

Riscos no local de trabalho - ambiente térmico quente

Mário Talaia

CIDTFF, Departamento de Física - Universidade de Aveiro.
mart@ua.pt

Resumo:

Conhecer um ambiente térmico quente é de importância vital para se otimizar os índices de produtividade e qualidade, assim como de bem-estar.

Neste trabalho são apresentados vários estudos de caso, realizados em diferentes cenários onde foram aplicados diferentes índices térmicos que permitiram avaliar o ambiente térmico.

São considerados aspetos subjetivos e aspetos físicos para uma identificação correta de um ambiente considerado quente.

Os resultados obtidos mostram que a aplicação de um índice térmico e a informação dos indivíduos são determinantes na avaliação correta da performance de um ambiente térmico.

Estudos deste tipo são importantes porque permitem a adoção atempada de medidas corretivas.

Palavras-chave: Local de Trabalho. Conforto Térmico. Índices Térmicos. Perceção do Operário. Ambiente Quente.

Abstract:

Risks in the workplace - hot thermal environment

The workplace environment can be evaluated based on thermal comfort, which is defined as the satisfaction expressed when a human subject is exposed to a given thermal environmental.

In this work are presented several case studies, carried out in different scenarios where were applied different thermal index that allowed us to assess the thermal environment.

The results show a consistency in the methods applied and suggest its applicability for the adoption of preventive and organizational measures.

Keywords: Workplace. Thermal Comfort. Thermal Index. Worker Perception. Hot Environment.

Introdução

Desde o início da Revolução Industrial que a Ciência tem contribuído para o aperfeiçoamento do processo de produção e performance dos sistemas mecânicos associados a este. Até meados do século XX, as condições de trabalho nunca foram consideradas fundamentais na investigação científica ligada à Indústria mesmo que tais implicassem riscos de doenças para os trabalhadores. Para tal contribuíam dois factores, uma mentalidade em que o valor da vida humana era pouco mais valorizado comparando com os ganhos económicos e uma total ausência, por parte dos Estados, de leis que protegessem o operário (RODRIGUES, 2007).

Apenas a partir da década de 50/60, surgem as primeiras tentativas sérias de integrar os trabalhadores em actividades devidamente adequadas às suas capacidades (FANGER, 1970).

Com o desenvolvimento de pesquisas em torno da Ergonomia surgiu a necessidade de avaliar o efeito do “clima” no local de trabalho (KRUGER *et al.*, 2001). As primeiras investigações que se debruçaram no estudo desta relação surgiram no século XIX e tinham como finalidade incrementar os níveis de produtividade industrial (MARKOV, 2002).

A obra *Thermal Comfort* de FANGER (1972) veio confirmar a importância do estudo do ambiente térmico e enfatizar o carácter multi e interdisciplinar desta área de estudo. Segundo LAMBERTS (2002), a maioria dos estudos de ambiente térmico têm sido efectuados para indivíduos desempenhando actividades sedentárias.

A publicação de legislação relacionada com o ambiente térmico, pela ISO (International Organization for Standardization) e pela ASHRAE (American Society for Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers) veio reforçar a importância do estudo desta temática e a obrigatoriedade de a legislar de forma a salvaguardar a saúde do trabalhador.

Caracterizar o ambiente térmico de um local em face do conforto do operador permite a adopção de estratégias de intervenção adequadas pela Direcção de Higiene e Segurança de modo a minimizar eventuais riscos económicos. KRUGER *et al.* (2001) mostraram que a tendência do desconforto térmico proporcionados por ambientes quentes ou frios faz reduzir o desempenho de um operador.

No entanto é necessário enfatizar o carácter social do estudo desta temática. O conforto térmico não deve ser investigado tendo como “pano de fundo” uma perspectiva economicista. O conforto térmico é antes de mais um problema de saúde pública e deverá ser analisado desta forma.

A norma ISO 7730 (2005) define o conforto térmico como sendo “a satisfação expressa quando sujeito a um determinado ambiente térmico”. Contudo a definição dada pela referida norma, implica um certo grau de subjectividade, pressupondo a análise de dois tipos de aspectos: aspectos físicos (ambiente térmico) e aspectos subjectivos (o estado de espírito do indivíduo). Satisfazer todos os indivíduos inseridos num determinado ambiente térmico é uma tarefa quase impossível (MARKOV, 2002). É sabido que o problema que se coloca nos ambientes térmicos é a homeotermia (MIGUEL, 2001). Os efeitos do calor sobre o ser humano podem ser nefastos, nomeadamente podem suscitar mal estar psicológico, diminuição da capacidade de trabalho, transtornos fisiológicos, golpe de calor, esgotamento físico, borbulhagem na pele, fadiga cerebral, desidratação, sensação de fadiga, diminuição da destreza, descoordenação sensorial e motriz, incidência de doenças cardiovasculares e de perturbações gastrointestinais.

Num local de trabalho, as condições de um ambiente térmico podem originar doenças profissionais (RINILOLO e SCHMIDT, 2006) e podem ter um impacto directo na própria segurança dos trabalhadores influenciando a produtividade (ZHAO *et al.*, 2009). As propriedades térmicas dos materiais que constituem as roupas usadas são muito importantes (KANG *et al.*, 2006; ZHAO *et al.*, 2009). Estas condições suscitam a necessidade de ser conhecido o padrão térmico de um edifício, ao longo de cada dia e ao longo do ano, de forma a poder identificar zonas vulneráveis a *stress* térmico.

É importante também conhecer o ambiente térmico de salas de aulas em ambiente escolar, numa perspectiva de ensino e aprendizagem. A UNESCO ao instituir a Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2015) revelou preocupações e pretendeu, deste modo, melhorar a qualidade do ensino. GRANDJEAN (1998) mostrou que o calor excessivo nos ambientes proporciona cansaço e sonolência e reduzem a prontidão de respostas e aumenta a tendência de falhas. Actualmente, quando se fala do desenvolvimento cognitivo e dos processos de ensino e aprendizagem de estudantes devem-se considerar aspectos importantes relacionados com a motivação, os estímulos do meio (ambiente envolvente da pessoa), as relações sociais e a educação recebida, entre outros (COLL *et al.*, 1995).

É fácil intuir que um ambiente de ensino se deva adequar ao conforto dos estudantes, para que estes possam manter um certo equilíbrio, quer físico quer psíquico, sem necessidade do esforço de adaptação. Desta forma, é necessário que numa arquitectura escolar se tenha em conta as necessidades de conforto térmico, de forma a proporcionar um ambiente agradável e que favoreça o ensino e aprendizagem (NOGUEIRA e NOGUEIRA, 2003).

Este trabalho pretende ser uma contribuição valiosa para aqueles que pretendem desenvolver conhecimento nesta temática de ambiente térmico dando uma perspectiva de actuação em diferentes cenários. No entanto, a teoria apresentada não dispensa a consulta a artigos e a literatura da especialidade.

Teoria

Neste trabalho estamos particularmente interessados em ambientes térmicos quentes.

Os ambientes térmicos quentes são ambientes para os quais o balanço térmico, calculado na base das trocas de energia sob a forma de calor por radiação e por convecção é positivo (a temperatura do ar ambiente e a temperatura radiante média são superiores à temperatura média cutânea). Nestes ambientes o organismo deve accionar os diferentes meios de “luta”, de que dispõe, contra o calor.

Há várias razões que podem conduzir a uma situação de *stress* térmico, nomeadamente 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) e aumento da humidade relativa do ar. Para tentar reequilibrar o balanço térmico, o organismo reage fundamentalmente através de sobrecargas fisiológicas (termostática, circulatória e sudação).

CORLETO (1998) mostrou que um índice térmico é um número que integra o efeito de vários parâmetros no ambiente térmico do ser humano de tal forma que o seu valor caracteriza a tensão termal experienciada pelo indivíduo num ambiente quente.

A seguir apresentam-se alguns índices térmicos usados neste trabalho para a determinação de um ambiente térmico quente.

O índice *WBGT*, Índice de Temperatura de Bolbo Húmido e de Temperatura de Globo é um dos mais utilizados índice de avaliação de conforto térmico no Mundo. De acordo com YAGLOU & MINARD (1957), o *WBGT* foi desenvolvido pela Marinha dos Estados Unidos da América após uma investigação sobre acidentes por calor sofridos pelo pessoal militar.

A norma que regulariza a determinação do *WBGT* é a ISO 7243 (1989) que define o nível de desconforto do ambiente em situações onde por razões técnico-económicas se torna impossível aplicar a norma ISO 7730 (2005).

O *WBGT* é determinado função do tipo do ambiente. Para um ambiente externo com radiação solar directa:

$$WBGT=0,7T_{wn}+0,2T_g+0,1T \quad (1)$$

Para um ambiente interior ou exterior sem radiação solar directa:

$$WBGT=0,7T_{wn}+0,3T_g \quad (2)$$

onde T_{wn} representa a temperatura do bolbo húmido com ventilação natural (°C) e T_g a temperatura do globo (°C).

Em casos de ambientes heterogéneos, onde os parâmetros do espaço em redor do indivíduo não são constantes, o *WBGT* deverá ser calculado em três posições diferentes, ou seja a nível da cabeça, a nível do abdómen e a nível dos tornozelos da pessoa relativamente ao nível do solo. Uma vez conhecido o valor do índice *WBGT* é possível, mediante comparação com valores de referência, determinar o nível de *stress* térmico a que o indivíduo está sujeito e, caso se justifique, limitar o seu tempo de exposição às condições térmicas que originam o “stress” térmico medido.

A aclimatização é o processo de adaptação fisiológica (essencialmente por variações do fluxo sanguíneo e ritmo cardíaco) que aumenta a tolerância do indivíduo a um dado ambiente térmico por um período longo (MARTINET & MEYER, 1999).

O índice *HSI*, Índice de Stress por Calor foi definido pela primeira vez por BELDING & HATCH (1955). Muitos autores, consideram este método mais preciso que o *WBGT*, no entanto este é frequentemente mais usado na indústria.

O *HSI* é determinado a partir da expressão,

$$HSI=(E_{REQ}/E_{MAX})100 \quad (3)$$

onde E_{REQ} representa a evaporação necessária para manter o equilíbrio térmico ou perda requerida por evaporação ($W.m^{-2}$) e E_{MAX} a evaporação máxima conseguida no ambiente térmico ($W.m^{-2}$).

A evaporação necessária e a máxima são dadas pelas expressões $E_{REQ}=M-R-C$ e $E_{MAX}=K_3v^{0,6}[56-e(T)]$, respectivamente, em que $e(T)$ representa a pressão parcial de vapor à temperatura T .

O cálculo de R é feito a partir da utilização da expressão $R=K_1(35-T_{RM})$ que representa o calor perdido por radiação ($W.m^{-2}$) e o cálculo de C a partir de $C=K_2v^{0,6}(35-T)$ que representa o calor perdido por convecção ($W.m^{-2}$), onde T_{RM} indica a temperatura radiante (°C). Nas expressões, os valores das constantes K_1 , K_2 e K_3 têm valores diferentes para indivíduos nus ou vestidos. O valor máximo permitido para E_{MAX} é de $390Wm^{-2}$. Este valor corresponde a uma taxa de evaporação de cerca de $1L.h^{-1}$ para um homem de superfície corporal $1,86m^2$ e que se encontre em perfeito estado de saúde. Este valor equivale a taxa de evaporação máxima que

pode ser mantida num período de 8 horas (MTSA, 2001). Há tabelas que indicam, para diferentes *HSI*, os efeitos devido à exposição a oito horas de trabalho contínuo.

O tempo máximo de exposição *AET* (MTSA, 2001), expresso em minutos, pode ser determinado através da expressão

$$AET=2440/(E_{REQ}-E_{MAX}) \quad (4)$$

No entanto o *HSI* não contempla determinadas situações originando alguns problemas de aplicação (CORLETO, 1998), por exemplo, gotas de suor que caem e não evaporam na pele não contribuem para um arrefecimento do corpo.

O índice *ITH*, Índice de Temperatura e Humidade foi inicialmente desenvolvido por THOM (1959) e combinava a temperatura do termómetro molhado T_{wn} (°C) com a temperatura do ar T (°C). NIEUWOLT (1977) modificou o índice *ITH* com o objectivo de facilitar a sua aplicação e avaliação visto que os valores da humidade relativa do ar estão mais frequentemente disponíveis que os valores da temperatura do termómetro molhado. Assim, o *ITH* é calculado a partir da expressão

$$ITH=0,8T+T(U/500) \quad (5)$$

Através de testes empíricos, NIEUWOLT (1977) estabeleceu valores de referência que delimitam situações de conforto e *stress* térmico para seres humanos.

O Índice da Temperatura Efectiva *ITE* estabelecido por HOUGHTEN & YAGLOU (1923) permite relacionar os efeitos da temperatura do ar T e da humidade relativa U no bem-estar do ser humano. Assim, dois ambientes com a mesma temperatura efectiva devem admitir a mesma resposta térmica, mesmo com valores diferentes de temperatura do ar e de humidade relativa do ar desde que se registre o mesmo valor da velocidade do ar (ASHRAE, 2001)

O *ITH* de acordo com THOM (1959) pode ser determinado analiticamente recorrendo à expressão,

$$ITE=0,4(T_{wn}+T)+4,8 \quad (6)$$

em que T_{wn} representa a temperatura do termómetro molhado (°C) e T a temperatura do ar (°C). MIKANI & AMORIM (2005) disponibilizam valores limites de referência para o *ITE*.

Índices *PMV* e *PPD*. O *PMV*, Voto Médio Estimado, foi desenvolvido em 1970 através de experiências laboratoriais em divisões climatizadas (FANGER, 1972).

O *PMV* prevê o voto médio estimado de um grande grupo de pessoas sujeitas a um mesmo ambiente térmico e, baseia-se na equação de balanço térmico e nas teorias de termoregulação.

A aplicação do *PMV* é recomendada apenas quando as variáveis higrométricas e pessoais estão dentro de certos intervalos (ISO 7730, 2005). O *PMV* é calculado a partir de uma equação geral de balanço energético que é função de várias termos intermédios, nomeadamente $+(M-W)$ que representa o metabolismo e trabalho, $-3,05 \times 10^{-3}[5733-6,99(M-W)-e(T_o)]$ a difusão de vapor ou seja um termo relacionado com a evaporação, $-0,42[(M-W)-58,15]$ a transpiração ou seja um termo relacionado com a evaporação, $-1,7 \times 10^{-5}[5867-e(T_o)]$ a respiração latente ou seja um termo relacionado com a respiração, $-0,0014M(34-T)$ a respiração sensível ou seja um termo relacionado com a respiração, $-3,96 \times 10^{-8}f_{cl}[(T_{cl}+273)^4-(T_{MR}+273)^4]$ a radiação ou seja a perda de energia sob a forma de calor por radiação (lei de Stefan-Boltzmann) e $+f_{cl}h_c(T_{cl}-T)$ a convecção, ou seja a perda de energia sob a forma de calor por convecção.

A temperatura exterior do vestuário T_{cl} é determinada por $T_{cl}=T_{pele}-C$ em que

$$T_{pele}=35,7-0,028(M-W) \quad (7)$$

E

$$C=-I_{cl}\{3,96 \times 10^{-8}f_{cl}[(T_{cl}+273)^4-(T_{MR}+273)^4]+f_{cl}h_c(T_{cl}-T)\} \quad (8)$$

em que h_c representa o coeficiente de transferência de energia sob a forma de calor por convecção. O factor de vestuário I_{cl} depende da área exterior do vestuário e da área corporal. O factor de vestuário correlaciona-se com a resistência térmica do vestuário, é adimensional e superior à unidade.

O *PPD*, Percentagem de Pessoas Insatisfeitas estabelece a percentagem de pessoas insatisfeitas termicamente com o ambiente, e é determinado a partir do conhecimento do *PMV*. Este baseia-se na percentagem de um grande grupo de pessoas que gostariam que o ambiente estivesse mais quente ou mais frio, votando +3, +2 ou -3 e -2, na escala sétima de ASHRAE.

O *PPD* pode ser determinado analiticamente através da expressão

$$PPD=100-95e^{-(0,03353PMV^4+0,2179PMV^2)} \quad (9)$$

É impossível obter num ambiente uma combinação das variáveis meteorológicas e pessoais que satisfaça plenamente a todos os indivíduos de um grande grupo; o valor do *PPD* nunca é inferior a 5%. O valor mínimo de *PPD* corresponde à condição de neutralidade térmica; a curva é simétrica em relação ao ponto de $PMV=0$, ou seja, observam-se sensações equivalentes de calor e de frio para um mesmo *PMV* em valor absoluto, correspondem a igual percentagem de insatisfeitos. Os valores máximos admissíveis para *PMV* e *PPD*, para que se possa considerar a área estudada uma zona de conforto são respectivamente $-0,5 < PMV < +0,5$ e $PPD < 10\%$.

O índice *EsConTer* é baseado numa escala de cores (*Es*), por considerar a sensação de conforto (*Con*) e por ser térmica (*Ter*) e valoriza o conhecimento da temperatura do ar e temperatura do termómetro molhado (TALAIA & SIMÕES, 2009) e é calculado aplicando a expressão,

$$EsConTer=-3,75+0,103(T+T_w) \quad (10)$$

O *EsConTer* na gama de valores -3 a +3 indica a sensação térmica de muito frio a muito quente. Os indivíduos são convidados a expressarem a sua sensação térmica numa escala de cores construída para o efeito.

Materiais e Métodos

Em cada estudo de caso apresentado neste trabalho foram registados parâmetros higrométricos e opiniões de indivíduos nos locais de ambiente térmico.

Os dados registados foram usados, em diferentes cenários, para conhecer o ambiente térmico por aplicação de diferentes índices térmicos.

Os resultados obtidos foram analisados e comparados com informações da literatura da especialidade.

Resultados e discussão

Apresentam-se diferentes estudos de caso com o objectivo de mostrar a versatilidade de aplicação de diferentes métodos de avaliação de ambiente térmico considerado de quente.

Empresa do sector têxtil (lavandaria)

Como mostrou TALAIA (2004) foi usado um monitor de Stress Térmico *WBGT* para avaliar a performance do ambiente no início da linha. Os dados registados da velocidade do ar, temperatura de globo, temperatura do ar, temperatura húmida, temperatura de saturação e temperatura exterior, permitiram determinar *WBGT* para ambiente interior com um valor de 29,9°C. Foi adoptada uma actividade ligeira (trabalho com o corpo ligeiro). O valor determinado de *WBGT* mostrou que no início da linha o valor está muito próximo do valor máximo admissível, o que sugere intervenção da Direcção de Higiene e Segurança.

Empresa metalomecânica (exemplo 1)

A importância da Direcção de Higiene e Segurança conhecer o padrão térmico ao longo do dia, mês e ano de uma nave industrial para detectar “ilhas de calor” de modo a serem adoptadas estratégias de intervenção foi mostrado por TALAIA e RODRIGUES (2006; 2008). TALAIA *et al* (2007) mostraram a importância do calor nas industriais. Nesta reportagem publicada por Cardoso, Talaia referiu que a distribuição das máquinas, a posição dos operadores, o tempo de exposição e as condições atmosféricas exteriores a uma nave de uma fábrica devem ser levadas em conta quando se actua de forma preventiva. Referiu ainda que é importante, através de questionários, conhecer a sensação térmica dos operários. O ideal é fazer o diagnóstico, encontrar a solução e por fim verificar os resultados.

Na Figura 1 são indicadas as zonas mais vulneráveis para a nave com cerca de 18000m², usando dois métodos, o *WBGT* e o *ITH*. A observação das duas imagens mostra uma excelente concordância com os dois métodos.

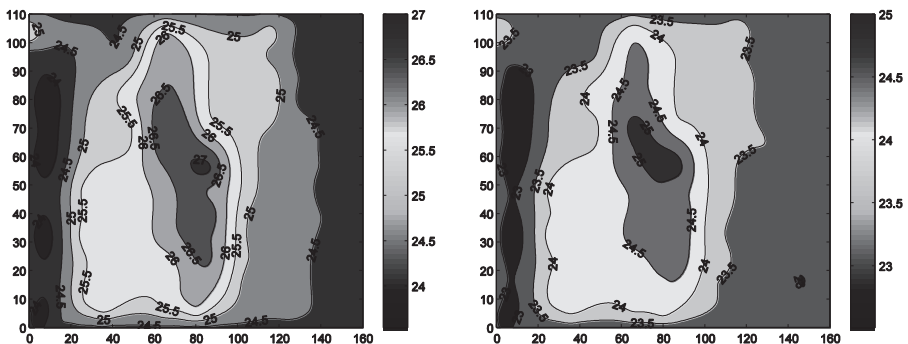


Figura 1
Mesma condição: imagem lado esquerdo *WBGT*, imagem lado direito *ITH*.

Na subzona mais vulnerável foi considerado um estudo de pormenor em que os operários tiveram uma intervenção activa. Após formação adequada, os operários registavam em folhas construídas para o efeito e, de duas em duas horas, informações de parâmetros higrométricos e informações acerca do seu bem-estar. TALAIA e RODRIGUES (2008) mostraram que nas subzonas vulneráveis, os índices de *stress* térmico sugerem que sejam adoptadas medidas de prevenção.

A observação da Figura 2 indica, como era esperado, que os valores medidos no interior e no exterior da nave indiciam ambientes térmicos diferentes. Para o mesmo horário, o índice térmico interior é muito superior que o índice térmico exterior e, sugere estratégias de intervenção para melhorar o local de trabalho.

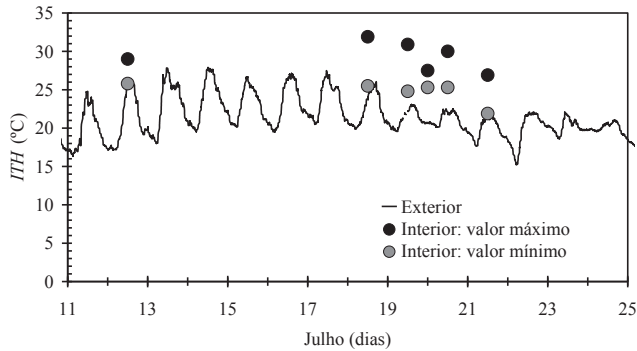


Figura 2
ITH no tempo para o ambiente interior e exterior.

Cenário de frente de incêndio

TALAIA e FERREIRA (2011) mostraram que é possível avaliar um “choque” térmico que ocorre, muitas vezes, durante um incêndio florestal e que é suscitado quando em dado momento se faz a luta com base em água em jacto e com a exposição durante o combate com meios sapadores. Foram usados os índices *HSI*, *ITE*, *WBGT*, *EsConTer* e o diagrama da *WMO* (1987). Os resultados obtidos foram comparados e os diferentes métodos mostraram uma excelente concordância.

Empresa metalomecânica (exemplo 2)

PEREIRA e TALAIA (2011) e TALAIA *et al.* (2011) mostraram que para a definição de um ambiente térmico é importante desenvolver algoritmos capazes de construir, a partir de dados registados, o padrão do ambiente térmico. A Figura 3 mostra um exemplo de gráficos que foram obtidos para uma nave industrial com cerca de 10000m², para o *EsConTer* e *WBGT*.

A Figura 4 mostra para a mesma nave uma fase de resultados quando se aplica o *PPD* e o *PMV*.

Empresa metalomecânica (exemplo 3)

TALAIA *et al.* (2013a) mostraram a importância de valorizar a opinião de operadores nos locais de trabalho (*aspectos subjectivos*). Num ambiente quente foi considerada a percepção dos colaboradores quanto ao conforto térmico que sentem no posto de trabalho em que operam. Relativamente à percepção dos operadores em relação ao conforto térmico nos postos, as respostas foram obtidas com base numa escala de Likert (LIKERT; 1932), de 5 pontos de avaliação. As questões avaliaram a percepção dos operadores relativamente à influência da temperatura do

Riscos no local de trabalho - ambiente térmico quente

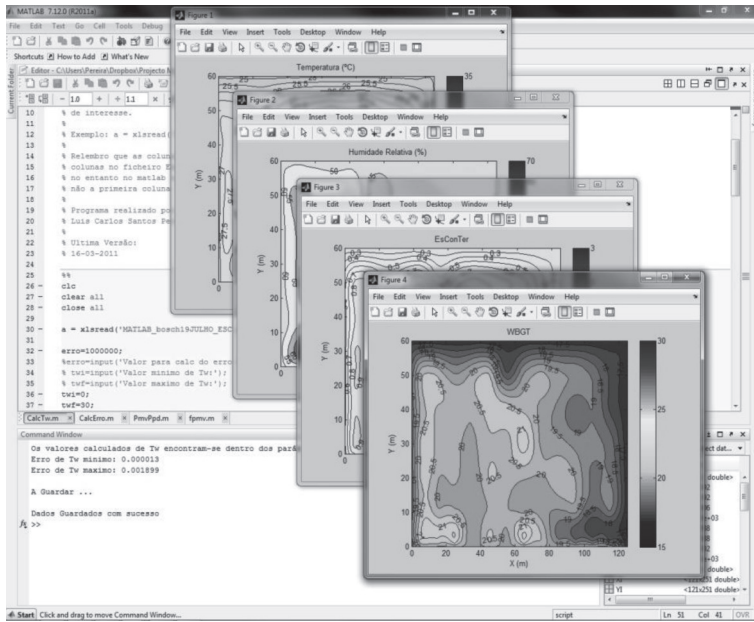


Figura 3

Imagem no monitor: construção de gráficos de padrão.

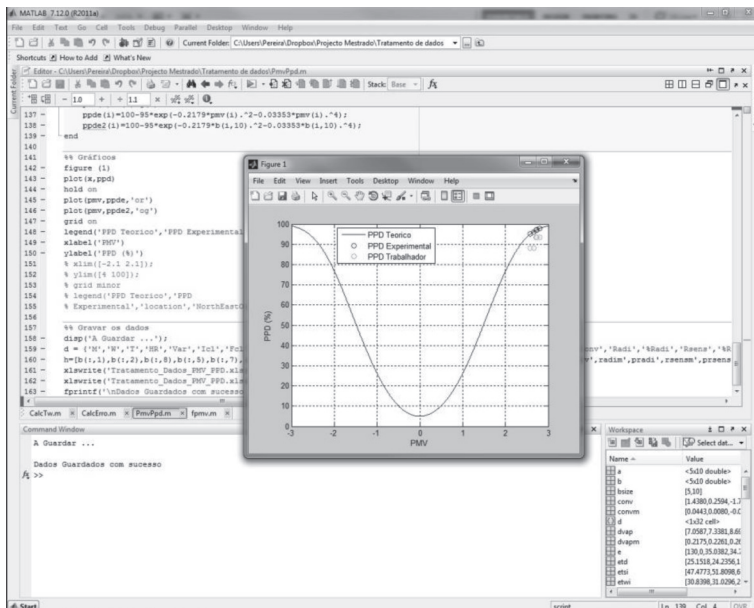


Figura 4

Imagem no monitor: construção de gráfico para o PPD e PMV.

ar, da sensação de conforto e satisfação do local de trabalho, durante os períodos de Verão e de Inverno. Os resultados parecem sugerir que as mulheres são mais sensíveis à temperatura e esta situação está de acordo com o estudo publicado por TALAIA e ALVES (2011). Também, cerca de 50% dos operadores consideram o local de trabalho sem condições de conforto e relativamente à satisfação do local de trabalho, os resultados revelaram uma posição intermédia de pouca ou média satisfação.

TALAIA *et al.* (2013b) mostraram como se pode alterar o ambiente térmico de um local de trabalho usando o ITH e o diagrama da WMO (1987) (*aspectos físicos*). A Figura 5 mostra para diferentes postos de trabalho a sensação térmica ao longo de um turno de trabalho e os resultados obtidos foram valorizados pelo departamento de Higiene e Segurança permitiram melhorar o posto de trabalho com *stress* térmico (posto 178) através da instalação de um sistema de ventilação adequado.

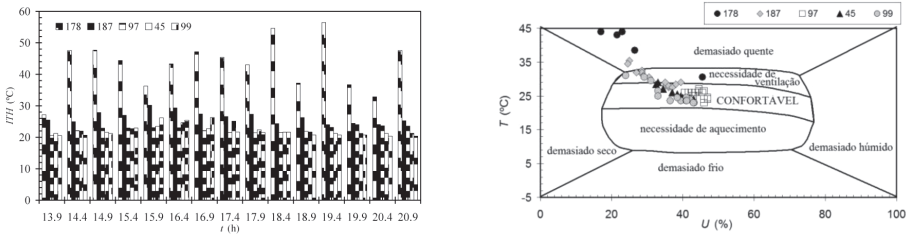


Figura 5
Sensação térmica para diferentes postos de trabalho: ITH e diagrama da WMO.

Escola - ambiente térmico em sala de aula

TALAIA e SILVA (2011) mostraram que numa sala de aula, onde se aplicaram os índices *PPD* e *PMV* e o diagrama da WMO, é possível conhecer se o ambiente térmico influencia o ensino aprendizagem. A Figura 6 mostra que para alguns dias do Inverno houve situações no interior da sala de aula que mereceu a adoção de medidas de prevenção. Sempre que possível foi usado aquecimento.

A observação das imagens da Figura 6 mostra uma excelente concordância. Há apenas algumas aulas que decorreram num ambiente considerado de conforto térmico. Durante o registo de parâmetros higrométricos os estudantes responderam a uma questão problema no final da aula sem aviso prévio com o objetivo de avaliar a construção do conhecimento dessa aula.

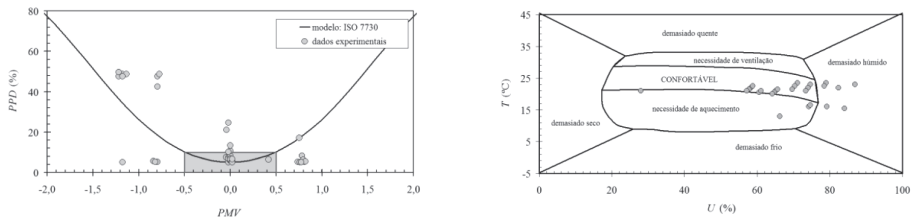


Figura 6
Sensação térmica para diferentes dias em sala de aula.

Considerações finais

Foram apresentados vários estudos de caso, realizados em diferentes cenários onde foram aplicados diferentes métodos para avaliar o ambiente térmico.

Em cada caso, quando foram usados mais do que um método para determinar a performance do local de trabalho os resultados obtidos foram concordantes.

O estudo mostra que há vantagem em ser desenvolvidos e construídos algoritmos capazes de informar diferentes padrões para os locais investigados.

Este trabalho revela igualmente o papel crucial dos indivíduos na avaliação do ambiente térmico, e como esta pode ser grandemente favorecida pela sua participação directa. Por um lado, a utilização dos inquéritos permitiu avaliar as expectativas e a forma como estes se relacionam com o ambiente podendo constituir uma forma adicional de avaliar o processo de aclimatização.

Adicionalmente, este trabalho mostra que é possível detetar zonas de *stress* térmico que permitiram a tomada de medidas estratégicas.

Estudos deste tipo são importantes porque permitem a adopção atempada de medidas correctivas minimizando desta forma possíveis quebras de produtividade (laboral ou intelectual) ou episódios de fadiga física de indivíduos.

Finalmente, não deixa de ser interessante a interdisciplinaridade deste tipo de investigação por ligar os interesses da indústria, da arquitectura, da engenharia civil, da mecânica de fluidos e transferência de energia em forma de calor, da engenharia têxtil, da fisiologia, da ergonomia, da biometeorologia e da medicina de trabalho.

Referências

- ASHRAE (2001) - *Handbook of Fundamentals - Physiological Principles for Comfort and Health*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Chapter 8, Atlanta, pp. 1-32.
- BELDING e HATCH (1955) - "Index for evaluating heat stress in terms resulting physiological strain". *Heating piping Air Condit*, 27, pp. 29-136.
- COLL, C.; PALACIOS, J. e MARCHESI, A. (1995) - *Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia evolutiva*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- CORLETO, R. (1998) - *The evaluating of Heat Stress indices using physiological comparisons in an alumina refinery in a sub-tropical climate*, Master Science Thesis, Faculty, Faculty of Science and Technology at Deakin University, Geelong, Australia, pp. 176.
- FANGER, P. (1972) - *Thermal Comfort*. 2ª Ed. McGraw-Hill, New-York.
- GRANDJEAN, E. (1998) - *Manual de ergonomia - adaptando o trabalho ao homem*. Tradução João Pedro Stein. Porto Alegre: Artes Médicas, ed. 4ª.
- HOUGHTEN e YAGLOU (1923) - *ASHVE Researche Report No 673*. ASHVE Transactions 29, p. 361.
- ISO 7243 (1989) - *Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature)*, International Standardisation Organisation, Geneva, Suisse.
- ISO 7730 (2005) - *Ambiances thermiques modérées - Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort thermique*, International Standardisation Organisation, Geneva, Suisse.

- KANG, Z. J.; XUE, H. e BONG, T. Y. (2006) - "Modeling of thermal environment and human response in a crowded space for tropical climate". *Building and Environment*, 36, pp. 511-525.
- KRUGER, E.; DUMKE, E. e MICHALOSKI, A. (2001) - *Sensação de Conforto Térmico: respostas dos Moradores da Vila Tecnológica de Curitiba*, VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Anais do VI ENCAC, São Pedro - São Paulo, Brasil, UNICAMP/UFSCar/Associação Nacional de tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), Vol. 1, pp. 1-7.
- LAMBERTS, R. (2002) - *Conforto Térmico e Stress Térmico*, LabEEE Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.
- LIKERT, R. (1932) - "A Technique for the Measurement of Attitudes". *Archives of Psychology*, 140, pp. 1-55
- LULA, C. C. M. e SILVA, L. B. (2002) - *O Conforto ambiental e a Motivação: Implicações no Desempenho de Alunos em Ambientes Climatizados*. ABERGO, Recife, ANAIS.
- MARKOV, D. (2002) - *Practical Evaluation of the Thermal Comfort parameters*. Annual International Course: Ventilation and Indoor climate, Sofia, Bulgária, P. Stankov (Ed), 1, pp. 158-170.
- MARTINET, C. e MEYER, J. P. (1999) - *Travail à la chaleur et confort thermique*. Sitio Oficial do Institut National de Recherche et de Sécurité [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/ns%20184/\\$file/ns184.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/ns%20184/$file/ns184.pdf) (on-line: 03/07/ 2006).
- MIGUEL, A. (2001) - *Segurança e Higiene do Trabalho*, Universidade Aberta, Lisboa, Portugal (1998).
- MIKANI, C. e AMORIM, M. (2005) - "Características de temperatura e conforto térmico em ambiente urbano e rural: episódios de Verão". In: *Actas da VI Semana de Geografia: A Geografia e os paradigmas do século XXI*, Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP - Presidente Prudente, Brasil.
- MTSA (2001) - *Organización de Salud y Seguridad en el Trabajo - O.I.T.* Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. 3ª edición. http://www.ucm.es/info/seas/estres_lab/enciclo/indice_gral.htm (on-line: 16/05/2006).
- NIEUWOLT, S. (1977) - *Tropical climatology*. Wiley, London, Wiley.
- NOGUEIRA, M. C. J. A. e NOGUEIRA, J. S. (2003) - "Educação, meio ambiente e conforto térmico: caminhos que se cruzam". *Revista Electrónica em Educação Ambiental*, 10, pp. 104-108.
- PEREIRA, L. e TALAIA, M. (2011) - "A Cor e as Zonas de Stress Térmico numa Escala Comum - Exemplo numa Indústria Metalomecânica". *Proceedings 6º Congº Luso-Moçambicano de Engª e 3º Congº de Engª de Moçambique* (artigo CLME'2011_2805A, 8 págs). Maputo, 29 de Agosto a 2 de Setembro.
- RINIOLLO, T. C. e SCHMIDT, L. A. (2006) - "Chronic heat stress and cognitive development: An example of thermal conditions influencing human development". *Developmental Review*, 26, pp. 277-290.
- RODRIGUES, F. (2007) - *Conforto e Stress Térmico: uma avaliação em Ambiente Laboral*. Tese de mestrado de Física Aplicada. Publicada. Universidade de Aveiro.
- TALAIA, M. et al. (2007) - "Calor nas Industrias. Reportagem de Maria Cardoso. Revista mensal de Saúde e Segurança do Trabalho. Abril/2007". *Protecção*, 184, pp. 32-54.
- TALAIA, M. (2004) - *O Conforto Humano e as Alterações Ambientais*. Proceedings of the XXVIII Jornadas Científicas, La Meteorología y El Clima Atlánticos, 5º Encuentro Hispano-Luso de Meteorología: La Meteorología y Climatología en los Sectores Público y Privado, CDRON, Badajoz, Espanha, pp. 474-483.
- TALAIA, M. e ALVES, J. (2011) - "A Condução e o Conforto Térmico na Segurança Rodoviária - Estudo de Percepção". *Proceedings 6º Congresso Luso - Moçambicano de Engenharia e 3º Congresso de Engª de Moçambique* (artigo CLME'2011_2806A, 12 páginas).
- TALAIA, M. e FERREIRA, V. (2010) - "Stress Térmico na Frente de Fogo no Combate a Incêndio Florestal: Avaliação de Risco". *Territorium*, 17, pp. 85-93.

Riscos no local de trabalho - ambiente térmico quente

- TALAIÁ, M., PEREIRA, L. e SIMÕES, H. (2011) - “Os Índices PPD, PMV e EsConTer na Avaliação de Zonas Vulneráveis de um Local”. *Proceedings 6º Congº Luso-Moçambicano de Engª e 3º Congº de Engª de Moçambique* (artigo CLME'2011_2807A, 10 págs).
- TALAIÁ, M.; MELES, B. e TEIXEIRA, L. (2013a) - “Worker perception in relation to workplace comfort - an evaluation in metalworking industry”. In: AREZES *et al.* (eds) - *Occupational Safety and Hygiene*. CRC Press, Taylor e Francis Group, London, pp. 313-317.
- TALAIÁ, M.; MELES, B. e TEIXEIRA, L. (2013b) - “Evaluation of the thermal comfort in workplaces - a study in the metalworking industry”. In: AREZES *et al.* (eds) - *Occupational Safety and Hygiene*. CRC Press, Taylor e Francis Group, London, pp. 473-477.
- TALAIÁ, M. e RODRIGUES, F. (2006) - “Heat Stress Indicators in an Industrial Building”. *Proceedings of the HB 2006 - Healthy Buildings*. Editors Fernandes, E.O., Silva, M.G and Pinto, J.R., Vol. II *Indoor Climate*, pp. 57-60.
- TALAIÁ, M. e RODRIGUES, F. (2008) - “Conforto e Stress Térmico: Uma Avaliação em Ambiente Laboral”. *Proceedings CLME'2008 / II CEM. 5º Congresso Luso - Moçambicano Engenharia - 2º Congresso de Engenharia de Moçambique*. Maputo. Editores Gomes *et al.* Edições INEGI, Artigo 11A020, 15 páginas.
- TALAIÁ, M. e SILVA, M. (2011) - “Conforto Térmico - Implicações no Processo de Ensino e Aprendizagem de Alunos”. *Proceedings 6º Congº Luso-Moçambicano de Engª e 3º Congº de Engª de Moçambique* (artigo CLME'2011_2803A, 13 p.).
- TALAIÁ, M. e SIMÕES, H. (2009) - “Alterações Climáticas e Bem-estar do Ser Humano”. *Livro de resumos do 6º Simpósio de Meteorologia e Geofísica da APMG e 10º Encontro Luso-Espanhol de Meteorologia*, p. 55.
- THOM, E. C. (1959) - “The discomfort index”. *Weatherwise*, 12(1), pp. 57-60.
- WMO (1987) - *World Climate Programme Applications, Climate and Human Health*. World Meteorological Organization.
- YAGLOU, P. e MINARD, D. (1957) - “Control of heart causalities at military training camps”. *Am A Arch, Ind. Health*, 16, pp. 302-316.
- ZHAO, J., ZHU, N. e LU, S. (2009) - “Productivity model in hot and humid environment based on heat tolerance time analysis”. *Building and Environment*, 44, pp. 2202-2207.