

Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais

Condições de conforto térmico na construção de edifícios

Realizado por: Ricardo França Lopes

Orientador: J. Santos Baptista

Co-orientador: Miguel Tato Diogo

Resumo

Este trabalho descreve uma análise efectuada às condições de ambiente térmico num estaleiro de uma obra construção civil. Foram realizadas medições dos diferentes parâmetros caracterizadores do ambiente térmico, como temperatura ambiente, húmida e de globo, humidade relativa e velocidade do ar, em diferentes etapas da construção do empreendimento. Através da aplicação dos normativos em vigor procurou-se avaliar as condições de conforto térmico a que os trabalhadores se encontravam sujeitos.. Foram utilizadas, nomeadamente, as Normas ISO 7243 – *Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT – index (wet bulb globe temperature)*, ISO 7933 – *Hot environments – analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate* e a ISO 7730 – *Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*.

Os dados obtidos não permitiram a definição de um modelo para caracterização do ambiente térmico sentido, e demonstraram que o uso da norma ISO 7730, no tipo de ambiente em causa, se reveste de alguns problemas em virtude do reduzido intervalo de aplicação de alguns dos seus parâmetros. Relativamente às condições térmicas em que eram efectuados os trabalhos, o estudo revelou um elevado número de dias em que as condições existentes potenciavam a ocorrência de stress térmico, assim como, mesmo em dias considerados moderados, a ocorrência de períodos em que os trabalhadores não se encontravam em condições de conforto térmico.

Para a caracterização da influência do ambiente térmico sobre os trabalhadores foram aplicados alguns modelos de produtividade anteriormente desenvolvidos por vários autores. Estes demonstraram que em dias de elevado desconforto podem ocorrer perdas consideráveis de produtividade e que, mesmo em dias de conforto térmico, se podem verificar ligeiras perdas.

Abstract

This work describes an analysis made to the thermal environment on a construction site. Several parameters that characterize the thermal environment, like ambient, wet bulb and globe temperature, relative humidity and air speed, were measured in different stages of the development of the construction. Through the use of the different norms, namely the ISO 7243 – Hot environments – *Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT – index (wet bulb globe temperature)*, ISO 7933 – Hot environments – *analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate* and ISO 7730 – *Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*, it was tried to assess the thermal conditions that workers were subjected to.

The obtained data didn't allow the definition of a model for characterization of the thermal environment, and also showed that the use of the ISO 7730, in such type of environment, has some problems attached to it due to the small interval of application of some of its parameters. Regarding the thermal conditions in which the workers developed their jobs, the study revealed an high number of days in with the existing conditions promoted the occurrence of thermal stress, as even on days considered moderate, during the duration of the day, it was possible to verify the occurrence of specific situations in which the workers were not in thermal comfort.

In order to characterize the influence of the thermal environment over the workers, a few previously developed productivity models were applied. These have shown that in days of high discomfort considerable productivity losses may occur, and that even in days of thermal comfort slight losses may occur.

1. Índice Geral

1. Índice Geral.....	4
2. Índice Tabelas	5
3. Índice Figuras	6
4. Glossário.....	7
5. Introdução	8
6. Explicação do problema	9
7. Estado da arte.....	11
8. Ambiente térmico – enquadramento jurídico-normativo	17
9. Ambiente térmico – Conceitos	19
10. Definição de metodologia.....	27
10.1. Descrição da obra.....	27
10.3. Recolha de dados	28
10.4. Meios utilizados na medição e no tratamento dos resultados	28
11. Resultados	29
11.1. Datas das medições	29
11.2. Condições atmosféricas durante os períodos das medições	29
11.3. Gama de medições	29
11.4. Resultados das medições	30
11.5. Tratamento e análise de resultados	32
11.6. Análise dos resultados segundo as normas ISO 7730, ISO 7243 e ISO 7933	33
11.7. Análise crítica aos resultados obtidos.....	57
12. Correlação	59
13. Produtividade.....	68
13.1. Modelos Teóricos Produtividade.....	68
13.2. Resultados Obtidos.....	70
13.3. Consequência das variações de Produtividade	81
14. Medidas Preventivas	83
15. Conclusão	84
16. Desenvolvimentos Futuros	85
17. Bibliografia	86

2. Índice Tabelas

Tabela 1 - Condições básicas para manutenção de um ambiente térmico agradável.....	20
Tabela 2 – Valores de Referência do WBGT em relação ao metabolismo energético usados na ISO 7243.....	23
Tabela 3 - Valores de referência para critério de stress térmico e esforço usado na ISO 7933 para a determinação analítica de ambientes quentes.....	24
Tabela 4 – Dados e respectiva gama de valores obtida através das medições	29
Tabela 5 - Parâmetros Ambientais	30
Tabela 6 - Índices avaliação ambiente térmico - Ambiente Moderado - ISO 7730.....	31
Tabela 7 - Índices avaliação ambiente térmico - Ambiente Quente - ISO 7933 e ISO 7243	32
Tabela 8 - Índices avaliação ambiente térmico - Ambiente Quente - ISO 7933 e ISO 7243.....	32
Tabela 9 – Quadro Resumo Resultados	32
Tabela 10 - Isolamento Térmico Roupa	33
Tabela 11 -Ritmo Metabólico para actividades típicas	34
Tabela 12 - Valores obtidos no piso 0 bloco A (norma ISO 7730).....	34
Tabela 13 – Valores obtidos no piso 0 bloco A (normas ISO 7243)	35
Tabela 14 – Valores obtidos no piso 0 bloco A (norma ISO 7933).....	36
Tabela 15 – Valores obtidos no piso 1 bloco A (norma ISO 7730).....	37
Tabela 16 –Valores obtidos no piso 1 bloco A (norma ISO 7243).....	38
Tabela 17 – Valores obtidos no piso 1 bloco A (norma ISO 7933).....	39
Tabela 18 -Valores obtidos no piso 2 bloco A (norma ISO 7730).....	40
Tabela 19 – Valores obtidos no piso 2 bloco A (norma ISO 7243).....	41
Tabela 20 - Valores obtidos no piso 2 bloco A (norma ISO 7933).....	42
Tabela 21 – ISO 7730 - Valores obtidos no piso 3 bloco A.....	43
Tabela 22 –Valores obtidos no piso 3 bloco A (norma ISO 7243).....	44
Tabela 23 - Valores obtidos no piso 3 bloco A (ISO 7933)	45
Tabela 24 – Valores obtidos no piso 0 bloco B (norma ISO 7730).....	46
Tabela 25 – Valores obtidos no piso 0 bloco B (norma ISO 7243).....	47
Tabela 26 – Valores obtidos no piso 0 bloco B (norma ISO 7933).....	48
Tabela 27 –Valores obtidos no piso 1 bloco B (norma ISO 7730).....	49
Tabela 28 - Valores obtidos no piso 1 bloco B (norma ISO 7243).....	50
Tabela 29 –Valores obtidos no piso 1 bloco B (norma ISO 7933).....	51
Tabela 30 –Valores obtidos no piso 2 bloco B (ISO 7730)	52
Tabela 31 - Valores obtidos no piso 2 bloco B (norma ISO 7243).....	53
Tabela 32 – ISO 7933 - Valores obtidos no piso 2 bloco B.....	54
Tabela 33 –Valores obtidos no piso 3 bloco B (norma ISO 7730).....	54
Tabela 34 –Valores obtidos no piso 3 bloco B (norma ISO 7243).....	55
Tabela 35 –Valores obtidos no piso 3 bloco B (norma ISO 7933).....	56
Tabela 36- % -2>PMV>+2– Bloco A Tabela 37- % -2>PMV>+2– Bloco B	57
Tabela 38 – Correlação Velocidade do ar – Edifício A – Piso 1	59
Tabela 39 – Correlação Velocidade do ar – Edifício B – Piso 0	59

4. Glossário

M	Poder Metabólico ($W.m^{-2}$)
W	Poder Mecânico ($W.m^{-2}$)
I_{cl}	Resistência térmica da roupa ($m^2 \cdot ^\circ C \cdot W^{-1}$)
h_c	Coefficiente de transmissão de calor por convecção ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)
t_{cl}	Temperatura superficial da roupa ($^\circ C$)
C_{res}	Troca de calor pela respiração por convecção ($W.m^{-2}$)
E_{res}	Troca de calor pela respiração por evaporação ($W.m^{-2}$)
K	Troca de calor pela pele por condução ($W.m^{-2}$)
C	Troca de calor pela pele por convecção ($W.m^{-2}$)
R	Troca de calor pela pele por radiação ($W.m^{-2}$)
E_{req}	Evaporação necessária para manutenção do equilíbrio térmico ($W.m^{-2}$)
r_{req}	Eficiência da evaporação à taxa de sudação requerida
PMV	Voto Médio Previsível
PPD	Percentagem Previsível de Insatisfeitos (%)
DR	Circulação de ar (%)
PD	Percentagem previsível de insatisfeitos pela circulação de ar (%)
CLO	Vestuário (clo)
ETA	Rendimento mecânico (%)
MET	Actividade (met)
t_a	Temperatura ambiente do ar ($^\circ C$)
t_w	Temperatura de bolbo húmido ($^\circ C$)
t_g	Temperatura de globo ($^\circ C$)
v_a	Velocidade do ar ($m.s^{-1}$)
Pa	Pressão parcial de vapor de água no ar (Pa)
RH	Humidade relativa (%)
t_r	Temperatura radiante ($^\circ C$)
v_{ar}	Velocidade do ar relativa ($m.s^{-1}$)
tnw	Temperatura de bolbo húmido nat. Ventilado ($^\circ C$)
WBGT Ext	Índice de temperatura húmida e de globo sob acção Exterior ($^\circ C$)
WBGT Int	Índice de temperatura húmida e de globo sob acção Interior ($^\circ C$)
SWreq_W	Taxa de Sudação Requerida ($W.m^{-2}$)
To	Temperatura Operativa ($^\circ C$)
DLE	Duração Limite Exposição (minutos)

5. Introdução

A actividade humana é fortemente condicionada pelo ambiente térmico. Na maioria dos casos essas condições não causam danos ao indivíduo mas, em certas situações, devido ao seu efeito, quer cumulativo, quer de choque, podem causar sérios problemas ao organismo. Os agentes associados ao ambiente térmico, temperaturas do ar, níveis de humidade, velocidade do ar, fontes de calor, etc. influenciam o desenvolvimento de todas as actividades. (in Segurança e Higiene do Trabalho – Manual Técnico, Fernando M. D. Oliveira Nunes [2006]).

O Ambiente Térmico pode ser definido como o conjunto das variáveis térmicas do posto de trabalho que influenciam o organismo do trabalhador, sendo assim um factor que intervém, de forma directa ou indirecta, na saúde e bem estar do mesmo e na realização das tarefas que lhe estão atribuídas.

A influência do ambiente térmico nos trabalhadores é um assunto que já foi alvo de diversos estudos. Verifica-se no entanto, que desses, poucos são aqueles que incidiam sobre trabalhadores da construção. Sendo esta uma industria caracterizada pela realização de trabalhos ao ar livre, consequentemente sob a acção directa dos elementos, face às alterações climáticas que se têm vindo a sentir em virtude do fenómeno do aquecimento global, caracterizadas pelo aumento da temperatura (Figura 1) e por uma maior ocorrência de fenómenos como ondas de frio, ondas de calor, tempestades, entre outros, considerou-se que se tornava premente a realização de um estudo que analisasse a influência do ambiente térmico numa obra de construção civil.

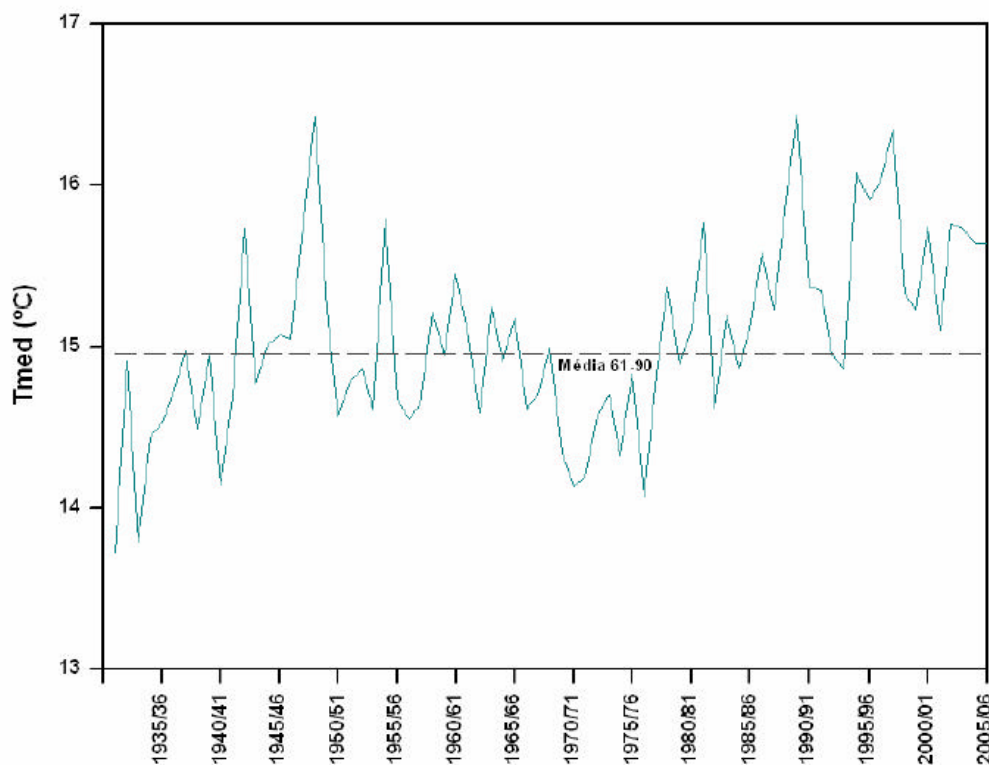


Figura 1 - Variabilidade da média anual da temperatura média em Portugal Continental (Fonte sitio INMG)

Com esta dissertação procurou-se avaliar as condições térmicas em que decorrem os trabalhos num estaleiro de construção e as suas possíveis consequências, tentando desta forma aumentar o leque de actividades em que este tipo de análise já foi efectuada.

6. Explicação do problema

O sector da Construção Civil e Obras Públicas é frequentemente referido como sendo um sector crítico no que toca às questões relativas à Higiene e Segurança no Trabalho. Se por um lado, aspectos relativos à segurança como, quedas em altura, soterramentos, esmagamentos, entre outros, têm sido alvo de muita análise e reflexão, por outro, as temáticas com maior influência sobre a saúde dos trabalhadores têm sido menos abordadas.

O sector da construção é muito amplo, e pode abranger a construção de estradas, túneis, obras de arte, edificações, entre outros. Cada obra, seja esta de que tipo for, poder-se-á considerar única, pois mesmo que não se distinga das demais a nível arquitectónico, difere na localização, nas condicionantes existentes, ou mesmo no método construtivo adoptado. Há no entanto um factor que é transversal à esmagadora maioria das obras, que é o facto de os trabalhadores desempenharem a sua actividade em locais total ou parcialmente expostos às condicionantes atmosféricas. Dentro do vasto tipo de obras e condições, sobre o ponto de vista do ambiente térmico, em que decorrem os trabalhos dentro da área que genericamente designamos por construção civil optou-se pelo estudo de uma obra de edificação. Esta escolha prende-se com dois motivos. O primeiro, por este ser um subsector com uma elevada representatividade na totalidade das obras em Portugal. O segundo por, ao contrário da construção de estradas ou túneis, ser um tipo de obra em que os trabalhos se realizam num espaço geográfico perfeitamente definido, mas em que há uma grande diversidade de actividades desenvolvidas com envolventes ambientais diferentes e exigências físicas completamente distintas.

O processo construtivo de uma edificação é constituído pelas seguintes fases:

- Movimentação Terras
- Escavações
- Execução de fundações
- Execução de estrutura
- Execução das alvenarias e cobertura
- Instalação de redes técnicas e demais instalações
- Execução de acabamentos

Sendo este um trabalho que visa a análise da exposição dos trabalhadores ao ambiente térmico, podemos agrupar as diferentes etapas da construção em três grandes fases.

A primeira, é relativa à construção das fundações e da estrutura de betão armado. Em virtude do tipo de trabalho em mão, os trabalhadores desenvolvem as suas tarefas ao ar livre e encontram-se na maioria do tempo directamente expostos aos elementos. Nesta, as oportunidades de os trabalhadores se protegerem de elementos atmosféricos desfavoráveis (exposição solar, calor, frio, precipitação sob a forma de chuva ou neve, etc) são reduzidas.

Os equipamentos de protecção individual normalmente usados na execução destes trabalhos são os capacetes e botas de protecção em permanência, e os coletes reflectores e arneses anti-queda, consoante as tarefas a executar. A nível de roupa de trabalho, por norma é feito o uso de calças e camisolas, e na eventualidade de precipitação são usados impermeáveis.

A segunda corresponde à execução das alvenarias e instalação das redes técnicas e demais instalações. Nesta, os trabalhos decorrem no interior do edifício em construção, o que permite um maior abrigo dos elementos atmosféricos. No entanto, apesar de os trabalhadores já não trabalharem directamente expostos ao sol, ou precipitação, a nível de ambiente térmico ainda se encontram sobre a influência das condições exteriores, pois nesta fase a obra ainda não se encontra totalmente fechada.

Os equipamentos de protecção individual usados são o capacete e botas de protecção e consoante as tarefas em execução poderão ser usadas máscaras de protecção, óculos ou protectores auriculares. A roupa utilizada corresponde à roupa normal de trabalho, constituída por calças e camisola(s). Em algumas tarefas como execução de reboco, poderão ser usadas roupas especiais que visam proteger a pele.

A terceira fase corresponde à dos acabamentos, tais como tarefas de pintura, colocação de pavimentos, louças, entre outros. A realização destes trabalhos por norma é efectuada quando o edifício já se encontra totalmente fechado. Isto permite um maior isolamento dos trabalhadores relativamente às condições atmosféricas exteriores, mas por outro lado também reduz a circulação de ar, o que, nomeadamente em divisões directamente expostas à luz solar, pode levar a um aumento da temperatura relativamente à sentida no exterior do edifício.

Os equipamentos de protecção e roupa de trabalho são semelhantes aos usados na fase anterior.

Dados os diferentes níveis de exposição aos elementos sentidos pelos trabalhadores durante uma obra de edificação, procurou-se com este trabalho avaliar as condições térmicas a que um conjunto de trabalhadores numa determinada obra estavam sujeitos e determinar a consequência das mesmas tanto a nível de saúde, como da produtividade dos trabalhadores.

7. Estado da arte

Devido à influência que o ambiente térmico detém sobre o ser humano, cedo se procurou analisar este factor como envolvente dos postos de trabalho e estudar sua influência sobre os trabalhadores. As investigações efectuadas sobre o ambiente térmico nos locais de trabalho tiveram como abrangência dois campos distintos: a relação do ambiente térmico com a segurança no local de trabalho; e a relação com a produtividade dos trabalhadores.

No âmbito da segurança, um dos primeiros estudos de que há registo foi o efectuado por Tincolini, P.; Del Bino D.; Castore I.; Mercantia A.; denominado *Thermal comfort and physiological responses of foundry workers [1970]* e que descreve uma investigação, realizada nos anos de 1968 e 1969 em trabalhadores de fundições situadas na proximidade de Florença, sobre as variações do microclima no interior das fundições em relação às variações ambientais ao longo do ano, assim como a realização de testes aos trabalhadores que relacionavam o conforto térmico com a temperatura.

Ramsey, Burford, Beshir, Jensen [1983] efectuaram um estudo denominado *Effects of workplace thermal conditions on safe work behaviour*. Este foi realizado em duas fábricas e procurou verificar a existência de uma correlação entre a adopção de comportamento seguro por parte dos trabalhadores e as condições térmicas no local de trabalho. Os resultados indicaram que temperaturas acima e abaixo das normalmente preferidas pelas pessoas, têm influência nos comportamentos relativos à segurança adoptadas pelos trabalhadores.

Em 1998 foi apresentado um trabalho por Hancock, PA. e Vastimatzidis, I, denominado *Human occupational and performance limits under stress: the thermal environment as a prototypical example*, em que os autores procuravam contestar os limites de stress aceites na altura para trabalhadores expostos a ambientes desfavoráveis. Para além disso procuravam pôr em causa a base em que a determinação deste tipo de limites de exposição se referenciava. É da opinião dos mesmos que o nível de performance da tarefa deve ser o principal critério para a determinação da exposição. Porque uma mudança na eficiência é o maior reflexo da resposta humana ao stress, este tipo de resposta é um melhor indicador do efeito da exposição do que a medição das respostas fisiológicas. A eficiência e a não realização de erros são os principais critérios do trabalho contemporâneo, especialmente nos campos de alta tecnologia. Assim, a continuação da exposição após a quebra dos níveis de eficiência, mesmo antes dos limites fisiológicos serem atingidos, não é aconselhável nem para a segurança nem para a produtividade do trabalhador, dos seus colegas e sistemas operados por este. Deste modo, defendem os autores, a determinação da performance comportamental deveria preceder a determinação fisiológica como o principal critério para a determinação dos limites de exposição.

No âmbito do estudo do ambiente térmico propriamente dito, há a destacar o contributo de Yaglou e Minard, que em 1957 introduziram o WBGT (Wet Bulb Globe Temperature - índice de temperatura húmida e de globo), índice esse que havia sido inicialmente desenvolvido pelos Marines Norte-Americanos. Este foi bem recebido e desde então tem vindo a ser considerado como o índice de conforto térmico de referência, de tal forma que a norma ISO 7243 o estabeleceu como o índice de conforto térmico para ambientes quentes.

O índice WBGT combina os valores obtidos da temperatura de bolbo húmido (t_{nw}) e temperatura de globo (t_g) e, em algumas situações, o valor de um parâmetro básico, a temperatura do ar (t_a). A temperatura de globo e

temperatura de bolbo húmido só podem ser estimadas empiricamente, uma vez que não são propriedades termodinâmicas. No caso de medições dadas no interior de edifícios ou em locais sem exposição solar, o WBGT é-nos dado pela seguinte expressão:

$$\text{WBGT} = 0,7t_{nw} + 0,3 t_g$$

No caso de avaliações efectuadas em locais sujeitos a exposição solar, o WBGT é-nos dado pela seguinte expressão:

$$\text{WBGT} = 0,7t_{nw} + 0,2 t_g + 0,1 t_a$$

Em 1999, foi efectuado um estudo com o objectivo de comparar as metodologias descritas acima experimentalmente. Este foi efectuado por Buonanno, G. Frattolillo, A.; Vanoli, L. e era denominado *Direct and indirect measurement of WBGT index in transversal flow*. Os resultados experimentais revelaram que:

- As variações dos WBGT diminuam com o aumento da humidade relativa e da velocidade do ar. Foi determinado um valor máximo de 2,1 °C.
- A influência da temperatura radiante nas diferenças do WBGT não pode ser negligenciada.
- As diferenças do WBGT têm o mesmo comportamento das da temperatura de bolbo húmido.
- As diferenças experimentais entre os métodos directos e indirectos por norma são superiores às correspondentes incertezas no índice WBGT. As diferenças experimentais são devidas a um erro sistemático no método indirecto, o que implica que o método Sullivan necessita de ser melhorado.

Sendo o WBGT o índice por excelência para a determinação do conforto térmico em ambientes quentes, depressa foram realizados estudos que visavam a descoberta de um índice alternativo. Destes destaca-se o realizado por Moran, D.S.; Pandolf, K. B.; Shapiro, Y.; Heled Y.; Shani Y.; Mathew, W.T.; Gonzalez, R.R. intitulado *An environmental stress index(ESI) as a substitute for the wet bulb globe temperature* [2001]. O propósito deste foi desenvolver um novo índice de stress ambiental, baseado em parâmetros diferentes, relacionados com o stress térmico. Foram efectuadas medições meteorológicas em 3 zonas climáticas (quente/húmida; quente/seca e extremamente quente/seco) durante 60 dias, e com os dados obtidos foi obtida a seguinte relação:

$$ESI = 0.63Ta - 0.003Hr + 0.002 Rs + 0.0054 (Ta*Hr) - 0.073 (0.1 + Rs)^1$$

em que Ta é a temperatura ambiente (°C), Hr a humidade relativa (%), e Rs a radiação solar ($W.m^{-2}$).

Os autores concluíram que este índice, por ser baseado numa resposta rápida e em sensores climáticos mais comuns, que podem ser combinados em pequenos dispositivos portáteis, tem potencial para ser uma alternativa prática ao WBGT.

O ESI não estava correlacionado com nenhuma variável fisiológica que reflectisse esforço. Assim e com o propósito de avaliar o ESI para 3 variáveis fisiológicas diferentes, temperatura rectal, ritmo cardíaco e sudação, com o índice de esforço fisiológico (PSI) foi realizado pelos mesmos autores em 2002 um novo trabalho com o título *Evaluation of environmental stress index for physiological variables*. Neste, 12 jovens do sexo masculino foram expostos, no exterior, a 12 diferentes combinações experimentais dos 3 ritmos metabólicos (descanso, exercício moderado e intenso), dois tipos de roupa (roupa de algodão e roupa de protecção), e dois níveis de radiação solar (sombra e sol). Cada exposição durava 120 minutos, e a temperatura rectal e o ritmo cardíaco eram constantemente monitorizados. Quando a análise estatística foi efectuada, descobriram-se elevadas correlações ($R > 0.838$) entre o ESI e os factores em análise, o que demonstrou o potencial para o uso generalizado do índice. Apesar destes resultados os autores defendem que é necessário aprofundar a pesquisa entre variáveis fisiológicas e o índice obtido a partir de outras condições climáticas, intensidade de exercício diferentes e roupa adicional.

Nesse sentido ESI foi posteriormente avaliado para bases de dados obtidas em Israel e Nova Zelândia. *Evaluation of the environmental stress index (ESI) for the southern hemisphere* [2004] - Moran, D.S.; Pandolf, K. B.; Vitalis, A.; Heled Y.; Parker, R. Gonzalez, R.R. Neste trabalho foram também identificadas elevadas correlações entre o ESI e WBGT para ambos os conjuntos de dados. Contudo para os dados relativos à Nova Zelândia, os residuais não ficaram distribuídos simetricamente em redor da linha 0, o que pode ser possível à diferença no espectro solar. A radiação ultravioleta era consideravelmente superior na Nova Zelândia do que em Israel. Como consequência verificou-se a necessidade específica de determinação de um factor de correlação específico para o hemisfério sul.

Kazuo Nagamo, Akira Takaki, Megumi Hirakawa, Yutaka Tochihara apresentaram um estudo denominado *Effects of ambient temperature steps on thermal comfort requirements* [2005], cujo propósito era a determinação dos requisitos do conforto térmico para diferentes degraus na temperatura. Para tal, 30 homens foram expostos durante 50 minutos a temperaturas entre 34° e 37 °C e posteriormente transferidos para um ambiente mais frio de 31, 28, 25 e 22 °C por 50 minutos. Durante esse período foi medida em permanência a temperatura da pele e os testados reportavam a sua sensação térmica a cada 2 minutos. Após cada mudança de temperatura, a temperatura da pele decrescia. No mesmo sentido, após as transições os testados manifestavam a sensação de se encontrarem numa temperatura muito mais fria que anteriormente, sensação térmica essa que gradualmente subia atingido um estado neutral. Tanto a temperatura da pele como a sensação térmica aparentavam atingir um nível constante durante 20 minutos. Verificaram-se, contudo, diferenças entre a temperatura da pele e a temperatura neutra derivada da correlação entre o ambiente térmico e a sensação térmica mesmo depois de 50 minutos após as transições, em virtude da condição ambiental anterior às transições de temperatura. A mudança na temperatura neutra foi expressa em duas equações atenuantes. Estas indicam que existe uma diferença óbvia entre temperaturas neutras devido à condição térmica anterior à mudança de temperatura, e que demora mais de 50 minutos após a mudança da mesma para ser atingida a estabilidade. Era espectável que estas equações definissem quantitativamente os requisitos para o conforto térmico dada uma condição experimental.

Mais recentemente, Hodder, Simon G. e Parsons, Ken estudaram *The effects of solar radiation on thermal comfort* [2006], com o objectivo de investigar a relação entre radiação solar simulada e conforto térmico. Estes investigaram os efeitos da intensidade de radiação solar simulada, conteúdo espectral da radiação solar simulada e através de vidro nas sensações térmicas humanas. Oito sujeitos masculinos foram expostos a cada um dos três estudos. No estudo 1 os sujeitos foram expostos a quatro níveis de radiação solar simulada: 0, 200, 400 e 600 $W.m^{-2}$. No estudo 2, os sujeitos foram expostos a radiação solar simulada com quatro espectros diferentes., todos com uma intensidade de 400 $W.m^{-2}$ no sujeito. No estudo 3, foram sujeitos através do vidro a radiação causada por 1,000 $W.m^{-2}$ de radiação solar simulada na superfície exterior de quatro superfícies vidradas diferentes.

O ambiente, avaliado de acordo com o índice PMV (Predicted Mean Vote – Voto Médio Previsível), que dispõe de uma gama de valores compreendida entre -3 e 3, quando não havia radiação era termicamente neutro, logo PMV = 0+/-0.5 . Foram efectuadas medições das sensações térmicas, conforto, e medições de temperatura da pele. Os estudos revelaram que o aumento da intensidade da radiação solar simulada, ao contrário do comprimento de onda da radiação, é o factor crítico que afecta o conforto térmico.

Os votos relativos à sensação térmica mostram que existia um incremento na sensação de 1 valor unitário por cada aumento da radiação directa de aproximadamente 200 $W.m^{-2}$. O conteúdo específico da radiação não

demonstrou ter qualquer efeito sobre a sensação térmica. Os resultados contribuíram para modelos que determinavam os efeitos da radiação no conforto térmico em veículos, edifícios e exterior.

No campo da produtividade dos trabalhadores, e uma vez que esta é influenciada por toda a envolvente térmica, Theodor e Hettinger [1983] realizaram estudos relativos às variações de rendimento devido ao calor. No seguimento deste estudo, Grandjean determinou uma correlação entre rendimento e aumento da temperatura ambiente.

Em virtude da influência do ambiente térmico sobre a produtividade, verifica-se a existência de estudos relativos a esta temática em diferentes sectores de actividade. Destes são exemplo os trabalho de:

Link Jm, Pepler RD - *Associated fluctuations in daily temperature, productivity and absenteeism* [1970] - trabalho realizado numa industria têxtil, e que teve como objectivo de determinar o grau de variação da produtividade de um grupo de mulheres a desempenhar a sua ocupação normal, num edifício não aclimatizado, assim como por averiguar a existência de alguma relação entre a temperatura ambiente e o absentismo.

Meese, G. B.; Kok, R; Lewis, M. I.; Wyon, D.P. - *Effect of moderate thermal stress on the potential work performance of factory workers – An interim report* [1980] - O estudo do efeito do stress térmico moderado na produtividade de trabalhadores fabris tem vindo a ser efectuado desde 1977. Os trabalhadores foram usados como cobaias, cada um tendo sido exposto a uma condição única de teste durante um turno inteiro num laboratório móvel. As análises efectuadas revelaram uma queda na performance de tarefas manuais de aproximadamente 10% quando a temperatura da pele cai para 20 °C, e 10% adicionais quando cai para valores próximos de 12 °C.

Para muitas das tarefas, a temperatura do ar que produzia a melhor performance era 32 °C a 25% de humidade relativa. Os testados manifestaram preferir temperaturas na ordem dos 20-23 °C.

Lorch, Harold G; Abdou, Ossama A. – [1994]. *Impact of the building indoor environment on occupant productivity – effects of temperature* - Este trabalho permitiu verificar que quando as temperaturas aumentavam até níveis em que se tornavam desconfortáveis, a quantidade de trabalho efectuada diminuía. Pelo contrário, a produtividade aumentava quando se reduziam as altas temperaturas. Foi possível verificar também que quando estas se apresentavam demasiado altas ou demasiado baixas, o número de erros aumentava. O estudo permitiu concluir que a maioria das pessoas mantinha uma elevada produtividade por um curto período de tempo quando debaixo de condições adversas.

Gun, RT. - *Effects of thermal, personal and behavioural – Factors of the physiological strain, thermal comfort and productivity of shearers in hot weather.* [1995] - Foram efectuadas múltiplas análises para avaliar os efeitos separados e combinados de alguns factores que normalmente se encontram associados a exercer influência sobre a resistência física e produtividade em locais de trabalho quentes. Quarenta e três homens foram estudados durante 54 dias-homem em tarefas de tosquia de ovelha e transporte de lotes de lã, em temperaturas compreendidas entre 19-24 °C, WBGT entre 16 e 29 °C; 43% das observações do WBGT excederam 26,7 °C, valor esse considerado pelo autor como valor limite de exposição (TLV- Threshold Limit Value) para um trabalho de 400W desenvolvido pelos sujeitos do estudo. Estes eram homens com idades compreendidas entre 18 e 59 anos, 44 a 77 kg (não considerando gordura), 11 a 26% de gordura corporal, que bebiam uns estimados 0 a 207g

de álcool na noite anterior. Os valores da temperatura rectal à tarde excediam 38 °C em 4 de 15 observações feitas quando WBGT>TLV, e em nenhum destes quando WBGT<TLV. Após o 10º dia de trabalho os sujeitos suavam 2.4 – 9.9 kg, mas substituíram as suas perdas através da sudação com sucesso já que o aumento da temperatura e do suor não foram acompanhados por uma maior desidratação.

Surpreendentemente o homem mais gordo sentiu-se mais fresco, e aqueles que haviam bebido mais álcool na noite anterior tinham uma temperatura rectal mais baixa tendiam para ser mais produtivos. A idade não ficou associada a qualquer tipo de resposta. Todos os factores juntos explicavam pouco mais de metade das variações observadas na temperatura rectal e conforto térmico, e quase nenhuma variação na produtividade.

As descobertas evidenciam a incerteza inerente a tentativas de estabelecer limites seguros para o stress térmico.

Fisk, WJ; Faulkner, D. - *Control of temperature for health and productivity in offices* [2005] - Os autores fizeram uma análise a diferentes trabalhos já publicados e contrapuseram os custos de manutenção do sistema de ventilação ligado durante a noite, de modo a garantir determinadas temperaturas, com os ganhos de produtividade a isso associados, e concluíram que nesse caso os ganhos relativos ao acréscimo de produtividade seriam 32 a 120 vezes superiores aos custos.

No sector dos serviços há ainda a destacar os trabalhos de:

Niema, Hannula, Rautio, Reijula e Railio [2002]– *The effect of air temperature on labour productivity in call centers – a case study*

Bates, GP - *Minimising the effects of environment on health and productivity* [2005] - Segundo o autor as principais estratégias para a diminuição do efeito do ambiente nos trabalhadores seriam:

- Melhoria das condições ambientais de modo a reduzir o stress térmico;
- Identificação das situações de risco e procedimentos a ser adoptados em relação a estes;

Sendo esta uma questão que há muito atrai os investigadores, também no ramo da construção, os estudos efectuados sobre ambiente térmico tiveram como principal objectivo a obtenção de uma relação entre ambiente térmico e produtividade. Uma primeira abordagem foi feita por Clapp [1966], que se debruçou sobre a influência das condições atmosféricas na produtividade da construção de habitações. Desde então foram efectuados diversos estudos, em diferentes locais com o objectivo de tentar estabelecer uma relação clara entre os dois parâmetros.

Um destes estudos foi feito por Grimm e Wagner [1974] que estabeleceram uma relação entre produtividade e a combinação de dois parâmetros climáticos (temperatura e humidade relativa). A principal critica de que este trabalho foi alvo, foi o facto de a actividade desenvolvida (assentamento de tijolo) ser pouco abrangente e por a relação não entrar em linha de conta com os efeitos relativo à movimentação do ar.

Um outro estudo, promovido pela NECA (National Electrical Contractors Association) analisou o impacto da temperatura e humidade na produtividade para uma tarefa fisicamente não exigente. Este demonstrou a importância da humidade tanto a altas como baixas temperaturas e que a qualidade da mão-de-obra pode decrescer a temperaturas relativamente altas. Com base na aplicação de uma elevada gama de valores de temperatura e humidade relativa, Koehn e Brown [1985] propuseram uma relação não linear para prever a produtividade. Os resultados desta estão em concordância com os obtidos pelo modelo de produtividade desenvolvido por Thomas e Yiakoumis [1987]. Contudo, o relativamente baixo limite superior de temperatura (28 °C) adoptado, abriu as portas a um outro estudo por Oglesby, Parker e Howell [1989], denominado *Productivity*

improvement in construction, onde se verificou que a produtividade atingia o seu máximo na zona de conforto térmico humana, onde as temperaturas variam entre 10 °C e os 21 °C, sob grandes variações de humidade relativa.

Apesar destes resultados, Bilhaif após a realização de uma investigação denominada *The influence of high temperatures on the productivity of construction workers* [1990] concluiu que enquanto que a produtividade dos trabalhadores da construção é geralmente influenciada por variações de temperatura, não existe qualquer relação entre estes dois parâmetros. Verificou, no entanto, que o nível ao qual a produtividade é afectada é função da tarefa de construção, pelo que para estabelecer uma correcta relação temperatura-productividade, as tarefas de construção necessitam de ser classificadas com base nos seus efeitos, reflectindo as exigências físicas a estas associadas.

Mais recentemente, Hancher e Abd-Elkhalek (*The Effect of Hot Weather on Construction Labor Productivity and Costs* [1998]) introduziram um modelo de produtividade mais realista, que entra em linha de conta tanto com condições térmicas como de trabalho. Os autores fazem uso de um índice, o WBGT, para avaliar o efeito combinado das condições climáticas na fisiologia e resposta sensorial do corpo humano. Através da aplicação de quatro factores, temperatura do ar, humidade relativa, exposição solar e esforço na execução da tarefa em questão, o modelo permitiu a obtenção de curvas de produtividade.

Apesar de realista, este modelo de produtividade apenas produz o seu melhor resultado em ambientes quentes, uma vez que o índice WBGT não se aplica à avaliação de stress térmico perto da zona de conforto térmico. Este modelo também não permite entrar em linha de conta com o efeito da roupa na percepção do ambiente térmico por parte dos trabalhadores. Com a excepção de alguns dados obtidos através de um questionário, nenhuma evidência prática foi apresentada para suportar este modelo.

Assim, e considerando que existia uma necessidade para um modelo que relacionasse a produtividade com o ambiente térmico, e que pudesse ser usado para estimar uma mudança na produtividade dos trabalhadores devido a variações no ambiente térmico, Mohamed Sherif [2002] propôs um modelo PMV-Produtividade (*Thermal environment and construction workers productivity: some evidence from Thailand*). O modelo proposto entra em consideração com os quatro parâmetros térmicos básicos nomeadamente, temperatura do ar, humidade relativa, temperatura radiante e velocidade do ar; a natureza da tarefa de construção; roupa do trabalhador.

O modelo proposto apresentou resultados satisfatórios na previsão da produtividade dos trabalhadores na execução de tarefas moderadas durante as estações frias e secas da Tailândia. Relativamente à execução de tarefas pesadas, verificou-se que este ainda necessita de algum desenvolvimento.

Effect of Safety and Environmental Variables on Task Durations in Steel Erection [2005] – Irizarry, Javier; Simonsen, Katty L.; Abraham, Dulcy M. Este trabalho descreve uma metodologia que inclui observação directa de tarefas de elevação de aço tais como, uso de equipamentos de protecção individual, altura do local de trabalho, condições ambientais, tal como temperatura e humidade, e performance dos trabalhadores, medida em função da duração das tarefas. A análise de 186 tarefas, efectuada ao longo de um período de 6 meses evidenciou que o uso de equipamentos de protecção individual, a altura do local de trabalho e a presença de plataformas abaixo do local de trabalho tinham efeitos significativos na duração das tarefas.

8. Ambiente térmico – enquadramento jurídico-normativo

Os princípios gerais que visam promover a segurança, higiene e saúde no trabalho encontram-se expressos no Decreto-lei nº441/91 de 14 de Novembro, diploma que aparece na sequência das obrigações assumidas na Convenção nº 155 da OIT e da necessidade de transposição para a lei nacional da Directiva nº 89/391/CEE. O Código do Trabalho (Lei nº 99/2003 de 27 Agosto) na sua redacção também incorpora os princípios gerais de prevenção, assim como as obrigações e direitos de empregadores e trabalhadores, cuja regulamentação é feita pela Lei nº35/2004 de 29 de Julho (Regulamento ao Código de Trabalho). Esta lei regulamenta o regime jurídico para os serviços de segurança, higiene e saúde no trabalho, assim como para os representantes dos trabalhadores para a segurança, higiene e saúde no trabalho.

Relativamente ao ambiente térmico nos locais de trabalho a legislação portuguesa, através das Portarias n.º987/93, n.º101/96, n.º53/71 e n.º702/80 e Decreto-Lei n.º243/86, obriga à manutenção das condições de conforto térmico nos locais de trabalho, mais precisamente, exige que a temperatura e a humidade sejam adequadas ao organismo humano (isto é, estejam dentro dos limites convenientes para evitar prejuízos à saúde dos trabalhadores), levados em conta os métodos de trabalho e os condicionalismos físicos impostos. A determinação do estado do ambiente térmico e das medidas a tomar só pode ser feita através da avaliação dos factores que o determinam.

Para além desta obrigação geral, a legislação define alguns aspectos, como por exemplo, a velocidade do ar interior adequada em edifícios; os intervalos de temperatura e humidade aceitáveis nos estabelecimentos comerciais, de escritório e serviços; a obrigatoriedade de tomada de medidas contra radiações intensas de calor e exposição excessiva ao sol ou intempéries; entre outros. Importa salientar que as condições de conforto térmico têm sido alvo de inúmeros estudos e investigação, até porque fora destas condições, para além da sensação de desconforto, o indivíduo poderá ter alterações fisiológicas ligeiras ou mesmo graves. Assim, os factores que condicionam o ambiente térmico podem ser avaliados, por empresas especializadas em monitorização, visando não só a aplicação da legislação nacional mas também índices plenamente estudados e definidos em normas de referência, entre as quais se destacam:

- Norma ISO 7243 – *Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT – index (wet bulb globe temperature) – ISO – 1989*

Norma que define uma metodologia, que pode ser facilmente usada num ambiente industrial, para a avaliação do stress térmico a que um indivíduo está sujeito e permite um rápido diagnóstico.

Aplica-se à avaliação do efeito da temperatura numa pessoa durante um período representativo da sua actividade, mas não se aplica à avaliação de stress térmico sofrido durante períodos muito curtos de tempo, nem como para a avaliação de stress térmico próximos de zonas de conforto.

- Norma ISO 7933 – *Hot environments – Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate – ISO – 1989*

Esta norma especifica o método para avaliação analítica e interpretação do stress térmico experimentado por um sujeito num ambiente quente. Descreve o método de cálculo do balanço térmico, assim como o nível de sudação que o corpo deveria produzir para manter esse balanço em equilíbrio.

Os seus principais objectivos são:

- A avaliação do stress térmico em condições que possam levar a um aumento da temperatura corporal excessivo, ou perda de água pelo sujeito.

- A determinação das modificações a serem implementadas no local de trabalho e modo a reduzir estes efeitos
- A determinação da exposição máxima admissível para limitar o esforço fisiológico a um nível aceitável

Esta norma não prevê a resposta fisiológica dos sujeitos, mas considera-os de boa saúde e em condições de desempenharem o seu trabalho.

Este método de determinação não é aplicável a casos em que sejam usadas roupas especiais de protecção.

- Norma ISO 8996 – *Ergonomics – Determination of metabolic heat production* – ISO – 1990

O ritmo metabólico, como uma conversão de químicos em energia mecânica e térmica, mede o custo energético da carga muscular e fornece um índice numérico para a actividade. O conhecimento do ritmo metabólico é necessário para medição do calor metabólico produzido para a avaliação da regulação térmica humana. Esta norma é utilizada para a especificação de métodos para a determinação de ritmos metabólicos, assim como para outras aplicações, tais como: avaliação de práticas laborais; custo de determinados trabalhos e actividades desportivas, custo total de actividade, etc.

- Norma ISO 7730 – *Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort* – ISO – 1994

O propósito desta norma é:

- Apresentar um método para a previsão da sensação térmica e grau de desconforto de pessoas expostas a ambientes térmicos moderados.
- Especificar as condições térmicas para a existência de conforto.

É aplicável a homens e mulheres saudáveis. Foi originalmente baseada em estudos em sujeitos europeus e norte americanos, mas os seus resultados são concordantes com estudos feitos recentemente em japoneses. É expectável que seja aplicável com uma boa aproximação em grande parte do mundo. É aplicável a pessoas expostas a ambientes interiores onde o objectivo é a obtenção de conforto térmico, ou ambientes interiores onde desvios moderados possam ocorrer. Em ambientes térmicos extremos são aplicáveis outras normas. Podem ocorrer desvios em pessoas doentes ou incapacitadas. Esta norma pode ser usada no projecto de futuros ambientes, ou na avaliação de existentes. Foi preparada para locais de trabalho, mas pode ser usada noutras aplicações

9. Ambiente térmico – Conceitos

Tal como referido na introdução, Ambiente Térmico é o conjunto das variáveis térmicas do posto de trabalho que influenciam o organismo do trabalhador, sendo assim um factor que intervém, de forma directa ou indirecta, na saúde e bem estar do mesmo e na realização das tarefas que lhe estão atribuídas.

O principal problema nos locais de trabalho será a manutenção da temperatura interna do corpo do trabalhador ($37 \pm 0,8$ °C) – homeotermia – e o conseqüente conforto térmico. Desta forma temos um equilíbrio entre o calor produzido pelo corpo (metabolismo) e o fluxo cedido ao ambiente através das perdas de calor sensível (convecção, condução e radiação), das perdas de calor respiratório e com a respiração. É o chamado ambiente térmico neutro.

O conforto térmico tem o objectivo de assegurar a manutenção das seguintes 6 condições:

- Equilíbrio térmico;
- Ausência de arrepios ou tremuras;
- Débito de sudação óptimo;
- Temperatura cutânea média óptima;
- Pele relativamente seca;
- Ausência de secreta nas mucosas bucofaríngeas.

De acordo com Alberto Sérgio S. R Miguel, em *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*, “a análise do conforto ou do stress térmico, num posto de trabalho, necessita do conhecimento de grandezas físicas e características do ambiente considerado. São elas:

- Temperatura do ar;
- Humidade do ar;
- Velocidade do ar;
- Calor radiante.”

O *stress* térmico pode ser definido como o estado psicofisiológico a que está submetida uma pessoa, quando exposta a condições ambientais extremas de frio ou calor. Uma situação de *stress* térmico pode ser causada por uma das seguintes causas: aumento de metabolismo; aumento da temperatura do ar; aumento da temperatura radiante média; modificação da velocidade do ar, quando a temperatura do ar é superior à temperatura cutânea média ou o aumento da humidade do ar.

O vestuário é um factor importante e que influencia, por ser uma barreira entre a superfície cutânea e o ambiente, as trocas de calor entre o corpo e o ambiente que o rodeia. Este isolamento é medido numa unidade chamada Clo ($=0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{W}^{-1}$ – ISO 7730), que corresponde ao isolamento térmico assegurado por um Vestuário Padrão, constituído por fato, camisa, gravata, colete, sapatos e meias.

Efeitos do calor

Os efeitos do calor sobre o Homem podem dividir-se em três grandes grupos:

- ❑ Efeitos psicológicos;
- ❑ Efeitos psicofisiológicos;
- ❑ Efeitos patológicos.

À medida que o nível térmico se eleva acima da zona de conforto, aparecem estados sucessivos de mal-estar psicológico que se revela pela simples sensação de incómodo até uma redução do rendimento em tarefas manuais.

Para níveis de calor elevados a capacidade de trabalho diminui, o mal-estar fisiológico aumenta, passa a existir uma sobrecarga no funcionamento do coração e do aparelho circulatório e atinge-se um desequilíbrio no balanço de água e sais do organismo.

Em termos gerais poderemos resumir os efeitos do calor sobre o rendimento do trabalho, acima da temperatura de conforto, da seguinte forma:

Temperatura	Efeitos	Observações
	1. Temperatura confortável	Máxima eficiência
	2. Desconforto; Irritabilidade; Perda de concentração; Perda de eficiência em trabalhos mentais.	Problemas de natureza psíquica
	3. Aumento do número de erros; Perda de eficiência em trabalhos de habilidade; Mais acidentes.	Problemas de natureza psico-fisiológica
	4. Perda de eficiência em trabalho pesado; Perturbação do equilíbrio do sal e da água do corpo; Pesada tensão no coração e na circulação; Intensa fadiga e risco de exaustão.	Problemas de natureza fisiológica
	5. Limite de tolerância a altas temperaturas	

Figura 2- Efeitos do calor sobre o rendimento humano

Se a humidade relativa for superior a 60 – 70% os efeitos calor tendem a agravar.

A tabela seguinte dá-nos uma ideia das condições básicas que diversas situações de trabalho devem ter para se estar perante um ambiente agradável do ponto de vista de ambiente térmico.

Tabela 1 - Condições básicas para manutenção de um ambiente térmico agradável

Tipo de actividade	Temperatura ambiente °C			Humidade relativa %			Velocidade do ar m/s
	Min	Opt	Max	Min	Opt	Max	Max
Administrativa	18	21	24	40	50	70	0,1
Trabalho manual, ligeiro, sentado	18	20	24	40	50	70	0,1
Trabalho 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

Existe uma classificação racional de transtornos causados por exposição a altos níveis de calor ambiental:

☐ Transtornos sistêmicos:

- Golpe de calor - Doença que pode pôr a vida em perigo, que deriva de uma prolongada exposição ao calor e na qual uma pessoa não pode suar o suficiente para fazer descer a sua temperatura corporal. Esta doença costuma desenvolver-se rapidamente e requer um tratamento intensivo e imediato. Se um indivíduo estiver desidratado e não puder suar o suficiente para arrefecer o seu corpo, a temperatura corporal pode atingir níveis perigosamente elevados e provocar um golpe de calor.
- Esgotamento- Debilidade gradual de uma ou várias funções, sem haver lesões propriamente ditas, em consequência de exercício excessivo que não permite a recuperação conveniente dos aparelhos correspondentes.
- Desidratação - perda excessiva de água do organismo. O principal sintoma num adulto é a sede e no caso de se associar fadiga, podem ser sentidas câibras musculares.
- Deficit de sal – Falta de cloreto de sódio (sal) no organismo. Usualmente originada por perda excessiva pela transpiração, sob acção do calor.
- Câibras por calor – A câibra é uma contracção súbita, breve e dolorosa de um músculo ou de um grupo de músculos. As câibras podem ser devidas a um mecanismo reflexo do sistema nervoso, nomeadamente na presença de distúrbios digestivos, ou consequência da falta de cloreto de sódio (sal) pela acção do calor.
- Anidrose - Redução ou ausência da secreção de suor.

☐ Transtornos da pele:

- Erupção - lesão avermelhada da pele que pode ou não ser proeminente
- Anidrose - Redução ou ausência da secreção de suor.
- Deficiência congénita das glândulas sudoríparas, - Deficiência que afecta o órgão do corpo secretor de suor. Este consiste numa estrutura do tipo serpentina no interior da pele e num canal que passa através das camadas de pele até à superfície. A estrutura em serpentina está bem abastecida de sangue pelos vasos capilares e absorve fluido dos capilares das células circundantes e passa-o para a superfície através do canal.
- Queimadura solar - Lesão tecidual causada pelo calor sob a forma de exposição solar.

☐ Transtornos psíquicos:

- Fadiga térmica. – Diminuição da capacidade de rendimento por redução do potencial de energia e acumulação de produtos intermédios ácidos do metabolismo na musculatura ou nas células nervosas, resultante da exposição prolongada ao calor

Os mais importantes e mais frequentes são:

- Golpe de calor,
- Esgotamento,

- Deficit de sal
- Anidrose
- Fadiga térmica.

Exposições a calor excessivo, pode provocar consequências a longo prazo, como sejam:

- ❑ Maior susceptibilidade a outras doenças;
- ❑ Efeitos sinérgicos com outros agentes agressivos, tais como contaminantes químicos;
- ❑ Decréscimo do desempenho individual e da capacidade de execução;
- ❑ Cataratas - processo degenerativo do cristalino provocada por lesão (exposição à radiação infravermelha, por exemplo) como complicação de certas doenças gerais ou oculares ou por alterações metabólicas. A evolução da catarata conduz a uma diminuição progressiva da visão, embora se mantenha a capacidade de distinguir entre claro e escuro.
- ❑ Maior incidência de doenças cardiovasculares (conjunto de doenças que afectam o aparelho cardiovascular, designadamente o coração e os vasos sanguíneos) e de perturbações gastrointestinais (patologias que ocorrem nos órgãos do sistema digestivo, tais como: intestino, intestino grosso, intestino delgado, estômago, esófago, pâncreas, cólon e fígado).

Exposições a baixas temperaturas podem provocar algumas consequências:

- ❑ Enregelamento - O golpe de frio/ enregelamento é uma situação resultante da exposição excessiva ao frio; existe uma evolução progressiva que vai do torpor ao enregelamento e por último, à gangrena e mesmo à morte.
- ❑ Pé das trincheiras - lesão provocada pelo frio que acontece quando um pé permanece húmido, envolto em meias ou botas e frio durante vários dias. O pé torna-se pálido, húmido e frio, e a circulação diminui. Se não for tratado, pode produzir-se uma infecção. O tratamento consiste em aquecer, secar e limpar suavemente o pé. É aconselhável mantê-lo elevado. Deverão ser administrados antibióticos e, eventualmente, uma dose de reforço da vacina antitetânica. Por vezes, embora raramente, este tipo de lesões ocorre nas mãos.
- ❑ Frieiras - lesão cutânea causada pelo frio, mais frequentemente nos dedos e mãos, com tumefacção e coloração vermelho-arroxeadas, que pode originar flictenas e ulcerações e é acompanhada de dor, prurido e ardor intensos. O tratamento consiste na protecção contra o frio e aplicação de cremes e soluções calmantes e hidratantes.

Avaliação do ambiente térmico

Para a avaliação do ambiente térmico utilizam-se vários índices. Os mais usados são:

- ❑ Índice de temperatura efectiva (TE);
- ❑ Índice da temperatura efectiva corrigida (TEC);
- ❑ Índice PMV (Voto Médio Previsível ou *Predicted Mean Vote*), PPD (Percentagem Previsível de Insatisfeitos ou *Predicted Percentage of Dissatisfied*);
- ❑ Índice WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature* ou, traduzindo, Índice de Temperatura Húmida de Globo);
- ❑ Índice de sudação necessária (SWreq)

O índice WBGT, por ser de fácil determinação é o mais utilizado para avaliação em ambientes muito quentes e húmidos ou muito frios e húmidos, podendo utilizar-se os critérios definidos pela norma ISO 7243 (*Hot Environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT*):1989

$$WBGT = 0,7 Th + 0,3 Tg \text{ (zonas interiores)}$$

$$WBGT = 0,7 Th + 0,2 Tg + 0,1 Ta \text{ (sob calor solar)}$$

sendo

Th – temperatura húmida em °C;

Tg – temperatura de globo em °C;

Ta – temperatura seca em °C.

Quando um índice é determinado para analisar um posto de trabalho, devemos ter em atenção o metabolismo correspondente à actividade e a duração da exposição ou exposições. Ter-se-á assim que calcular o valor médio ponderado, que poderá ser obtido através da seguinte expressão:

$$WBGT = \frac{\sum(WBGT)_i \cdot t_i}{\sum t_i}$$

Sendo (WBGT)_i o valor do índice para a actividade realizada durante o intervalo de tempo *i*.

A determinação do índice WBGT de acordo com a norma ISO 7243 (*Hot Environments – Estimation of the heat stress on working man, based on WBGT*) permite obter um valor do stress térmico a que um trabalhador está sujeito no momento em que a medição está a ser efectuada. É assim recomendado que as medições sejam realizadas em momentos de elevado stress térmico, ou seja, nas condições mais desfavoráveis. Em princípio estas surgem no Verão, a meio do dia e/ou quando as fontes de calor estejam activas.

A avaliação do WBGT segundo a norma atrás referida pode ser feita tendo em atenção a quantidade de calor produzida pelo corpo da pessoa exposta ao calor, ou seja, o metabolismo energético.

Os valores de referência para o WBGT em função do metabolismo energético é-nos dado pela Tabela 2 e que se encontra no Anexo A da norma.

Tabela 2 – Valores de Referência do WBGT em relação ao metabolismo energético usados na ISO 7243

Classe Ritmo Metabólico	Ritmo Metabólico <i>M</i>		Valores de Referência do WBGT			
	Relacionado com a área superficial de pele W/m ²	Total (para uma área de superfície corporal média de 1,8m ²) W	Pessoa aclimatizada ao calor °C		Pessoa não aclimatizada ao calor °C	
0 (descanso)	M<65	M<117	33		32	
1	65<M<130	117<M<234	30		29	
2	130<M<200	234<M<360	28		26	
3	200<M<260	360<M<468	Movimento do ar imperceptível 25	Movimento do ar perceptível 26	Movimento do ar imperceptível 22	Movimento do ar perceptível 23
4	M<260	M>468	23	25	18	20

Nota: Os valores dados foram estabelecidos para uma temperatura rectal máxima de 38°C

O Índice de sudação necessária (SW_{req}) encontra-se normalizado pela ISO 7933: *Hot Environments – analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate*. Este resulta da avaliação de ambientes térmicos quentes, em termos de temperatura do ar, temperatura radiante, humidade e velocidade do ar, e da estimativa de factores relacionados com as vestimentas, o ritmo metabólico e a postura. A combinação destes factores permite o cálculo da transferência de calor entre uma pessoa e o meio ambiente, possibilitando assim o cálculo da taxa de sudação necessária para a manutenção do equilíbrio térmico do corpo, através da seguinte expressão:

$$E_{req} = M - W - C_{res} - E_{res} - C - R$$

$$SW_{req} = \frac{E_{req}}{r_{req}}$$

Em que:

M – poder metabólico

W- poder mecânico

C_{res} - troca de calor pela respiração por convecção

E_{res} - troca de calor pela respiração por evaporação

K - troca de calor pela pele por condução

C - troca de calor pela pele por convecção

R - troca de calor pela pele por radiação

E_{req} - evaporação necessária para manutenção do equilíbrio térmico

SW_{req} - taxa de sudação necessária para manutenção de equilíbrio térmico

r_{req} - eficiência da evaporação à taxa de sudação requerida

Tabela 3 - Valores de referência para critério de stress térmico e esforço usado na ISO 7933 para a determinação analítica de ambientes quentes.

Critério	Não Aclimatizado		Aclimatizado	
	Alerta 0,85	Perigo 0,85	Alerta 1	Perigo 1
Taxa de sudação máxima Descanso ($M < 65 W m^{-2}$)				
SW_{max} $W m^{-2}$	100	150	200	300
gh^{-1}	260	390	520	780
Trabalho ($M > 65 W m^{-2}$)				
SW_{max} $W m^{-2}$	200	250	300	400
gh^{-1}	520	650	780	1040
Absorção calor máxima				
Q_{max} $Wh m^{-2}$	50	60	60	60
Perda Agua Máxima				
D_{max} $Wh m^{-2}$	100	1250	1500	2000
g	2600	3250	3900	5200

A taxa de sudação prevista pode ser determinada a partir da taxa de sudação requerida e dos valores limites. Se a taxa necessária for atingida pelas pessoas e não levar a perdas excessivas de água, não se verificam limites ao tempo de exposição ao longo de um turno de 8 horas de trabalho. Não sendo esse o caso, o tempo limite de exposição é calculado pelas seguintes expressões, e que se encontram no ponto 5.3 da ISO 7933:

Quando $E_p = E_{req}$ e $SW_p < \frac{D_{max}}{8}$

Então $DLE=480$ min e SW_p pode ser usado como índice de stress térmico. Se as condições acima não se verificarem, então:

$$DLE1 = \frac{60Q_{max}}{(E_{req} - E_p)}$$

$$DLE2 = \frac{60D_{max}}{SW_p}$$

O DLE será determinado pelo menor dos dois. Se o DLE for determinado por DLE1 (acumulação de calor) o trabalhador deverá descansar até que não se verifique o risco de stress térmico. Se o DLE for determinado por DLE2 (desidratação), então não poderá ser permitida a continuidade da exposição ao longo do dia.

Os níveis de alerta e perigo referidos na Tabela 3 correspondem a:

Alerta – nível para o qual não se verificam riscos para trabalhadores fisicamente aptos para a actividade considerada e em boa saúde

Perigo – nível para o qual certos sujeitos, apesar de fisicamente aptos para a actividade considerada e de se encontrarem em boa saúde, poderão encontrar-se sob risco.

Para ambientes em que o trabalhador é afectado pelo ambiente térmico mas que não corre qualquer risco de saúde, utilizam-se os índices PMV/PPD, descritos pela norma ISO 7730 (*Moderate Thermal Environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*). O índice PMV representa o voto médio de um grupo importante de pessoas em termos de sensação térmica, e utiliza uma escala com os seguintes níveis:

- + 3 quente
- + 2 tépido
- + 1 ligeiramente tépido
- 0 neutro
- 1 ligeiramente fresco
- 2 fresco
- 3 frio

Este índice é determinado tendo em atenção o metabolismo, o vestuário usado e os seguintes parâmetros ambientais: temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade relativa do ar e pressão parcial do vapor de água.

O índice PMV dá indicações sobre a previsão quantitativa do número de pessoas insatisfeitas. Existe uma relação entre os índices PMV e PPD.

A norma ISO 7730 (*Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort*) indica quais os requisitos para se ter conforto térmico em espaços ocupados por pessoas. Segundo esta o PMV deverá estar compreendido entre $-0,5$ e $0,5$ e o PPD deverá ser inferior a 10%.

O uso da norma é recomendado para valores de PMV compreendidos entre -2 e $+2$. O índice PMV só deve ser utilizado quando os seguintes 6 parâmetros se encontram dentro dos seguintes intervalos:

$$M = 46 - 232 \text{ W.m}^{-2} \text{ (0,8 a 4 met)}$$

$$T_a = 10 \text{ a } 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$I_{cl} = 0 - 0,310 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W} \text{ (0 a 2 clo)}$$

Tr= 10 a 40 °C

Var = 0 a 1 m.s⁻¹

Pa = 0 a 2700 Pa

Hr = 30 a 70%

Os índices PMV e PPD expressam o desconforto causado pelo calor ou pelo frio de um corpo pelo seu todo. Mas é muito comum que tal situação seja originada somente numa parte concreta do corpo (desconforto local). A causa mais comum desta situação é a circulação de ar. A norma ISO 7730 (*Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*) propõe o índice: DR – *Draught Rate* – que traduz a percentagem previsível de insatisfeitos pela circulação de ar.

Controlo do ambiente térmico

O controlo do ambiente térmico pode ser efectuado recorrendo a dois grandes tipos de medidas: as que actuam sobre o *stress* térmico e as que reduzem a sobrecarga fisiológica dos indivíduos expostos. A Figura 3 expressa as medidas de actuação sobre o *stress* térmico.

Actuação sobre o stress térmico	
Aclimação ao calor	Quando o Homem está exposto ao calor de maneira repetitiva ou prolongada, desenvolve ajustamentos que lhe permite suportá-lo melhor. Assim, por exemplo: a sudoração aumenta; a temperatura rectal baixa; a frequência cardíaca estabiliza a um nível inferior.
Higiene Alimentar	Beber água (+/- a 12°C) Beber no máximo 3 chávenas de café Moderar a ingestão de alimentos gordos -> menor absorção de água Ingestão suplementar de sal, que deve ser feito sob a forma de líquido salgado Proibir bebidas alcoólicas etc

Figura 3 - Medidas de actuação sobre stress térmico

A aclimação, i.e. adaptação do corpo humano ao ambiente térmico sentido, é um factor que se revela de especial importância sobre os efeitos do ambiente térmico sobre o corpo humano. A aclimatização assume particular destaque na exposição a ambientes termicamente quentes, particularmente perante o desenvolvimento de tarefas pesadas. No caso de indivíduos aclimatizados ao calor:

- A produção de suor ocorre mais cedo e em maior quantidade;
- A concentração de sais no suor é menor;
- Ocorre um incremento na circulação de sangue pela pele de forma a melhorar a transferência do calor central para a pele;
- Verifica-se uma redução da frequência cardíaca de modo a reduzir o consumo de oxigénio e esforço cardiovascular.
- Ocorre uma melhoria na utilização da gordura corporal, sendo os hidratos de carbono reservados para esforços mais violentos em que se verifique um grande aumento da produção de energia.

A aclimação ocorre rapidamente, sendo que para ser atingido um nível elevado é suficiente uma exposição diária de duas horas, durante oito dias.

A aclimação ao frio é de menor importância, manifestando-se apenas ao nível do aumento do fluxo sanguíneo nas extremidades.

10. Definição de metodologia

O trabalho consistiu na obtenção dos diferentes dados relativos ao ambiente térmico, nomeadamente Temperatura Ambiente do Ar, Humidade Relativa (%), Temperatura de Globo (°C), Temperatura Bolbo Húmido (°C), Velocidade do ar ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), numa obra de construção civil.

10.1. Descrição da obra

O local onde foram recolhidos os dados consiste num empreendimento habitacional, promovido pela GaiaEspaço, e construído pela Piso Superior, na freguesia de Canidelo, em Vila Nova de Gaia. O empreendimento destina-se a habitação Multifamiliar e é constituído por três corpos de edifícios ligados entre si por cave comum. A construção vai ser desenvolvida em três fases, correspondendo o bloco A à 1ª fase, o bloco B à 2ª fase e o bloco C à 3ª fase.

O terreno de implantação tem uma área de 15.104 m^2 , confronta de norte com a via VL 7, de nascente com a Rua Entre Muros, de poente com a Rua Rio de Lagos e de Sul com terreno da empresa Solusel – Sociedade Lusitana de Obras e Empreitadas Lda., e é atravessado por uma linha de água que corre a céu aberto na metade norte.

No total serão construídos 70 fogos (6 tipo T1, 37 tipo T2 e 27 tipo T3).

A cave comportará 105 lugares de estacionamento, prevendo-se que a entrada se processe pelo bloco A e a saída pelo bloco C.

No exterior estão previstos 26 lugares, parte no domínio público, parte em domínio privado.

O acesso do exterior às habitações far-se-á a partir de 9 entradas distintas, cada uma delas com apartamentos dispostos em regime de esquerdo - direito.

O acesso ao bloco B far-se-á a partir de um arruamento privado que liga a Rua Entre Muros à Rua Rio de Lagos.

10.2. Condições locais

Os resultados dividem-se entre valores obtidos com a obra fechada, i.e., após a conclusão da colocação da alvenaria interior e exterior (Figura 4), e obra aberta (Figura 5), i.e., durante os trabalhos de execução da estrutura do edifício, antes da colocação de alvenaria.



Figura 4 - Bloco A - "Obra Fechada"



Figura 5 – Bloco B – "Obra Aberta"

Com os valores obtidos para a obra aberta, procurou-se determinar as condições a que estão sujeitos os trabalhadores que estão envolvidos na fase da construção da estrutura. Na condição de obra fechada, procurou-se determinar as condições a que estão sujeitos todos os trabalhadores que executam tarefas após a colocação de alvenaria, nomeadamente trolhas, picheleiros e electricistas, entre outros.

10.3. Recolha de dados

A recolha de dados processou-se entre Março de 2006 e Setembro de 2006, mediante diversas condições atmosféricas.

Dado que apenas havia disponível um aparelho de recolha de dados, a mesma era feita unicamente num piso por dia, durante o dia completo de trabalho, normalmente das 9.00 às 17.00. O intervalo de registo de dados adoptado foi de 1m40s.

Uma vez que para a obtenção da recolha de dados entre as diferentes condições da obra, aberta e fechada, foi necessário proceder a medições nos diferentes blocos, optou-se pela colocação do aparelho na proximidade das fachadas poente. Com isto, e uma vez que as medições foram efectuadas na sua grande maioria no período de verão, procurou-se a obtenção de valores mais críticos.

10.4. Meios utilizados na medição e no tratamento dos resultados

Para este estudo foi utilizado equipamento e *software* cedidos pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e fornecidos pela empresa Italiana LSI – *Laboratori di Instrumentazione Industriale s.p.a.*:

- Unidade de base para medições ambientais – marca LSI - modelo BABUC A – BSA10 com, porta série RS 232, 11 entradas e memória para 20.000 medidas.
- Sonda de globo preto opaco – marca LSI - modelo BST 131
- Sonda de fio quente para medição da velocidade do ar – marca LSI – modelo BSV 101
- Sonda psicométrica para medição da humidade relativa – marca LSI – modelo BSU 102
- Sonda de temperatura ambiente – marca LSI – modelo BST 101
- Sonda de temperatura húmida natural – marca LSI – modelo BSU 121
- *Software* denominado INFOGAP Vers. 2.20 Cod. MW 6501 da LSI para aquisição e tratamento de dados de acordo com as normas internacionais ISO. Tivemos disponíveis os módulos específicos para ambientes moderados e quentes.

11. Resultados

11.1. Datas das medições

No anexo 1 encontra-se uma listagem com as datas em que foram efectuadas as medições.

11.2. Condições atmosféricas durante os períodos das medições

Dada a existência de apenas um aparelho de recolha de dados, foi impossível proceder à caracterização das condições atmosféricas exteriores. Por este motivo foram solicitados ao Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica os dados referentes às condições meteorológicas dos dias em questão. Em virtude da não existência de nenhuma estação meteorológica mais próxima, os dados fornecidos foram os obtidos na estação da Serra do Pilar e Pedras Rubras. Estes encontram-se no anexo 2.

11.3. Gama de medições

Através do uso do equipamento e *software* disponível e utilizando os módulos de estudo de ambientes moderados e quentes foi possível obter a seguinte informação, que se encontra agrupada na Tabela 4.

Tabela 4 – Dados e respectiva gama de valores obtida através das medições

Símbolo	Descrição	Gama de funcionamento	Obtenção do valor
PMV	Voto Médio Previsível	-3 a +3	Calculado
PPD	Percentagem Previsível de Insatisfeitos	0 a 100%	Calculado
DR	Circulação de ar	0 a 100%	Calculado
PD	Percentagem previsível de insatisfeitos pela circulação de ar	0 a 100%	Calculado
CLO	Vestuário	0 a 2 Clo	Fornecido pelo utilizador
ETA	Rendimento mecânico	0 a 25%	Fornecido pelo utilizador
MET	Actividade	0,8 a 4 met	Fornecido pelo utilizador
ta	Temperatura ambiente do ar	0 a 60 °C	Medido
tw	Temperatura de bolbo húmido	-10 a 30 °C	Medido
tg	Temperatura de globo	10 a 40 °C	Medido
va	Velocidade do ar	0 a 1 m.s ⁻¹	Medido
Pa	Pressão parcial de vapor de água no ar	0 a 110 kPa	Calculado
RH	Humidade relativa	0 a 100%	Calculado / medido
tr	Temperatura radiante	0 a 80 °C	Calculado
var	Velocidade do ar relativa	0 a 10 m.s ⁻¹	Calculado
tnw	Temperatura de bolbo húmido nat. ventilado	-50 a 60 °C	Medido
WBGT Ext	WBGT Exterior	0 a 40 °C	Calculado
WBGT Int	WBGT Interior	0 a 40 °C	Calculado
SWreq_W	Taxa de Sudação Requerida	0 a 1000 W.m ⁻²	Calculado
To	Temperatura Operativa	0 a 80 °C	Calculado

Todos os dados apresentados pelo programa informático estão de acordo com as normas ISO 7730 (*Moderate Thermal Environments – Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort*), ISO 7243 (*Hot Environments – Estimation of the Heat Stress on Working Man, Based on the WBGT*) e ISO 7933 (*Hot Environments – analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate*).

11.4. Resultados das medições

Com o objectivo de facilitar a leitura deste documento os resultados das medições efectuadas foram colocados no anexo 3, encontrando-se agrupados por piso e por bloco. Para cada dia em que foram efectuadas medições encontra-se em anexo o registo dos parâmetros medidos e dos valores obtidos segundo os índices ambientais térmicos adoptados.

A título demonstrativo, encontram-se nas tabelas seguintes os resultados obtidos para um dos dias em causa. Os resultados visíveis nas tabelas Tabela 5 a Tabela 8 são referentes às medições efectuadas no dia 29 de Agosto, medições essas que decorreram entre as 9h26 e as 18h25, no 3º piso do Bloco B.

Na Tabela 5 estão dispostos os parâmetros cujos valores são resultantes das medições efectuadas.

Tabela 5 - Parâmetros Ambientais

Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
ta °C	24,70	21,88	26,44	1,05
tw °C	18,25	17,39	19,16	0,45
tg °C	25,12	22,22	26,71	1,05
RH %	52,62	46,20	64,80	3,78
tr °C	26,84	22,63	30,38	1,67
va m/s	2,55	0,44	6,07	1,25

A análise dos valores de referência obtidos e que nos são dados pela tabela anterior, assim como a análise do comportamento da curva dos parâmetros ao longo do dia permite uma caracterização inicial do dia em causa. No caso do exemplo aqui retratado podemos destacar a devada temperatura ambiente, compreendida entre um mínimo 21,88 °C, e um máximo de 26,44 °C. A análise da curva obtida (Gráfico 1) permite-nos constatar que o valor mínimo foi obtido ao início da manhã e o máximo ao início da tarde.

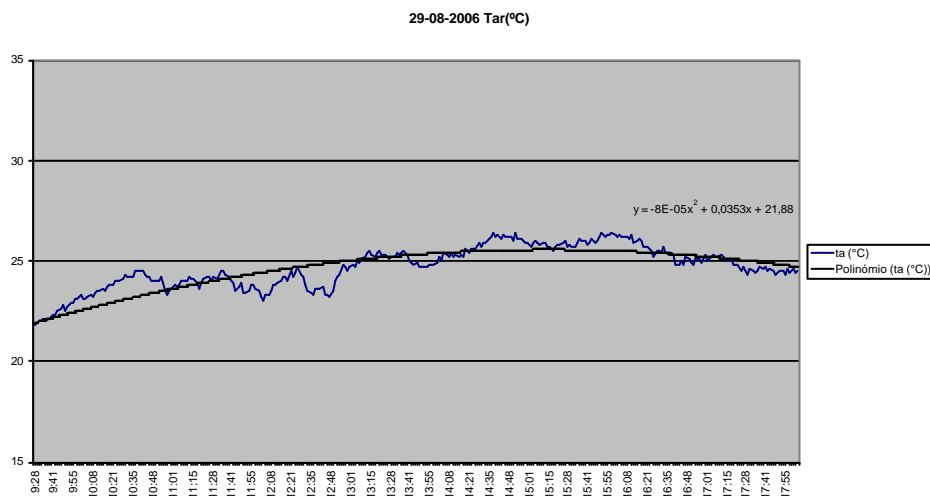


Gráfico 1 - Temperatura ar - 29-08-2006(°C)

Um outro parâmetro de destaque pelos elevados valores obtidos é a velocidade do ar, que como é visível no Gráfico 2 é crescente ao longo do dia, sendo ao início da tarde que são registados os seus valores máximos.

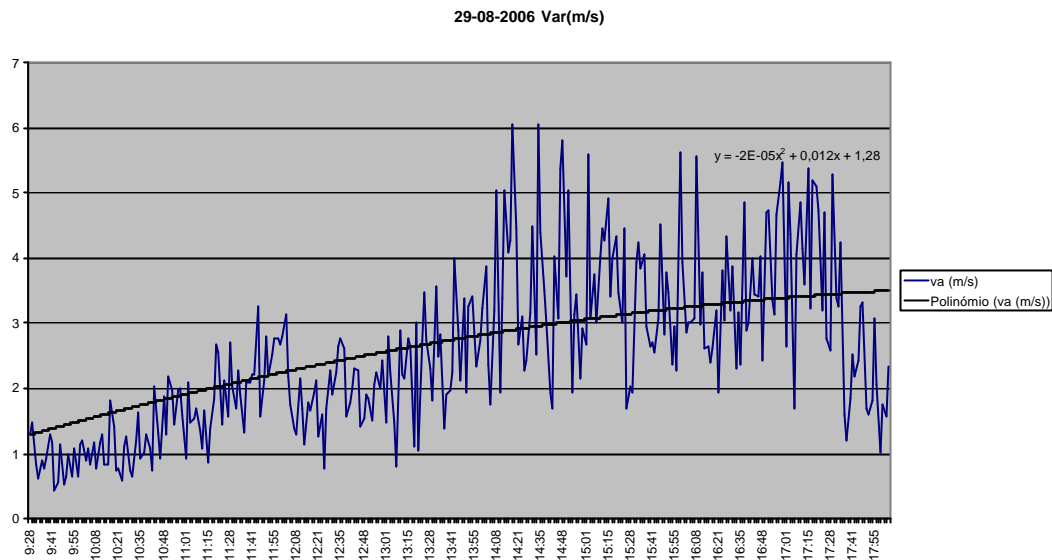


Gráfico 2 - Velocidade do ar - 29-08-2006

O registo dos valores obtidos possibilita a análise segundo os índices de avaliação de ambiente térmico, tanto para ambientes moderados (ISO 7730) como quentes (ISO 7933 e ISO 7243). Apesar de no capítulo 11.6 serem desenvolvidos os resultados obtidos para as várias avaliações segundo estas normas, as tabelas seguintes expressam os resultados obtidos para o exemplo em causa.

Tabela 6 - Índices avaliação ambiente térmico - Ambiente Moderado - ISO 7730

Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo
pa kPa	1,58	1,49	1,72
to °C	25,34	22,21	27,19
PMV	1,78	1,50	2,13
PPD %	65,63	50,73	82,22
PD %	97,35	67,67	100,00
DR %	96,56	63,40	100,00

A tabela acima expressa os índices PMV (Voto Médio Previsível) e PPD (Percentagem Pessoas Insatisfeitas). A análise do primeiro permite constatar que o dia em questão foi considerado como quente pelos trabalhadores, pois o valor médio obtido é de 1,78. Tal facto levou a que, em média, cerca de 65% das pessoas não se sentissem confortáveis face ao ambiente térmico sentido, sendo que nos momentos de maior calor essa percentagem foi de 82%. Face às elevadas velocidades do ar ocorridas, e como também é possível constatar na Tabela 6 o nível de desconforto em virtude das mesmas (Draught Rate – DR) é elevado, havendo sido obtido um valor médio de 96,56%.

Uma vez que o valor obtido segundo a norma ISO 7730, permitiu a constatação da existência de um ambiente térmico quente, importava a realização de uma análise segundo as ISO 7933 e ISO 7243. Esta revelou que o WBGT médio se situava em 20 °C, com um máximo registado de 21,3 °C. Apesar do nível de esforço exercido (ver capítulo 11.6) ambos os valores se encontram longe dos valores de referência do WBGT (ver Tabela 2).

No entanto, a análise segundo a taxa de sudção permite concluir que no dia em causa, o valor médio da taxa de sudção requerida (Tabela 7) foi ligeiramente superior ao da prevista (Tabela 8), o que levou a que fosse atingido o nível de alerta.

Tabela 7 - Índices avaliação ambiente térmico - Ambiente Quente - ISO 7933 e ISO 7243

Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo
pa kPa	1,63	1,46	1,76
to °C	25,14	22,20	26,76
SWreq_W W/m2	144,21	112,75	184,57
SWreq_g g/h	374,96	293,15	479,89
E _{max} W/m2	229,70	210,90	241,32
E _{req} W/m2	123,04	100,97	143,86
w _{req}	0,54	0,46	0,66
WBGT _{int} °C	20,33	18,98	21,39
WBGT _{ext} °C	20,29	18,95	21,35

Tabela 8 - Índices avaliação ambiente térmico - Ambiente Quente - ISO 7933 e ISO 7243

Parâmetro	Não aclimatizado Alarme	Não aclimatizado Perigo	Aclimatizado Alarme	Aclimatizado Perigo
SWp W/m2	143,95	143,95	143,95	143,95
SWp g/h	374,28	374,28	374,28	374,28
E _p W/m2	123,10	123,10	123,10	123,10
w _p	0,54	0,54	0,54	0,54
DLE min	416	480	480	480
Avaliação	1	0	0	0

11.5. Tratamento e análise de resultados

Com o intuito de caracterizar o local onde foram efectuadas as medições foi feita a comparação dos valores adquiridos em obra com os fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, e que foram obtidos nas estações meteorológicas da Serra do Pilar e Pedras Rubras. No anexo 4 encontram-se as tabelas com os resultados obtidos. A tabela abaixo colocada resume as diferenças obtidas nos vários parâmetros em medição.

Tabela 9 – Quadro Resumo Resultados

TMIN	SP	MEDIA DIF. (°C)	-2,3
		DESV. PADRÃO (°C)	1,7
	PR	MEDIA DIF. (°C)	-3,2
		DESV. PADRÃO (°C)	1,7
TMAX	SP	MEDIA DIF. (°C)	2,9
		DESV. PADRÃO (°C)	1,7
	PR	MEDIA DIF. (°C)	1,1
		DESV. PADRÃO (°C)	1,7
TMED	SP	MEDIA DIF. (°C)	0,3
		DESV. PADRÃO (°C)	1,0
	PR	MEDIA DIF. (°C)	-1,0
		DESV. PADRÃO (°C)	1,0
HR	SP	MEDIA DIF. (°C)	-3,3
		DESV. PADRÃO (°C)	7,7
	PR	MEDIA DIF. (°C)	-6,1
		DESV. PADRÃO (°C)	7,1
VMED	PR	MEDIA DIF. (°C)	1,9
		DESV. PADRÃO (°C)	1,3

SR Serra do Pilar; PR- Pedras Rubras

Dos dados obtidos pode-se constatar que, na obra:

- O valor da Temperatura mínima é superior e o da Temperatura máxima é inferior tanto em Pedras Rubras como na Serra do Pilar;
- A Temperatura média é semelhante à verificada na Serra do Pilar;
- A humidade relativa superior às obtidas tanto na Serra do Pilar como em Pedras Rubras;
- A velocidade do ar é inferior à registada na estação meteorológica de Pedras Rubras.

Os três primeiros factores são facilmente explicáveis com a proximidade ao oceano. Esta leva a que haja uma menor amplitude térmica ao longo do dia, assim como a que a humidade relativa seja superior.

O facto de a velocidade do ar ser inferior à medida nas estações do INMG, poderá ser explicado pelo facto do local em causa ser mais protegido à circulação de vento. A norte existe um edifício e a sul um pequeno bosque, que certamente contribuem para este facto.

11.6. Análise dos resultados segundo as normas ISO 7730, ISO 7243 e ISO 7933

Com o objectivo de caracterizar a influência dos resultados obtidos sobre os trabalhadores foi efectuada a análise do ambiente térmico de acordo com as normas ISO 7730 para Ambientes Térmicos Moderados e ISO 7243 e 7933 para Ambientes Térmicos Quentes.

Tal como foi referido no capítulo 8, a aplicação da norma ISO 7730 é referente à execução de trabalhos em ambientes interiores. Apesar de neste estudo ser feita a divisão em obra aberta e fechada, a situação de obra fechada não é o inteiramente pois na altura das medições ainda não haviam sido colocadas janelas o que promove a circulação de ar, atingindo estas velocidades em muitos casos superiores ao estipulado pela norma ($V_{\max} = 1 \text{ m.s}^{-1}$). No entanto, considerou-se útil no âmbito deste trabalho a realização da análise das condições térmicas para ambientes moderados, sendo que os resultados obtidos terão de ser alvo análise crítica, em virtude da não observância da totalidade das premissas da norma.

Parâmetros adoptados

O isolamento térmico provocado pela roupa no trabalhador encontra-se normalizado nas tabelas E.1 e E.2 da norma ISO 7730. Como referência para o estudo efectuado foi considerada uma vestimenta padrão para todos os trabalhadores. Os valores disponíveis na Tabela 10, foram retirados da tabela E.2 acima referida, e indicam o isolamento térmico adoptado nos cálculos.

Tabela 10 - Isolamento Térmico Roupa

Roupa	Isolamento Térmico (clo)
Cuecas	0,03
T-shirt	0,15
Calças	0,25
Botas	0,1
Meias	0,02
Total	0,55

Uma vez que as tarefas realizadas nos diferentes blocos são distintas, foi necessário considerar diferentes metabolismos para os trabalhadores que as executam.

Desta forma, como referência para o metabolismo dos trabalhadores que executam tarefas no Bloco A, e face aos trabalhos desempenhados, colocação tijolo, abertura roços, reboco, etc., foi adoptado o valor de referência referente à profissão de trolha. Este foi retirado da tabela B1 da norma ISO 8996 relativa ao ritmo metabólico em função da profissão. Uma vez que este se encontra compreendido entre os 110 e 160 $W.m^{-2}$, foi adoptado o valor referência de 150 $W.m^{-2}$.

No caso do bloco B, como a norma não contempla a arte de pedreiro, adoptou-se uma diferente metodologia para a estimativa do metabolismo. Assim, e com base na tabela E1 da norma ISO 8996, foi estimado o metabolismo destes trabalhadores em função das principais tarefas desempenhadas. A Tabela 11 expressa as tarefas consideradas.

Tabela 11 - Ritmo Metabólico para actividades típicas

Tarefa	Metabolismo ($W.m^{-2}$)
Betonagem	275
Vibrador	220
Execução Cofragens	180
Descofragem	180

Considerado que num ciclo completo de trabalho o trabalhador está envolvido 75% do seu tempo em tarefas de execução de cofragens e de descofragem, e os restantes 25% nas tarefas relativas à betonagem (trabalho com vibrador incluído), obtemos um metabolismo estimado de 197 $W.m^{-2}$.

Análise Resultados - Piso 0 Bloco A

Na tabela abaixo colocada (Tabela 12), são expressos os valores obtidos de acordo com a norma ISO 7730.

Tabela 12 - Valores obtidos no piso 0 bloco A (norma ISO 7730)

		Data						
		01-06-2006	13-07-2006	14-07-2006	19-07-2006	20-07-2006	25-07-2006	26-07-2006
PMV	Média	0,26	2,25	2,16	0,86	1,01	0,62	0,64
	Mínimo	-0,34	1,33	1,89	0,6	0,66	0,34	0,2
	Máximo	0,95	2,91	2,48	1,19	1,51	1,47	1,31
PPD %	Média	9,06	84,43	82,95	21,58	27,55	14,44	14,81
	Mínimo	5	41,72	71,5	12,5	14,07	7,4	5,8
	Máximo	24,06	98,66	93,02	34,88	51,18	49,39	40,6
PD %	Média	83,74	21,25	42,47	93,51	59,69	79,76	83,16
	Mínimo	20,8	1,4	4,11	59,07	6,78	3,13	5,03
	Máximo	100	100	100	100	100	100	100
DR %	Média	77,96	19,96	37,26	89,57	57,42	75,05	76,29
	Mínimo	21,67	1,69	3,66	51,62	8,9	4,16	6,35
	Máximo	100	100	93	100	100	100	100

Sendo a zona de conforto situada para valores de PMV compreendidos entre -0,5 e +0,5, e a análise segundo a ISO 7730 aplicável para valores entre -2 e 2+, constatou-se que em dois dos dias alvo de medição foram obtidos

valores médios de PMV superiores a + 2. Em ambos a temperatura ambiente média registada é próxima dos máximos admissíveis pela norma (30 °C), havendo a temperatura máxima ultrapassado esse mesmo limite. Em consonância com os elevados valores de PMV, também nestes dias se verifica uma elevada percentagem PPD, com valores médios superiores a 80%. Uma vez que estes valores são indicativos da existência de desconforto térmico, importa efectuar a análise segundo a ISO 7243 e ISO 7933 para a avaliação de ambientes termicamente quentes, com o intuito de determinar a possível ocorrência de situações de stress térmico. As tabelas abaixo colocadas (Tabela 13 e Tabela 14), expressam os valores obtidos de acordo com a norma.

Tabela 13 – Valores obtidos no piso 0 bloco A (normas ISO 7243)

		Data						
		01-06-2006	13-07-2006	14-07-2006	19-07-2006	20-07-2006	25-07-2006	26-07-2006
pa kPa	Média	0,86	1,76	1,76	1,96	1,86	1,83	1,98
	Mínimo	0,79	1,58	1,63	1,74	1,66	1,66	1,85
	Máximo	1,05	2,03	1,88	2,15	2,03	2,02	2,41
to °C	Média	20,96	30,21	29,44	23,97	24,07	23,38	22,26
	Mínimo	18,78	25,18	28,08	21,57	21,87	20,63	20,23
	Máximo	24,13	34,49	31,24	26,54	27,54	27,70	25,47
SWreq_W W/m2	Média	58,02	132,36	123,52	77,76	82,81	73,27	68,94
	Mínimo	40,56	91,86	109,41	58,30	68,11	55,12	53,28
	Máximo	79,93	167,64	142,65	106,69	104,68	108,39	90,29
SWreq_g g/h	Média	150,86	344,14	321,16	202,18	215,31	190,51	179,25
	Mínimo	105,45	238,83	284,46	151,58	177,08	143,31	138,52
	Máximo	207,82	435,85	370,89	277,40	272,18	281,81	234,75
Emax W/m2	Média	242,26	206,08	212,73	202,10	190,99	204,91	185,03
	Mínimo	226,91	175,88	192,15	172,41	165,95	176,49	166,76
	Máximo	260,16	238,14	227,24	224,21	223,79	226,07	202,52
Ereq W/m2	Média	56,28	112,28	107,51	72,57	76,06	68,88	64,56
	Mínimo	40,06	83,88	99,02	55,76	63,89	53,33	51,38
	Máximo	75,78	137,67	118,18	95,06	93,90	98,06	81,52
wreq	Média	0,23	0,54	0,51	0,36	0,40	0,34	0,35
	Mínimo	0,16	0,42	0,44	0,29	0,32	0,25	0,27
	Máximo	0,33	0,63	0,59	0,47	0,49	0,44	0,46
WBGTint °C	Média	15,38	23,69	23,25	20,33	20,49	19,87	19,48
	Mínimo	13,57	21,74	22,19	19,59	19,73	18,51	18,47
	Máximo	17,71	25,34	24,41	21,50	21,65	22,49	20,92
WBGText °C	Média	15,33	23,46	23,19	20,17	20,24	19,65	19,34
	Mínimo	13,52	21,56	22,15	19,48	19,60	18,44	18,39
	Máximo	17,58	24,81	24,32	21,31	21,17	22,04	20,72

Tabela 14 – Valores obtidos no piso 0 bloco A (norma ISO 7933)

		Data						
		01-06-2006	13-07-2006	14-07-2006	19-07-2006	20-07-2006	25-07-2006	26-07-2006
SWp W/m ²	Não aclimatizado Alarme	79,93	165,28	142,65	92,54	85,99	103,15	88,55
	Não aclimatizado Perigo	79,93	165,28	142,65	92,54	85,99	103,15	88,55
	Aclimatizado Alarme	79,93	165,28	142,65	92,54	85,99	103,15	88,55
	Aclimatizado Perigo	79,93	165,28	142,65	92,54	85,99	103,15	88,55
SWp g/h	Não aclimatizado Alarme	207,82	429,74	370,89	240,59	223,57	268,18	230,23
	Não aclimatizado Perigo	207,82	429,74	370,89	240,59	223,57	268,18	230,23
	Aclimatizado Alarme	207,82	429,74	370,89	240,59	223,57	268,18	230,23
	Aclimatizado Perigo	207,82	429,74	370,89	240,59	223,57	268,18	230,23
Ep W/m ²	Não aclimatizado Alarme	75,78	137,67	118,02	84,25	78,98	94,01	79,02
	Não aclimatizado Perigo	75,78	137,67	118,02	84,25	78,98	94,01	79,02
	Aclimatizado Alarme	75,78	137,67	118,02	84,25	78,98	94,01	79,02
	Aclimatizado Perigo	75,78	137,67	118,02	84,25	78,98	94,01	79,02
wp	Não aclimatizado Alarme	0,32	0,58	0,59	0,42	0,4	0,42	0,46
	Não aclimatizado Perigo	0,32	0,58	0,59	0,42	0,4	0,42	0,46
	Aclimatizado Alarme	0,32	0,58	0,59	0,42	0,4	0,42	0,46
	Aclimatizado Perigo	0,32	0,58	0,59	0,42	0,4	0,42	0,46
DLE min	Não aclimatizado Alarme	480	363	420	480	480	480	480
	Não aclimatizado Perigo	480	453	480	480	480	480	480
	Aclimatizado Alarme	480	480	480	480	480	480	480
	Aclimatizado Perigo	480	480	480	480	480	480	480
Avaliação	Não aclimatizado Alarme	0	1	1	0	0	0	0
	Não aclimatizado Perigo	0	1	0	0	0	0	0
	Aclimatizado Alarme	0	0	0	0	0	0	0
	Aclimatizado Perigo	0	0	0	0	0	0	0

Em consonância com a análise efectuada anteriormente, em dois dos dias analisados verificaram-se condições propícias à ocorrência de situações de stress térmico, havendo a situação mais crítica ocorrido a 13/7/2006. Neste dia, a média do WBGT situou-se nos 23,69°, e o seu máximo nos 25,34. Estes valores estão próximos do valor de referência do WBGT para o nível de esforço exercido, para indivíduos não aclimatizados (Ver Tabela 2). A análise segundo a taxa de sudação permite concluir que no dia em causa, o valor máximo da taxa de sudação requerida ultrapassou o da prevista, levando a que trabalhadores não aclimatizados, mesmo que gozassem de boa saúde e fossem fisicamente aptos para a tarefa em causa, se encontrassem sob risco de ocorrência aumento da temperatura corporal, o que poderia originar fadiga e câibras, No caso de trabalhadores aclimatizados, não se verificaram motivos para alarme. Face às condições sentidas, o tempo de exposição máximo até que fosse atingido o nível de alerta, nível que traduz uma situação de desconforto, mas para o qual trabalhadores em boa saúde e fisicamente aptos ainda não correm riscos em virtude do ambiente térmico, foi de 363 minutos. O nível de perigo, ou nível a partir do qual se poderá verificar a existência desse risco, era atingido ao fim de 453 minutos de exposição.

Análise Resultados - Piso 1 Bloco A

Tabela 15 – Valores obtidos no piso 1 bloco A (norma ISO 7730)

		Data					
		31-05-2006	19-06-2006	20-06-2006	21-06-2006	22-06-2006	23-06-2006
PMV	Média	0,54	-0,14	0,14	0,08	-0,18	-0,3
	Mínimo	-0,22	-0,67	-0,48	-0,57	-0,56	-0,65
	Máximo	1,35	0,49	0,67	0,75	1	0,25
PPD %	Média	15,07	7,6	7,23	8,33	8,12	7,68
	Mínimo	5	5	5	5	5	5,02
	Máximo	43,06	14,47	14,41	16,78	26,17	13,99
PD %	Média	82,58	95,58	95,2	95,52	99,76	100
	Mínimo	12,9	16,9	11,48	13,61	73,02	100
	Máximo	100	100	100	100	100	100
DR %	Média	77,83	85,17	88,64	87,83	96,31	98,1
	Mínimo	15,38	11,4	8,31	8,87	28,23	52,88
	Máximo	100	100	100	100	100	100

As medições efectuadas no piso 1 do bloco A (Tabela 15) revelaram um ambiente termicamente moderado em que o PMV médio está compreendido entre -0,18 e 0,54. O valor máximo é obtido a 31 de Maio, dia em que é atingido o valor de 1,35. Com excepção desse dia o nível de conforto é elevado, pois a percentagem média de insatisfeitos nunca excede os 15%. No período em questão o principal factor de incomodidade prende-se com a velocidade do α , que se caracterizou por valores médios próximos do $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, atingindo mesmo um máximo de $3,79\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (ver anexo 3). O nível de incomodidade provocado pela circulação de ar nunca foi inferior a 77%.

No seguimento da análise segundo a ISO 7243 e ISO 7933, constatou-se que no período em questão o ambiente térmico era moderado. O WBGT médio não ultrapassa os $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o valor máximo verificado é de $20,49\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Tabela 16). Em qualquer um dos dias a taxa de sudação requerida é inferior à prevista para a actividade e condições sentidas. Face a isto não seriam expectáveis consequências físicas para os trabalhadores devidas ao ambiente térmico (Tabela 17).

Tabela 16 –Valores obtidos no piso 1 bloco A (norma ISO 7243)

		Data					
		31-05-2006	19-06-2006	20-06-2006	21-06-2006	22-06-2006	23-06-2006
pa kPa	Média	0,76	1,59	2,15	1,49	1,70	1,63
	Mínimo	0,65	1,46	1,45	1,33	1,60	1,57
	Máximo	0,85	1,68	2,43	1,70	1,90	1,70
to °C	Média	22,62	19,23	20,27	20,26	19,45	19,16
	Mínimo	19,60	16,65	17,49	16,96	17,27	16,81
	Máximo	26,69	22,03	22,79	23,67	26,09	21,93
SWreq_W W.m ²	Média	68,16	45,27	52,27	52,76	45,04	41,28
	Mínimo	43,77	22,13	30,23	28,95	28,44	23,92
	Máximo	94,78	65,46	71,20	74,77	91,99	58,44
SWreq_g g.h ⁻¹	Média	177,22	117,70	135,90	137,18	117,10	107,32
	Mínimo	113,81	57,53	78,60	75,26	73,95	62,20
	Máximo	246,43	170,21	185,12	194,41	239,19	151,94
Emax W.m ²	Média	252,84	205,07	177,23	211,98	203,51	209,58
	Mínimo	234,08	174,15	155,75	178,63	174,35	181,87
	Máximo	273,00	232,46	214,59	235,32	222,94	224,50
Ereq W.m ²	Média	65,60	44,10	49,92	51,03	43,80	40,45
	Mínimo	43,22	22,00	29,93	28,68	28,17	23,77
	Máximo	89,30	62,18	65,48	70,53	84,66	56,15
wreq	Média	0,26	0,21	0,28	0,24	0,21	0,19
	Mínimo	0,16	0,11	0,14	0,14	0,14	0,11
	Máximo	0,36	0,32	0,40	0,35	0,40	0,28
WBGTint °C	Média	15,86	16,79	17,01	17,09	16,99	16,54
	Mínimo	13,47	15,64	15,81	15,36	15,86	15,38
	Máximo	18,70	18,19	18,20	19,25	20,49	17,82
WBGText °C	Média	15,72	16,65	16,90	16,96	16,86	16,32
	Mínimo	13,38	15,55	15,76	15,27	15,72	15,20
	Máximo	18,44	18,02	18,04	18,98	20,19	17,48

Tabela 17 – Valores obtidos no piso 1 bloco A (norma ISO 7933)

		Data					
		31-05-2006	19-06-2006	20-06-2006	21-06-2006	22-06-2006	23-06-2006
SWp W.m ⁻²	Não Aclimatizado Alarme	94,78	53,04	63,14	72,7	91,99	38,77
	Não Aclimatizado Perigo	94,78	53,04	63,14	72,7	91,99	38,77
	Aclimatizado Alarme	94,78	53,04	63,14	72,7	91,99	38,77
	Aclimatizado Perigo	94,78	53,04	63,14	72,7	91,99	38,77
SWp g.h ⁻¹	Não Aclimatizado Alarme	246,43	137,9	164,16	189,01	239,19	100,81
	Não Aclimatizado Perigo	246,43	137,9	164,16	189,01	239,19	100,81
	Aclimatizado Alarme	246,43	137,9	164,16	189,01	239,19	100,81
	Aclimatizado Perigo	246,43	137,9	164,16	189,01	239,19	100,81
Ep W.m ⁻²	Não Aclimatizado Alarme	89,3	51,71	60,49	68,56	84,66	38,15
	Não Aclimatizado Perigo	89,3	51,71	60,49	68,56	84,66	38,15
	Aclimatizado Alarme	89,3	51,71	60,49	68,56	84,66	38,15
	Aclimatizado Perigo	89,3	51,71	60,49	68,56	84,66	38,15
wp	Não Aclimatizado Alarme	0,34	0,22	0,29	0,34	0,4	0,18
	Não Aclimatizado Perigo	0,34	0,22	0,29	0,34	0,4	0,18
	Aclimatizado Alarme	0,34	0,22	0,29	0,34	0,4	0,18
	Aclimatizado Perigo	0,34	0,22	0,29	0,34	0,4	0,18
DLE min	Não Aclimatizado Alarme	480	480	480	480	480	480
	Não Aclimatizado Perigo	480	480	480	480	480	480
	Aclimatizado Alarme	480	480	480	480	480	480
	Aclimatizado Perigo	480	480	480	480	480	480
Avaliação	Não Aclimatizado Alarme	0	0	0	0	0	0
	Não Aclimatizado Perigo	0	0	0	0	0	0
	Aclimatizado Alarme	0	0	0	0	0	0
	Aclimatizado Perigo	0	0	0	0	0	0

Análise Resultados - Piso 2 Bloco A

Tabela 18 -Valores obtidos no piso 2 bloco A (norma ISO 7730)

		Data				
		06-06-2006	08-06-2006	12-06-2006	13-06-2006	16-06-2006
PMV	Média	1,77	0,21	0,51	0,51	0,58
	Mínimo	1,16	-0,07	-0,16	0,17	0,41
	Máximo	2,58	0,57	0,92	0,85	0,81
PPD %	Média	62,89	6,48	12,01	10,9	12,31
	Mínimo	33,2	5	5,04	5,6	8,47
	Máximo	94,9	11,79	22,8	20,21	18,71
PD %	Média	58,08	100	94,21	48,29	67,29
	Mínimo	11,68	100	26,09	0,27	0
	Máximo	100	100	100	100	100
DR %	Média	56,28	99,6	92,28	44,77	65,48
	Mínimo	10,28	91,22	25,66	0	0
	Máximo	100	100	100	100	100

Tal como nas medições efectuadas para o piso anterior, também as evidenciadas na Tabela 18 revelaram um ambiente termicamente moderado com um PMV médio compreendido entre 0,21 e 1,77. A média mais elevada foi obtida a 6 de Junho, dia em que também o máximo absoluto foi atingido com um valor de 2,58. Tal como anteriormente, à excepção desse dia o nível de conforto é elevado, com uma percentagem média de insatisfeitos compreendida entre os 6,48% e 12,31%.

Como factor de incomodidade há a destacar a velocidade do ar, que por duas vezes atingiu médias aproximadas a 2m.s^{-1} (Anexo 3), havendo mesmo sido registadas rajadas superiores a 5m.s^{-1} . Nos dias em causa o nível médio de incomodidade provocado pela circulação do ar superou os 90%.

Das tabelas seguintes constata-se que para o WBGT no dia 6/6/2006 é atingido um máximo próximo dos $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ de referência para pessoas não aclimatizadas. A análise do índice de sudação revela que o valor máximo de sudação requerida para manutenção de equilíbrio térmico excede o valor previsto, o que permite concluir da existência de uma situação de acumulação de calor por parte dos trabalhadores. Esta levará a que ao fim de 349 minutos seja atingido o nível de alerta, e ao fim de 436 minutos estes se encontrem em risco de ocorrência de stress térmico.

Tabela 19 – Valores obtidos no piso 2 bloco A (norma ISO 7243)

		Data				
		06-06-2006	08-06-2006	12-06-2006	13-06-2006	16-06-2006
pa kPa	Média	1,14	1,67	1,74	1,98	1,76
	Mínimo	0,90	1,40	1,60	1,81	1,57
	Máximo	1,32	1,84	1,82	2,17	2,08
to °C	Média	28,95	21,55	21,65	20,78	21,88
	Mínimo	24,97	19,50	19,20	20,10	20,16
	Máximo	36,02	23,55	23,95	22,29	22,92
SWreq _W W.m ⁻²	Média	113,80	57,00	57,77	62,17	64,87
	Mínimo	81,69	41,27	39,21	50,25	57,13
	Máximo	172,98	72,25	78,85	74,41	72,54
SWreq _g g.h ⁻¹	Média	295,89	148,20	150,21	161,65	168,67
	Mínimo	212,40	107,30	101,94	130,66	148,53
	Máximo	449,74	187,86	205,02	193,46	188,61
E _{max} W.m ⁻²	Média	257,51	216,32	211,69	173,90	197,93
	Mínimo	223,98	193,51	182,45	157,18	168,82
	Máximo	297,24	241,63	219,33	200,45	225,74
E _{req} W.m ⁻²	Média	103,91	55,10	55,59	58,51	61,67
	Mínimo	77,83	40,46	38,58	48,71	54,85
	Máximo	150,74	68,95	72,88	68,11	68,38
w _{req}	Média	0,40	0,25	0,26	0,34	0,31
	Mínimo	0,31	0,20	0,18	0,25	0,27
	Máximo	0,51	0,30	0,39	0,41	0,37
WBGT _{int} °C	Média	21,32	18,56	18,71	19,38	19,14
	Mínimo	18,84	17,80	16,97	18,52	18,53
	Máximo	24,52	19,49	20,13	20,30	20,17
WBGT _{ext} °C	Média	21,15	18,47	18,57	19,37	19,08
	Mínimo	18,77	17,68	16,88	18,52	18,48
	Máximo	24,08	19,31	19,96	20,26	20,11

Tabela 20 - Valores obtidos no piso 2 bloco A (norma ISO 7933)

		Data				
		06-06-2006	08-06-2006	12-06-2006	13-06-2006	16-06-2006
SWp W.m ²	Não Aclimatizado Alarme	171,80	68,94	54,56	54,05	63,22
	Não Aclimatizado Perigo	171,80	68,94	54,56	54,05	63,22
	Aclimatizado Alarme	171,80	68,94	54,56	54,05	63,22
	Aclimatizado Perigo	171,80	68,94	54,56	54,05	63,22
SWp g.h ⁻¹	Não Aclimatizado Alarme	446,69	179,24	141,87	140,54	164,38
	Não Aclimatizado Perigo	446,69	179,24	141,87	140,54	164,38
	Aclimatizado Alarme	446,69	179,24	141,87	140,54	164,38
	Aclimatizado Perigo	446,69	179,24	141,87	140,54	164,38
Ep W.m ²	Não Aclimatizado Alarme	149,39	65,91	52,89	51,96	60,45
	Não Aclimatizado Perigo	149,39	65,91	52,89	51,96	60,45
	Aclimatizado Alarme	149,39	65,91	52,89	51,96	60,45
	Aclimatizado Perigo	149,39	65,91	52,89	51,96	60,45
wp	Não Aclimatizado Alarme	0,51	0,3	0,25	0,28	0,3
	Não Aclimatizado Perigo	0,51	0,3	0,25	0,28	0,3
	Aclimatizado Alarme	0,51	0,3	0,25	0,28	0,3
	Aclimatizado Perigo	0,51	0,3	0,25	0,28	0,3
DLE min	Não Aclimatizado Alarme	349	480	480	480	480
	Não Aclimatizado Perigo	436	480	480	480	480
	Aclimatizado Alarme	480	480	480	480	480
	Aclimatizado Perigo	480	480	480	480	480
Avaliação	Não Aclimatizado Alarme	1	0	0	0	0
	Não Aclimatizado Perigo	1	0	0	0	0
	Aclimatizado Alarme	0	0	0	0	0
	Aclimatizado Perigo	0	0	0	0	0

Análise Resultados - Piso 3 Bloco A

Tabela 21 – ISO 7730 - Valores obtidos no piso 3 bloco A

Data		26-06-2006	27-06-2006	28-06-2006	29-06-2006	30-06-2006	15-09-2006	18-09-2006	20-09-2006
PMV	Média	0,26	0,16	-0,01	0,03	-0,12	-0,32	0,22	0,27
	Mínimo	-0,17	-0,3	-0,44	-0,59	-0,55	-0,64	-0,17	-0,15
	Máximo	0,88	0,78	0,44	0,71	0,21	0,23	1,13	0,93
PPD %	Média	8,07	7,45	6,47	8,69	5,6	7,81	7,64	8,52
	Mínimo	5	5	5	5	5	5	5	5
	Máximo	21,28	17,76	9,11	15,64	11,23	13,67	31,89	23,18
PD %	Média	12,19	15,41	19,34	35,76	93,57	99,37	80,22	64,66
	Mínimo	5,82	7,65	10,33	7,89	8,51	62,59	4,04	4,64
	Máximo	20,35	35,51	48,49	100	100	100	100	100
DR %	Média	10,84	11,4	11,96	12,02	76,28	94,24	71,37	52,43
	Mínimo	7,94	9,4	10,62	9,55	7,25	31,05	4,06	5,07
	Máximo	12,36	13,16	13,46	14,43	100	100	100	100

As medições cujos resultados estão evidenciados na Tabela 21 revelaram um ambiente termicamente moderado, com um PMV médio compreendido entre -0,32 e 0,27. Em virtude disso a percentagem média de insatisfeitos é inferior a 10%.

Uma vez que a média da temperatura ambiente foi na maioria dos dias inferior a 20 °C, e como a temperatura radiante média não superou os 21 °C, o único factor de incomodidade presente, embora em valores substancialmente inferiores aos verificados anteriormente, foi a circulação do ar. Apenas num dos dias se verificou uma incomodidade média superior a 90%.

Apesar dos resultados obtidos, a análise segundo a ISO 7243 e ISO 7933 (Tabela 22 e Tabela 23) revela que durante o período em que foram efectuadas as medições, por uma vez, foi atingido o nível de alerta. No dia 20/9/2006 foi obtido um WBGT máximo de 22,52 °C. No entanto, apesar desse valor se encontrar abaixo do valor de referência normalizado para pessoas não aclimatizadas (26 °C) as condições sentidas levam a que o valor máximo da taxa de sudação requerida seja superior ao da prevista. Este facto é indicativo da possibilidade de ocorrência de um aumento da temperatura corporal, sendo que neste caso tal não era expectável para trabalhadores de boa saúde e fisicamente habilitados à tarefa em causa.

Tabela 22 –Valores obtidos no piso 3 bloco A (norma ISO 7243)

		Data							
		26-06-2006	27-06-2006	28-06-2006	29-06-2006	30-06-2006	15-09-2006	18-09-2006	20-09-2006
pa kPa	Média	1,46	1,41	1,59	1,56	1,69	1,37	1,82	1,71
	Mínimo	1,30	1,27	1,42	1,50	1,62	1,25	1,74	1,41
	Máximo	1,73	1,54	1,76	1,61	1,77	1,51	2,13	1,90
to °C	Média	19,68	19,33	18,22	18,52	18,64	18,22	19,98	25,75
	Mínimo	17,35	16,96	15,95	15,42	17,34	16,88	18,02	23,48
	Máximo	22,40	22,47	20,54	22,04	19,82	20,89	24,03	28,71
SWreq _W W.m ⁻²	Média	57,03	54,82	48,55	50,39	45,08	39,05	53,88	148,59
	Mínimo	43,22	40,62	35,13	32,01	32,89	26,61	40,80	124,98
	Máximo	74,47	74,75	62,87	72,08	54,79	56,52	81,89	189,59
SWreq _t g.g.h ⁻¹	Média	148,28	142,54	126,22	131,00	117,21	101,53	140,10	386,34
	Mínimo	112,37	105,61	91,34	83,22	85,50	69,19	106,07	324,94
	Máximo	193,62	194,34	163,47	187,40	142,46	146,95	212,92	492,94
E _{max} W.m ⁻²	Média	188,23	189,69	178,97	181,04	189,62	215,05	187,19	227,92
	Mínimo	171,87	180,91	169,61	174,87	174,82	187,22	168,72	197,00
	Máximo	199,12	195,39	186,47	188,06	206,75	239,28	206,84	257,24
E _{req} W.m ⁻²	Média	54,54	52,55	46,75	48,31	43,84	38,39	51,69	125,72
	Mínimo	42,03	39,68	34,46	31,49	32,47	26,42	39,96	109,10
	Máximo	69,55	69,70	59,36	67,42	52,38	54,61	75,13	151,19
w _{req}	Média	0,29	0,28	0,26	0,27	0,23	0,18	0,28	0,55
	Mínimo	0,23	0,22	0,20	0,18	0,16	0,12	0,20	0,50
	Máximo	0,36	0,37	0,33	0,36	0,30	0,26	0,41	0,67
WBGT _{int} °C	Média	16,47	16,50	16,18	16,38	16,81	15,49	18,09	20,98
	Mínimo	15,49	15,09	14,77	14,54	15,91	14,81	16,93	19,86
	Máximo	17,33	19,60	17,84	18,79	17,65	16,52	20,80	22,52
WBGT _{ext} °C	Média	16,36	16,33	16,06	16,21	16,68	15,44	18,05	20,89
	Mínimo	15,42	14,94	14,68	14,36	15,77	14,79	16,91	19,76
	Máximo	17,16	19,34	17,64	18,54	17,51	16,39	20,86	22,46

Tabela 23 - Valores obtidos no piso 3 bloco A (ISO 7933)

		Data							
		26-06-2006	27-06-2006	28-06-2006	29-06-2006	30-06-2006	15-09-2006	18-09-2006	20-09-2006
SWp W.m ⁻²	Não Aclimatizado Alarme	67,04	73,27	59,34	69,25	48,26	49,86	81,89	146,24
	Não Aclimatizado Perigo	67,04	73,27	59,34	69,25	48,26	49,86	81,89	146,24
	Aclimatizado Alarme	67,04	73,27	59,34	69,25	48,26	49,86	81,89	146,24
	Aclimatizado Perigo	67,04	73,27	59,34	69,25	48,26	49,86	81,89	146,24
SWp g.h ⁻¹	Não Aclimatizado Alarme	174,31	190,5	154,29	180,05	125,48	129,64	212,92	380,24
	Não Aclimatizado Perigo	174,31	190,5	154,29	180,05	125,48	129,64	212,92	380,24
	Aclimatizado Alarme	174,31	190,5	154,29	180,05	125,48	129,64	212,92	380,24
	Aclimatizado Perigo	174,31	190,5	154,29	180,05	125,48	129,64	212,92	380,24
Ep W.m ⁻²	Não Aclimatizado Alarme	63,51	68,51	56,31	64,96	46,59	48,75	75,13	123,4
	Não Aclimatizado Perigo	63,51	68,51	56,31	64,96	46,59	48,75	75,13	123,4
	Aclimatizado Alarme	63,51	68,51	56,31	64,96	46,59	48,75	75,13	123,4
	Aclimatizado Perigo	63,51	68,51	56,31	64,96	46,59	48,75	75,13	123,4
wp	Não Aclimatizado Alarme	0,32	0,36	0,32	0,35	0,26	0,21	0,41	0,56
	Não Aclimatizado Perigo	0,32	0,36	0,32	0,35	0,26	0,21	0,41	0,56
	Aclimatizado Alarme	0,32	0,36	0,32	0,35	0,26	0,21	0,41	0,56
	Aclimatizado Perigo	0,32	0,36	0,32	0,35	0,26	0,21	0,41	0,56
DLE min	Não Aclimatizado Alarme	480	480	480	480	480	480	480	410
	Não Aclimatizado Perigo	480	480	480	480	480	480	480	480
	Aclimatizado Alarme	480	480	480	480	480	480	480	480
	Ac Aclimatizado Perigo	480	480	480	480	480	480	480	480
Avaliação	Não Aclimatizado Alarme	0	0	0	0	0	0	0	1
	Não Aclimatizado Perigo	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aclimatizado Alarme	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aclimatizado Perigo	0	0	0	0	0	0	0	0

Análise Resultados - Piso 0 Bloco B

Tabela 24 – Valores obtidos no piso 0 bloco B (norma ISO 7730)

		Data				
		03-07-2006	04-07-2006	05-07-2006	06-07-2006	07-07-2006
PMV	Média	1,16	0,88	0,96	1,33	1,72
	Mínimo	0,84	0,62	0,63	0,43	0,76
	Máximo	2,14	1,14	1,23	2,4	2,47
PPD %	Média	34,01	21,68	25	44,67	61,48
	Mínimo	19,8	13,15	13,31	8,86	17,04
	Máximo	82,74	32,5	36,81	91,14	92,74
PD %	Média	62,99	93,1	98,88	95,26	90,34
	Mínimo	0	0	54,62	26,04	10,48
	Máximo	100	100	100	100	100
DR %	Média	52,69	85,04	94,42	91,56	89,07
	Mínimo	0	0	34	19,59	13,13
	Máximo	100	100	100	100	100

As medições efectuadas no piso 0 do bloco B (Tabela 24) revelaram um ambiente térmico ligeiramente tépido (PMV = +1). Em três dias verificaram-se máximos do PMV acima de +2, o que é indicativo da ocorrência de um período de ligeiro desconforto térmico ao longo do dia.

A percentagem de insatisfeitos oscilou entre os 21,68% e os 61,48%. O factor de incomodidade relativo à circulação de ar cifrou-se nos 90% em três dos dias de medições, em virtude da ocorrência de velocidades médias do ar superiores a 1m.s^{-1} .

Tabela 25 – Valores obtidos no piso 0 bloco B (norma ISO 7243)

		Data				
		03-07-2006	04-07-2006	05-07-2006	06-07-2006	07-07-2006
pa kPa	Média	1,68	1,75	1,65	1,47	1,61
	Mínimo	1,51	1,57	1,38	1,38	1,48
	Máximo	1,95	1,84	1,91	1,79	1,82
to °C	Média	20,36	19,24	20,23	21,85	23,37
	Mínimo	18,67	18,40	18,38	17,72	19,02
	Máximo	24,92	20,20	21,56	26,78	27,78
SWreq_W W/m2	Média	106,50	93,48	48,72	109,14	122,87
	Mínimo	91,94	81,24	34,51	72,75	83,37
	Máximo	150,45	105,96	59,95	158,15	161,71
SWreq_g g/h	Média	276,90	243,06	126,68	283,75	319,46
	Mínimo	239,04	211,23	89,74	189,14	216,76
	Máximo	391,17	275,50	155,88	411,19	420,45
Emax W/m2	Média	201,01	201,52	211,52	232,56	227,86
	Mínimo	175,49	185,58	170,09	199,57	195,34
	Máximo	225,50	216,69	237,86	250,67	251,30
Ereq W/m2	Média	94,47	85,06	47,46	98,26	108,43
	Mínimo	84,59	76,05	34,03	69,36	77,99
	Máximo	122,06	92,88	57,65	130,99	136,97
wreq	Média	0,47	0,42	0,22	0,42	0,47
	Mínimo	0,40	0,36	0,17	0,31	0,36
	Máximo	0,61	0,50	0,29	0,59	0,60
WBGTint °C	Média	17,73	17,39	17,52	17,55	19,15
	Mínimo	16,96	16,53	16,53	15,32	16,86
	Máximo	19,81	18,14	18,43	20,19	21,11
WBGText °C	Média	17,62	17,33	17,45	17,41	18,99
	Mínimo	16,87	16,47	16,40	15,26	16,77
	Máximo	19,75	18,10	18,41	20,00	20,86

Tabela 26 – Valores obtidos no piso 0 bloco B (norma ISO 7933)

		Data				
		03-07-2006	04-07-2006	05-07-2006	06-07-2006	07-07-2006
SWp W/m2	Não aclimatizado Alarme	138,60	98,93	49,28	153,71	156,11
	Não aclimatizado Perigo	138,60	98,93	49,28	153,71	156,11
	Aclimatizado Alarme	138,60	98,93	49,28	153,71	156,11
	Aclimatizado Perigo	138,60	98,93	49,28	153,71	156,11
SWp g/h	Não aclimatizado Alarme	360,35	257,22	128,14	399,65	405,88
	Não aclimatizado Perigo	360,35	257,22	128,14	399,65	405,88
	Aclimatizado Alarme	360,35	257,22	128,14	399,65	405,88
	Aclimatizado Perigo	360,35	257,22	128,14	399,65	405,88
Ep W/m2	Não aclimatizado Alarme	117,07	89,04	48,19	128,84	132,59
	Não aclimatizado Perigo	117,07	89,04	48,19	128,84	132,59
	Aclimatizado Alarme	117,07	89,04	48,19	128,84	132,59
	Aclimatizado Perigo	117,07	89,04	48,19	128,84	132,59
wp	Não aclimatizado Alarme	0,56	0,45	0,21	0,57	0,55
	Não aclimatizado Perigo	0,56	0,45	0,21	0,57	0,55
	Aclimatizado Alarme	0,56	0,45	0,21	0,57	0,55
	Aclimatizado Perigo	0,56	0,45	0,21	0,57	0,55
DLE min	Não aclimatizado Alarme	432	480	480	390	384
	Não aclimatizado Perigo	480	480	480	480	480
	Aclimatizado Alarme	480	480	480	480	480
	Aclimatizado Perigo	480	480	480	480	480
Avaliação	Não aclimatizado Alarme	1	0	0	1	1
	Não aclimatizado Perigo	0	0	0	0	0
	Aclimatizado Alarme	0	0	0	0	0
	Aclimatizado Perigo	0	0	0	0	0

Apesar de tal como referido acima, em alguns dos dias se terem verificado períodos de desconforto térmico, as condições sentidas não se revelaram especialmente gravosas para os trabalhadores. Tal como é possível constatar na Tabela 25 e Tabela 26, os valores de WBGT obtidos estão abaixo da referência para indivíduos não aclimatizados. Verifica-se no entanto que o valor máximo da taxa de sudação requerida excede o da prevista, levando a que fosse atingido o nível de alerta.

Análise de Resultados Piso 1 Bloco B

Tabela 27 –Valores obtidos no piso 1 bloco B (norma ISO 7730)

		Data					
		10-07-2006	11-07-2006	12-07-2006	17-07-2006	18-07-2006	01-08-2006
PMV	Média	0,8	1,78	2,12	2,98	2,21	1,47
	Mínimo	0,23	1,02	1,06	2,48	1,27	1,14
	Máximo	1,58	2,78	3,54	3,24	2,81	1,73
PPD %	Média	20,91	62,95	59,78	95,56	82,85	49,18
	Mínimo	6,1	27,15	28,72	92,96	38,92	32,22
	Máximo	55,15	97,58	94,1	97,5	97,92	63,55
PD %	Média	90,07	91,37	81,3	61,83	47,58	62,95
	Mínimo	8,26	12,23	26,17	7,69	1,84	4,48
	Máximo	100	100	100	100	100	100
DR %	Média	81,58	89,57	76,38	59,56	48,13	59,94
	Mínimo	6,25	12,03	24,63	7,78	2,63	5,99
	Máximo	100	100	100	100	100	100

Na Tabela 27 encontram-se os resultados referentes às medições efectuadas no piso 1, bloco B. No período em causa verificaram-se dias com temperatura ambiente máxima próxima dos 30 °C. Como consequência o índice PMV revelou que a maioria dos trabalhadores consideraria os dias como tépidos ou quentes, verificando-se mesmo o caso de a 17 de Julho ter sido atingido um PMV médio próximo de 3. De realçar que nesse mesmo dia se registou uma velocidade de circulação do ar média de 2,91 m.s⁻¹, sendo que a incomodidade verificada apenas se cifrou nos 59,56%. Apesar de não ser de uma forma tão acentuada, também nos restantes dias se verificou uma incomodidade inferior àquela que seria de esperar face aos valores obtidos para a velocidade de circulação do ar. Este fenómeno poderá ser explicado com as elevadas temperaturas sentidas, pelo que nos dias em causa a circulação do ar era sentida como benéfica pelos trabalhadores.

Tabela 28 - Valores obtidos no piso 1 bloco B (norma ISO 7243)

		Data					
		10-07-2006	11-07-2006	12-07-2006	17-07-2006	18-07-2006	01-08-2006
pa kPa	Média	1,77	1,86	1,87	2,01	1,85	2,13
	Mínimo	1,71	1,77	1,76	1,74	1,45	1,93
	Máximo	1,84	1,93	1,97	2,37	2,21	2,31
to °C	Média	19,67	24,92	27,27	28,74	25,07	21,89
	Mínimo	16,42	19,79	20,26	26,15	20,90	20,22
	Máximo	23,02	28,64	34,24	30,99	28,67	23,19
SWreq _W W.m ⁻²	Média	91,96	142,12	169,21	195,67	148,89	117,99
	Mínimo	65,81	93,68	97,02	158,71	107,04	98,57
	Máximo	123,77	181,08	248,33	256,96	181,20	139,12
SWreq _g g.h ⁻¹	Média	239,10	369,52	439,95	508,74	387,11	306,77
	Mínimo	171,11	243,57	252,26	412,64	278,31	256,27
	Máximo	321,81	470,82	645,66	668,08	471,11	361,72
E _{max} W.m ⁻²	Média	207,62	216,05	222,61	216,25	206,29	188,12
	Mínimo	179,43	182,08	185,10	179,57	170,46	163,98
	Máximo	221,59	230,93	252,32	237,83	240,36	208,35
E _{req} W.m ⁻²	Média	84,14	119,60	135,63	148,80	122,41	100,83
	Mínimo	62,69	85,82	88,13	128,17	93,81	87,29
	Máximo	106,56	144,67	182,94	170,76	144,01	109,67
w _{req}	Média	0,41	0,55	0,61	0,69	0,59	0,54
	Mínimo	0,31	0,41	0,43	0,61	0,50	0,48
	Máximo	0,53	0,65	0,77	0,85	0,66	0,66
WBGT _{int} °C	Média	17,63	20,68	21,94	23,08	21,43	20,10
	Mínimo	15,88	17,95	18,21	22,15	19,87	19,42
	Máximo	19,46	22,57	25,10	24,26	22,84	20,75
WBGT _{ext} °C	Média	17,49	20,51	21,76	22,89	21,38	20,05
	Mínimo	15,78	17,80	18,07	21,98	19,76	19,36
	Máximo	19,34	22,37	24,89	24,01	22,73	20,67

Tabela 29 – Valores obtidos no piso 1 bloco B (norma ISO 7933)

		Data					
		10-07-2006	11-07-2006	12-07-2006	17-07-2006	18-07-2006	01-08-2006
SWp W.m ⁻²	Não Aclimatizado Alarme	109,13	181,08	200	200	174,23	124,29
	Não Aclimatizado Perigo	109,13	181,08	242,98	218,89	174,23	124,29
	Aclimatizado Alarme	109,13	181,08	242,98	218,89	174,23	124,29
	Aclimatizado Perigo	109,13	181,08	242,98	218,89	174,23	124,29
SWp g.h ⁻¹	Não Aclimatizado Alarme	283,73	470,82	520	520	452,99	323,17
	Não Aclimatizado Perigo	283,73	470,82	631,74	569,13	452,99	323,17
	Aclimatizado Alarme	283,73	470,82	631,74	569,13	452,99	323,17
	Aclimatizado Perigo	283,73	470,82	631,74	569,13	452,99	323,17
Ep W.m ⁻²	Não Aclimatizado Alarme	97,51	143,35	159,38	150,92	140,87	107,1
	Não Aclimatizado Perigo	97,51	143,35	180,03	159,16	140,87	107,1
	Aclimatizado Alarme	97,51	143,35	180,03	159,16	140,87	107,1
	Aclimatizado Perigo	97,51	143,35	180,03	159,16	140,87	107,1
wp	Não Aclimatizado Alarme	0,46	0,65	0,64	0,7	0,62	0,53
	Não Aclimatizado Perigo	0,46	0,65	0,72	0,74	0,62	0,53
	Aclimatizado Alarme	0,46	0,65	0,72	0,74	0,62	0,53
	Aclimatizado Perigo	0,46	0,65	0,72	0,74	0,62	0,53
DLE min	Não Aclimatizado Alarme	480	331	145	300	344	480
	Não Aclimatizado Perigo	480	414	308	342	430	480
	Aclimatizado Alarme	480	480	370	411	480	480
	Aclimatizado Perigo	480	480	480	480	480	480
Avaliação	Não Aclimatizado Alarme	0	1	2	1	1	0
	Não Aclimatizado Perigo	0	1	1	1	1	0
	Aclimatizado Alarme	0	0	1	1	0	0
	Aclimatizado Perigo	0	0	0	0	0	0

Dos dias analisados, aquele que se revelou mais crítico para a saúde dos trabalhadores foi 12-7-2006. Face às condições sentidas, o WBGT médio obtido neste dia é de 21,94 °C, havendo no entanto sido registado um máximo de 25,10 °C (Tabela 28). Sendo este um valor aproximado aos 26 °C de referência de WBGT para indivíduos não aclimatizados (Tabela 2), e considerando que a taxa de sudoreção requerida foi superior à prevista, não é portanto de admirar que as condições sentidas levassem à existência de risco de aumento da temperatura corporal e consequente fadiga e eventuais câibras (Tabela 29) em trabalhadores não aclimatizados. O ambiente térmico sentido levou também a que, para estes, fosse atingido o nível de alerta relativo à ocorrência de perda excessiva de água e consequente desidratação. Face a estas condições, o tempo máximo de exposição para trabalhadores que eventualmente se encontrassem fisicamente mais debilitados era de 145 minutos. No caso de trabalhadores aclimatizados, foi atingido o nível de alerta.

Em três dos restantes dias também se verificou a possibilidade de ocorrência de aumento da temperatura temporal dos trabalhadores não aclimatizados, sendo que no dia 17-7-2006 esta possibilidade também se verificou para quem se encontrasse aclimatizado.

Análise Resultados - Piso 2 Bloco B

Tabela 30 –Valores obtidos no piso 2 bloco B (ISO 7730)

		Data					
		02-08-2006	03-08-2006	04-08-2006	23-08-2006	24-08-2006	25-08-2006
PMV	Média	1,25	2,07	2,27	0,9	0,97	1,31
	Mínimo	0,82	0,92	1,69	0,63	0,9	1,03
	Máximo	2,36	2,71	2,87	1,14	1,1	1,53
PPD %	Média	38,45	73,16	84,79	22,28	24,98	41,24
	Mínimo	19,2	22,96	61,29	13,45	22,24	27,37
	Máximo	90,11	96,9	98,37	32,5	30,3	52,63
PD %	Média	100	87,92	79,49	95,37	100	100
	Mínimo	100	42,17	3,87	20,27	100	100
	Máximo	100	100	100	100	100	100
DR %	Média	96,96	84,57	78,5	88,2	100	100
	Mínimo	87,86	42,23	5,29	16,2	100	100
	Máximo	100	100	100	100	100	100

Dos dias analisados na Tabela 30, constatou-se que em três destes se verificou um ambiente térmico considerado ligeiramente tépido (PMV aproximadamente +1), ao passo que nos restantes (3 e 4 de Agosto) o ambiente era considerado quente. Nestes dias o PMV médio foi superior a +2 e foram registados máximos de 2,71 e 2,87. Com a exceção destes dias, em que a percentagem de insatisfeitos é superior a 70%, nos restantes verificam-se valores de insatisfação compreendidos entre 22% e 41%.

De realçar a elevada velocidade de circulação do ar, que nos dias menos quentes deu origem a uma elevada percentagem de incomodidade, havendo esta atingido mesmo os 100% no dia 25 de Agosto, dia este em que a velocidade média de circulação de ar foi de $3,49 \text{ m.s}^{-1}$.

A análise segundo a ISO 7243 e ISO 7933 (Tabela 31 e Tabela 32) permite constatar que nos dias 3 e 4 de Agosto se verificou o perigo de ocorrência do aumento da temperatura corporal dos trabalhadores não aclimatizados, podendo originar situações de fadiga e câibras. Nos restantes dias, apesar do ambiente térmico ligeiramente tépido, apenas a 2 de Agosto foi atingido o nível de alerta.

Nos dias em causa, trabalhadores que se encontrassem aclimatizados não se encontrava sobre qualquer risco inerente ao ambiente térmico sentido.

Tabela 31 - Valores obtidos no piso 2 bloco B (norma ISO 7243)

		Data					
		02-08-2006	03-08-2006	04-08-2006	23-08-2006	24-08-2006	25-08-2006
pa kPa	Média	1,74	1,95	1,18	1,86	1,62	1,93
	Mínimo	1,48	1,85	1,04	1,78	1,55	1,77
	Máximo	1,94	2,04	1,39	1,96	1,71	2,10
to °C	Média	23,84	24,53	26,99	20,37	21,72	21,83
	Mínimo	19,06	19,45	23,75	18,31	19,69	20,21
	Máximo	26,80	28,34	29,05	23,17	23,64	22,78
SWreq _w W.m ²	Média	130,15	141,15	153,29	99,90	108,17	115,88
	Mínimo	85,57	88,89	121,66	80,59	89,44	95,36
	Máximo	164,07	194,68	179,71	130,53	132,73	144,07
SWreq _g g.h ⁻¹	Média	338,40	366,98	398,54	259,74	281,24	301,28
	Mínimo	222,47	231,12	316,31	209,53	232,54	247,93
	Máximo	426,59	506,17	467,25	339,37	345,11	374,58
Emax ₂ W.m ⁻²	Média	221,50	209,51	262,73	202,07	224,14	198,21
	Mínimo	194,10	182,19	234,55	178,29	207,51	165,91
	Máximo	245,28	229,26	282,04	217,90	229,94	212,96
Ereq W.m ⁻²	Média	112,55	117,43	133,22	89,84	97,67	100,46
	Mínimo	79,23	81,33	110,86	74,86	83,15	87,19
	Máximo	134,60	148,28	150,61	111,40	114,38	111,69
wreq	Média	0,51	0,56	0,51	0,44	0,44	0,51
	Mínimo	0,38	0,41	0,42	0,38	0,37	0,41
	Máximo	0,63	0,72	0,57	0,54	0,54	0,67
WBG _{Tint} °C	Média	19,79	20,78	20,01	18,35	18,30	19,39
	Mínimo	17,38	18,01	17,91	17,20	16,89	17,97
	Máximo	21,09	22,60	21,24	19,86	19,59	20,27
WBG _{Text} °C	Média	19,65	20,67	19,97	18,28	18,26	19,34
	Mínimo	17,25	17,92	17,85	17,11	16,84	17,92
	Máximo	20,96	22,46	21,24	19,82	19,55	20,22

Tabela 32 – ISO 7933 - Valores obtidos no piso 2 bloco B

		Data					
		02-08-2006	03-08-2006	04-08-2006	23-08-2006	24-08-2006	25-08-2006
SWp W.m ⁻²	Não Aclimatizado Alarme	140,20	172,82	178,6	120,43	113,95	116,13
	Não Aclimatizado Perigo	140,20	172,82	178,6	120,43	113,95	116,13
	Aclimatizado Alarme	140,20	172,82	178,6	120,43	113,95	116,13
	Aclimatizado Perigo	140,20	172,82	178,6	120,43	113,95	116,13
SWp g.h ⁻¹	Não Aclimatizado Alarme	364,52	449,32	464,37	313,12	296,28	301,93
	Não Aclimatizado Perigo	364,52	449,32	464,37	313,12	296,28	301,93
	Aclimatizado Alarme	364,52	449,32	464,37	313,12	296,28	301,93
	Aclimatizado Perigo	364,52	449,32	464,37	313,12	296,28	301,93
Ep W.m ⁻²	Não Aclimatizado Alarme	117,87	140,26	149,37	106,14	102,39	100,55
	Não Aclimatizado Perigo	117,87	140,26	149,37	106,14	102,39	100,55
	Aclimatizado Alarme	117,87	140,26	149,37	106,14	102,39	100,55
	Aclimatizado Perigo	117,87	140,26	149,37	106,14	102,39	100,55
wp	Não Aclimatizado Alarme	0,56	0,61	0,57	0,49	0,45	0,52
	Não Aclimatizado Perigo	0,56	0,61	0,57	0,49	0,45	0,52
	Aclimatizado Alarme	0,56	0,61	0,57	0,49	0,45	0,52
	Aclimatizado Perigo	0,56	0,61	0,57	0,49	0,45	0,52
DLE min	Não Aclimatizado Alarme	427	347	335	480	480	480
	Não Aclimatizado Perigo	480	433	419	480	480	480
	Aclimatizado Alarme	480	480	480	480	480	480
	Aclimatizado Perigo	480	480	480	480	480	480
Avaliação	Não Aclimatizado Alarme	1	1	1	0	0	0
	Não Aclimatizado Perigo	0	1	1	0	0	0
	Aclimatizado Alarme	0	0	0	0	0	0
	Aclimatizado Perigo	0	0	0	0	0	0

Análise de Resultados - Piso 3 Bloco B

Tabela 33 –Valores obtidos no piso 3 bloco B (norma ISO 7730)

		Data							
		27-07-2006	28-07-2006	31-07-2006	28-08-2006	29-08-2006	30-08-2006	04-09-2006	05-09-2006
PMV	Média	1,26	1,26	Invalid data	0,93	1,78	2,48	2,24	2,05
	Mínimo	0,58	0,77	Invalid data	0,84	1,5	1,79	1,56	1,76
	Máximo	1,48	1,51	Invalid data	1,2	2,13	2,83	3,14	2,6
PPD %	Média	38,87	39,17	Invalid data	23,55	65,63	91,32	79,9	78,03
	Mínimo	12,06	17,37	Invalid data	19,79	50,73	66,39	54,06	64,92
	Máximo	49,68	51,31	Invalid data	35,16	82,22	98,05	99,09	95,32
PD %	Média	97,71	100	Invalid data	95,98	97,35	69,28	83,54	85,45
	Mínimo	75,26	100	Invalid data	67,87	67,67	12,65	34,34	22,65
	Máximo	100	100	Invalid data	100	100	100	100	100
DR %	Média	95,66	100	Invalid data	89,71	96,56	68,2	79,94	85,52
	Mínimo	62,46	100	Invalid data	40,16	63,4	13,5	35,51	25,4
	Máximo	100	100	Invalid data	100	100	100	100	100

Uma vez que as medições relativas ao piso 3 bloco B (Tabela 33), foram efectuadas em diferentes períodos, são vários os estados identificados. Assim, nos dias referentes a Julho verificaram-se temperaturas ambientes na ordem dos 20 °C, e temperaturas radiantes inferiores a 26 °C. O índice PMV avalia o ambiente sentido como ligeiramente tépido.

Nos dias referentes a final de Agosto e início de Setembro as temperaturas sentidas são mais elevadas, o que levou a um aumento do PMV para valores superiores a 2. Este facto leva a um aumento da percentagem de insatisfeitos dos cerca de 40% sentidos anteriormente para valores compreendidos entre os 65 e os 91%.

Neste piso há a realçar o facto da não obtenção de qualquer valor para o PMV no dia 31 de Julho. Facto devido à elevada velocidade do ar sentida, cujo valor mínimo foi superior a 1 m.s⁻¹.

Tabela 34 –Valores obtidos no piso 3 bloco B (norma ISO 7243)

		Data							
		27-07-2006	28-07-2006	31-07-2006	28-08-2006	29-08-2006	30-08-2006	04-09-2006	05-09-2006
pa kPa	Média	1,77	1,60	1,71	1,70	1,63	1,44	1,67	1,71
	Mínimo	1,67	1,43	1,55	1,54	1,46	1,31	1,48	1,41
	Máximo	1,84	1,73	1,84	1,83	1,76	1,72	1,82	1,90
to °C	Média	21,21	21,47	21,72	21,99	25,14	27,00	27,33	25,75
	Mínimo	17,89	18,79	19,35	19,33	22,20	23,78	22,44	23,48
	Máximo	22,20	23,04	23,88	23,92	26,76	28,56	30,77	28,71
SWreq_W W.m ⁻²	Média	104,65	105,13	114,18	112,87	144,21	157,55	166,74	148,59
	Mínimo	74,35	80,22	86,56	87,18	112,75	123,97	119,01	124,98
	Máximo	121,64	123,84	151,23	144,93	184,57	176,72	208,59	189,59
SWreq_g g.h ⁻¹	Média	272,10	273,34	296,87	293,47	374,96	409,63	433,51	386,34
	Mínimo	193,31	208,58	225,05	226,67	293,15	322,33	309,43	324,94
	Máximo	316,27	321,98	393,19	376,83	479,89	459,48	542,34	492,94
Emax W.m ⁻²	Média	212,72	224,40	209,64	217,45	229,70	246,62	233,14	227,92
	Mínimo	197,25	204,76	183,43	189,47	210,90	221,83	204,98	197,00
	Máximo	221,94	242,07	226,42	233,28	241,32	260,08	257,97	257,24
Ereq W.m ⁻²	Média	94,23	95,46	100,45	100,36	123,04	134,04	137,31	125,72
	Mínimo	70,00	75,50	80,12	80,92	100,97	111,23	104,99	109,10
	Máximo	105,35	109,41	122,69	119,85	143,86	147,46	160,73	151,19
wreq	Média	0,44	0,43	0,48	0,46	0,54	0,54	0,59	0,55
	Mínimo	0,34	0,34	0,39	0,38	0,46	0,45	0,49	0,50
	Máximo	0,52	0,50	0,64	0,59	0,66	0,61	0,70	0,67
WBG _{Tint} °C	Média	18,58	18,10	18,50	18,75	20,33	20,82	21,96	20,98
	Mínimo	16,63	16,53	17,51	17,42	18,98	18,85	19,34	19,86
	Máximo	19,30	19,13	19,60	19,71	21,39	21,73	23,85	22,52
WBG _{Text} °C	Média	18,54	18,00	18,43	18,65	20,29	20,79	21,92	20,89
	Mínimo	16,57	16,42	17,46	17,28	18,95	18,85	19,31	19,76
	Máximo	19,26	19,04	19,47	19,63	21,35	21,68	23,88	22,46

Tabela 35 –Valores obtidos no piso 3 bloco B (norma ISO 7933)

		Data							
		27-07-2006	28-07-2006	31-07-2006	28-08-2006	29-08-2006	30-08-2006	04-09-2006	05-09-2006
SWp W.m ⁻²	Não Aclimatizado Alarme	110,63	110,25	120,49	132,59	143,95	172,87	192,53	146,24
	Não Aclimatizado Perigo	110,63	110,25	120,49	132,59	143,95	172,87	192,53	146,24
	Aclimatizado Alarme	110,63	110,25	120,49	132,59	143,95	172,87	192,53	146,24
	Aclimatizado Perigo	110,63	110,25	120,49	132,59	143,95	172,87	192,53	146,24
SWp g.h ⁻¹	Não Aclimatizado Alarme	287,63	286,64	313,29	344,73	374,28	449,46	500,57	380,24
	Não Aclimatizado Perigo	287,63	286,64	313,29	344,73	374,28	449,46	500,57	380,24
	Aclimatizado Alarme	287,63	286,64	313,29	344,73	374,28	449,46	500,57	380,24
	Aclimatizado Perigo	287,63	286,64	313,29	344,73	374,28	449,46	500,57	380,24
Ep W.m ⁻²	Não Aclimatizado Alarme	98,57	100,39	105,38	111,5	123,1	145,09	156,91	123,4
	Não Aclimatizado Perigo	98,57	100,39	105,38	111,5	123,1	145,09	156,91	123,4
	Aclimatizado Alarme	98,57	100,39	105,38	111,5	123,1	145,09	156,91	123,4
	Aclimatizado Perigo	98,57	100,39	105,38	111,5	123,1	145,09	156,91	123,4
wp	Não Aclimatizado Alarme	0,47	0,42	0,5	0,56	0,54	0,57	0,61	0,56
	Não Aclimatizado Perigo	0,47	0,42	0,5	0,56	0,54	0,57	0,61	0,56
	Aclimatizado Alarme	0,47	0,42	0,5	0,56	0,54	0,57	0,61	0,56
	Aclimatizado Perigo	0,47	0,42	0,5	0,56	0,54	0,57	0,61	0,56
DLE min	Não Aclimatizado Alarme	480	480	480	452	416	347	311	410
	Não Aclimatizado Perigo	480	480	480	480	480	433	389	480
	Aclimatizado Alarme	480	480	480	480	480	480	467	480
	Aclimatizado Perigo	480	480	480	480	480	480	480	480
Avaliaç ão	Não Aclimatizado Alarme	0	0	0	1	1	1	1	1
	Não Aclimatizado Perigo	0	0	0	0	0	1	1	0
	Aclimatizado Alarme	0	0	0	0	0	0	1	0
	Aclimatizado Perigo	0	0	0	0	0	0	0	0

De nove dias analisados no 3º piso do bloco B (Tabela 34 e Tabela 35), em cinco foi atingido o nível de alerta relativo à ocorrência de aumento da temperatura corporal em indivíduos não aclimatizados, sendo que em dois destes, as condições sentidas levaram a que mesmo trabalhadores fisicamente aptos se encontrassem sob risco de ocorrência de stress térmico. No caso de trabalhadores aclimatizados, apenas no dia 4 de Setembro estavam sujeitos a condições que poderiam levar ao aumento da temperatura corporal. É neste dia que o WBGT atinge o seu valor mais elevado, sendo no entanto inferior ao 28 °C de referência da norma.

11.7. Análise crítica aos resultados obtidos

Como é possível verificar nas medições diárias colocadas em anexo, ao longo da esmagadora maioria dos dias é possível identificar momentos em que o PMV obtido se situa fora do intervalo para o qual o seu uso é recomendado ($-2 < PMV < +2$). Adicionalmente, e tal como mencionado no enquadramento teórico, o índice PMV só deve ser utilizado quando os seguintes 6 parâmetros se encontram dentro dos seguintes intervalos:

$$M = 46 - 232 W \cdot m^{-2} \text{ (0,8 a 4 met)}$$

$$T_a = 10 \text{ a } 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$I_{cl} = 0 - 0,310 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot W^{-1} \text{ (0 a 2 clo)}$$

$$T_r = 10 \text{ a } 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Var = 0 \text{ a } 1 \text{ m} \cdot s^{-1}$$

$$P_a = 0 \text{ a } 2700 \text{ Pa}$$

É também recomendável uma humidade relativa compreendida entre os 30 e 70%.

Assim, foi efectuada uma análise dos dados obtidos com o objectivo de verificar, para cada um dos dias em que foram efectuadas medições, qual a percentagem do tempo de trabalho em que o uso do índice PMV não é recomendado. As tabelas seguintes resumem os resultados obtidos, sendo a percentagem obtida a relação entre o número de medições em que o valor de PMV não se encontra dentro do intervalo ideal ou que não foi possível obter, com o número total de medições efectuadas.

Tabela 36- % $-2 > PMV > +2$ – Bloco A

MÊS	DIA	Piso	Bloco	% erro ou $-2 > PMV > +2$
6	1	0	A	2%
7	13	0	A	88%
7	14	0	A	89%
7	19	0	A	94%
7	20	0	A	3%
7	25	0	A	57%
7	26	0	A	10%
5	31	1	A	1%
6	19	1	A	33%
6	20	1	A	48%
6	21	1	A	23%
6	22	1	A	57%
6	23	1	A	62%
6	6	2	A	68%
6	8	2	A	90%
6	12	2	A	86%
6	13	2	A	1%
6	16	2	A	29%
6	26	3	A	0%
6	27	3	A	0%
6	28	3	A	0%
6	29	3	A	0%
6	30	3	A	2%
9	15	3	A	19%
9	18	3	A	10%
9	20	3	A	1%

Tabela 37- % $-2 > PMV > +2$ – Bloco B

MÊS	DIA	Piso	Bloco	% erro ou $-2 > PMV > +2$
7	3	0	B	5%
7	4	0	B	18%
7	5	0	B	75%
7	7	0	B	83%
7	17	0	B	100%
7	6	1	B	80%
7	10	1	B	73%
7	11	1	B	80%
7	12	1	B	94%
7	18	1	B	73%
8	1	1	B	75%
8	2	2	B	99%
8	3	2	B	97%
8	4	2	B	93%
8	23	2	B	71%
8	24	2	B	98%
8	25	2	B	98%
7	27	3	B	94%
7	28	3	B	96%
7	31	3	B	100%
8	28	3	B	97%
8	29	3	B	92%
8	30	3	B	98%
9	4	3	B	90%
9	5	3	B	93%

Os resultados permitem constatar uma maior predominância de ocorrências no bloco B. Tal poderá ser explicado pela maior exposição à circulação do ar, cuja velocidade num grande número de medições ultrapassa largamente o máximo de $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, inviabilizando desta forma o uso do índice PMV. Os valores da velocidade do ar sentidos são também responsáveis pela elevada percentagem de insatisfeitos em virtude da circulação do ar.

Apesar das condições de medição não se adequarem, durante todo o período de medição, às premissas da norma, a análise efectuada permitiu constatar a ocorrência de condições térmicas que poderiam levar a consequências nos trabalhadores, particularmente em indivíduos não aclimatizados. Consta-se a ocorrência, por algumas vezes, de um ambiente térmico tal que poderia conduzir a situações de aumento da temperatura corporal dos trabalhadores. Num único caso verificaram-se condições que poderiam levar à desidratação dos mesmos.

Uma vez que neste trabalho não foi feito um acompanhamento médico dos trabalhadores para contrapor eventuais consequências físicas que tenham ocorrido com o resultados das medições, não foi possível determinar uma relação causa-efeito efectiva entre essas mesmas possíveis consequências e o ambiente térmico sentido.

12. Correlação

Com o intuito de se verificar a existência de eventuais condições de previsibilidade para os diferentes parâmetros a partir de valores recolhidos ao longo do dia, foi realizada uma análise de correlação entre os todos os parâmetros medidos. Esse estudo foi efectuado entre medições obtidas em dias diferentes, mas com a mesma localização (edifício e piso).

Resultados obtidos

Velocidade do ar

O nível de correlação entre os valores obtidos para a velocidade do ar é, na maioria dos dias, próxima de 0. Isto é patente nas tabelas abaixo colocadas, referentes às correlações obtidas no piso 1 do edifício A e piso 0 do edifício B, em que em nenhuma das correlações tem valores superiores, em valor absoluto, a 0,1.

Tabela 38 – Correlação Velocidade do ar – Edifício A – Piso 1

	31-05-06	19-06-06	20-06-06	21-06-06	22-06-06	23-06-06
31-05-06	1					
19-06-06	0,0757	1				
20-06-06	0,0652	0,0572	1			
21-06-06	0,0256	0,0243	0,0379	1		
22-06-06	0,0724	0,0914	0,0748	0,0403	1	
23-06-06	0,0931	0,0382	0,0900	0,0492	0,0788	1

Tabela 39 – Correlação Velocidade do ar – Edifício B – Piso 0

	03-07-06	04-07-06	05-07-06	06-07-06	07-07-06
03-07-06	1				
04-07-06	0,060	1			
05-07-06	0,059	0,020	1		
06-07-06	0,047	-0,034	0,029	1	
07-07-06	0,027	-0,038	0,031	-0,009	1

Apesar da localização em que foram efectuadas as medições ser semelhante, esta era uma conclusão expectável em virtude da grande variação nos valores obtidos ao longo dos diferentes dias. Como é possível verificar no anexo 5, por norma a velocidade média do ar é superior na parte da tarde. Isto pode ser justificado com o aumento da diferença de temperaturas entre a terra e o mar neste período. Como consequência existe uma grande variação de valores ao longo do dia, pelo que não é possível padronizar um comportamento deste parâmetro.

Temperatura do ar

O parâmetro que apresentou melhor correlação foi a temperatura do ar, obtida nas medições realizadas no edifício A (após colocação de alvenaria).

Como é visível nas tabelas seguintes (Tabela 40 e Tabela 41), são atingidos valores de correlação superiores a 0,90 em diversos dias e, na maioria dos restantes, superiores a 0,80.

Como se poderá verificar no anexo 5, esta é uma característica presente também na maioria das medições efectuadas nos restantes pisos.

Tabela 40 - Correlação Temperatura do Ar – Edifício A – Piso 1

	31-05-06	19-06-06	20-06-06	21-06-06	22-06-06	23-06-06
31-05-06	1					
19-06-06	0,9090	1				
20-06-06	0,9749	0,8919	1			
21-06-06	0,9654	0,9395	0,9315	1		
22-06-06	0,9006	0,9170	0,8639	0,9087	1	
23-06-06	0,8657	0,9038	0,8489	0,9169	0,8945	1

Tabela 41 - Correlação Temperatura do Ar – Edifício A – Piso 3

	26-06-06	27-06-06	28-06-06	29-06-06	30-06-06	15-09-06	18-09-06	20-09-06
26-06-06	1							
27-06-06	0,9430	1						
28-06-06	0,9424	0,9486	1					
29-06-06	0,9279	0,9424	0,9571	1				
30-06-06	0,5433	0,4750	0,5719	0,5282	1			
15-09-06	0,9017	0,9267	0,9242	0,9028	0,3828	1		
18-09-06	0,9150	0,9510	0,9368	0,8937	0,4369	0,9627	1	
20-09-06	0,9608	0,9552	0,9705	0,9662	0,5007	0,9436	0,9349	1

Apesar de os resultados indicarem que nos dias em questão os valores obtidos obedeceram a um comportamento mais ou menos definido, o desenvolvimento de um modelo de previsão para o comportamento da temperatura não é possível. Isto porque também se verifica a ocorrência de dias, como 30-06-2006, em que os valores obtidos diferem substancialmente dos restantes.

Este facto poderá ser explicado pela influência das condições atmosféricas sobre as medições. Pois apesar de estas terem sido realizadas no interior do edifício, este não se encontrava totalmente isolado do ambiente exterior.

O mesmo nível de correlação não se verifica entre as medições efectuadas no edifício B. Como é possível verificar na Tabela 42 e Tabela 43 abaixo colocadas, os valores obtidos são substancialmente inferiores, de tal forma que os resultados da correlação da temperatura obtidos neste edifício, só por 3 vezes ultrapassam 0,90.

Tabela 42 - Correlação Temperatura Ar - Bloco B - Piso 2

	02-08-06	03-08-06	04-08-06	23-08-06	24-08-06	25-08-06
02-08-06	1					
03-08-06	0,8405	1				
04-08-06	0,9134	0,8997	1			
23-08-06	0,4561	0,8176	0,6998	1		
24-08-06	0,9385	0,9036	0,8958	0,6909	1	
25-08-06	0,3165	0,3303	0,5008	0,1464	0,2722	1

Tabela 43 - Correlação Temperatura Ar - Bloco B - Piso 3

	27-07-06	28-07-06	31-07-06	28-08-06	29-08-06	30-08-06	04-09-06	05-09-06
27-07-06	1							
28-07-06	0,7815	1						
31-07-06	0,8342	0,8559	1					
28-08-06	0,7556	0,8133	0,8565	1				
29-08-06	0,6853	0,7612	0,8743	0,6578	1			
30-08-06	0,7423	0,6500	0,7112	0,2527	0,5580	1		
04-09-06	0,6021	0,4429	0,5893	0,0941	0,3291	0,3468	1	
05-09-06	0,5015	0,6531	0,7151	0,5598	0,8186	0,6899	0,2617	1

Isto poderá ser explicado pelo facto de também no edifício B as medições serem afectadas pelas condições atmosféricas sentidas, sendo que neste, uma vez que as medições foram realizadas antes da construção das paredes de alvenaria, o nível de exposição aos elementos é superior ao edifício A, diminuindo ainda mais qualquer acção que o edifício possa exercer em termos de controlo da temperatura.

Em vários dos dias em que ocorre um elevado nível de correlação entre os valores de temperatura do ar, verifica-se também a existência de correlação na temperatura de bolbo seco (Tabela 44) e temperatura de globo (Tabela 45), sendo nesta entre maior número de dias. Isto poderá ser explicado pelo facto de as medições terem sido efectuadas nas fachadas viradas a poente, levando a uma maior incidência da radiação solar ao final da tarde.

Tabela 44 - Correlação Temperatura Bolbo Seco – Edifício A – Piso 3

	26-06-06	27-06-06	28-06-06	29-06-06	30-06-06	15-09-06	18-09-06	20-09-06
26-06-06	1							
27-06-06	0,9768	1						
28-06-06	0,9366	0,9650	1					
29-06-06	0,9644	0,9650	0,9381	1				
30-06-06	0,5142	0,5640	0,5392	0,4529	1			
15-09-06	0,8433	0,8605	0,8529	0,8354	0,3608	1		
18-09-06	0,9083	0,9190	0,9207	0,8909	0,4566	0,9179	1	
20-09-06	0,9467	0,9653	0,9472	0,9576	0,4753	0,8708	0,9109	1

Tabela 45 - Correlação Temperatura Globo – Edifício A – Piso 3

0	26-06-06	27-06-06	28-06-06	29-06-06	30-06-06	15-09-06	18-09-06	20-09-06
26-06-06	1							
27-06-06	0,9786	1						
28-06-06	0,9611	0,9742	1					
29-06-06	0,9761	0,9804	0,9641	1				
30-06-06	0,7059	0,7353	0,6928	0,6704	1			
15-09-06	0,9314	0,9613	0,9652	0,9657	0,6248	1		
18-09-06	0,9491	0,9703	0,9814	0,9644	0,6576	0,9876	1	
20-09-06	0,9522	0,9824	0,9659	0,9805	0,6668	0,9780	0,9693	1

Dos resultados obtidos não foi possível aferir a existência de um padrão de comportamento nos valores adquiridos nos diferentes dias, que permita a determinação de um modelo que possa ser usado na previsão de resultados expectáveis.

Dias Tipo

Através das análises das correlações, foi possível determinar quais os dias que apresentaram um comportamento semelhante. Destes são exemplo 21-06-2006, dia em que foram efectuadas medições no piso 1 do edifício A, e 24-08-2006, dia em que foram feitas medições no segundo piso do edifício B. A escolha de ambos como ilustrativos de dias tipo prende-se com os elevados níveis de correlação demonstrados no maior número de parâmetros possível, com os restantes dias em que foram efectuadas medições no mesmo piso. Como é possível constatar nos valores constantes do anexo 5, ambos apresentam elevados níveis de correlação, com valores próximos de 0,9 em vários dos parâmetros medidos. Destes destacam-se temperatura, temperatura bolbo seco, temperatura de globo e WBGT. Nos restantes parâmetros, e à semelhança dos resultados obtidos para a generalidade das medições, o nível de correlação obtido apresenta valores inferiores. Importa referir que, tal como já mencionado acima, o nível de correlações obtido no edifício B é inferior ao A, pelo que o número de dias com que 24-08-2006 apresenta elevados níveis de correlação é menor.

A 21-06-2006 as medições registaram uma temperatura do ar mínima de 16,2 °C e uma máxima de 21 °C. Como é visível no gráfico abaixo colocado, a temperatura apresenta uma curva de tendência convexo, indicativa de um aumento durante o período matinal e início da tarde, sendo a temperatura máxima atingida às 15:11. A partir das 16h verificou-se uma descida lenta da temperatura.

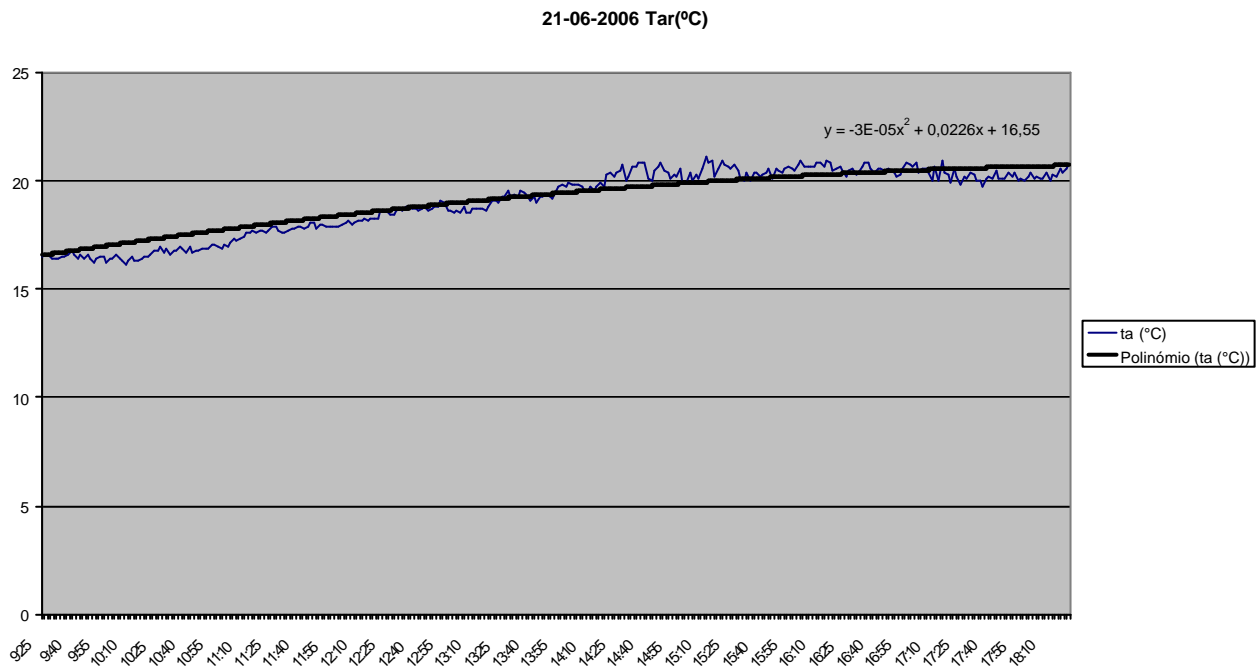


Gráfico 3 – Temperatura do ar – 21-06-2006

A humidade relativa, expressa no Gráfico 4, apresenta o seu valor máximo ao início da manhã, momento a partir do qual inicia a sua descida, atingindo o mínimo de 54% ao início da tarde. Com o desenrolar da mesma, verificou-se nova subida.

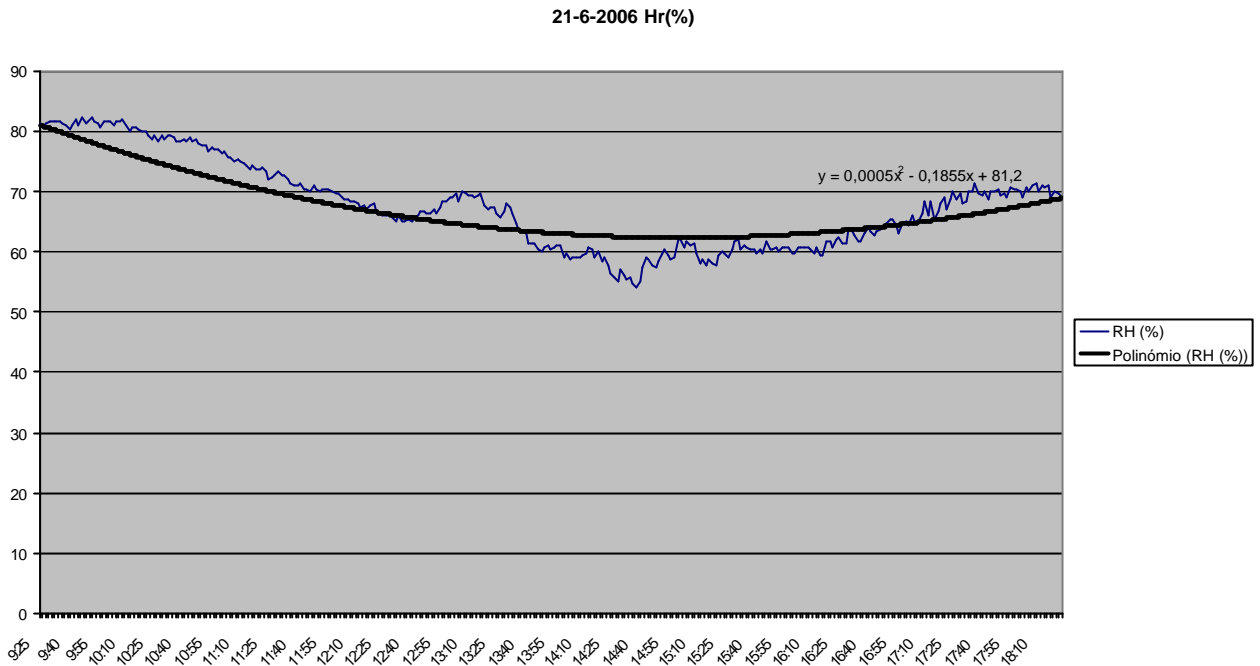


Gráfico 4 -Humidade Relativa – 21-06-2006

A velocidade do ar (Gráfico 5) durante o período da manhã situou-se maioritariamente abaixo do $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, mas durante a tarde verificou-se um aumento da velocidade média, sendo atingidos picos superiores a $2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

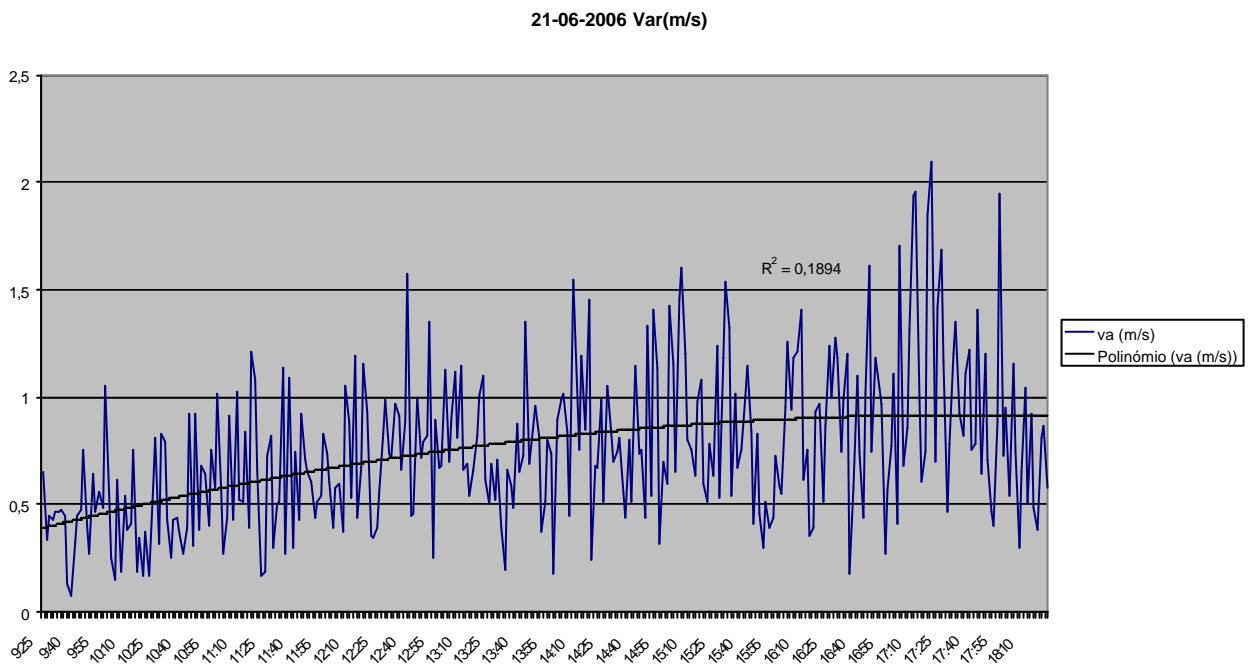
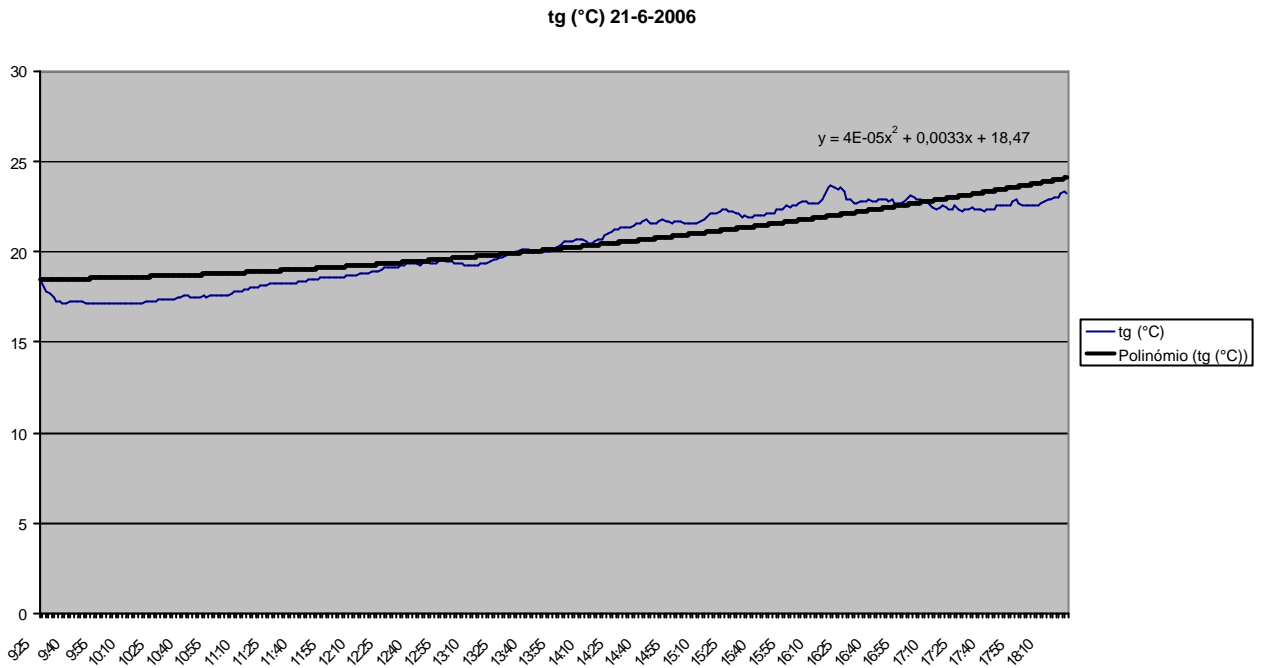
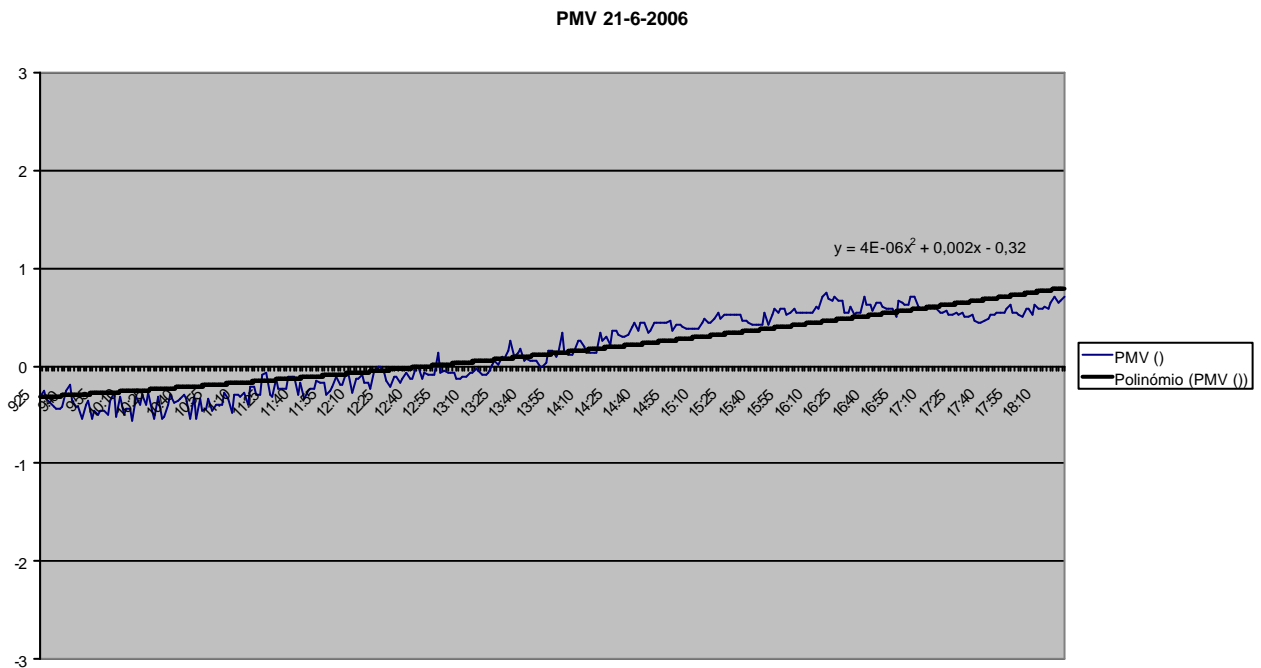


Gráfico 5 - Velocidade do Ar - 21-06-2006

A temperatura de globo apresentou uma tendência continuamente crescente (Gráfico 6). Este facto pode ser explicado por o equipamento de medição ser colocado na fachada poente do edifício, o que originava o aumento do grau de exposição ao longo do dia, traduzindo-se num inevitável aumento da Tg. Em futuros trabalhos este será um aspecto a ter em maior atenção.



Como é facilmente constatável no gráfico abaixo colocado, o PMV registado encontra-se na denominada zona de conforto térmico, i.e. entre -0,5, registado durante a manhã e 0,5 durante a tarde.



O índice WBGT, apresenta um comportamento crescente ao longo do dia, nunca atingido, no entanto os 20 °C (Gráfico 8).

WBGT 21-6-2006

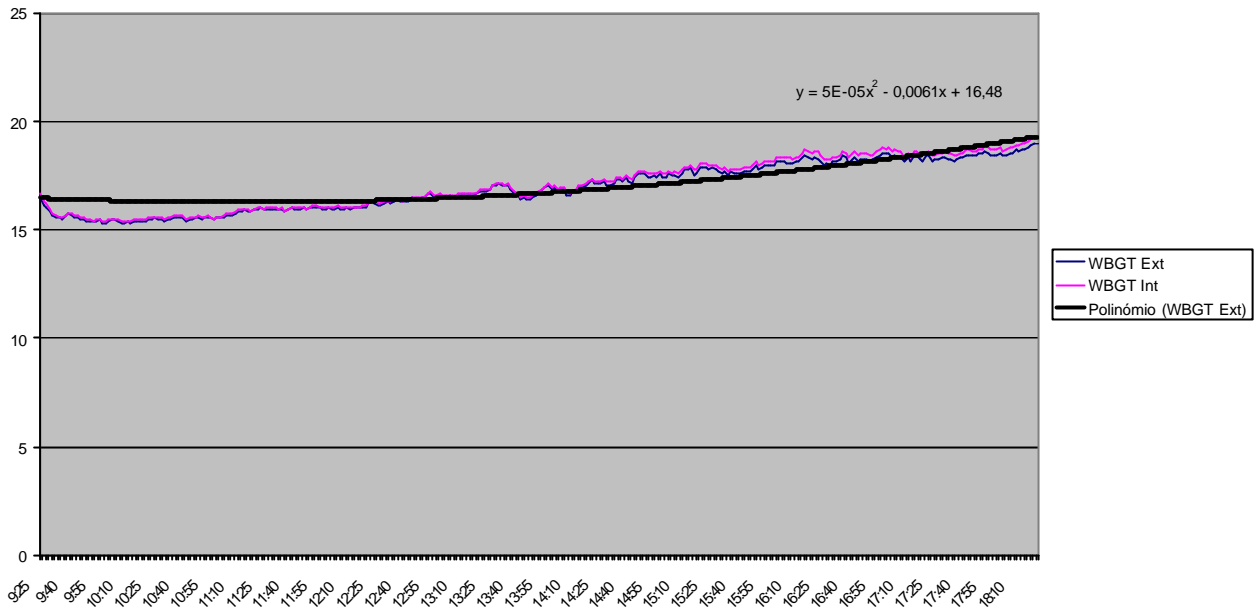


Gráfico 8 - WBGT - 21-6-2006

Tal como referido acima, o dia tipo, referente às medições no segundo piso do bloco B foi 24-08-2006. Neste, foi registada uma temperatura do ar mínima de 18,9 °C, e uma máxima de 23,2 °C. Como é visível no gráfico abaixo colocado (Gráfico 9), as medições registaram uma curva com um comportamento do tipo convexo, indicativa de um aumento durante o período matinal e início da tarde, sendo a temperatura máxima atingida às 15h05, período após o qual se começou a verificar a descida da temperatura.

24-08-2006 Tar(°C)

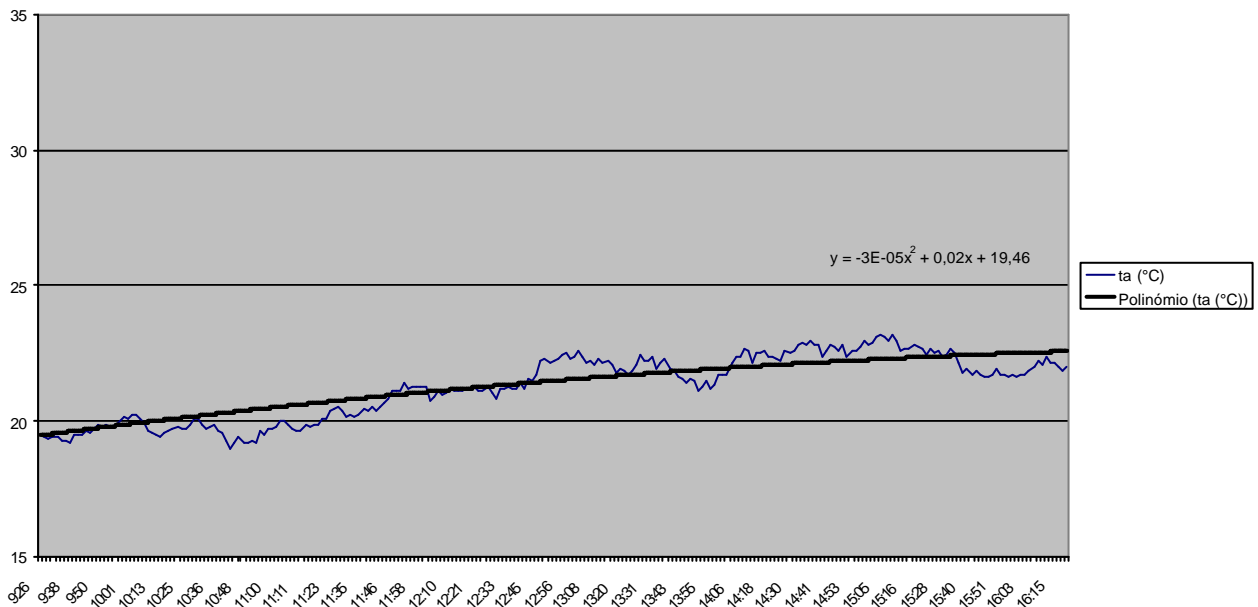
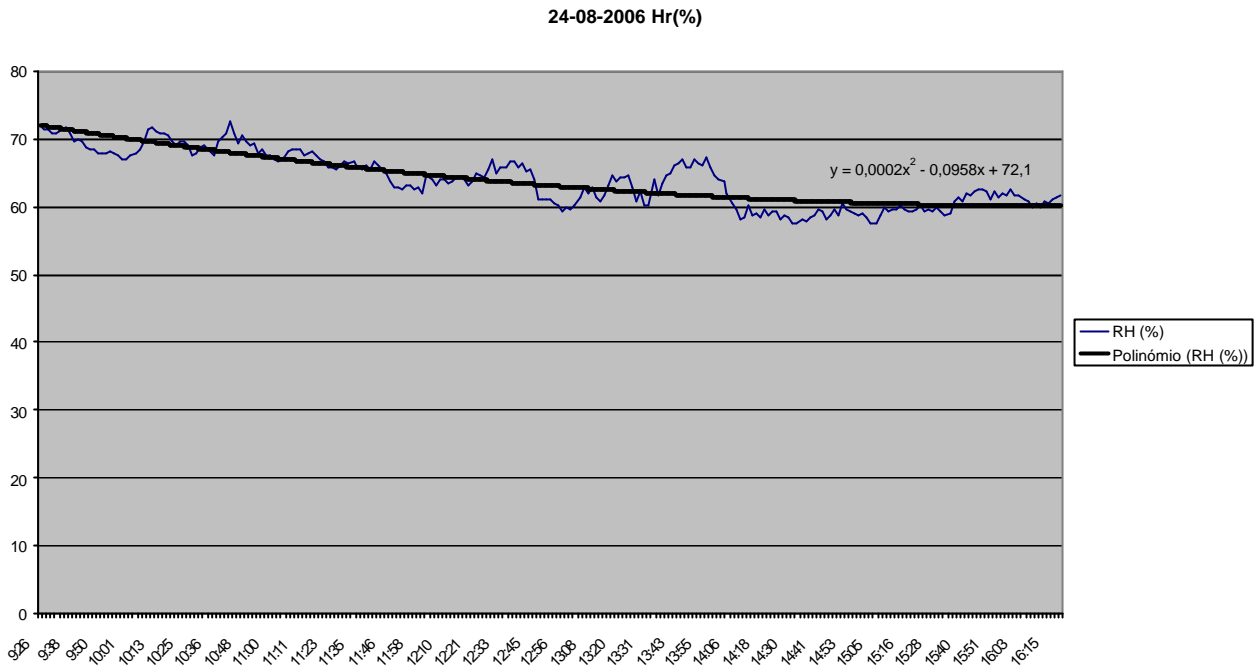
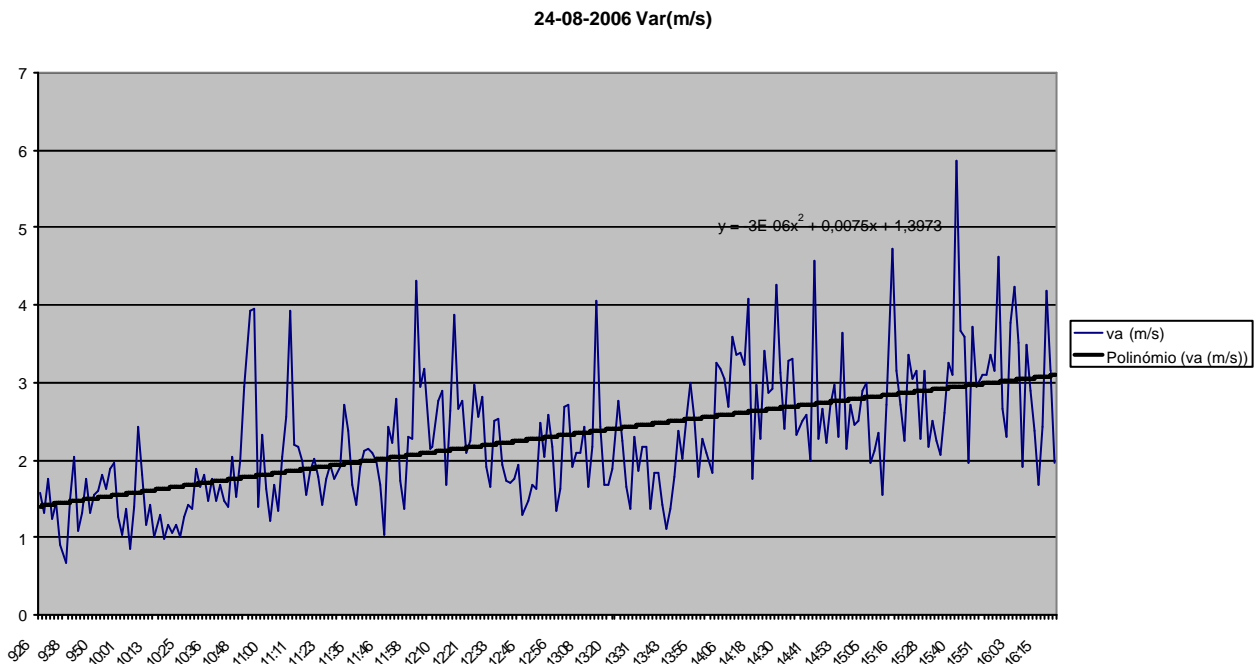


Gráfico 9 - Temperatura do ar - 24-08-2006

A Humidade relativa, e tal como seria expectável, apresenta uma curva com comportamento simétrico ao da temperatura (Gráfico 10). Desta forma, o valor máximo (72,7%) é atingido às 10h43, e o mínimo, por volta às 15h05, período após o qual se reiniciou o aumento da Humidade Relativa.



A curva de tendência da velocidade do ar medida neste dia apresenta um comportamento crescente. Esta é demonstrativa do aumento da velocidade média do ar sentido ao longo do dia, tendência semelhante à sentida nas medições do edifício A. A principal diferença entre ambos reside nos valores obtidos que são superiores no edifício B. Esta diferença é explicável pelo facto do mesmo na altura da medições não dispor de alvenarias, o que facilita a circulação do ar. Deste facto são exemplo os valores obtidos (Gráfico 11), que raramente são inferiores a 1 m.s^{-1} , e em que se verificam registos acima dos 5 m.s^{-1} .



A curva da temperatura de globo, ao contrário da analisada para o edifício A, apresenta uma tendência do tipo convexo. Isto poderá ser explicado pela localização do aparelho de medição que, durante a recolha de dados para

este edifício, se encontrava junto à fachada noroeste, levando a que os efeitos da acção directa do sol ao final da tarde não fossem sentidos.

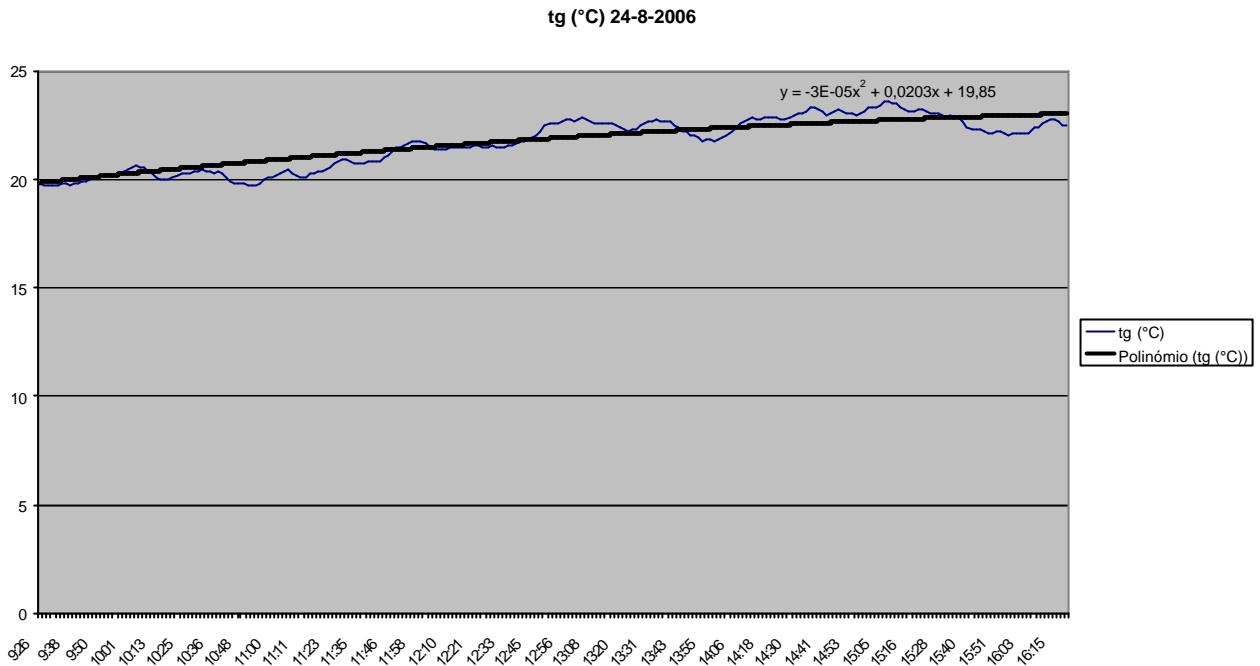


Gráfico 12 - Temperatura Globo -24-08-2006

Devido à elevada velocidade do ar, por norma superior a 1 m.s^{-1} , houve grandes dificuldades na obtenção de valores para PMV (válido para $\text{Var} < 1 \text{ m.s}^{-1}$), não sendo o dia 24-8-2006 uma excepção a este caso. Deste modo como método de avaliação do conforto térmico apenas é possível recorrer ao WBGT.

Também neste dia é possível constatar uma semelhança no comportamento da curva do WBGT e da Temperatura de Globo, apresentado esta uma tendência do tipo convexo.

O valor mínimo ocorre ao início da manhã, sendo atingido um máximo de 19,6 às 15h10.

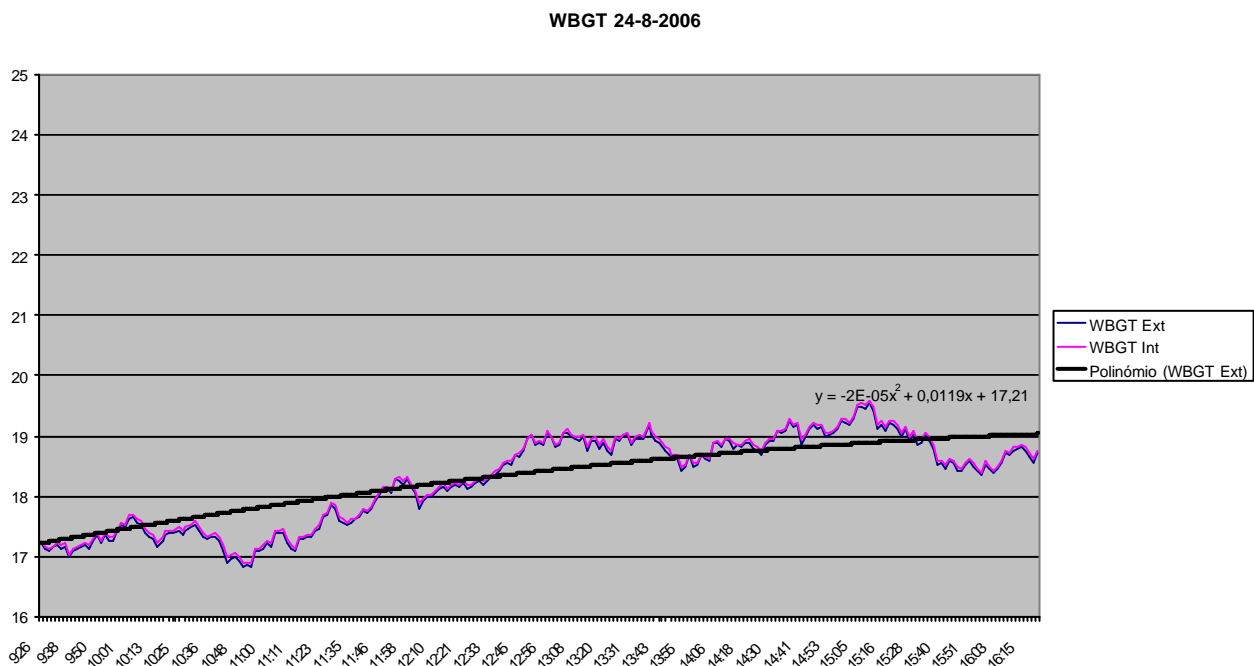


Gráfico 13 - WBGT - 24-08-2006

13. Produtividade

Com o propósito de avaliar a influência do ambiente térmico na produtividade dos trabalhadores da construção, foi realizado um pequeno estudo baseado em alguns dos modelos existentes e já referidos no capítulo 6, referente ao Estado da Arte.

13.1. Modelos Teóricos Produtividade

Koehn e Brown

Através da investigação e do uso de uma elevada quantidade de dados publicados relativos à produtividade de actividades como escavação manual e com equipamentos, trabalhos de carpintaria e electricidade, pedreiros entre outros, Koehn e Brown derivaram as duas relações não lineares, que relacionam a produtividade com a temperatura do ar (T_a) e a humidade relativa (H_r).

$$P_c = 0.00144T_a - 0.00313H_r - 0.000107 (T_a)^2 - 0.000029(H_r)^2 - 0.0000357 (T_a H_r) + 0.647 \text{ (Eq 1)}$$

$$P_w = 0.0517T_a + 0.0173 H_r - 0.0032 (T_a)^2 - 0.0000985 (H_r)^2 - 0.0000911 (T_a H_r) - 1.459 \text{ (Eq 2)}$$

P_w – produtividade para ambiente quente

P_c – produtividade para ambiente frio

T_a – Temperatura do Ar ($^{\circ}$ F)

H_r - Humidade Relativa (%)

A equação 1 é aplicável a ambientes frios ou frescos, com temperaturas compreendidas entre -29° C a 10° C. A equação 2 é aplicável a ambientes quentes com temperaturas entre os 21° C e os 49° C.

Através do uso destas equações Koehn e Brown verificaram que abaixo de 35% de Humidade Relativa a produtividade não é afectada por alterações na mesma, assim como concluíram que abaixo de -29° C e acima de 43° C dificilmente será possível obter uma produtividade óptima.

Thomas e Yiakoumis

Investigaram o impacto da temperatura e da humidade relativa na construção. Recolheram dados a partir de algumas obras em curso, e usaram um método de regressão linear para a obtenção da seguinte relação:

$$PR = 9.448 + 0.0518 T_a - 2.89 \ln (T_a) + 3.89 \times 10^{-37} e^{(H_r)}$$

PR – rácio da performance prevista (verificado/previsto)

T_a – Temperatura do ar às 13:00 ($^{\circ}$ F)

H_r – Humidade relativa às 13:00 (%)

A equação obtida é no entanto limitada ao intervalo de temperaturas compreendidas entre os 11 e os 28 °C e para humidade relativas de 19 a 85%.

Como PR indica de que forma é que o ambiente térmico afecta a produtividade, este pode ser usado para descontar os efeitos do tempo. Para tal é necessário reconhecer que a eficiência prevista é inversamente proporcional a PR.

Eficiência prevista (E) = 1 / PR

Mohamed Sherif

Para desenvolver o modelo PMV-productividade, foi estabelecido um método baseado na combinação da teoria da incomodidade (efeitos do ambiente físico na produtividade) e da primeira lei da termodinâmica (equilíbrio térmico entre o corpo e o meio ambiente).

O método proposto parte da premissa que um conjunto de parâmetros, climáticos e pessoais, que satisfazem o equilíbrio térmico entre o corpo e o ambiente térmico, conduzem a um conforto óptimo. Se o equilíbrio térmico não for satisfeito o ambiente não é óptimo. A equação de equilíbrio térmico no entanto, não fornece qualquer medida que permita aferir o modo como alguém se sentiria nesse mesmo ambiente.

Neste modelo é assumido que a produtividade pode ser prevista como uma função do índice PMV que, por sua vez, é tratado como uma avaliação do nível de desconforto. Assim, a produtividade deverá melhorar se o valor do PMV, que é a combinação do ambiente térmico, as tarefas desempenhadas e a roupa dos trabalhadores, fornecer um estímulo que leve o conforto dos trabalhadores para níveis óptimos.

Por outro lado, para relacionar PMV com a produtividade foi necessária a obtenção de uma grande quantidade de dados. Assim, através do estudo de trabalhos anteriormente publicados, foram obtidos duzentos conjuntos de dados, relativos a sete tarefas de construção distintas (escavação manual, elevação de aço, trabalho de pedreiro, de electricista, de carpintaria e manuseamento de equipamentos).

Estes dados foram usados para o cálculo de PMV, que por sua vez foi correlacionado com dados obtidos relativamente à produtividade através do uso de uma regressão polinomial. Isto resultou na obtenção de três modelos diferentes para a obtenção da produtividade para tarefas leves, moderadas e pesadas, respectivamente.

$$PL = 102 - 0.80PMV - 1.84(PMV)^2$$

$$PM = 102 + 1.19 PMV - 2.17 (PMV)^2$$

$$PH = 83 + 21.64 PMV - 9.53 (PMV)^2 + 0.91 (PMV)^3$$

As três equações acima são aplicáveis para temperaturas compreendidas entre 5 a 45 °C. A produtividade máxima obtida a partir das mesmas não deverá ultrapassar os 100%. O coeficiente de determinação (R^2) obtido a partir da regressão foi respectivamente 0.97, 0.95 e 0.95. Estes valores indicam que os modelos obtidos são robustos e que podem explicar mais de 90% da variabilidade da produtividade causada pelo ambiente térmico. Este factor de correlação é relativamente elevado, considerando que a produtividade na construção é afectada por diversos factores tais como: mau planeamento, falta de material, estaleiros congestionados, motivação, etc. A combinação das três equações numa só leva a uma grande redução do (R^2) devido a sensibilidade do ritmo metabólico à natureza da tarefa a ser executada.

13.2. Resultados Obtidos

Com o objectivo de avaliar os efeitos do ambiente térmico na produtividade dos trabalhadores, foram aplicados os valores resultantes das medições aos modelos anteriormente analisados. Os resultados obtidos encontram-se sobre a forma gráfica no anexo 6. A Tabela 46 e Tabela 50 abaixo colocadas representam a média diária da produtividade obtida. Estas possibilitam uma análise comparativa entre os diferentes dias em que foram efectuadas medições, assim como uma análise mais global aos resultados obtidos.

Tabela 46 - Produtividade Média Diária no bloco A

MÊS	DIA	Piso	Bloco	Koehn e Brown	Thomas e Yiakoumis	Mohamed			Thomas e Yiakoumis 12H	Thomas e Yiakoumis 13H
						PM	PL	PH		
7	13	0	A	0,86	0,78	0,93	0,90	0,93	0,78	0,78
7	14	0	A	0,86	0,76	0,94	0,91	0,94	0,73	
7	19	0	A	0,86	0,83	1,00	0,99	0,96	0,90	0,90
7	20	0	A	0,87	0,90	1,00	0,99	0,96	0,90	0,90
7	25	0	A	0,86	0,91	1,00	1,00	0,94	0,92	0,92
7	26	0	A	0,83	0,86	1,00	1,00	0,93	0,90	0,91
5	31	1	A	0,83	0,91	1,00	1,00	0,90	0,90	0,89
6	19	1	A	0,83	0,68	1,00	1,00	0,80	0,34	0,96
6	21	1	A	0,87	0,93	1,00	1,00	0,84	0,96	0,95
6	22	1	A	0,81	0,45	1,00	1,00	0,80	0,00	0,43
6	23	1	A	0,80	0,45	1,00	1,00	0,77	0,15	0,55
6	6	2	A	0,84	0,79	0,96	0,93	0,95	0,80	0,78
6	8	2	A	0,87	0,86	1,00	1,00	0,89	0,92	0,92
6	12	2	A	0,86	0,92	1,00	1,00	0,88	0,94	0,93
6	13	2	A	0,83	0,67	1,00	1,00	0,91	0,07	0,90
6	16	2	A	0,87	0,89	1,00	1,00	0,93	0,90	0,89
6	26	3	A	0,86	0,93	1,00	1,00	0,87	0,96	0,95
6	27	3	A	0,86	0,95	1,00	1,00	0,85	0,96	0,96
6	28	3	A	0,82	0,73	1,00	1,00	0,82	0,86	0,79
6	29	3	A	0,81	0,61	1,00	1,00	0,82	0,01	0,72
6	30	3	A	0,80	0,39	1,00	1,00	0,80	0,72	0,06
9	15	3	A	0,86	0,96	1,00	1,00	0,75	0,97	0,97
9	18	3	A	0,83	0,71	1,00	1,00	0,87	0,90	0,91
9	20	3	A	0,85	0,91	1,00	1,00	0,87	0,94	0,94

Como é visível na tabela anterior, de acordo com os modelos, os dias de menor produtividade foram 23 e 30 de Junho e 13 de Julho. O primeiro é aquele em que se verificam os mínimos segundo Koehn e Brown e Mohamed para tarefas pesadas. No dia 30 de Junho verificam-se os mínimos de Koehn e Brown e de Thomas e Yiakoumis. O modelo de Mohamed, principalmente na execução de tarefas médias e leves, é pouco afectado face às condições sentidas. Os valores mínimos ocorrem a 13 de Julho, encontrando-se no entanto acima de 90%. Nos restantes dias é frequente a ocorrência de níveis de 100%. Isto mesmo pode ser constatado na tabela seguinte que indica a média da produtividade obtida para cada modelo.

Tabela 47-Média da produtividade no bloco A obtida por modelo

Koehn e Brown	Thomas e Yiakoumis	Mohamed			Thomas e Yiakoumis 12H	Thomas e Yiakoumis 13H
		PM	PL	PH		
0,84	0,78	0,99	0,99	0,88	0,73	0,82

Para as condições obtidas, o modelo que apresenta uma maior produtividade é de Mohamed para a execução de tarefas médias e leves. No outro sentido, aquele cuja média é menor é do Thomas e Yiakoumis, que apresenta um valor de 78%. Este é na verdade aquele que apresenta uma maior variação nos valores obtidos ao longo dos diferentes dias, facto facilmente constatável a partir das tabelas seguintes que agrupam os máximos e mínimos da produtividade diária sentida.

Tabela 48 - Mínimo da produtividade obtida por modelo

Koehn e Brown	Thomas e Yiakoumis	PM	PL	PH	Thomas e Yiakoumis 12H	Thomas e Yiakoumis 13H
0,80	0,39	0,93	0,90	0,75	0,00	0,06

Tabela 49 - Máximo da produtividade obtida por modelo

Koehn e Brown	Thomas e Yiakoumis	PM	PL	PH	Thomas e Yiakoumis 12H	Thomas e Yiakoumis 13H
0,87	0,96	1,00	1,00	0,96	0,97	0,97

A análise das tabelas anteriores, conjuntamente com a Tabela 46, que dispõe dos valores diários da produtividade média, permite a constatação de alguns factos. Destes destacam-se:

- Os mínimos de Koehn e Brown e de Thomas Yiakoumis ocorrem em dias semelhantes;
- O mínimo das tarefas pesadas ocorre quando se verifica um máximo de Thomas e Yiakoumis
- A identificação de um dia de maior produtividade não pode ser feita unicamente pela ocorrência dos máximos para cada modelo, pois estes ocorrem em dias distintos.
- Os modelos de Koehn e os de Mohamed para tarefas leves e médias apresentam uma variação entre valores mínimos e máximos reduzida. No caso do modelo Koehn esta é de 7%, valor igualmente obtido no de Mohamed para a execução de tarefas médias. A principal diferença entre estes é o valor absoluto obtido, que no caso deste ultimo é superior em 13%.
- O modelo cuja média da produtividade diária apresenta maior variação é o de Thomas e Yiakoumis, com uma diferença de 57%. O modelo de Mohamed para tarefas pesadas tem uma diferença de 21%. O primeiro justifica-se com a reduzida gama de aplicabilidade do modelo, nomeadamente no que toca à Humidade Relativa. Este facto aliado à proximidade da obra do mar e conseqüentemente à existência de grandes percentagens de humidade no ar, leva a que se verifiquem grandes variações no mesmo. A maior variação do modelo de Mohamed para tarefas pesadas, nomeadamente face aos relativos a outras tarefas, é justificável matematicamente, pois o facto de a sua equação potenciar o índice PMV ao cubo, o torna mais susceptível a variações.

Tabela 50 - Produtividade Média Diária no bloco B

MÊS	DIA	Piso	Bloco	Koehn e Brown	Thomas e Yiakoumis	PM	PL	PH	Thomas e Yiakoumis 12H	Thomas e Yiakoumis 13H
7	3	0	B	0,85	0,92	1,00	0,98	0,96	0,94	0,94
7	4	0	B	0,83	0,77	1,00	1,00	0,95	0,96	0,90
7	5	0	B	0,85	0,77	1,00	0,99	0,96	0,94	0,93
7	7	0	B	0,88	0,90	0,97	0,95	0,96	0,88	0,87
7	17	0	B	0,88	0,81	0,87	0,84	0,87	0,81	0,77
7	6	1	B	0,88	0,92	0,98	0,97	0,95	0,94	0,93
7	10	1	B	0,80	0,38	1,00	0,99	0,95	0,03	0,13
7	11	1	B	0,87	0,85	0,95	0,92	0,94	0,91	0,86
7	12	1	B	0,85	0,76	0,90	0,87	0,90	0,84	0,87
7	18	1	B	0,87	0,76	0,94	0,91	0,94	0,85	0,82
8	1	1	B	0,81	0,42	0,99	0,97	0,97	0,00	0,00
8	2	2	B	0,87	0,82	0,98	0,97	0,95	0,89	0,85
8	3	2	B	0,86	0,70	0,95	0,93	0,94	0,90	0,86
8	4	2	B	0,82	0,69	0,90	0,88	0,91	0,81	0,79
8	23	2	B	0,82	0,46	1,00	0,99	0,96	0,15	0,03
8	24	2	B	0,89	0,91	1,00	1,00	0,96	0,91	0,89
8	25	2	B	0,85	0,87	0,99	0,97	0,97	0,90	0,90
7	27	3	B	0,86	0,83	1,00	0,98	0,97	0,92	0,90
7	28	3	B	0,88	0,92	0,99	0,97	0,97	0,93	0,92
7	31	3	B	0,87	0,90				0,92	0,91
8	28	3	B	0,87	0,83	1,00	0,99	0,96	0,92	0,90
8	29	3	B	0,89	0,84	0,95	0,93	0,95	0,87	0,85
8	30	3	B	0,87	0,81	0,91	0,88	0,92	0,79	0,81
9	4	3	B	0,87	0,80	0,89	0,86	0,90	0,75	0,83
9	5	3	B	0,89	0,84	0,93	0,90	0,93	0,87	0,85

A análise da tabela anterior permite constatar que o número de dias em que a produtividade segundo Mohamed para a execução de tarefas médias e leves é de 100%, é menor. Verifica-se também a ocorrência de um dia (31 de Julho) em que não foi possível obter qualquer valor para este modelo. Este facto deveu-se à elevada velocidade do ar sentida nesse dia, que impossibilitou a obtenção de um valor de PMV, e por inerência do modelo em causa.

Da análise das médias obtidas no bloco B (Tabela 51) comparativamente com as do bloco A, pode-se retirar que a diferença entre a média das produtividades obtidas é pouco significativa, sendo mesmo nula no caso de Thomas e Yiakoumis. A maior diferença reside no modelo Mohamed para tarefas pesadas, cuja média aumentou 7%. Nos restantes verificou-se uma descida de 3 e 4% para a execução de tarefas medias e leves, e um aumento segundo o modelo de Koehn e Brown.

Tabela 51 - Média da produtividade no bloco B obtida por modelo

Koehn e Brown	Thomas e Yiakoumis	PM	PL	PH	Thomas e Yiakoumis 12H	Thomas e Yiakoumis 13H
0,86	0,78	0,96	0,94	0,94	0,79	0,77

As tabelas 52 e 53 indicam os valores mínimos e máximos retirados da análise diária da produtividade.

Tabela 52 - Mínimo da produtividade no bloco B obtida por modelo

Koehn e Brown	Thomas e Yiakoumis	PM	PL	PH	Thomas e Yiakoumis 12H	Thomas e Yiakoumis 13H
0,80	0,38	0,87	0,84	0,87	0,00	0,00

Tabela 53 - Máximo da produtividade no bloco B obtida por modelo

Koehn e Brown	Thomas e Yiakoumis	PM	PL	PH	Thomas e Yiakoumis 12H	Thomas e Yiakoumis 13H
0,89	0,92	1,00	1,00	0,97	0,96	0,94

À semelhança do exercício feito anteriormente, a análise das tabelas anteriores juntamente com a nº 50 permite a constatação dos seguintes factos:

- A diferença entre os valores mínimos e máximos no bloco B é maior nos modelos de Koehn e Brown e Mohamed para tarefas médias e leves, sendo de 9, 13 e 16% consecutivamente. Verifica-se no entanto que, para o modelo de Thomas e Yiakoumis assim como para o de Mohamed para tarefas pesadas, esta diferença é inferior sendo de 54 e 10% respectivamente.
- Os mínimos de Koehn e Brown e de Thomas e Yiakoumis ocorrem em dias semelhantes, sendo desta feita no dia 10 de Julho.
- Ao contrário de anteriormente, os mínimos segundo os 3 modelos de Mohamed ocorrem simultaneamente. Isto verifica-se no dia 17 Julho.
- Os máximos de produtividade não ocorrem no mesmo dia para todos os modelos. Da análise efectuada, verifica-se que os dias de maior produtividade são 28 Julho e 24 de Agosto.

O estudo da produtividade em ambos os blocos permite a obtenção das seguintes conclusões:

- O modelo de Koehn é o que apresenta menor variação.
- O modelo de Thomas e Yiakoumis é o que apresenta maior variação.
- A produtividade média situa-se por norma acima dos 80%.
- Os mínimos de Koehn e Brown e Thomas e Yiakoumis ocorrem em dias semelhantes.
- Os máximos para os diferentes modelos ocorrem em dias distintos.
- Não se verificam dias em que as perdas de produtividade sejam significativas.
- Em teoria, não se verificou uma diferença significativa entre blocos.
- A análise do modelo de Thomas e Yiakoumis reveste-se de alguns problemas. Em casos como o de Portugal Continental e a Galiza, que dispõem de horas solares semelhantes, mas diferentes horas administrativas, a análise do modelo apenas com base na sua premissa de que o valor médio da produtividade resulta das condições sentidas às 13h leva a que em alguns dias se verifiquem diferenças significativas nos valores obtidos. Disto são exemplos, entre outros, os dias 19/6/2006 e 28/6/2006, no bloco A, ou 12/7/2006 e 4/8/2006 no bloco B. Nestes dias o valor verificado às 12h (13h na Galiza) é substancialmente diferente do verificado às 13h, e ambos são distintos da média das medições instantâneas.

Análise da Produtividade Teórica nos dias tipo

Produtividade 21-6-2006

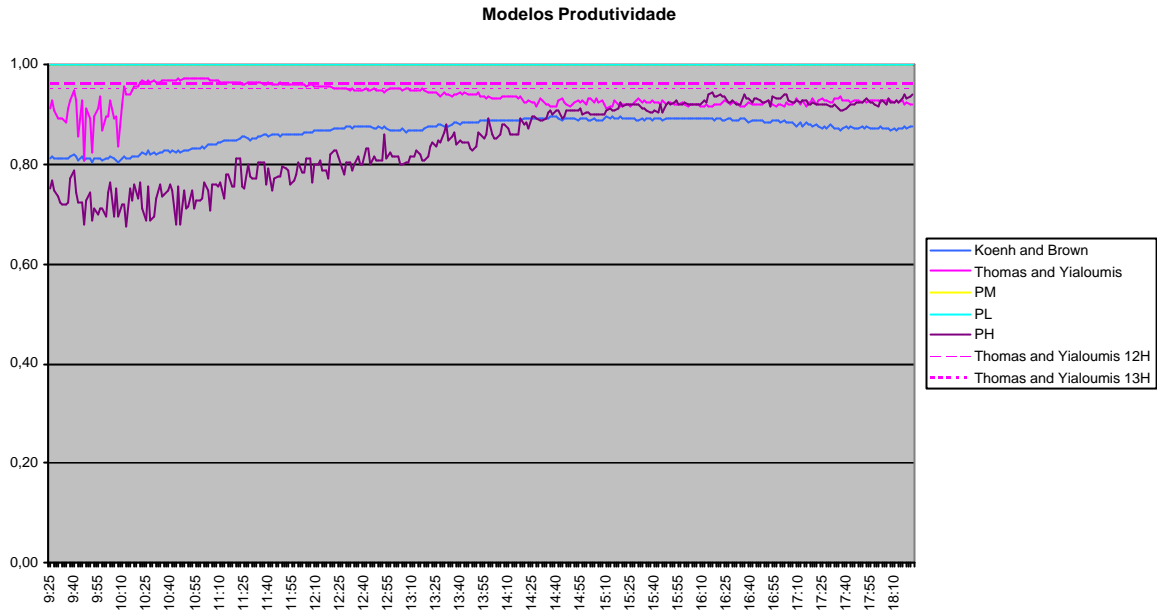


Gráfico 14 - Modelos Produtividade 21-06-2006

Segundo Koehn e Brown, o período de menor produtividade ocorreu de manhã, altura em que a temperatura é menor e a humidade relativa maior, evoluindo ao longo do dia proporcionalmente à subida da Temperatura do Ar e descida da Humidade Relativa. Os valores da produtividade para este dia estão compreendidos entre um mínimo de 0,80 e um máximo de 0,89. Convém no entanto referir que são atingidos na mesma altura em que ocorrem os máximos e mínimos da humidade relativa, respectivamente.

Apesar do modelo em causa estar otimizado para temperaturas entre os 21 °C e os 45 °C, o facto de neste dia estas estarem compreendidas entre os 16 °C e os 21 °C, não aparenta inviabilizar o modelo, pois não se verifica qualquer anomalia no comportamento da curva quando a temperatura do ar atinge a gama para a qual o modelo está otimizado.

O modelo de Thomas e Yakoumis, apresenta uma linha de tendência com uma curvatura semelhante à do modelo anterior, sendo que neste caso se verifica uma menor variação dos valores obtidos ao longo do dia. Excepção feita ao período matinal em que, em virtude da elevada humidade relativa, próxima do limite para o qual o modelo está otimizado (85%), se verificam oscilações acentuadas na produtividade. Ao contrário do anterior, o valor máximo da produtividade (97%) é atingido durante o período da manhã (11h00), verificando-se a partir desse momento uma ligeira descida, sendo no entanto que nunca são verificados valores abaixo dos 92%.

Na génese deste modelo está a determinação do valor médio da produtividade diária, através da obtenção da mesma às 13h00. Assim sendo, verifica-se que a produtividade média diária seria de 95,2% em Portugal Continental e 96% na Galiza.

O modelo Mohamed Sherif, tal como descrito no capítulo 13.1, avalia a produtividade dos trabalhadores na execução de tarefas leves, médias e pesadas. Para o dia em questão, os valores obtidos na execução das tarefas leves e médias é de 100%. Na execução de tarefas pesadas a produtividade é menor, sendo no entanto crescente ao longo do dia, variando entre um mínimo de 0,67 de manhã até um máximo de 0,94 a meio da tarde.

Produtividade 24-8-2006

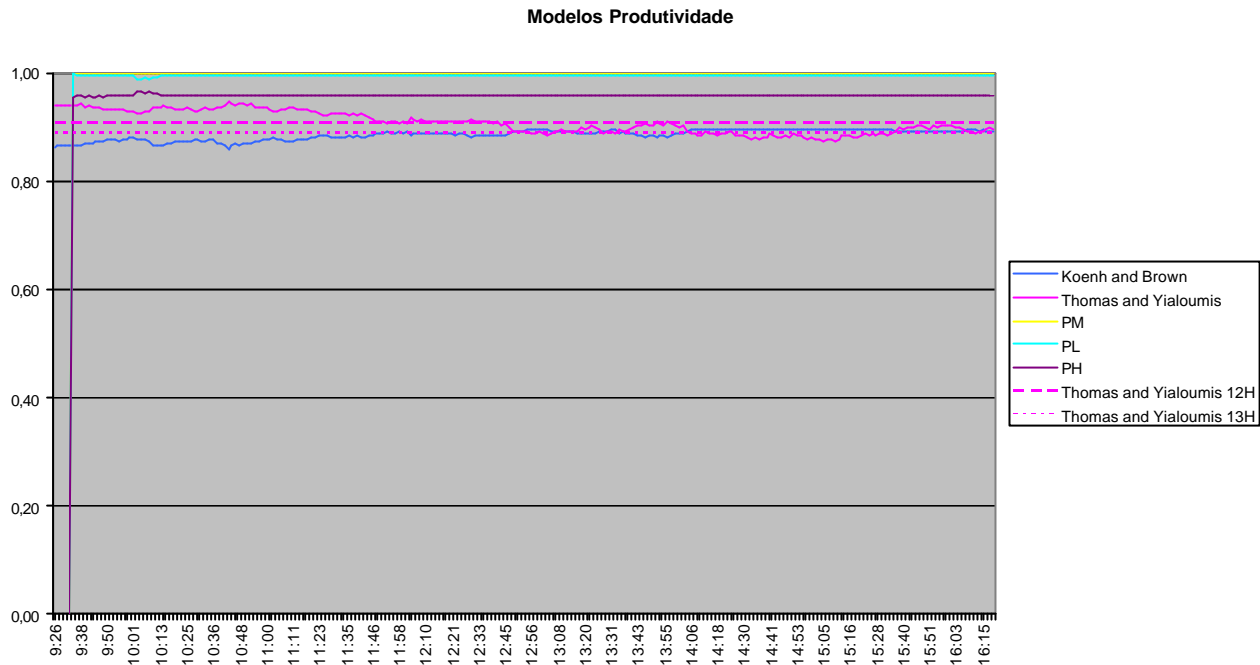


Gráfico 15 - Modelos Produtividade 24-08-2006

O dia 24-8-2006 é caracterizado pela ocorrência de elevados níveis de produtividade. O modelo de Koehn e Brown é aquele que regista menor valor, com uma produtividade média de 89%. Apresenta uma tendência crescente, variando entre um mínimo de 86% e um máximo de 90%.

De acordo com o estipulado por Thomas e Yiakoumis a produtividade seria ligeiramente superior situando-se nos 91%. Verifica-se no entanto que é decrescente ao longo do dia, pois varia entre um máximo de 95% que ocorre de manhã e um mínimo de 87% na parte da tarde. O que poderá ser explicado pelo ligeiro acréscimo de temperatura sentido ao longo do dia. O valor de referência às 12 e 13 horas é de respectivamente 91 e 89%, não se verificando neste caso diferenças significativas.

Os modelos de Mohamed situam-se nos 96% para a execução de tarefas pesadas e 100% para as restantes. Há no entanto a ressaltar a elevada velocidade do ar sentida que dificultou a obtenção de um valor de PMV ao longo do dia, sendo que a estimativa efectuada prevê um PMV compreendido entre 0 e 1.

Análise dias maior produtividade

Tipicamente em dias de conforto térmico verifica-se que os níveis de produtividade são elevados. Em todos os modelos analisados, esta situa-se acima dos 80%, verificando-se por norma uma subida ao longo do dia até valores próximos dos 90%. A excepção prende-se com os modelos desenvolvidos por Mohamed para as tarefas leves e médias, que face a situações de conforto térmico situam o nível de produtividade nos 100%.

Exemplos de dias de elevada produtividade são o dia 26-6-2006, em que foram efectuadas medições no 3º piso do bloco A (Gráfico 16), e o dia 28-7-2006 Piso 3 Bloco B (Gráfico 17).

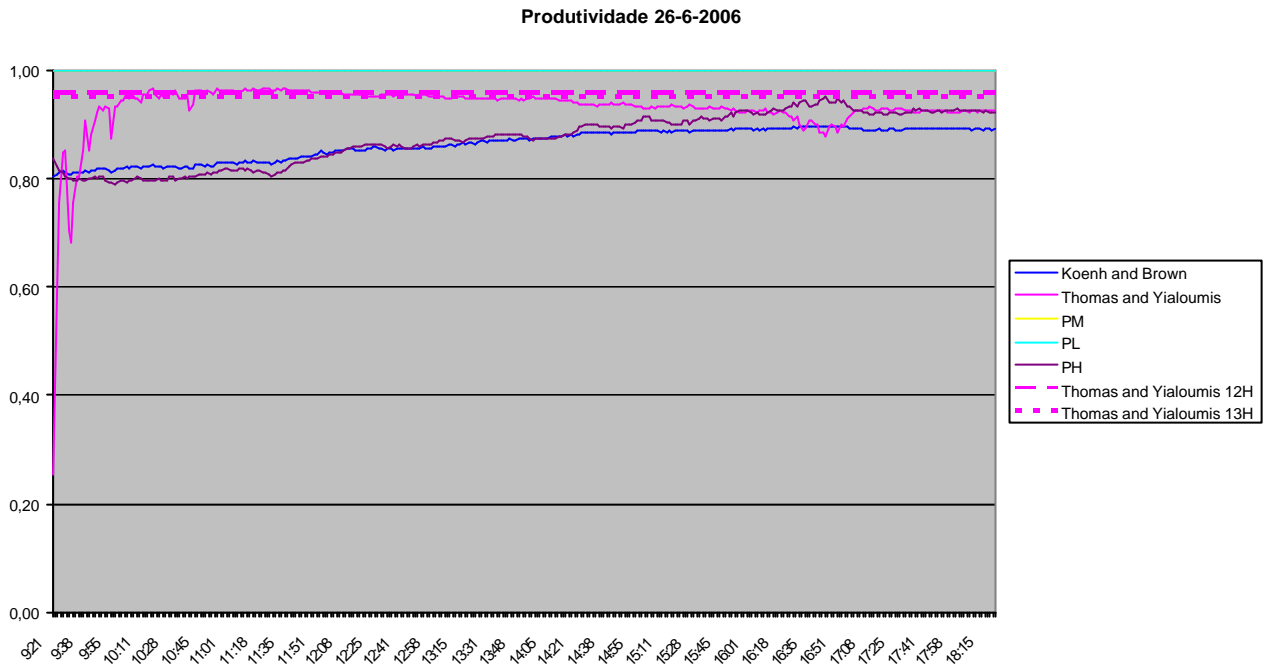


Gráfico 16 - Modelos Produtividade 26-06-2006

No dia 26-06-2006 os índices de produtividade de Mohamed para a execução de tarefas médias e leves situam-se permanentemente nos 100%. O modelo relativo à execução de tarefas pesadas e o de Koehn e Brown, por sua vez, apresentam um nível de produtividade na ordem dos 80% no início da manhã, crescendo ao longo do dia até ao valor máximo de 95 e 90% respectivamente. O elevado nível de produtividade verificado é coincidente com conforto térmico sentido ao longo do dia. No início da manhã o índice PMV situa-se ligeiramente abaixo de 0, aumentado ao longo do dia, mantendo-se no próximo da zona de conforto térmico.

O modelo de Thomas e Yiakoumis apresenta variações ao início da manhã, provocadas pela elevada percentagem de humidade relativa sentida nesse período, após o qual estabiliza apresentando no entanto uma tendência ligeiramente decrescente. A média verificada ao longo do dia foi de 93%. Os valores registados às 12 e 13 horas foram de 96 e 95% respectivamente.

O dia 28-7-2006 caracteriza-se pelos elevados níveis de produtividade segundo os diversos modelos. É neste dia que se verificam os valores mais elevados segundo Thomas e Yiakoumis (92%) e no modelo de Mohamed para tarefas pesadas (97%). Nos restantes, apesar de não se terem verificado as médias mais elevadas também se constata a existência de altos níveis de produtividade, com valores de 88% segundo Koehn e Brown e 99% segundo Mohamed para tarefas leves e intermédias.

A ocorrência destes níveis de produtividade é justificável perante o conforto térmico evidenciado durante todo o dia, pois o índice PMV nunca supera o valor de 1,5 e o WBGT está compreendido entre 16,5 e 19 °C.

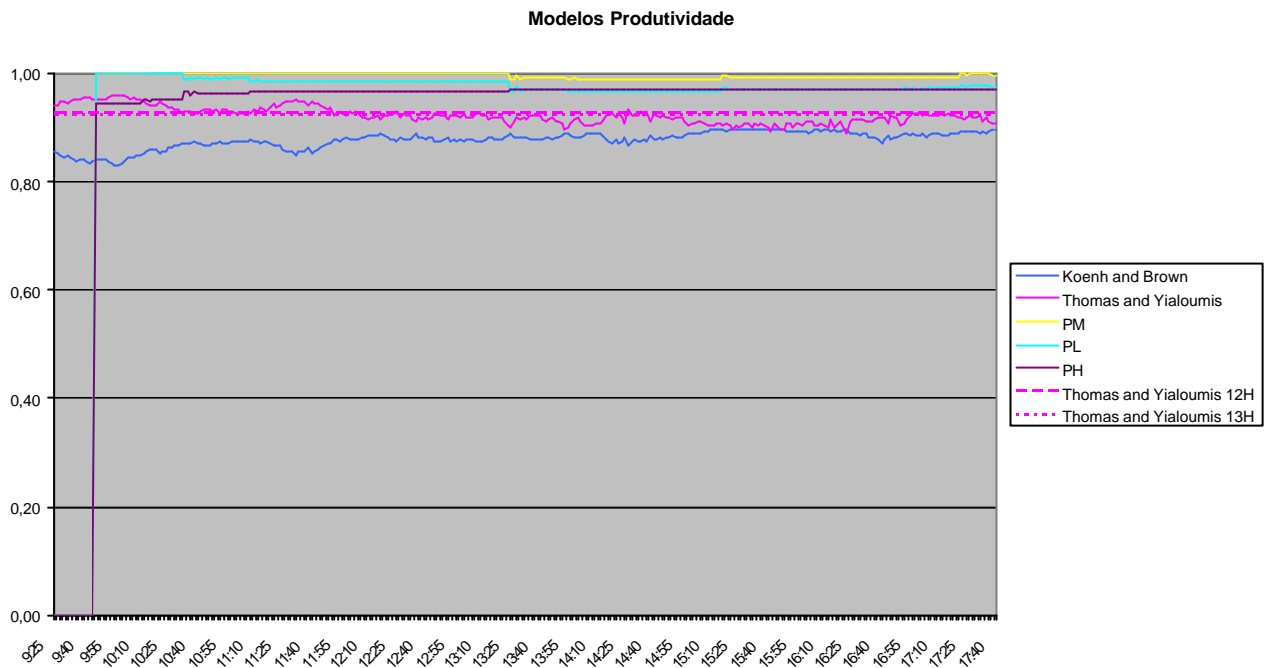


Gráfico 17 - Modelos Produtividade 28-7-2006

Dias de Menor Produtividade

Bloco A

O dia 13-7-2006 corresponde àquele em que se verificam os valores mínimos da produtividade segundo Mohamed, o que se justifica perante os elevados valores de PMV sentidos ao longo do mesmo. Estes são crescentes ao longo do dia, atingindo um valor máximo de 2,91.

A produtividade média segundo Thomas e Yiakoumis é ligeiramente inferior a 80%, e segundo Koehn e Brown igual a 86%. As condições sentidas neste dia poderiam levar à ocorrência de aumento da temperatura corporal e consequente fadiga e ocorrência de câibras em trabalhadores não aclimatizados. Ao fim de 363 minutos de exposição era atingido o nível de alerta, e ao fim de 453 minutos de exposição era atingido o nível de perigo pelo que, caso os trabalhadores continuassem expostos às condições sentidas e a realizar o mesmo tipo de esforço, estariam sujeitos aos sintomas descritos anteriormente.

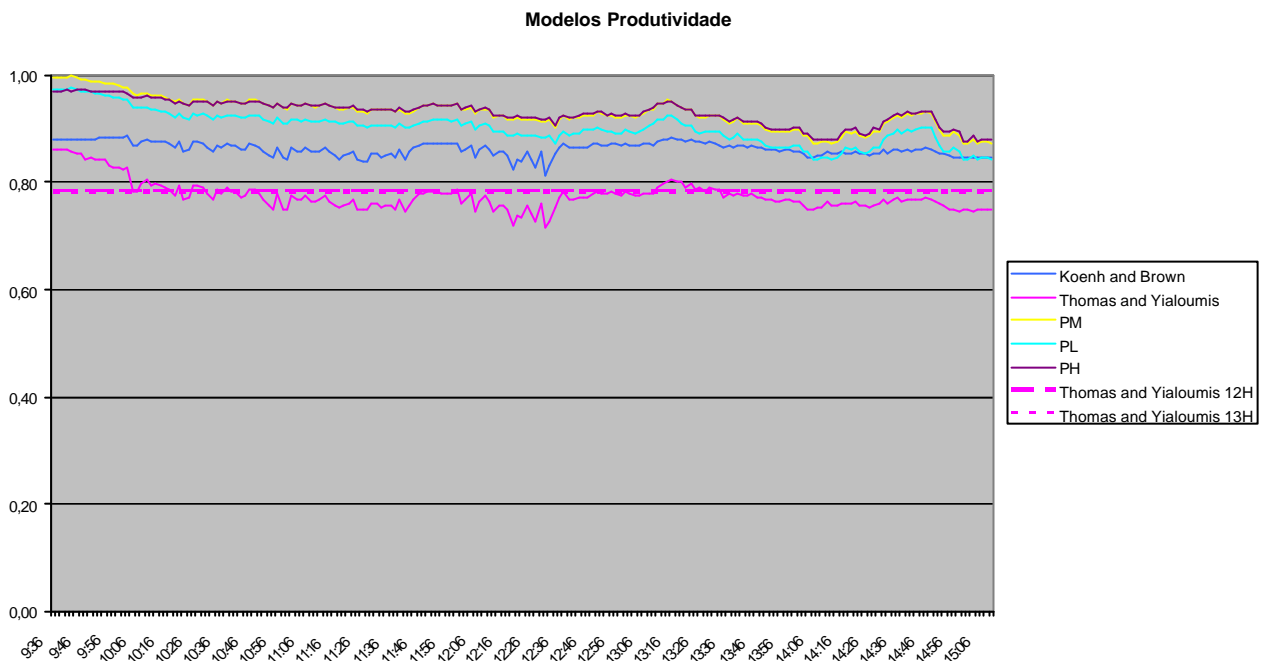


Gráfico 18 - Modelos Produtividade 13-07-2006

No dia 23-6-2006 (Gráfico 19), por outro lado, a produtividade segundo Mohamed atinge os 100%, pois o PMV é inferior a 1 durante a totalidade do dia no entanto, são atingidos os valores mínimos de 80 e 45% tanto Koehn e Brown, como Thomas e Yiakoumis, respectivamente. Isto poderá ser justificado pela baixa temperatura e pela elevada humidade relativas sentidas ao longo do dia. Face a estes valores e tal como seria esperar, não se verificou a ocorrência de stress térmico ao longo do dia.

De destacar neste dia a elevada variação da produtividade segundo Thomas e Yiakoumis. Esta justifica-se pelo valor da humidade relativa que em certos momentos do dia excedeu a gama (19 a 85%) para a qual o modelo foi desenvolvido.

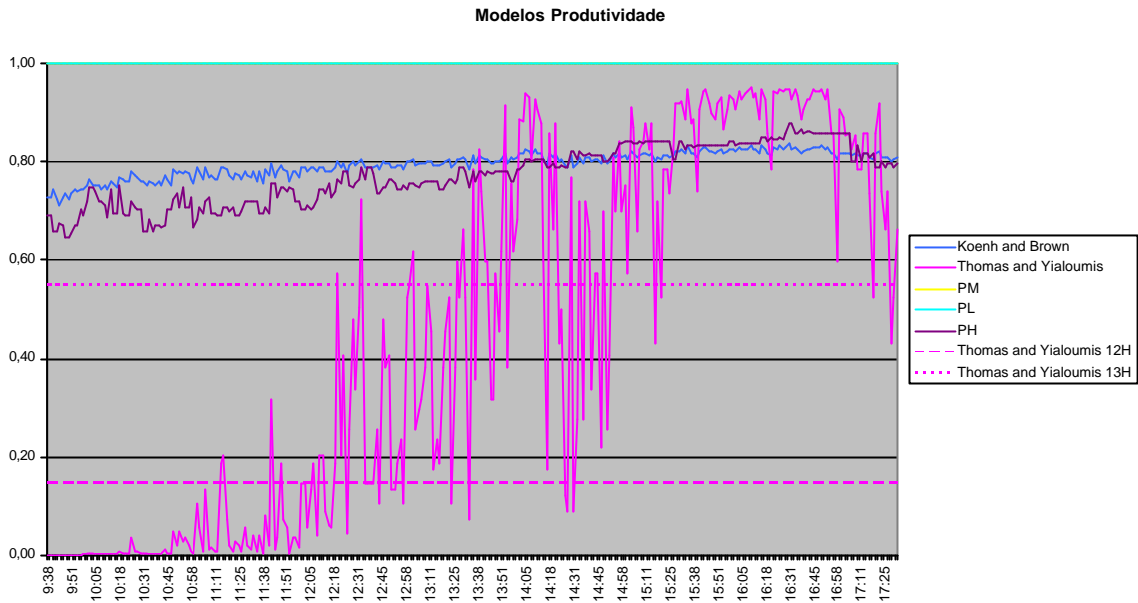


Gráfico 19 - Modelos Produtividade 23-06-2006

Bloco B

No dia 17-7-2006, registam-se os valores mínimos da produtividade segundo Mohamed. Este facto justifica-se perante os elevados valores obtidos para o índice PMV, que durante quase a totalidade do dia foi superior a 2,5. A produtividade média segundo Koehn e Brown e Thomas e Yaloumis, situa-se nos 88% e 81%, não se verificando em qualquer um dos dois grandes variações ao longo do dia.

O valor do índice de PMV e consequente quebra na produtividade segundo Mohamed são indicadores de um desconforto térmico sentido pelos trabalhadores. Na verdade, face às condições sentidas, para indivíduos não aclimatizados, o nível de alerta ocorreu aos 300 minutos, e o de perigo aos 342 minutos, pelo que a partir desse momento mesmo trabalhadores fisicamente habilitados a desempenhar as tarefas em causa estariam sujeitos ao risco de ocorrência do aumento da temperatura corporal, o que poderia levar ao aumento da fadiga e à ocorrência de câibras. No caso de trabalhadores aclimatizados o alerta ocorreu aos 411 minutos, não sendo atingido o de perigo.

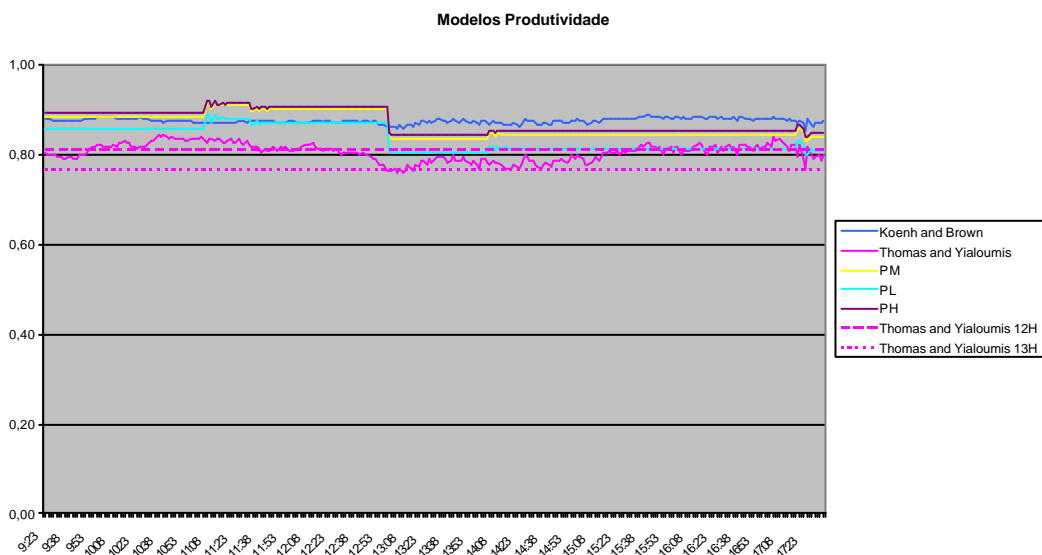


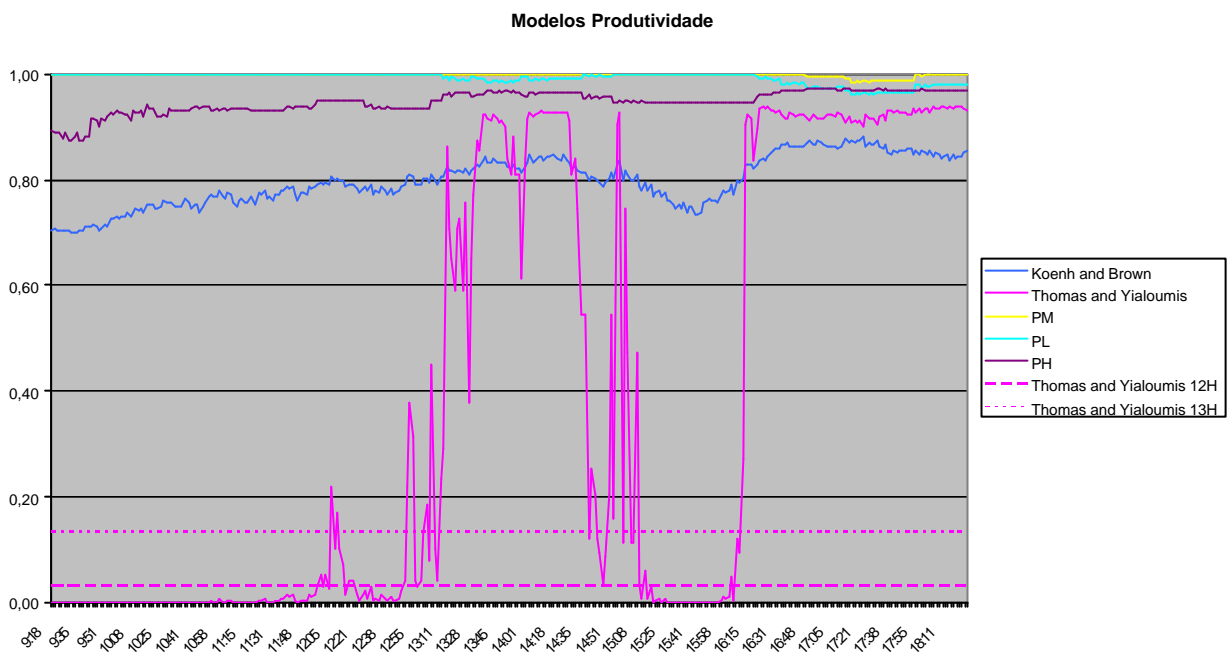
Gráfico 20 - Modelos Produtividade 17-07-2006

No dia 10-7-2006 registaram-se os valores mínimos segundo Koehn e Brown e Thomas e Yiakoumis (88% e 81%, respectivamente). Como é visível no Gráfico 21, em ambos ocorrem oscilações ao longo do dia, sendo este facto mais notório no modelo de Thomas e Yiakoumis.

O comportamento do modelo de Koehn justifica-se com as temperaturas sentidas que, em grande parte do dia se encontram abaixo da gama para a qual o modelo foi desenvolvido (21 °C a 49 °C). Mais uma vez é possível constatar que quando o modelo não se encontra na gama referida, ao contrário do que ocorre no modelo de Thomas e Yiakoumis, não há lugar a oscilações significativas. No caso deste, o comportamento verificado não se fica a dever à temperatura, mas sim à elevada humidade relativa verificada ao longo do dia, que por diversos momentos era superior aos 85% e, conseqüente, fora da gama de valores para qual o modelo foi otimizado.

No caso do modelo segundo Mohamed, para tarefas leves e intermédias, a produtividade foi de 100% na maior parte do dia. No caso das tarefas pesadas esta situou-se entre um mínimo de 88% e um máximo de 97%.

Neste dia não se verificou o risco de ocorrência de stress térmico.



13.3. Consequência das variações de Produtividade

No capítulo anterior foram analisados dias de maior e menor produtividade, assim como alguns dias-tipo. No entanto, e no intuito de quantificar as perdas de produtividade sentidas em virtude do ambiente térmico, foi feito um pequeno estudo comparativo entre alguns dos dias alvo de medição. Nas tabelas nº 54 e 55, abaixo colocadas, encontra-se um resumo da produtividade média sentida, nos dias analisados anteriormente.

Tabela 54 - Produtividade Média - Bloco A

Classificação	Data	Bloco	Valor teórico (%)	Koehn e Brown	Thomas e Yiakoumis	Mohamed		
						PM	PL	PH
Menor Produtividade	13-07-2006	A	0,95	0,86	0,78	0,93	0,90	0,93
	23-06-2006	A		0,80	0,45	1,00	1,00	0,77
Tipo	21-06-2006	A		0,87	0,93	1,00	1,00	0,84
Maior Produtividade	26-06-2006	A		0,86	0,93	1,00	1,00	0,87

Tabela 55 - Produtividade Média - Bloco B

Classificação	Data	Bloco	Valor teórico (%)	Koehn e Brown	Thomas e Yiakoumis	Mohamed		
						PM	PL	PH
Menor Produtividade	10-07-2006	B	0,95	0,80	0,38	1,00	0,99	0,95
	17-07-2006	B		0,88	0,81	0,87	0,84	0,87
Tipo	24-08-2006	B		0,89	0,91	1,00	1,00	0,96
Maior Produtividade	28-07-2006	B		0,88	0,92	0,99	0,97	0,97

Uma vez que será virtualmente impossível atingir uma produtividade de 100% durante a totalidade de um dia de trabalho, considerou-se 95% como o valor aceitável para a produtividade.

Por uma questão de facilidade de interpretação dos resultados obtidos, o estudo centrou-se na análise de uma qualquer tarefa com a duração de 1 dia. Assim sendo, e considerando que a tarefa seria efectuada num dia com uma produtividade média teórica de 95%, elaborou-se o cálculo da duração estimada de acordo com os diferentes modelos. As tabelas abaixo colocadas expressam os resultados obtidos.

Tabela 56 – Duração estimada para uma produtividade de 95%- Bloco A

Classificação	Data	Valor teórico (dias)	Koehn e Brown	Dif	Thomas e Yiakoumis	Dif	Mohamed					
							PM	Dif	PL	Dif	PH	Dif
Menor Produtividade	13-07-2006	1,00	1,08	+0,08	1,17	+0,17	1,02	+0,02	1,05	+0,05	1,02	+0,02
	23-06-2006		1,15	+0,15	1,48	+0,48	0,95	-0,05	0,95	-0,05	1,17	+0,17
Tipo	21-06-2006		1,08	+0,08	1,01	+0,01	0,95	-0,05	0,95	-0,05	1,10	+0,10
Maior Produtividade	26-06-2006		1,08	+0,08	1,02	+0,02	0,95	-0,05	0,95	-0,05	1,07	+0,07

Tabela 57 - Duração estimada para uma produtividade de 95% - Bloco B

Classificação	Data	Valor teórico (dias)	Koehn e Brown	Dif	Thomas e Yiakoumis	Dif	Mohamed					
							PM	Dif	PL	Dif	PH	Dif
Menor Produtividade	10-07-2006	1,0	1,14	+0,14	1,54	+0,54	0,95	-0,05	0,96	-0,04	1,00	+0,00
	17-07-2006		1,07	+0,07	1,14	+0,14	1,08	+0,08	1,11	+0,11	1,07	+0,07
Tipo	24-08-2006		1,06	+0,06	1,04	+0,04	0,95	-0,05	0,96	-0,04	0,99	-0,01
Maior Produtividade	28-07-2006		1,07	+0,07	1,03	+0,03	0,96	-0,04	0,98	-0,02	0,98	-0,02

Como é possível verificar, as condições sentidas nos dias em questão levariam a um aumento no tempo de execução da tarefa. Dos modelos em análise, aquele em que isto é mais notório é o de Thomas e Yiakoumis. Na verdade, de acordo com este, nos dias de menor produtividade verifica-se um acréscimo significativo no tempo de execução, sendo mesmo atingidos os valores de 1.48 no bloco A e 1,54 no B, i.e. um acréscimo no tempo necessário para a realização das tarefas em 48% e 54% respectivamente. Os modelos de Mohamed e de Koehn e Brown não se mostram adequados a esta análise. O primeiro porque apresenta sempre elevados níveis de produtividade, independentemente do dia, o segundo porque apesar de apresentar níveis de produtividade inferiores não se verificam variações significativas nos mesmos.

Apesar de não se constatarem grandes diferenças entre os vários dias, a falta de produtividade tem um custo associado. Considerando um custo diário de 27 euros por trabalhador e considerando que a tarefa em questão seria executada por uma equipa de 10 trabalhadores, as quebras de produtividade detectadas levariam às seguintes variações de custos diários.

Tabela 58 – Variação de Custo em Euros - Bloco A

Classificação	Data	Custo Diário	Nº Trabalhadores	Koehn e Brown	Thomas e Yiakoumis	Mohamed		
						PM	PL	PH
Menor Produtividade	13-07-2006	27	10	+23	+45	+5	+13	+5
	23-06-2006			+40	+130	-13	-13	+46
Tipo	21-06-2006			+22	+4	-13	-13	+28
Maior Produtividade	26-06-2006			+22	+5	-13	-13	+20

Tabela 59 - Variação de Custo em Euros - Bloco B

Classificação	Data	Custo Diário	Nº Trabalhadores	Koehn e Brown	Thomas e Yiakoumis	Mohamed		
						PM	PL	PH
Menor Produtividade	10-07-2006	27	10	+39	+147	-13	-11	+1
	17-06-2006			+19	+38	+22	+30	+20
Tipo	24-08-2006			+17	+11	-13	-12	-2
Maior Produtividade	28-07-2006			+19	+7	-11	-6	-5

Como é facilmente constatável nas tabelas acima, com a excepção do modelo de Mohamed, todos os restantes evidenciam acréscimos relativamente àquele que seria o custo padrão. Nos dias referidos anteriormente em que se verificam maiores quedas de produtividade são atingidas perdas significativas, de 130 e 147 euros por dia. Mesmo nos dias de maior produtividade há lugar a ligeiras perdas, o que é demonstrativo da necessidade de se ter em linha de conta os efeitos do ambiente térmico sobre os trabalhadores para efeitos de gestão e controlo orçamental na actividade de construção.

14. Medidas Preventivas

Os resultados obtidos permitiram constatar que os trabalhadores do sector da construção se encontram sujeitos a uma grande variedade de condições em termos de ambiente térmico. Por ser um sector em que grande parte dos trabalhos são realizados ao ar livre ou em locais cobertos, mas mesmo assim grandemente afectados pelas condicionantes atmosféricas, não é possível proceder a um controlo efectivo do ambiente térmico. Desta forma resta apenas o desenvolvimento de acções com vista à minimização dos efeitos sentidos. De forma a combater os efeitos nefastos provocados pelo ambiente térmico, nomeadamente pelo calor, deverão ser adoptadas medidas preventivas, que abranjam as condições e organização do trabalho, assim como a informação e formação dos trabalhadores.

No que toca às condições de trabalho deverão ser previstas áreas de repouso localizadas num local coberto, fresco e com boa ventilação. Aos trabalhadores deverá ser disponibilizada água potável junto aos postos de trabalho. Os equipamentos de protecção individual distribuídos deverão ser alvo de escolha criteriosa, e adaptados ao ambiente térmico expectável para a duração da obra. No verão devem ser adoptados capacetes e botas leves e com ventilação.

No capítulo da organização do trabalho a principal medida a adoptar passa pela adequação do trabalho ao ambiente térmico sentido. As tarefas que possam ser efectuadas em locais cobertos devem ser programadas para coincidir com o período de maior exposição solar; os trabalhos fisicamente mais exigentes devem ser programados para serem efectuados nos períodos menos quentes do dia (início da manhã e fim da tarde); devem ser implementados intervalos para descanso e hidratação dos trabalhadores. A frequência destes intervalos deve levar em conta o estado de aclimatização dos mesmos.

O estabelecimento de rotatividade na execução de tarefas, com vista à diminuição do tempo de exposição, assim como a adopção de trabalho de equipa de modo a promover a vigilância mutua, permitindo ao trabalhador a adopção do seu próprio ritmo de trabalho, de acordo com a sua resistência ao calor, são medidas eficazes de combate aos efeitos do calor.

A execução de acções de formação/informação deverá ter em vista a adopção de comportamentos adequados a temperaturas elevadas, nomeadamente o uso de vestuário amplo e leve, assim como o consumo regular de água fresca e a não ingestão de bebidas alcoólicas e refeições pesadas.

15. Conclusão

O objectivo inicial desta dissertação passava pelo estudo do ambiente térmico de um determinado estaleiro de construção civil, e determinação dos efeitos do mesmo sobre os trabalhadores.

Com o objectivo de aprofundar a temática, a análise dos resultados centrou-se em diferentes aspectos. O primeiro foi obviamente a análise dos resultados obtidos do ponto de vista do efeito que estes teriam sobre os trabalhadores.

Uma vez uma obra de construção se desenvolve por etapas e se realizam ao longo da mesma uma grande variedade de tarefas, cada uma das quais com diferentes níveis de exigência física, procurou-se a obtenção de dados em diferentes fases da obra. Dado que o tempo de construção de um edifício superava o tempo disponível para a realização das medições, optou-se pela realização das mesmas em edifícios diferentes, em fases distintas de construção, no mesmo empreendimento.

As medições foram efectuadas na totalidade dos pisos dos dois edifícios. Este procedimento teve como objectivo primário a obtenção de uma maior abrangência nos dados obtidos, mas também a procura de um padrão de comportamento do ambiente térmico.

Se o primeiro objectivo era de fácil prossecução, já o segundo se revelou infrutífero. Nos dados obtidos não foi possível constatar qualquer previsibilidade no comportamento do ambiente térmico ao longo dos diferentes pisos. O motivo pelo qual este objectivo não foi atingido prende-se com a elevada exposição ao ambiente exterior inerente a estas medições, mas também, e principalmente, porque não foi possível reunir as condições técnicas para um estudo a esse nível. Tal deve-se a diversos factores, dos quais se podem destacar dois. Em primeiro o facto de durante o período de medição apenas haver disponível um aparelho de medição, pelo que a obtenção de valores simultâneos para comparação foi impossível. O segundo prende-se com as próprias características dos edifícios que não eram favoráveis a esse propósito, pois dispõem de poucos pisos, pelo que qualquer diferença que se verificasse, dificilmente seria significativa.

Apesar da modelização do ambiente térmico em altura não ter sido bem sucedida, as medições efectuadas permitiram aferir da importância do estudo da influência do ambiente térmico nos trabalhadores, mesmo que numa obra situada próxima da costa, no Norte de Portugal. Apesar da proximidade do mar, e de no local não se verificarem elevadas amplitudes térmicas, as medições revelaram em 37% dos dias alvo de análise, os trabalhadores se encontravam sujeitos a elevadas cargas térmicas, que os expunham ao risco de ocorrência de stress térmico. O estudo revelou também que em apenas 3 dos dias estudados (ver tabelas 36 e 37), não se verificaram em nenhum momento do dia condições tais que originassem desconforto aos trabalhadores. Estas podiam ser devidas às elevadas temperaturas ambientes, incidência da radiação solar, ou velocidade excessiva do ar. No caso da obra em situação aberta, o factor mais relevante foi a velocidade do ar.

Um dos objectivos definidos passava pela análise do efeito do ambiente térmico sobre a produtividade dos trabalhadores. Para tal foi feito recurso a diferentes modelos já existentes para o efeito, o que permitiu aferir da sua adequação para a aplicação em causa.

Mohamed Sheriff – pouco variável. Originalmente criado para ambientes mais quentes e húmidos, não aparenta estar adaptado ao clima temperado.

Thomas e Yiakoumis – revelou diversos problemas na sua análise. Em primeiro lugar sempre que os valores medidos se encontram fora da gama de valores para os quais foi definido, verifica-se uma quebra abrupta na produtividade, o que obviamente não ocorre na realidade. Por outro, tal como referido anteriormente, para locais

geograficamente próximos, com horas solares iguais mas administrativas diferentes (Norte de Portugal e Galiza, por exemplo) podem ser obtidos valores muito diferentes, tanto um do outro, como da média obtida.

Koehn e Brown – Apesar de em valores absolutos a produtividade obtida ser menor do que segundo Mohamed, também apresenta variações pouco acentuadas. Em relação ao de Thomas e Yiakoumis destaca-se por não apresentar as variações quando os valores obtidos não se encontram na gama para a qual foi otimizado.

Apesar das limitações inerentes à aplicação dos vários modelos, a análise dos resultados obtidos permite confirmar a influência do ambiente térmico na produtividade dos trabalhadores. Dos exemplos estudados foi possível constatar, em dias de menor produtividade, a ocorrência de acréscimos significativos nos tempos de execução que atingiam aproximadamente os 50%.

Em dias normais, isto é, em dias em que as condições sentidas não são particularmente gravosas para os trabalhadores é comum ocorrerem oscilações na produtividade teórica dos trabalhadores. Estas levam a que mesmo nesses dias a produtividade teórica não seja ótima.

Face aos custos actuais da mão-de-obra, todas estas perdas de rendimento representam perda de dinheiro, pelo que os efeitos do ambiente térmico sobre os trabalhadores deverão ser levados em linha de conta no planeamento dos trabalhos.

16. Desenvolvimentos Futuros

Com este trabalho demonstrou-se a relevância do ambiente térmico no normal desenrolar de uma obra, tanto a nível de segurança dos trabalhadores como a nível estritamente económico. Os resultados obtidos evidenciaram as condições a que por vezes os trabalhadores se encontram sujeitos e da necessidade de adequação do tipo de trabalho a executar e do vestuário a adoptar às condições atmosféricas existentes.

Sendo esta uma temática pouco explorada são várias as questões que poderão ser alvo de investigação futura. A título académico seria interessante o estudo da influência da altura da construção no ambiente térmico sentido e consequências para os trabalhadores. Numa vertente mais prática um estudo a efectuar seria o do comportamento do ambiente térmico ao longo do dia e sua influência na adopção de comportamentos seguros por parte dos trabalhadores.

17. Bibliografia

1. **Al-Mutawa, Nawaf / Hosni, Mohammed H./ Chakroun, Walid** – Evaluation of human thermal comfort in offices in Kuwait and assessment of the applicability of the standard PMV model [2004]
2. **Bates, Gp** – Minimising the effects of environment on health and productivity [2005]
3. **Belding, HS / Hatch, TF**– Relation of skin temperature to acclimation to heat [1963]
4. **Belding, HS / Kamon, E**– Heart rate and rectal temperature relationships during work in hot humid environments [1971]
5. **Belding, HS / Mead, J**– Digital skin temperature and blood flow relationship following change in environmental temperature [1949]
6. **Bilhaif** - The influence of high temperatures on the productivity of construction workers [1990]
7. **Brundrett, G. W** – Controlling the built environment [1974]
8. **Bulcao, Christian F. / Frank, Steven M. / Raja, Srinivasa N. / Tran, Kha M. / Goldstein, David S.** – Relative contribution of core and skin temperatures to thermal comfort in humans [2000]
9. **Buonanno, G. Frattolillo, A.; Vanoli, L.** - Direct and indirect measurement of WBGT index in transversal flow [1999].
10. **Chi, Chia-Fen / Chang, Tin-Chang / Hung, Kuei-Hui** – Significant industry-source of injury -accident type for occupational fatalities in Taiwan [2004]
11. **Crawford, Paul / Vogl, Bernard** – Measuring productivity in the construction industry Building Research & information [2006]
12. **Fisk, WJ / Faulker, D**– Control of temperature for health and productivity in offices [2005]
13. **Gadi, Mohamed B.** – A new computer program for the prediction and analysis of human thermal comfort [2000]
14. **Gan, Guohui** – Analysis of mean radiant temperature and thermal comfort [2001]
15. **Gun, Rt** – Effects of thermal, personal and behavioural – Factors of the physiological strain, thermal comfort and productivity of shearers in hot weather. [1995]
16. **Hancher, Donn E. / Abd-Elkhalek, Heslam A.** – The Effect of Hot Weather on Construction Labor Productivity and Costs [1998]
17. **Hancock, Pa** – Human occupational and performance limits under stress: the thermal environment as a prototypical example [1998]
18. **Hettinger, Theodor** – Focal Points of Ergonomic Investigations in the Steel Industry [1972]
19. **Hettinger, Theodor** – Improvement of the working Conditions by Modifications. Example Blast Furnaces [1983]
20. **Hewage, Kn / Ruwanpura, Jy** – Carpentry workers issues and efficiencies related to construction productivity in commercial construction projects in Alberta [2006]
21. **Hodder, Simon G. / Parsons Ken** – The effects of solar radiation on thermal comfort [2006]
22. **Hoppe, Peter** – Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort [2002]

23. **Irizarry, Javier / Simonsen, Katy L./ Abraham, Dulcy M.** – Effect of Safety and Environmental Variables on Task Durations in Steel Erection Journal of construction engineering and Management [2005]
24. **Karyono, Tri Harso** – Thermal comfort for the Indonesian workers in Jakarta [1995]
25. **Lang, Susan S.** – Warm offices linked to higher productivity – Human Ecology [2005]
26. **Li, Xianting / Yu, Zhen / Zhao, Bin / li, Ying** – Numerical analysis of outdoor thermal environment around buildings [2004]
27. **Link, Jm / Pepler Rd** – Associated fluctuations in daily temperature, productivity and absenteeism [1970]
28. **Lorsch, Harold G. / Abdou, Ossama A.** - Impact of the building indoor environment on occupant productivity – part2: effects of temperature [1994]
29. **Lorsch, Harold G. / Abdou, Ossama A.** - Impact of the building indoor environment on occupant productivity – part3: effects of indoor air quality [1994]
30. **MacArthur, J. W.** – Humidity and Predicted-Mean-Vote-Based (PMV-Based) Comfort Control [1986]
31. **Markham, Steven E./ Markham, Ina S.** – Biometrical effects on worker absenteeism [2004]
32. **Meese, G. B. / Kolk, R. / Lewis, M. I. / Wyon D. P.** – Effect of moderate thermal stress on the potential work performance of factory workers – An interim report [1980]
33. **Mohamed, Sherif / Srinavin, Korb** – Forecasting labor productivity changes in construction using the PMV index [2004]
34. **Mohamed, Sherif / Srinavin, Korb** – Thermal environment and construction workers productivity: some evidence from Thailand
35. **Moran, D.S.; Pandolf, K. B.; Shapiro, Y.; Heled Y.; Shani Y.; Mathew, W.T.; Gonzalez, R.R.** - An environmental stress index(ESI) as a substitute for the wet bulb globe temperature [2001].
36. **Moran, D.S.; Pandolf, K. B.; Shapiro, Y.; Heled Y.; Shani Y.; Mathew, W.T.; Gonzalez, R.R.** - Evaluation of environmental stress index for physiological variables [2002].
37. **Moran, D.S.; Pandolf, K. B.; Shapiro, Y.; Heled Y.; Shani Y.; Mathew, W.T.; Gonzalez, R.R.** - Evaluation of the environmental stress index (ESI) for the southern hemisphere
38. **Mun, Junghyon / Krarti, Moncef** – Experimental analysis of thermal comfort-based controls [2004]
39. **Nagamo, Kazuo / Takaki, Akira / Hirakawa, Megumi / Tochiyara, Yutaka** – Effects of ambient temperature steps on thermal comfort requirements [2005]
40. **Niemela, Raimo / Hannula, Mika / Rautio, Sari / Reijula, Kari / Railio, Jorma** – The effect of air temperature on labour productivity in call centers – a case study [2002]
41. **Oglesby, Parker e Howell** - Productivity improvement in construction [1989]
42. **Olesen, Bjarne W.** – International standards and the ergonomics of the thermal environment [1995]
43. **Oliveira Nunes, Fernando M. D.** - Segurança e Higiene do Trabalho – Manual Técnico [2006]
44. **Paquet Victor / Punnett, Laura/ Woskie Susan / Buchholz, Bryan** – Reliable exposure assessment strategies for physical ergonomics stressors in construction and other non-routinized work [2005]
45. **Parsons, K. C.** – International Standards for the Assessment of the Risk of Thermal Strain on Clothed Workers in Hot Environments [1999]

46. **Ramsey, Jerry D. / Burford, Charles L. / Beshir, Mohamed Youssef / Jensen, Roger C.** – Effects of workplace thermal conditions on safe work behaviour [1983]
47. **Tanabe, S./ Hasebe, Y / Kimura, K / Haga, Y** – Estimation of thermal sensation using PMV and SET under high air movement conditions [1993]
48. **Tincolini P. / Del Bino D / Castore I / Mercanti A** – Thermal comfort and physiological responses of foundry workers [1970]
49. **Valvoda, Frank R.** – Environmental effects on journeymen productivity [1974]