

# Alteração do Sinal das Ondas Cerebrais com o Ambiente Térmico

## Changes in the Brain Waves' sign with Thermal Environment

Emanuel Tiago Pinto Monteiro Da Costa, Emília Rosa Quelhas Moreira Da Costa and João Manuel Abreu Dos Santos Batista  
FEUP

### Abstract

In the fulfillment of a task, brain activity manifests itself through brain waves in different frequency bands. The main ones are the *alpha*, *beta*, *theta* and *delta* waves. Among these, *alpha* and *beta* waves are related by some authors with the cognitive capacity, also associating their presence and evolution with the individual's alertness. Actually, our intention was to develop efforts to evaluate how brain activity is directly influenced by temperature and humidity during the performance of a task, in this case, a simple "game". Therefore, was implemented a set of laboratory tests, intended to simulate sedentary work in two thermal environments: 18°C and 40% Hr (cold thermal environment) and 35°C and 80% Hr (hot thermal environment). For the laboratory tests were selected males, ranging in age from 17 to 34 years, with different work activities. In total, ten volunteers have been submitted to the experimental conditions described above. Monitoring the brain activity was made to *alpha* and *beta* waves, in particular to the occipital lobe (left and right), because this lobe is responsible for receiving and interpreting visual information.

This work allows verifying that the thermal environment, where individuals are inserted, influences brain activity. For colder environments (18°C and 40% Hr), *alpha* waves amplitude is far superior to that seen in hot thermal environments (35°C and 80% Hr). In cold thermal environment it has been found that, as the test time elapses, fatigue/tiredness increases and, consequently, there is an increase of "*alpha* activity". In hot thermal environment, oscillation on *alpha* waves amplitude suggests alternating between periods of tiredness with periods in which the concentration will increase. Regarding the *beta* waves, in colder thermal environment *beta* activity is typically higher, most of the time, than the verified in hot thermal environment. Usually, it is considered that the decrease of *beta* activity is related to the loss of ability to concentrate (reduction of surveillance), which of course may be verified throughout the essay. Therefore, can be considered, that colder thermal environment can provide higher levels of concentration/alert than compared to the hot environment. Although it was possible to "build" the brain activity profile to the different thermal environments, in order to clarify the results and their interpretation it would be useful to extend the period of the trials, to better understand how fatigue/concentration and brain activity relate to one another. The greatest difficulties with the realization of this work were the interpretation of results, since the interpretation of brain activity is not consensual in the scientific world.

**Keywords:** Alpha waves, Beta waves, thermal environmental, cognitive capacity.

**Presentation Preference:** Poster.

### 1. INTRODUÇÃO

A presença de riscos em ambiente laboral é intrínseca às diversas atividades económicas. Contudo esse risco apesar de não poder ser eliminado poderá ser diminuído através da sua adequada avaliação e posterior aplicação de medidas de prevenção. O ambiente térmico é em muitos cenários um risco ocupacional pondo em causa a integridade da vida humana. Torna-se, assim, pertinente avaliar a relação entre ambiente térmico e carga cognitiva, uma vez que toda a atividade humana é influenciada pelo ambiente envolvente, incluindo-se, neste caso, também as atividades laborais. Por esse motivo, estudos nesta área permitirão clarificar como o ambiente térmico influencia a capacidade de resposta do ser humano, resposta esta que pode, no limite, evitar um acidente de trabalho. Apesar de existirem alguns estudos que abordam a relação entre o ambiente térmico e o efeito cognitivo em determinadas actividades (Pilcher et al. 2002; Nunneley et al. 1982), os resultados obtidos ainda não são conclusivos. Nesta perspetiva, este tipo de estudo é útil para melhor se entender como se relacionam os fatores ambientais (temperatura do ar e humidade) com aspetos do foro psicológico (atividade cerebral). No presente estudo pretende-se, através da monitorização dos sinais cerebrais (EEG), conhecer o comportamento do cérebro em duas condições ambientais opostas.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A relação entre carga cognitiva, ambiente térmico e ondas cerebrais foi avaliada através da realização de ensaios experimentais com 10 voluntários. Nestes ensaios, os voluntários foram sujeitos a dois ambientes térmicos distintos. Assim, realizaram-se os ensaios nas seguintes condições ambientais: 35°C e 80% Hr e 18°C e 40% Hr. Estas condições operatórias foram simuladas no interior de uma câmara climática.

Cada voluntário foi submetido uma vez a cada uma das condições ambientais durante 60 minutos. Foram assim, no total, realizados 20 ensaios. Para se avaliar a atividade cerebral foi usado um interface específico (brain computer interface) que permitiu o registo das ondas do tipo *Alfa* e *Beta*. Dar-se-á preferência às ondas registadas no lobo occipital uma vez que esse lobo se encontra relacionado com o sentido visual e com a capacidade de processar informações e compreender o seu conteúdo. Encontra-se dividido em 2 hemisférios (Occipital 1 e Occipital 2).

Todos os voluntários selecionados eram do sexo masculino, permitindo adaptar mais facilmente os neurosensores à cabeça, facilitando-se a obtenção de um sinal com elevada qualidade. Foi também essencial efetuar a monitorização da temperatura da pele e interna de cada voluntário. A temperatura interna do organismo permite identificar sinais de fadiga, em especial quando o organismo está exposto a elevadas temperaturas (Costa *et al.*, 2013). Assim, monitorizou-se essa temperatura apenas para os ensaios com as seguintes condições ambientais: 35°C e 80% Hr. Esta monitorização permite também minimizar os riscos da exposição excessiva ao calor.

A carga cognitiva dos voluntários foi estimulada através da realização de um “jogo/tarefa”. Cada indivíduo teve de seguir as instruções dadas relativas à tarefa. O que se pretendeu foi que cada voluntário, durante 1h, desenvolvesse uma dada tarefa, neste caso completar o “jogo” com o maior sucesso possível.

A realização do estudo foi aprovada pela Comissão de Ética da Universidade do Porto, Antes do início do ensaio é explicado ao voluntário qual o objetivo do mesmo e quais os riscos que este corre. Após a explicação, cada um dos voluntários assinou uma declaração de consentimento informado.

## 2.1. Principais equipamentos

A monitorização e recolha de dados foram possíveis através do auxílio de diverso equipamento. Na Tabela 1 apresentam-se os equipamentos usados e respetiva função:

Tabela 1 – Equipamentos usados nos ensaios laboratoriais.

| Equipamento                                | Função                                       |
|--|--|
| Neurosensores (Emotiv Epor)                | Monitorização da atividade elétrica cerebral |
| Câmara Climática (Fito-Clima 2500EC20)     | Simulação dos ambientes térmicos             |
| Sensores térmicos ingeríveis (Vital Sense) | Monitorização da temperatura interna         |
| Sensores térmicos superficiais (BioPlux)   | Monitorização da temperatura da pele         |

## 2.2. Potocolo e questionários realizados

Após a chegada dos voluntários ao laboratório cada um foi convidado a sentar durante aproximadamente 20 minutos, permitindo repousar e estabilizar os ritmos biológicos/temperaturas. Quando os voluntários são sujeitos ao ensaio de 35°C e 80% de Hr, para além de se repetir o procedimento anterior, é ainda necessário ter outros cuidados. Para esta temperatura e humidade é adequado que o voluntário ingira o sensor térmico 10 horas antes do ensaio e coloque no seu pulso a indicação de que ingeriu um biosensor, ficando impedido de realizar ressonâncias magnéticas.

Antes de entrar na câmara climática o voluntário respondeu a 4 questões, de forma a aferir o seu estilo de vida, a saber: I- Ingeriu bebidas com cafeína nas últimas 12h?; II- Ingeriu bebidas alcoólicas nas últimas 12h?; III- Tomou algum tipo de medicamento?; IV - Repousou bem durante a noite?

Estas questões tornam-se relevantes, pois permitem perceber se o voluntário está cansado aquando do início do ensaio e, portanto, se a sua performance na tarefa é afetada por outros fatores para além da temperatura e da humidade.

Findo o período de repouso, o voluntário é encaminhado para o interior da câmara climática. Após os elétrodos estarem devidamente posicionados no escalpe dá-se início ao ensaio, disponibilizando-se através do computador a tarefa cognitiva que o voluntário vai realizar durante 1h.

Completada a duração do ensaio (1 hora), os equipamentos são desligados e o voluntário é convidado a sair da câmara.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 encontram-se representados os resultados médios da atividade cerebral registados. Da comparação entre as Figuras 1 e 2 com as Figuras 3 e 4 verifica-se que o ambiente térmico onde os indivíduos estão inseridos influencia a atividade cerebral (amplitude das ondas *alfa* e *beta*). Para ambientes mais frios (18°C e 40% Hr) a atividade *alfa* é muito superior à verificada para ambientes térmicos quentes (35°C e 80% Hr).

Num estado de vigília em que se esteja concentrado (olhos abertos) normalmente a atividade *alfa* é diminuta. À medida que os indivíduos vão ficando fatigados a atividade *alfa* deverá aumentar. Contudo à medida que o tempo aumenta, no caso do ensaio a 35°C e 80% Hr (Figura 1) verifica-se um pequeno decréscimo na atividade *alfa* não se verificando a tendência esperada.

Para os ensaios a 18°C e 40% Hr (Figura 2) registou-se um decréscimo da atividade *alfa* sensivelmente até meio do ensaio (20-30 min) havendo nesse período retorno da tendência voltando a atividade *alfa* a aumentar até valores próximos dos iniciais. O aumento da atividade *alfa* deixa transparecer o aumento do cansaço/fadiga por parte dos voluntários.

Outro fato relevante prende-se com a discrepância de atividade entre a zona direita e esquerda do cérebro para ambiente térmico quente. Na zona esquerda do cérebro (occipital 1) a gama de valores de atividade cifra-se entre os 4-9  $\mu$ V enquanto na zona direita (occipital 2) essa gama de valores eleva-se para 11-19  $\mu$ V. Parece pois que em ambientes térmicos quentes a temperatura e humidade influenciam de forma diferente o lado esquerdo e direito do cérebro.

Segundo diversos estudos (Sheer, 1988, Lal *et al.* 2001), a atividade *Beta* é considerada a que melhor transparece o estado de alerta/excitação.

Para ambientes térmicos mais frios a atividade *Beta* é normalmente superior, na maioria do tempo, à verificada para ambientes térmicos quentes.

Normalmente considera-se que o decréscimo da atividade *Beta* se encontra relacionada com a perda de capacidade de concentração (redução da vigilância), que naturalmente se pode vir a verificar ao longo do ensaio. Assim poder-se-á

considerar que ambientes térmicos frios (Figura 4) podem proporcionar maiores níveis de concentração/alerta do que os ambientes quentes (Figura 3).

Quando se compara a atividade entre o lado esquerdo com o lado direito do cérebro, verifica-se, tal como aconteceu para o ambiente térmico quente, atividade na zona occipital 1 é inferior à verificada na zona occipital 2.

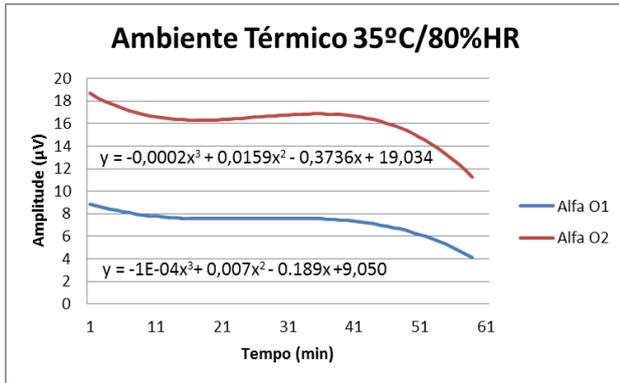


Figura 13. Atividade cerebral Alfa a 35°C e 80% Humidade.

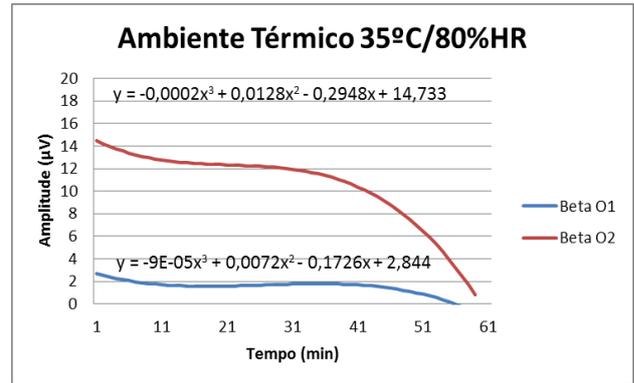


Figura 21. Atividade cerebral Beta a 35°C e 80% Humidade.

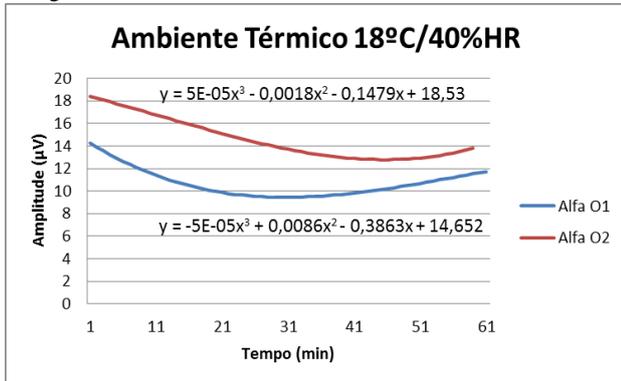


Figura 32. Atividade cerebral Alfa a 18°C e 40% Hr.

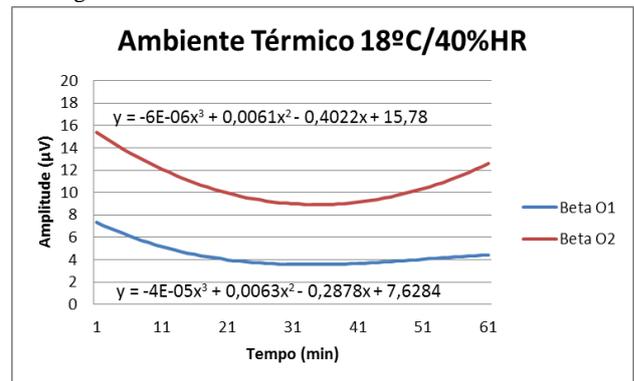


Figura 44. Atividade cerebral Beta a 18°C e 40% Hr.

#### 4. CONCLUSÕES

A realização deste trabalho permitiu retirar algumas conclusões importantes. O inquérito sobre o estilo de vida dos voluntários foi essencial, pois os seus hábitos de vida, como o consumo de café podem deturpar os resultados finais.

Em ambiente térmico quente a atividade *alfa* tende a decrescer ao longo do desenrolar da tarefa/ensaio, para ambas as zonas do lobo occipital. Relativamente ao ambiente térmico frio, a atividade *alfa* decresce até metade do tempo do ensaio (30 min) voltando posteriormente a apresentar tendência para subir, para ambas as zonas do lobo occipital.

A atividade *beta* para o ambiente térmico quente é bastante pequena no lado esquerdo do lobo occipital apresentando forma decrescente de atividade com o desenvolver da tarefa. Nos ensaios em ambiente térmico frio a atividade *beta* decresce até sensivelmente meio do ensaio (30 min), tendendo a aumentar na parte final dos ensaios.

Os resultados suportam a ideia de que as diferentes zonas do cérebro, neste caso occipital lado esquerdo e occipital lado direito, são afetados de maneira diferente apesar das condições ambientais serem iguais.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Prevenção de Riscos Ocupacionais e Ambientais (PROA) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

#### 6. BIBLIOGRAFIA

- Pilcher JJ, Nadler E, Busch C (2002). Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics* 45:682–98.
- Nunneley SA, Reader DC, Maldonado RJ (1982). Head-temperature effects on physiology, comfort and performance during hyperthermia. *Aviat Space Environ Med* 53:623–628.
- Costa, E. Q., Baptista, J.S., (2013). Thermal environment and cognitive performance: Parameters and equipment. *Occupational Safety and Hygiene – Arezes et al.* Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-00047-6
- Sheer, D.E., (1988). *A Working Cognitive Model of Attention to Fit in the Brain and in the Clinic.* Academic Press, New York.
- Lal, S.K.L, Craig, A., (2001). A critical review of the psychophysiology of driver fatigue, University of Technology, Health Science, Floor 14, Broadway, Biological Psychology 55, 173–194.