

ESTUDO DO CONFORTO TÉRMICO EM CONTEXTO INDUSTRIAL: CASO DE INDÚSTRIA VIDREIRA

Mariana Morgado

DEGEI, Universidade de Aveiro
marianafmorgado@ua.pt

Mário Talaia

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

Leonor Teixeira

DEGEI-IEETA, Universidade de Aveiro
lteixeira@ua.pt

RESUMO

O desconforto térmico é uma das maiores causas de insatisfação em postos de trabalho, estando também fortemente associado a acidentes de trabalho. É neste contexto que o presente trabalho se insere, tendo como principal objetivo descrever um estudo de ambiente térmico no contexto de uma empresa da indústria vidreira da Marinha Grande, no sentido de identificar as zonas/postos de trabalho mais suscetíveis a ambientes de *stress* térmico quente, através da aplicação de dois índices térmicos, o *ITH* (índice temperatura-humidade) e o índice *EsConTer*. Para além disso, foram também analisadas as sensações térmicas dos trabalhadores nos postos de trabalho considerados mais críticos através da escala de cores associada ao índice *EsConTer*. Os resultados obtidos deste trabalho permitiram conhecer melhor o ambiente térmico do espaço em estudo, assim como a sensação térmica dos trabalhadores, tendo sido valorizados pelo Departamento de Higiene e Segurança no Trabalho.

Palavras-chave: Indústria, Ambiente térmico quente, Sensação térmica, índice *EsConTer*, índice *ITH*.

Introdução

O estudo do conforto térmico é crucial para a criação de ambientes confortáveis, seguros e mais produtivos. Num contexto industrial, o estudo do conforto térmico tem como objetivo proporcionar uma relação positiva na interação dos colaboradores com o seu ambiente laboral, necessária para uma boa performance (Bluyssen, Aries, & van Dommelen, 2011; Felix, Moura, Pereira, & Tribess, 2010; Pinto, 2009).

O ambiente térmico consiste no conjunto de variáveis termohigrométricas que influenciam direta ou indiretamente o ser humano e o seu comportamento. O conforto térmico é, segundo Emmanuel (2005), uma reação complexa a um conjunto de variáveis ambientais, podendo ser definida como a satisfação de um indivíduo quando exposto a um determinado ambiente térmico (ASHRAE, 2001; ASHRAE 55, 2004; Chow *et al.*, 2010).

A sensação térmica do ser humano está relacionada com o balanço térmico do corpo humano, devendo o calor produzido pelo metabolismo ser igual ao calor dissipado pelo corpo. Neste sentido, cada indivíduo assume necessidades diferentes de conforto térmico (Leal & Neves, 2013), as quais dependem das variáveis ambientais mencionadas anteriormente e de fatores pessoais que condicionam a sua resposta ao ambiente circundante, como por exemplo, físicos, psicológicos, fisiológicos, culturais, idade, altura, género e hábitos alimentares.

Contudo, de acordo com Liu *et al.* (2012) e Yao *et al.* (2009), os indivíduos ajustam-se aos estímulos ambientais de forma a manter e melhorar o seu bem-estar, tanto a nível psicológico, como fisiológico e comportamental. O desconforto térmico é uma das maiores causas de insatisfação em postos de trabalho (Huizenga, Abbaszadeh, Zagreus, & Arens, 2006)

O presente trabalho descreve um estudo de ambiente térmico no contexto de uma empresa da indústria vidreira durante a primavera, tendo como principal objetivo perceber e identificar as zonas/postos de trabalho mais suscetíveis a ambientes de *stress* térmico quente, bem como perceber as sensações térmicas dos trabalhadores afetos a esses ambientes térmicos, no sentido de desenvolver medidas corretivas sob o ambiente térmico que melhor satisfação ofereçam aos ocupantes do espaço industrial.

Metodologia

A metodologia aplicada no estudo descrito encontra-se dividida em dois subcapítulos, (i) identificação das zonas suscetíveis a ambiente térmico quente e (ii) avaliação da sensação térmica dos trabalhadores.

Para a identificação das zonas mais vulneráveis foi analisado o *layout* da empresa e traçada uma rota na área de produção da empresa. A rota escolhida é composta por um conjunto de pontos de observação e de recolha de dados, no interior e exterior da área a estudar. A recolha dos dados foi efetuada durante dois períodos do dia, de manhã e à tarde, de forma a compreender a influência do ciclo diurno da radiação solar no ambiente térmico interior do espaço em estudo. Em cada período foram percorridos dois circuitos com sentidos opostos. A pertinência da execução destes dois circuitos reside na tentativa de comprovar se o ambiente térmico da nave industrial dependia, ou não, da opção do circuito. Em todas as zonas de recolha de dados foi utilizado o aparelho de medida ‘Center 317 - temperature humidity meter’ e foram recolhidos valores de temperatura do ar e humidade relativa do ar.

Após a recolha dos dados, aplicaram-se dois índices térmicos, o *ITH* (Nieuwolt, 1977) e o *EsConTer* (Talaia & Simões, 2009), gerados através de algoritmos desenvolvidos em *Matlab*, apresentando gráficos de cores que permitiram identificar as regiões de trabalho mais críticas, tendo em conta os dados recolhidos nas zonas de observação. A interpretação dos dados dos dois índices foi efetuada de acordo com Teixeira *et al.* (2014).

Foram também recolhidos e analisados dados sobre as sensações térmicas dos trabalhadores que ocupavam os postos de trabalho identificados como os mais críticos. Assim, nos postos de trabalho selecionados foram recolhidos valores de temperatura do ar e humidade relativa do ar durante em dois períodos do dia, manhã e tarde. Cada período do dia foi analisado em dois momentos, no período da manhã às 10h00 e 12h00 e no período da tarde às 15h00 e às 17h00. Ao mesmo tempo que foram efetuadas as medições foram questionados os trabalhadores, afetos aos postos de trabalho em estudo, com a escala de cores utilizada no índice *EsConTer* baseada na escala sétima de sensação térmica de ASHRAE (Teixeira *et al.*, 2014). Para responder a este questionário, os trabalhadores apenas tinham que assinalar com uma cruz (X), o local que melhor correspondia à sua sensação térmica aquando da inquirição. A partir desses valores foram desenvolvidos gráficos que permitiram comparar a resposta real dos trabalhadores com a sensação prevista dos trabalhadores (dada através do índice *EsConTer*).

Resultados e Discussão

A Figura 1 representa um exemplo (dia 10 de Abril de 2014) dos mapas de cores gerados pelos algoritmos criados em *Matlab* segundo o índice *ITH* (esquerda) e o índice *EsConTer* (direita). Estes mapas mostram o padrão térmico do espaço em questão através das suas cores. A partir destes gráficos a mesma informação pode ser recolhida visto que os dois índices mostraram ser bastante concordantes, apresentando um coeficiente de correlação de 0,9954.

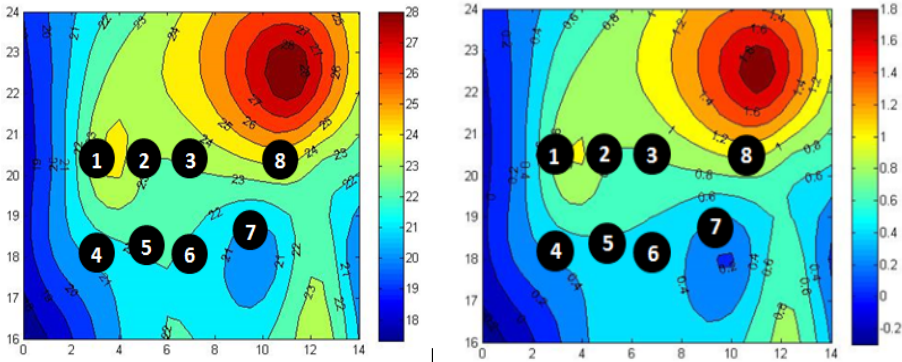


Figura 1. Zonas mais suscetíveis a ambiente térmico quente e postos de trabalho mais críticos de acordo com o índice *ITH* (°C) e *EsConTer*

A região de *ITH* de cerca de 28°C ou *EsConTer* cerca de 1,8 refere-se à zona termicamente mais crítica do espaço em estudo e corresponde ao forno. Alguns postos de trabalho estão localizados nesta área. Conforme se observa na Figura 1 os postos de trabalho considerados mais críticos dizem respeito aos círculos pretos numerados de 1 a 7. Os valores registados estão na gama de valores de 21°C a 24°C para o índice *ITH* e na gama de 0,4 a 1,0 para o índice *EsConTer*.

Nestes postos de trabalho os trabalhadores foram inquiridos. A Figura 2 mostra a sensação térmica dos trabalhadores no período da manhã (gráfico à esquerda) e no período da tarde (gráfico à direita). Estes gráficos dizem respeito a um dia de medições escolhido aleatoriamente, o dia 9 de Maio de 2014. Apenas para esta análise serão utilizados valores associados ao índice *EsConTer*, uma vez que este e o índice *ITH* apresentam uma forte concordância, e por isso sugerem os mesmos resultados.

A Figura 2, que representa *EsConTer* interior, mostra que o ambiente térmico interior do espaço se tornou ligeiramente mais quente no período da tarde, quando comparado com o período da manhã. No que diz respeito ao ambiente externo, representado pelo *EsConTer* exterior, esta variação também se verifica.

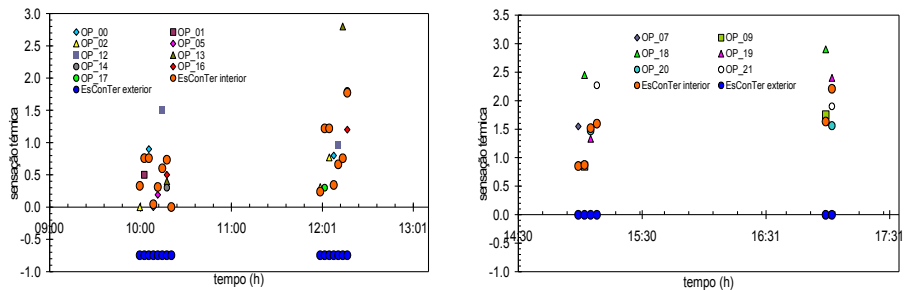


Figura 2. Sensação térmica dos trabalhadores no turno da manhã e no turno da tarde

Os valores de sensação térmica dos trabalhadores mostraram-se concordantes com o ambiente térmico devido à proximidade de valores previstos para o *EsConTer* interior. No entanto, tal como previsto alguns trabalhadores apresentaram valores mais discrepantes associados à

subjetividade da sensação térmica, como são exemplo, o trabalhador OP_12 na primeira avaliação (10h00), o trabalhador OP_13, no momento de avaliação das 12h00 e o trabalhador OP_18 no turno da tarde.

Conclusão

A partir das ferramentas de estudo utilizadas foi possível compreender o padrão térmico do espaço industrial em estudo, assim como a sensação térmica dos trabalhadores. Os mapas desenvolvidos em *Matlab* mostraram ser uma ferramenta bastante intuitiva no que diz respeito à compreensão do padrão térmico do espaço. Os dois índices utilizados mostraram-se concordantes, analisando de forma muito semelhante o espaço em estudo. O índice *EsConTer*, revelou-se mais uma vez um índice muito interessante, devido à associação dos seus resultados a uma escala de cores e à escala sétima de sensação térmica de ASHRAE e, como tal, eficaz na tradução do padrão térmico do espaço devido à concordância com o índice *ITH* e com a sensação térmica real dos trabalhadores. De relevar também que os resultados deste estudo foram valorizados pelo Departamento de Higiene e Segurança no Trabalho da empresa estudada, no sentido de serem desenvolvidas medidas corretivas que melhorem a satisfação os trabalhadores.

Bibliografia

- ASHRAE. (2001). Thermal Comfort. In American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (2001 ASHRA.). Colorado 80112-5776 USA: Englewood.
- ASHRAE 55. (2004). Thermal environmental conditions for human occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Bluyssen, P. M., Aries, M., & van Dommelen, P. (2011). Comfort of workers in office buildings: The European HOPE project. *Building and Environment*, 46(1), 280-288. doi:10.1016/j.buildenv.2010.07.024
- Chow, T. T., Fong, K. F., Givoni, B., Lin, Z., & Chan, a. L. S. (2010). Thermal sensation of Hong Kong people with increased air speed, temperature and humidity in air-conditioned environment. *Building and Environment*, 45(10), 2177-2183. doi:10.1016/j.buildenv.2010.03.016
- Emmanuel, R. (2005). Thermal comfort implications of urbanization in a warm-humid city: the Colombo Metropolitan Region (CMR), Sri Lanka. *Building and Environment*, 40, 1591-1601. doi:10.1016/j.buildenv.2004.12.004
- Felix, V. B., Moura, D., Pereira, M. L., & Tribess, A. (2010). Evaluation of thermal comfort in surgical environments using Fanger's method and equivalent temperatures. *Ambiente Construído*, 10, 69-78.
- Huizenga, C., Abbaszadeh, S., Zagreus, L., & Arens, E. (2006). Air Quality and Thermal Comfort in Office Buildings : Results of a Large Indoor Environmental Quality Survey. In *Proceedings of Healthy Buildings* (pp. 393-397). Lisbon.
- Leal, A., & Neves, M. (2013). Study of Thermal Hot Environments: Contribution to a Technical Assessment. In *Sho'13- International Symposium on Occupational Safety and Hygiene* (pp. 187-188). Guimarães, Portugal.
- Liu, J., Yao, R., Wang, J., & Li, B. (2012). Occupants' behavioural adaptation in workplaces with non-central heating and cooling systems. *Applied Thermal Engineering*, 35, 40-54. doi:10.1016/j.applthermaleng.2011.09.037
- Nieuwolt, S. (1977). *Tropical climatology*. London.
- Pinto, A. M. P. (2009). Análise ergonómica dos postos de trabalho com equipamentos dotados de visor em centros de saúde da administração regional de saúde do centro. Universidade de Coimbra.

CAPÍTULO 3.3: RISCOS AMBIENTAIS E SAÚDE

- Talaia, M., & Simões, H. (2009). Índices PMV e PPD na Definição da “performance” de um Ambiente. In Livro de atas do V Encontro Nacional de Riscos e I Congresso Internacional de Riscos. Coimbra, Portugal.
- Teixeira, L., Talaia, M., & Morgado, M. (2014). Evaluation of indoor thermal environment of manufacturing industry. In M. P. Azeres, J. Baptista, M. Barroso, P. Carneiro, P. Cordeiro, N. Costa, G. Perestrelo (Eds.), *Occupational Safety and Hygiene II* (pp. 553-558). London, UK: CRC Press Taylor & Francis group.
- Yao, R., Li, B., & Liu, J. (2009). A theoretical adaptive model of thermal comfort - Adaptive Predicted Mean Vote (aPMV). *Building and Environment*, 44(10), 2089-2096. doi:10.1016/j.buildenv.2009.02.014