperatura do ar a 10cm do chão °C	Radiação	Velocidade do ar		Humidade	
					Temperatura radiante média °C	Valor Médio m/s	Std dev m/s	Humidade relativa %	Pressão de vapor kPa
1	08.30	A	26	23	26	0,08	0,04	52	1,78
		B	23	23	24	0,2	0,04	61	1,68
2	11.00	A	26,5	24	27	0,03	0,07	49	1,6
		B	23,1	23	25	0,24	0,07	59	1,56
3	14.00	A	30	26	28	0,09	0,03	48	1,84
		B	25	24	25	0,31	0,13	48	1,48
4	17.30	A	28,2	25,6	29	0,09	0,05	48	1,79
		B	23,6	23	28	0,2	0,11	53	1,54

Quadro 11 - Quadro resumo dos resultados das medições

É importante referir que as medições são fortemente influenciadas pelo ritmo de trabalho, pelo número de funcionários que se encontram a laborar, quais as máquinas que estão a funcionar e acima de tudo pela temperatura exterior. As trabalhadoras referiram muitas vezes que nos dias de verão em que a temperatura exterior atinge ou ultrapassa os 30°C o ambiente interior atinge os seus limites de tolerância.

## 19. Análise e Discussão dos Resultados Obtidos

### 19.1. Determinação dos índices PMV e PPD.

Através da aplicação das equações 19 e 20, obtiveram-se os seguintes resultados para os índices PMV e PPD.

FUNCIONÁRIOS				
	Irene	Helena	Vera	
	Taxa de metabolismo		116 W/m <sup>2</sup> / 2 met	
	Resistência térmica do vestuário (clo)		0,5	
PONTOS DE MEDIÇÃO 8.30h	A	PMV	1,3	Sensação ligeiramente quente
		PPD (%)	40	
	B	PMV	0.48	Sensação neutra
		PPD (%)	10	
PONTOS DE MEDIÇÃO 11.00h	A	PMV	1,43	Sensação ligeiramente quente
		PPD (%)	47	
	B	PMV	0.40	Sensação neutra
		PPD (%)	8	
PONTOS DE MEDIÇÃO 14.00h	A	PMV	1.84	Sensação quente
		PPD (%)	69	
	B	PMV	0.37	Sensação neutra
		PPD (%)	8	
PONTOS DE MEDIÇÃO 17.30h	A	PMV	1.75	Sensação quente
		PPD (%)	64	
	B	PMV	0.82	Sensação ligeiramente quente
		PPD (%)	19	

Quadro 12 - Calculo PMV / PPD

Conforme podemos verificar, encontra-se assinalado a laranja as situações em que se verificaram os maiores valores do índice PMV e uma maior percentagem de indivíduos insatisfeitos ocorre no período da tarde. Sendo que o local A atinge o seu pico mais desfavorável pelas 14h e o local B pelas 17.30h.

Relativamente aos dados obtidos conclui-se que no local A nunca existe conforto, conforme a norma ISO 7730/2005, pois a percentagem de insatisfação é sempre superior a 10%. e o valor PMV está fora do intervalo -0.5 a 0.5. Em relação ao local B existe sempre conforto térmico à excepção da medição realizada pelas 17.30.

É importante referir que as respostas subjetivas dos trabalhadores inquiridos estiveram próximas dos resultados expressos pelo índice PMV. Os inquiridos quando questionados sobre de que maneira se sentiam no local de trabalho, referiram sentirem-se durante o dia confortáveis no entanto é sobretudo a partir das 14h que começam a sentir-se com calor e a preferirem sentir-se mais frescos.

As condições ambientais são aquelas que mais influenciam os resultados. O grande volume de trabalho existente na lavandaria/engomadoria obriga ao funcionamento contínuo das máquinas e conseqüentemente causa o aumento da temperatura do ar, temperatura de radiação e da pressão de vapor, por isso é natural que o ambiente térmico se agrave sensivelmente a meio da jornada de trabalho.

A orientação geográfica é favorável no papel da ventilação natural. A entrada principal dirigida a norte faz a admissão de ar novo, por não ter uma exposição solar directa e prolongada, em dias amenos permite que o ar vindo do exterior se encontre a temperaturas inferiores às que se encontram na loja. O local A é o que mais beneficia.

Também a temperatura do ar exterior tem um grande peso, é no pico do verão quando as temperaturas ultrapassam os 30°C, que as funcionárias afirmam sentir as maiores dificuldades a suportar o calor.

## 19.2. *Determinação do conforto pela diferença de temperatura vertical.*

$$PD=100 / (1 + \exp(5.76 - 0.856 \cdot \Delta t_{av}))$$

$$PD \text{ A } 8.30h = 100 / (1 + \exp(5.76 - 0.856 \cdot 3)) = 3.94\%$$

$$PD \text{ A } 11.00h = 100 / (1 + \exp(5.76 - 0.856 \cdot 2.5)) = 2.60\%$$

$$PD \text{ A } 14.00h = 100 / (1 + \exp(5.76 - 0.856 \cdot 4)) = 8.81\%$$

$$PD \text{ A } 17.30h = 100 / (1 + \exp(5.76 - 0.856 \cdot 2.6)) = 2.83\%$$

$$PD B 8.30h = 100 / (1 + \exp(5.76 - 0.856 \cdot 1)) = 0.74\%$$

$$PD B 11.00h = 100 / (1 + \exp(5.76 - 0.856 \cdot 0.1)) = 0.34\%$$

$$PD B 14.00h = 100 / (1 + \exp(5.76 - 0.856 \cdot 1)) = 0.74\%$$

$$PD B 17.30h = 100 / (1 + \exp(5.76 - 0.856 \cdot 0.6)) = 0.52\%$$

As situações mais desfavoráveis ocorrem no período da tarde, principalmente no local A, em que a diferença de temperatura vertical atinge os 4º C, que não se integra em nenhuma categoria do quadro 5 referente à diferença de temperatura vertical permitida.

### 19.3. Determinação do conforto pela corrente de ar - Draught.

O conforto térmico provocado pelas correntes de ar é dado pela equação:

$$DR = (34 - t_{al})(v_{al} - 0.05)^{0.62}(0.37 \cdot v_{al} \cdot T_u + 3.14)$$

$$DR A 08.30h = (34 - 26)(0.08 - 0.05)^{0.62}(0.37 \cdot 0.08 \cdot 50 + 3.14) = 4.2\%$$

$$DR A 11.00h = (34 - 26.5)(0.03 - 0.05)^{0.62}(0.37 \cdot 0.03 \cdot 33 + 3.14) = 1.67\%$$

$$DR A 14.00h = (34 - 30)(0.09 - 0.05)^{0.62}(0.37 \cdot 0.09 \cdot 33 + 3.14) = 2.3\%$$

$$DR A 18.30h = (34 - 28.2)(0.09 - 0.05)^{0.62}(0.37 \cdot 0.09 \cdot 55 + 3.14) = 3.91\%$$

$$DR B 08.30h = (34 - 23)(0.2 - 0.05)^{0.62}(0.37 \cdot 0.2 \cdot 200 + 3.14) = 60\%$$

$$DR B 11.00h = (34 - 23.1)(0.24 - 0.05)^{0.62}(0.37 \cdot 0.24 \cdot 291 + 3.14) = 112\%$$

$$DR B 14.00h = (34 - 25)(0.31 - 0.05)^{0.62}(0.37 \cdot 0.31 \cdot 42 + 3.14) = 31\%$$

$$DR B 17.30h = (34 - 23.6)(0.2 - 0.05)^{0.62}(0.37 \cdot 0.2 \cdot 55 + 3.14) = 41\%$$

O local A registava os valores mais baixos relativos à velocidade do ar. Em função das temperaturas do ar registadas, podemos concluir pela baixa percentagem de pessoas incomodadas obtida, que a corrente de ar existente amenizava os efeitos do calor.

No local B foram registados os maiores valores de velocidade do ar devido à proximidade à entrada principal. É quando temos as temperaturas do ar mais baixas no período da manhã que se verifica uma maior percentagem de pessoas insatisfeitas.

Segundo o IDICT, as temperaturas dos locais de trabalho devem corresponder aos seguintes valores.

- 18° a 20° C - para actividades ligeiras;
- 15° a 17° C - para actividades físicas intensas;
- 20° a 23° C - nas áreas sociais.

Considerando que as tarefas desenvolvidas na lavandaria/engomadoria correspondem a actividades ligeiras, a temperatura do ar em ambos os locais deviam ao longo do dia encontrar-se entre os 18° e os 20° C, o que não acontece em nenhuma das medições registadas em que a temperatura mais baixa registada ao longo do dia corresponde a 23° C, registado no local B, pelas 8h da manhã.

Os resultados obtidos indicam que para a época do ano em que nos encontramos, os postos de trabalho que se encontram na zona A correspondem, segundo a escala de conforto de Fanger, a uma ambiente ligeiramente quente, enquanto que o posto de trabalho que se localiza na zona B, corresponde a um ambiente neutro .

## ***20. Acções de melhoria.***

No caso da organização estudada não estamos perante situações extremas que causem graves problemas de ordem fisiológica, no entanto é pertinente actuar pois há um número elevado de pessoas insatisfeitas

Como já foi visto no capítulo 10, as medidas de melhoria podem ser a nível de 3 grandes grupos:

- **Medidas construtivas;**

Estas deveriam ter sido consideradas ainda em fase de projeto, tendo em conta ventilação geral, climatização e o isolamento adequado segundo o Regulamento das Características e Comportamento Térmico das Edificações, de todas as paredes, tectos ou pavimentos que confinam com o exterior.

Uma vez que a ventilação natural neste espaço nunca é suficiente para a admissão de ar fresco no local B, uma solução que poderia contribuir para o equilíbrio da qualidade do ambiente interior seria a instalação de um sistema de climatização. Assim é garantida a substituição do ar contaminado e sobreaquecido pelo ar fresco do exterior.

Também se pode recorrer ao uso de ventoinhas a fim aumentar a circulação do ar.

- **Medidas organizacionais;**

A organização tem um papel fundamental, podem implementar um maior número de pausas dos funcionários a fim de minimizar os efeitos de fadiga térmica. É necessário ter em conta que no pico do verão as temperaturas altas têm um impacto muito maior sobre o trabalhador contribuindo para a fadiga térmica, com consequências de desidratação e deficiências circulatórias.

A organização deve garantir que seja feita regularmente, ao longo do dia de trabalho, a reposição de líquidos, com bebidas frescas (12 a 13°C) ou mornas (chá ou café muito fraco), não sendo recomendadas bebidas alcoólicas, com o objectivo de compensar as perdas de água por evaporação.

A vigilância médica dos trabalhadores deve ser feita periodicamente de forma a evitar que pessoas com problemas respiratórios ou cardiovasculares possam sofrer com a exposição ao calor.

A fim de avaliar as medidas preventivas tomadas, devem ser realizadas novas medições, no mínimo 4 vezes no ano, uma em cada estação.

- **Medidas de proteção individual.**

Tendo em conta a actividade desenvolvida a única medida preventiva individual aplicável aos trabalhadores é a utilização de roupas leves.

## 21. Simulação

Passamos seguidamente a simular um cenário de trabalho em que os novos valores correspondem aos apresentados no quadro 8 do capítulo 11, referentes aos valores adequados a um conforto térmico neutro para um trabalho manual realizado de pé.

Comparativamente ao cenário aqui estudado mantém-se o valor referente ao metabolismo, e foi aumentado ligeiramente a resistência térmica do vestuário. Recorrendo a equipamentos mecânicos, prevê-se o controlo do ambiente térmico, diminuindo a temperatura do ar para os 20°C e a humidade relativa nos 60%.

Assim para o cálculo dos índices de conforto térmico vamos considerar

FUNCIONÁRIOS				
Irene		Helena	Vera	
Taxa de metabolismo		116 W/m <sup>2</sup> / 2 met		
Resistência térmica do vestuário (clo)		0,5		
Temperatura do ar	Temperatura média radiante	Velocidade do ar	Humidade relativa	Pressão de vapor
20°C	20°C	0,15 m/s	60%	1,4 Kpa

Quadro 13 - Valores térmicos para simulação.

Obteríamos os seguintes valores para o PPD e PMV:

PMV	0.04	Sensação neutra
PPD (%)	5%	

Relativamente aos dados obtidos conclui-se que existe conforto térmico, pois de acordo a norma ISO 7730/2005, pois a percentagem de insatisfação é inferior a 10%. e o valor PMV está inserido no intervalo -0.5 a 0.5.

## **Conclusão**

Os resultados aqui apresentados encontram-se incompletos, uma verdadeira e completa análise de conforto térmico não se pode focar em apenas uma medição no ano. Este estudo apenas ficaria completo com a realização de quatro análises térmicas do espaço de trabalho, uma em cada estação por forma a serem avaliadas as diversas variáveis ao longo do ano. Apenas desta forma poderíamos avaliar em pleno e comparar os resultados obtidos para as diferentes características climáticas de cada estação. Contudo os resultados aqui obtidos foram importantes para a consciencialização do impacto que o ambiente térmico pode exercer sobre o trabalhador.

Com este estudo foi possível comprovar a subjetividade na percepção do calor através das medições in loco, dos cálculos efectuados e das respostas aos questionários relativos ao ambiente térmico no local de trabalho.

Assim é importante quantificar o índice PPD / PMV existente nos postos de trabalho, resultantes do ritmo metabólico associado às actividades desenvolvidas, do vestuário e respectivo isolamento térmico, assim como, dos parâmetros físicos ambientais, de forma a verificar a percentagem de (in)satisfação prevista.

A partir dos dados calculados dos índices PPD e PMV verificou-se que não existe um ambiente térmico confortável por apresentar em todas as medições valores de PPD e PMV superiores aos estabelecidos na norma internacional ISO 7730/2005, que especifica que um ambiente é aceitável no que se refere ao conforto térmico se  $PPD < 10\%$ . Para se atingir o percentual máximo de 10% de insatisfação, o indicador PMV deve variar dentro do intervalo  $[-0,5; +0,5]$ .

Desta forma foi possível o estudo de medidas correctivas/preventivas no sentido de reduzir eventuais índices de insatisfação PPD / PMV e consequentemente promover a melhoria das condições de trabalho, da produção, da qualidade do produto. E como em qualquer medida preventiva implementada, reduzem-se as probabilidades de acidentes de trabalho, de absentismo e de diminuição de rendimento do trabalho.

## Referências Bibliográficas

Águas, M. (2000/01). Conforto Térmico, Módulo da Disciplina de Mestrado Métodos Instrumentais em Energia e Ambiente. Instituto Superior técnico.

Botelho, Patrícia (s.d). Curso de peritos qualificados de SCE. Módulo 2 - Conceitos. 2.4 Ventilação e Infiltrações. Lisboa: ISQ

Esine Centro de estudos técnicos empresariais (s.d.), Capítulo 2 - Condições Ambientais em Ergonomia. In Prevenção de Riscos Laborais, Módulo - Especialidade: Ergonomia e Psicossociologia Aplicada. Madrid: SAPE

Esine Centro de estudos técnicos empresariais (s.d.), Capítulo 4 - Trabalho em escritórios. In Prevenção de Riscos Laborais, Módulo - Especialidade: Ergonomia e Psicossociologia Aplicada. Madrid: SAPE

Esine Centro de estudos técnicos empresariais (s.d.), Capítulo 2 - Condições Ambientais em Ergonomia. In Prevenção de Riscos Laborais, Módulo - Ergonomia e Psicossociologia Aplicada. Madrid: SAPE

Garcia, J. (2012/2013), Manual do Módulo de Ambientes Térmicos da Pós Graduação em Segurança e Higiene no Trabalho, Setúbal: Escola Superior de Tecnologia.

Guerreiro, Bruno , Projecto Verificação das Condições de Conforto em Instalações Frigoríficas, Setúbal: Escola Superior de Tecnologia.

ISO 7730/2005 – Ambientes Térmicos: Instrumentos e métodos para medição de parâmetros físicos;

HSE, (2002), The development of a practical heat stress assessment methodology for use in UK industry. Disponível em: 02, Setembro, 2013, em:  
<http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr008.pdf>

Lamberts, R.,Xavier,A. (2002), Conforto Térmico e Stress Térmico, Florianópolis: Labeee

Macedo, R. (1988). Manual de Higiene do Trabalho na Indústria. Coimbra: Fundação Calouste Gulbenkian.

---

Mendonça, A. (2012), O Conforto Térmico e a Produtividade. Lisboa: Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade de Lisboa.

Miguel, A. (1998).Segurança e Higiene no Trabalho.Lisboa:Universidade Aberta.

**Cibergrafia:**

<http://www.hse.gov.uk/>

<http://www.dryvit.pt/index.htm>

<http://www.hse.gov.uk/temperature/thermal/factors.htm>

## **Anexo I**

### Entrevistas realizadas aos trabalhadores