

DESCONFORTO / STRESS TÉRMICO NO COMBATE A INCÊNDIO FLORESTAL

UMA AVALIAÇÃO NUM CASO DE ESTUDO



Valente Ferreira¹ e Mário Talaia^{1,2}

Licenciatura em Segurança Comunitária

¹ ISCIA – Instituto Superior de Ciências da Informação e da Administração, Aveiro

² Departamento de Física, Universidade de Aveiro

Valente Ferreira & Mário Talaia Coimbra, 29, 30 e 31 de Maio

a5961@iscia.edu.pt & mta@iscia.edu.pt



A **temperatura** é um dos parâmetros mais importantes a considerar quando se pretende avaliar o **conforto térmico do ser humano**.

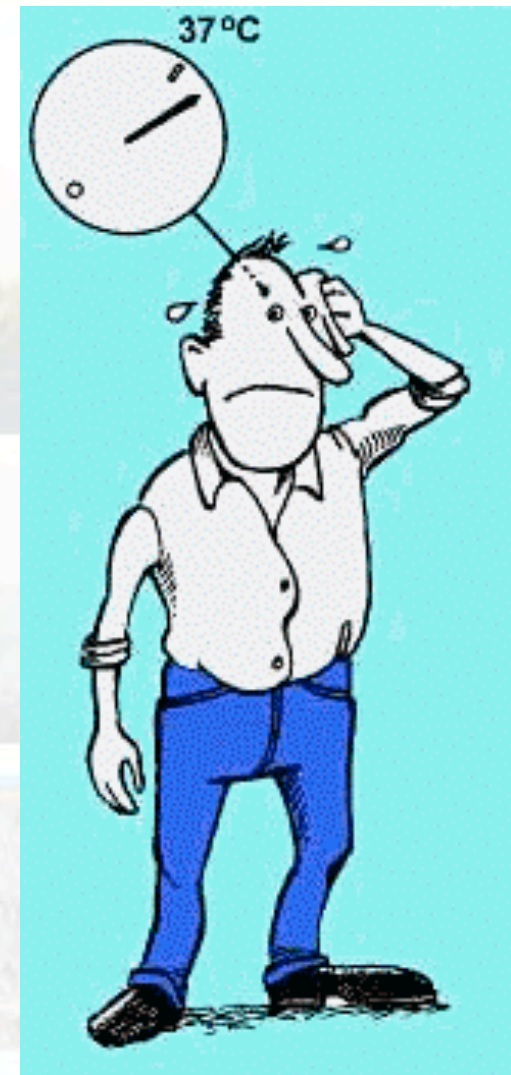
Nesta investigação avalia-se um **choque térmico** que ocorre, muitas vezes, durante um incêndio florestal e que é suscitado quando em dado momento se faz a luta com base em água em jacto ou nevoeiro e com a exposição durante o combate com meios sapadores.

São usados *índices de conforto e de stress térmico*, para ambiente quente por efeito do calor, nomeadamente *WBGT, HSI, ITE* e diagrama de duas entradas da *WMO*

É aceite que a *temperatura humana normal* anda próxima dos 36,5°C.

Entre 37,5°C a 40°C , considera-se que não há riscos graves para a saúde.

No entanto, acima dos 37°C há necessidade de transpiração e conseqüente arrefecimento do corpo humano.



Se a temperatura registar valores acima de 40°C podem gerar-se convulsões.

Se ultrapassar uma **temperatura de 43°C**, o ser humano deverá ser levado aos serviços de urgência hospitalar, pois pode ocorrer morte (devido à destruição parcial da estrutura das proteínas, à instabilidade das membranas celulares, à alteração das vias metabólicas dependentes de oxigénio e outros).

Se houver condições externas para que a temperatura corporal ultrapasse 51°C irá ocorrer rigidez muscular e morte instantânea.

Para uma pessoa adulta que tenha problemas de transpiração, a taxa de aumento da temperatura interna do corpo humano é cerca de $230\text{kJ} / ^\circ\text{C}$ (pode-se considerar **golpe de calor**).

$$\frac{Q}{\Delta T} \cong m_{H_2O} C_{H_2O} + m_{\text{tecidos}} C_{\text{tecidos}}$$

Se for considerada como *superfície exposta* uma área de $0,5\text{m}^2$ [de acordo com Dubois and Dubois (1916) o valor típico da área da superfície extensível do corpo nu para um homem com 75kg e 1,7m de altura é de $1,9\text{m}^2$], para a absorção de energia sob a forma de calor num intervalo de tempo e por unidade de área de $10\text{kW}/\text{m}^2$, a taxa será:

$$\frac{\Delta t}{\Delta T} = 46 \text{ s}/^\circ\text{C}$$

mostra que em cada 46 s se regista um aumento da temperatura interior do corpo humano de 1°C

Para um aumento em cerca de 5°C (42°C), serão necessários apenas 230s ou sejam cerca de 4min.

Num incêndio de grande dimensão, a roupa do bombeiro deve condicionar o tempo de exposição, de modo a ser evitado um *choque térmico*. Quando um bombeiro florestal está totalmente coberto, com o fim de não se expor à energia radiante proveniente das chamas, pode não ter capacidade de avaliar a radiação térmica que recebe e esta situação pode conduzir a choque térmico.

O tempo máximo na ausência de arrefecimento interior do corpo humano pode ser avaliado partindo da expressão geral (com $P = 700W$ e $mc = 230kJ/°C$).

O tempo máximo para choque térmico (42°C) será cerca de 27min

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{P}{mc} \Leftrightarrow \Delta t \cong 328,57 \Delta T$$

A taxa de perda de água ou a taxa de reposição é dada por

$$\frac{V}{\Delta t} = \frac{P}{\rho L}$$

$$Q = mL \Leftrightarrow Q = \rho VL$$

Para uma potência de 700W e um tempo de 27,5min resulta uma necessidade de cerca de 0,5L de água. Ao fim de uma hora será necessário 1,1L de água, sendo assim necessário beber uma quantidade no mínimo igual ou mesmo um pouco superior a este valor.

Na frente de combate o bombeiro deve ter conhecimento dos riscos envolvidos.

A distância às chamas condiciona a potência térmica que intersecta a área corporal.



Valente Ferreira & Mário Talaia Coimbra, 29, 30 e 31 de Maio

Simularam-se algumas situações de *stress térmico*, considerando a temperatura mínima que o corpo falece numa situação de hipertermia.

Considerou-se uma temperatura superior a 40°C e uma humidade relativa alta devida à luta feita com base em água de jacto ou nevoeiro.

Foram escolhidos alguns índices de conforto e de stress térmico, para ambiente quente por efeito do calor.

HSI – Heat Stress Index

traduz a proporção entre a evaporação necessária para manter o equilíbrio térmico e a evaporação máxima conseguida no ambiente térmico, expressa em percentagem

$$HSI = \frac{E_{REQ}}{E_{MAX}} 100$$

ITE – Índice da Temperatura Efectiva

é um dos índices de stress térmico com maior aplicação

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

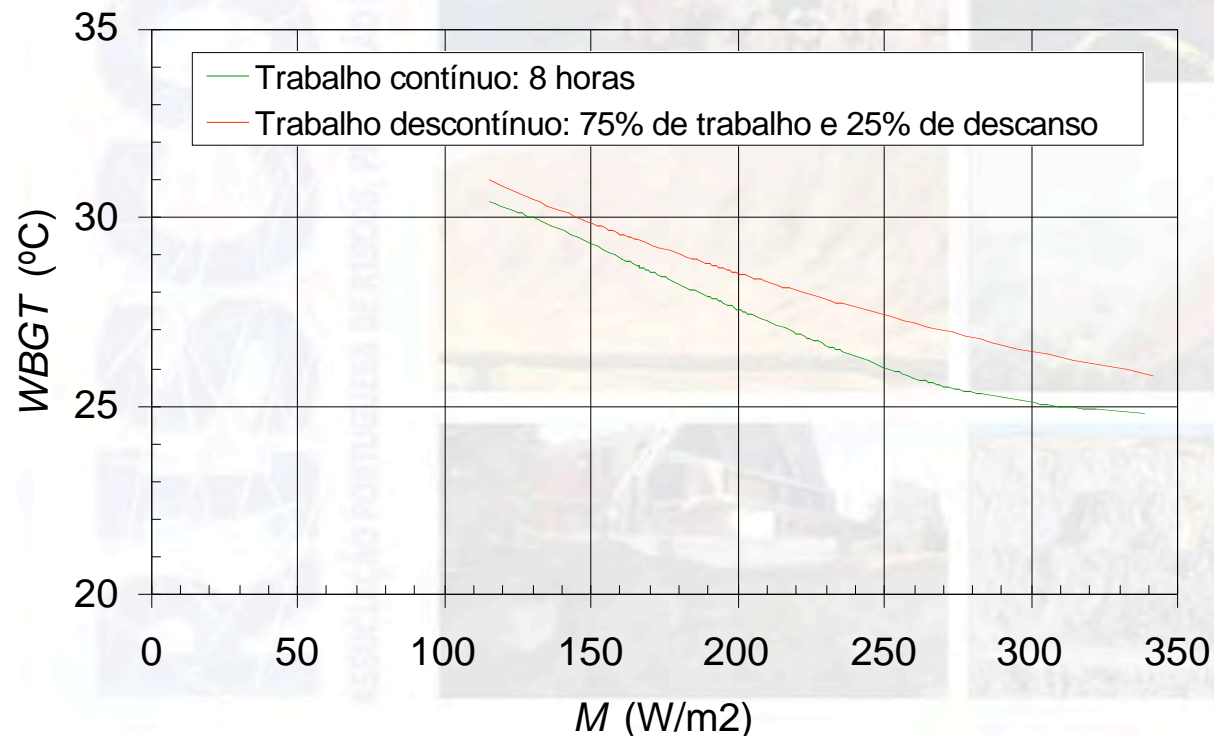
Diagrama da WMO

permite obter indicações muito interessantes apenas com a entrada, num diagrama termodinâmico, da temperatura do ar e da humidade relativa do ar. Estratégias de intervenção são sugeridas para cada tipo de ambiente circundante do indivíduo

WBGT – Wet Bulb Globe Temperature

um dos mais utilizados no Mundo [ISO 7243 (1989); ISO 7730 (2005); ISO 7243 (1989)]. Para ambiente externo com radiação solar directa

$$WBGT = 0,7T_{wn} + 0,2T_g + 0,1T$$



A análise de resultados teve como base uma colecção de dados cujas condições ambientais (simuladas) são:

temperatura do ar de 30°C a 42°C, humidade relativa do ar de 40% a 90% e velocidade do ar acima de 1,5m/s

HSI

Foi construído um algoritmo. Os resultados mostraram stress térmico. Uma atmosfera com temperatura e humidade relativa altas condiciona a taxa de evaporação da superfície cutânea molhada. Uma intensidade do vento demasiada alta favorece uma evaporação activa do suor que molha a pele tornando-a mais seca e mais vulnerável para se queimar.

HSI >> 100

WBGT

as simulações permitem obter valores de 24°C a 41°C.

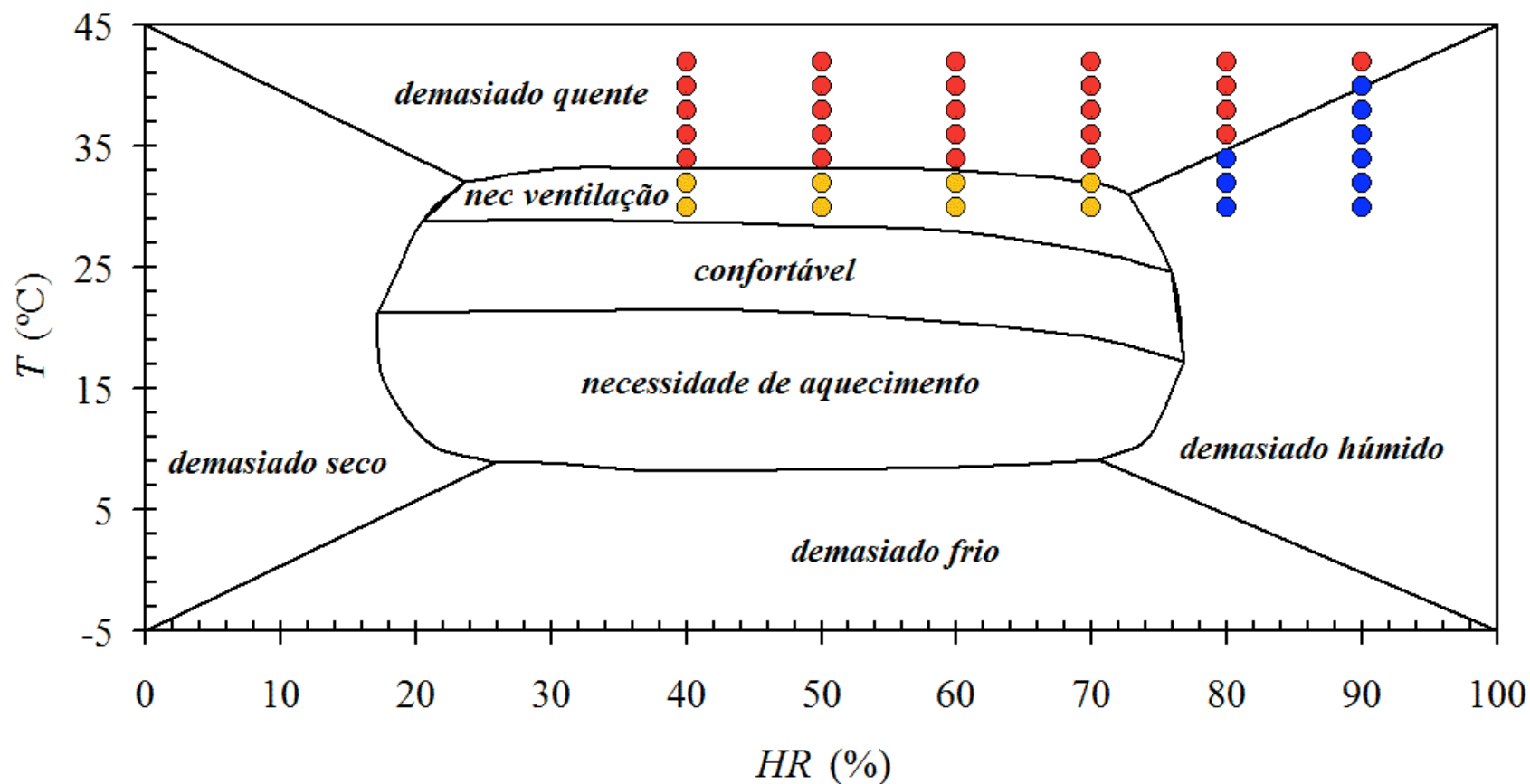
De acordo com a teoria e considerando uma actividade com um metabolismo superior a 350W e para uma velocidade do ar de pelo menos 1,5 m/s, o limite máximo seria

$$WBGT = 28,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

ITE

permite obter uma excelente correlação com *WBGT*

Diagrama da World Meteorological Organization (WMO)



Considerações finais

Foram usados alguns índices de conforto e de stress térmico.

O índice *HSI* por considerar um balanço energético que é determinado pelos efeitos da transferência de energia sob a forma de calor por convecção, radiação e evaporação é o que apresenta maiores cuidados de aplicação. Neste índice o aumento da intensidade do vento diminui o valor do *HSI*, no entanto esta diminuição deve ser considerada em termos de capacidade de evaporação do suor do indivíduo.

ITE e *WBGT* indicaram as mesmas conclusões. Uma correlação entre os dados obtidos de ambos permite obter um excelente coeficiente de correlação.

Diagrama da WMO (1987) de duas entradas parece ser uma ferramenta de trabalho a valorizar.

Esta investigação é oportuna pois mostra que as ferramentas usadas parecem ser adequadas para se conhecerem estratégias a adoptar quando se está em presença de 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 ou nevoeiro e com a exposição durante o combate com meios sapadores.



Valente Ferreira & Mário Talaia Coimbra, 29, 30 e 31 de Maio

