

Efeito do Esforço Submáximo Intermitente na Performance Individual em Diferentes Ambientes Térmicos

Submaximal Intermittent Effort's Effect on Individual Performance in Different Thermal Environments

C. Celina T. Martins, Joana Guedes and [J. Santos Baptista](#)
FEUP

Abstract

Construction industry is one of the most susceptible to heat stress due to outdoor working. This article aims to show the general results of tests performed with different levels of metabolism in different conditions of thermal environment, simulating construction industry's light and heavy work on Cape Verde islands. The effects of thermal environment on the performance of workers, taking into account individual timing characteristics of work and rest were analysed. Assays were performed in a climatic chamber. In carrying out heavy work at high temperatures, the results show that the task time decreases while the resting time between working cycles increases, thus decreasing the productivity. In heavy work at low temperature, and in light tasks in both thermal conditions, working cycle's time does not change significantly and is longer, but the resting time between each cycle increases. This study shows important findings for the construction industry in Cape Verde. However, the results should be significantly deepened in these and other conditions of thermal environment for their interest for different economic activities.

Keywords: Heat, Construction, Productivity, Thermal environment, Heat stress.

1. INTRODUÇÃO

Os trabalhadores da construção civil estão expostos ao stresse térmico tanto ao ar livre como em espaços fechados e é um trabalho fisicamente exigente. Daqui resulta cansaço e desgaste físico que conduz a perdas significativas de produtividade (Yi & Chan, 2013) e a comportamentos de risco (Bobko & Chernyuk, 2008). O stresse térmico causa mortes lamentáveis e evitáveis por todo o mundo, sendo urgente e necessária mais investigação sobre as respostas fisiológicas dos trabalhadores nestas condições (Chan *et al.*, 2012). Numa meta-análise efetuada por Pilcher *et al.* (2002) foi detetado um efeito negativo no desempenho para uma grande variedade de tarefas e profissões. Em particular para temperaturas acima de 32°C no índice *Wet Bulb Globe Temperature* (WBGT). No presente trabalho o objetivo foi o de quantificar a forma como a variação das condições de ambiente térmico afetam o metabolismo e, consequentemente, a produtividade, para condições equivalentes às de trabalho na construção civil em Cabo Verde.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados: uma câmara climática para simular o ambiente térmico de Cabo Verde; um tapete ergométrico para simular a atividade e controlar o metabolismo; *Termopares Monitor Flux 29* para medir a temperatura da pele (T_{sk}) (ISO 9886, 2004); um *Termómetro Ingerível* com uma precisão de $\pm 0.01^\circ\text{C}$ com registo via *Equivital EQ02 Life monitor - Sensor Electronics Module* (SEM) para medir a temperatura interna (T_c); e um eletrocardiógrafo (ECG) com dez derivações, com eletrodos *GE-Healthcare*, para a frequência cardíaca (F_c). Foi ainda utilizado o *software* associado a cada equipamento.

Participaram nos ensaios dois voluntários, de 29 (v_2) e 32 (v_1) anos de idade, de sexo masculino e praticantes habituais de desporto que leram e assinaram um termo de consentimento informado. O metabolismo inerente ao trabalho pesado foi gerado com o ergómetro a $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ com uma inclinação de 7%. Para trabalho leve a velocidade foi mantida, mas a inclinação foi de 0%. Os ensaios foram realizados em duas condições térmicas próximas dos valores extremos do ambiente térmico da cidade da Praia no ano de 2011 e que correspondiam às situações limite de sensação térmica: $T_{\max} = 32^\circ\text{C}$ com $\text{Hr} = 40\%$ e $T_{\min} = 20^\circ\text{C}$ com $\text{Hr} = 80\%$. Os ensaios foram repetidos por três vezes para trabalho pesado a 32°C e 40% de Hr e duas vezes para as restantes condições térmicas e de actividade. Em cada ensaio foram realizados 3 a 5 ciclos de trabalho pesado/trabalho leve. A duração de cada ciclo foi controlada pelos parâmetros fisiológicos, $T_{c\max} \leq 39^\circ\text{C}$ e a $F_{c\max} \leq 160 \text{ bpm}$. Nos ensaios em que esses valores não foram atingidos em 20 min, os ensaios eram interrompidos, com base em Goto *et al.* (2006), segundo os quais, após esse período, as respostas fisiológicas do organismo tendem a estabilizar. As taxas metabólicas utilizadas foram: muito alta para trabalho pesado ($M > 465 \text{ W}$) (ISO 8996, 2004), moderada ($235 \text{ W} < M < 360 \text{ W}$) para trabalho leve e, descanso ($100 \text{ W} < M < 125 \text{ W}$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 1 a 6 estão sintetizados os resultados dos ensaios. As Figuras 1e 2 apresentam a atividade pesada a altas temperatura e humidade, para ambos os voluntários. Quando a F_c máxima estipulada (160 bpm) é atingida (b) como consequência do trabalho pesado (a), inicia-se um período de descanso. Nesta últimas condições, diminui M e F_c . A T_c aumenta continuamente e a temperatura média da pele (T_{sk}) apresenta comportamentos distintos para v_1 e v_2 . Ao

terminar o descanso (após F_c baixar para 120 bpm) inicia novo ciclo da atividade. Comparando os resultados, verifica-se que a F_c de v_1 atinge 160 bpm aos 14 min e 59 s enquanto em v_2 esse valor não é atingido passados 21 min e 29 s.

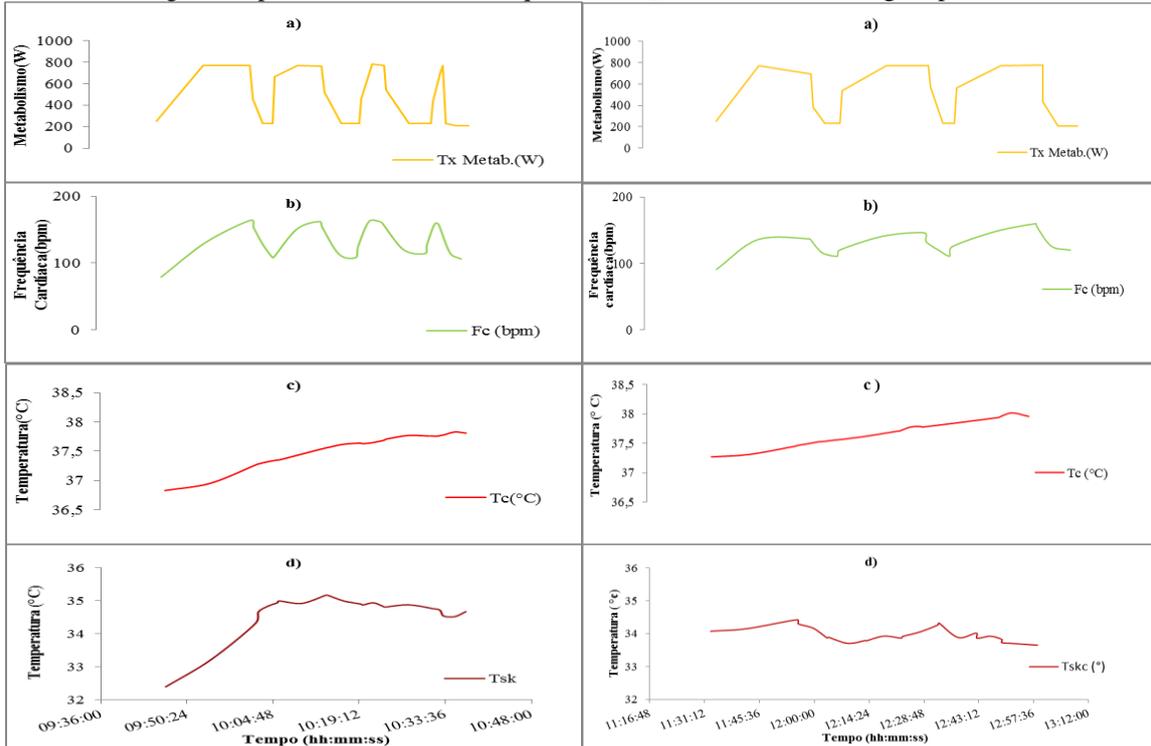


Figura 1- Variação dos parâmetros fisiológicos do v_1

Figura 2- Variação dos parâmetros fisiológicos do v_2

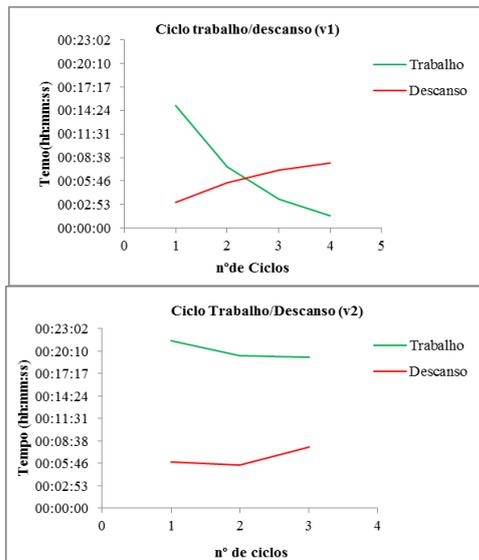


Fig. 3-Ciclo do trabalho pesado/descanso 32°C-40% Hr

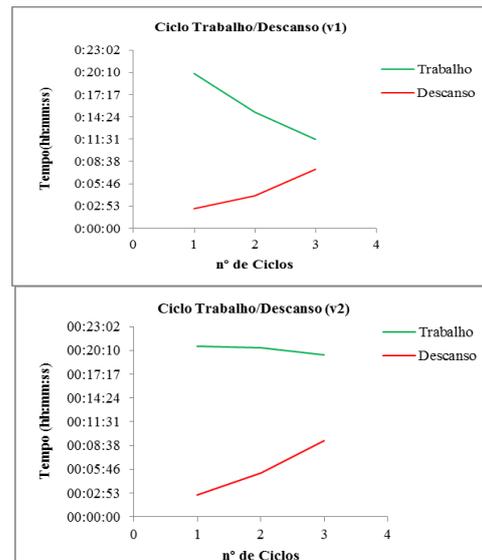


Fig. 4- Ciclo do trabalho pesado/descanso 20°C-80% HR

A T_c inicial de v_1 é de 36,83°C e atinge os 37,81°C aos 50 min aproximadamente. Em v_2 , a T_c inicia-se nos 37,27°C e atinge os 38,02° cerca de 1 h e 19 min após o início do ensaio. A T_{sk} de v_1 aumenta durante 00h15'29'', iniciando então uma estabilização em torno de 34,9°C. Em v_2 , a T_{sk} é estável após os 20 minutos iniciais, diminuindo ligeiramente e mantendo-se praticamente estável até ao final do ensaio (34°C). Nota-se nas curvas dos gráficos que, sempre que há alteração de atividade, o organismo responde. A F_c aumenta com o aumento da taxa metabólica e a temperatura da pele também apresenta ligeiras subidas ou descidas nestas mudanças até estabilizar entre os 15 e 25 min. Nesse período, a temperatura interna vai aumentando gradualmente apresentando ligeiros patamares nos descansos. Este resultado é coerente com os de Goto *et al.* (2006). A Figura 3 apresenta os resultados da realização de trabalho pesado a alta temperatura para v_1 e v_2 , nota-se que à medida que o tempo do trabalho diminui o tempo de descanso aumenta. O declínio no tempo de trabalho de v_1 é visível ao longo dos três ciclos enquanto que em v_2 é menos acentuado, isto pode ter origem nas características fisiológicas individuais. Ao analisar o tempo de descanso do v_2 nota-se que leva mais tempo no 1º descanso do que no segundo, teve um comportamento de um individuo com uma boa preparação física. O 1º ciclo funcionou como um aquecimento permitindo assim melhorar a sua performance no ciclo seguinte. No desporto, o aquecimento é usado para melhorar o desempenho físico (Bishop *et al.* 2000; Robergs, *et al.* 1991).

Analisando os gráficos das Figuras 4,5 e 6, onde estão representados os resultados do trabalho pesado a baixa temperatura e trabalho leve nas duas condições térmicas, verifica-se que o tempo do trabalho é praticamente contante e mais longo, só variando o tempo de descanso, o qual vai aumentando ao longo dos ciclos. Com exceção dos tempos de trabalho do v₁ que diminuem um pouco a cada ciclo (Figura 4). Analisando os resultados verifica-se que a temperatura elevada influencia muito a performance em trabalho pesado, o que não acontece quando no trabalho leve. A temperatura baixa tem pouco efeito sobre a performance nos dois tipos de trabalho. Nota-se também que a condição física individual acaba por influenciar a performance. Num individuo em boa forma física o rendimento diminui mas não tanto como noutro com menor forma física.

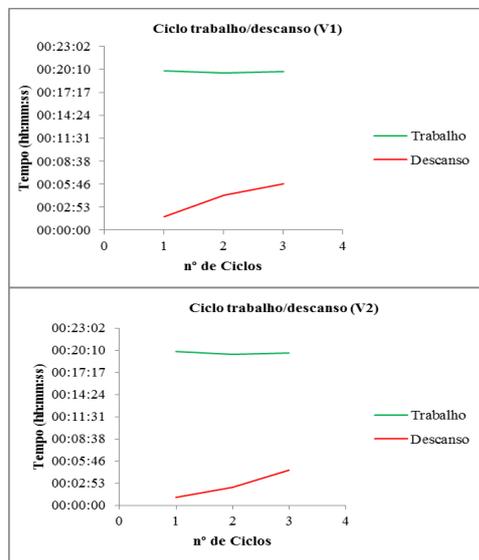


Figura 5-Ciclo do trabalho leve a 20 °C e 80% Hr

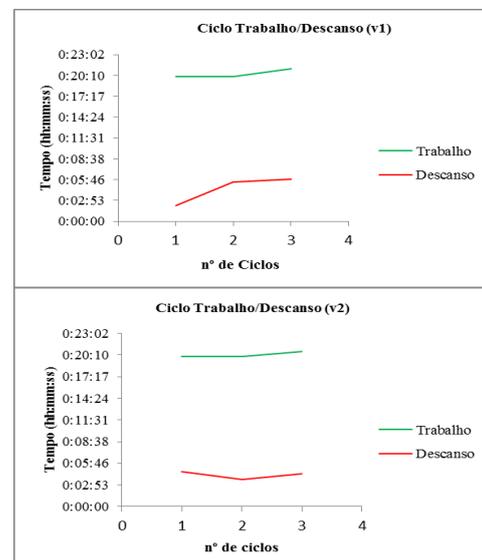


Figura 6-Ciclo do trabalho leve a 32 C 40% Hr

4. CONCLUSÃO

Para ambientes moderados, a diferença entre a resposta fisiológica de v₁ e de v₂ pode ser considerada menos relevante. No entanto, os resultados obtidos confirmam a existência de diferenças evidentes entre um individuo numa fase de menor preparação (V1) e outro com forma física elevada (V2) quando submetidos a condições térmicas extremas. No primeiro caso ocorre uma rápida redução da capacidade de esforço (fig 1), enquanto no segundo, essa capacidade se mantém por mais tempo (fig. 2). Verifica-se ainda que a temperatura da pele não pode ser usada como parâmetro de controlo. Em ambos os casos a temperatura interna mantém uma tendência de subida apesar de a temperatura da pele atingir um patamar de valor máximo. Este facto justifica a dificuldade em detetar a ocorrência de golpes de calor e suas consequências, muitas vezes dramáticas. Os resultados apontam ainda para a possibilidade de existência de grandes diferenças na capacidade de resistência e, consequentemente, de produtividade entre indivíduos em ambientes extremos quentes, o que constitui um interessante campo de investigação para trabalhos futuros.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais (MESHO) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), todo o apoio no desenvolvimento e divulgação do trabalho desenvolvido

6. REFERÊNCIAS

- Bishop, D., Bonetti, D., & Dawson, B. (2000). The effect of three different warm-up intensities on kayak ergometer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1026-1032.
- Bobko, N., & Chernyuk, V. (2008). Effects of time-of-day, work strain, noise and air temperature on human-operator performance under time pressure. *International Journal of Psychophysiology*, 69(3), 247-247.
- Chan, A. P., Yam, M. C., Chung, J. W., & Yi, W. (2012). Developing a heat stress model for construction workers. *Emerald Group Publishing Limited, Journal of Facilities Management Vol. 10 N°. 1*, 59-74.
- Goto, T., Toftum, J., Dear, R. d., & Fanger, P. O. (2006). Thermal sensation and thermophysiological responses to metabolic step-changes. *Int J Biometeorol*, 323-332.
- ISO 8996. (2004). *Ergonomics of the thermal environment-Determination of metabolic rate*. Genève,Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO 9886. (2004). *Ergonomics - Evaluation of thermal strain by physiological measurements*. Genève,Switzerland: International Organization for Standardization.
- Pereira, G., Almeida, A. G., Rodacki, A. L., Ugrinowitsch, C., Fowler, N. E., & Kokubun, E. (2008). The Influence of Resting Period Length on Jumping Performance. *J. of Strength and Conditioning Research*, 22(4)/1259-1264.
- Pilcher, J. J., Nadler, E., & Busch, C. (2002). Effects of hot and cold temperature exposure on performance:a meta-analytic review. *Ergonomics, Taylor & Francis Ltd*, 682-698.

Yi, W., & Chan, A. P. (2013). Optimizing work-rest schedule for construction rebar workers in hot and humid environment. *Building and Environment* 61, 103-113.