

ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA, METABOLISMO E PRODUTIVIDADE

Emília Quelhas da Costa*, João dos Santos Baptista, Miguel Tato Diogo

Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, (CIGAR)

Porto, Portugal

*Email: eqc@fe.up.pt

RESUMO: *As temperaturas elevadas são uma das consequências das alterações climáticas, constituindo um problema global, tanto do ponto de vista de Saúde Pública, como Social e Económico. Levanta problemas em diferentes sectores de actividade, tanto em ambientes interiores como exteriores. Um dos possíveis efeitos das alterações climáticas é a exposição frequente, por parte dos indivíduos, a diferentes combinações de calor e humidade e a sua influência na produtividade. Nesse sentido, a influência das temperaturas elevadas e o seu impacto na produtividade tem vindo a ser objecto de estudo, nos últimos anos, por vários investigadores. Fazer o levantamento das diferentes condições de temperatura a diferentes taxas de metabolismo de acordo com os factores como o género, a idade, a composição do corpo (gordura e musculo) e o seu nível de actividade e determinar o respectivo impacto na saúde e produtividade é um marco importante para compreender o comportamento da reacção humana a essas temperaturas e o seu consequente desempenho. O objectivo deste artigo é apresentar uma pesquisa transversal de modo a conhecer o estado da arte relativamente à resposta humana a diversas condições de temperatura e humidade e o seu potencial impacto na produtividade.*

ABSTRACT: *High environmental temperatures are a consequence of climate change and are a global problem from the standpoint of Public Health, Social and Economic, being observed in different areas of occupational activities indoors or outdoors. One of the possible effects of climate change is the frequent exposure on the part of individuals, different combinations of heat and humidity and their influence on productivity. In this sense, the influence of high temperatures and its impact on productivity has been the subject of study in recent years by various investigators. Surveyed the different conditions of temperature at different rates of metabolism according to factors as gender, age, body composition (fat and muscle) and its level of activity and determine its impact on health and productivity is an important milestone in understanding the behavior of human reaction to these temperatures and consequently their performance. The aim of this paper is to present a cross-sectional survey to identify the different human responses to various conditions of temperature and humidity and their potential impact on productivity.*

1. INTRODUÇÃO

O IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Changes*), define adaptação como “qualquer ajuste nos sistemas natural ou humano em resposta a estímulos climáticos reais ou esperados, ou os seus efeitos, que modera danos ou explora oportunidades benéficas”.

Para Kjellstrom (2009a) adaptação climática significa modificar a política e lidar com as mudanças inevitáveis do clima, quer a nível governamental quer individual, sendo que

estratégias de adaptação podem trazer benefício quer para a saúde individual quer para a comunidade.

De acordo com Fanger (1970), o ambiente térmico é definido por seis variáveis fundamentais; quatro variáveis ambientais e duas variáveis individuais. Assim a temperatura do ar, temperatura radiante, humidade relativa e velocidade do ar, (variáveis ambientais), combinadas com o calor metabólico gerado pela actividade do indivíduo e, com o efeito protector do vestuário (variáveis individuais), fornecem os parâmetros que podem influenciar a resposta humana ao ambiente térmico e que, conseqüentemente, afectam o bem-estar e a saúde do trabalhador.

A adaptação a ambientes quentes é complexa, pois envolve diferentes respostas, tendo em conta os parâmetros individuais e fisiológicos. No entanto, a maioria das pessoas têm a capacidade de se adaptar fisiologicamente a condições mais quentes num período de dias a semanas.

Os riscos ligados à saúde e os impactos sobre actividades de trabalho diárias estão claramente relacionados com os limites fisiológicos do corpo humano. Ken Parsons (2003) refere que o corpo humano responde às variáveis ambientais numa interacção dinâmica que podem levar à morte se as respostas não forem adequadas.

As condições de temperatura elevadas podem ocorrer conjugadas com duas situações fundamentais opostas: elevadas humidades ou baixas humidades. Na primeira há uma dificuldade na perda de calor corporal. Esta situação é devida ao facto de, à medida que o teor de humidade sobe, se tornar cada vez mais difícil a evaporação do suor. Na segunda situação, o suor evapora facilmente, sentindo-se maior conforto. Esta rápida perda de água e sais do corpo através do suor, pode ser fatal em menos de um dia, se não forem substituídos. Por este motivo algumas bebidas “desportivas” foram projectadas para ajudar a hidratar nessas condições e repor os sais minerais perdidos.

A temperatura normal de equilíbrio para o ser humano segundo (Magalhães, et al., 2001) varia nos seguintes limites: [Limites: 36.1° - 37.2°C (97° - 99°F)]. No entanto, as diferenças individuais no metabolismo, níveis hormonais, actividade física e até mesmo a hora do dia podem fazer com que haja variações, mesmo em indivíduos saudáveis.

Contudo, em climas extremamente quentes, ou como resultado de infecções incontroláveis, a temperatura interna do corpo pode subir a níveis fatais resultando a deterioração de órgãos internos e a morte. Esta pesquisa propõe-se caracterizar os factores fisiológicos e individuais que influenciam a capacidade cognitiva e conseqüentemente a produtividade em tarefas sedentárias (com baixo nível metabólico) perante diferentes temperaturas e humidades.

2. METODOLOGIA

A pesquisa desenvolveu-se de forma transversal e sistemática, procurando respostas às indagações propostas, através de artigos científicos, usando determinadas palavras-chave, (alterações climáticas, produtividade, metabolismo), segundo o esquema da figura 1.

De forma a alcançar os objectivos, foram levadas a cabo algumas etapas durante a pesquisa. Assim, o presente estudo contempla uma pesquisa baseada em diversos artigos, recorrendo a diferentes motores de busca: FEUP, Pub Med e Web of Science, dos quais foram seleccionados os que se mostraram indispensáveis para o desenvolvimento do presente estudo. Tendo em conta o objectivo, as pesquisas foram efectuadas pelo critério de relevância, não tendo sido delimitadas datas de publicação, no entanto, houve maior incidência em artigos correspondentes aos últimos dez anos.

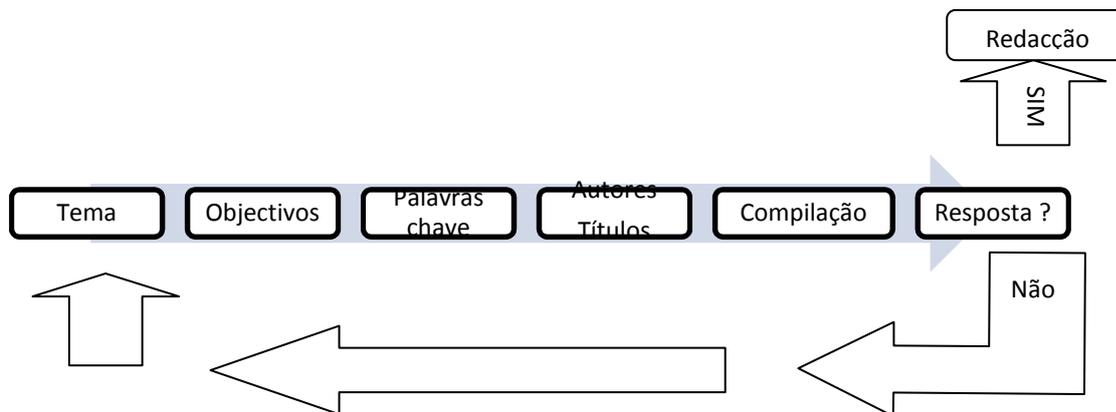


Figura 1 Metodologia da pesquisa.

3. OS DIVERSOS EFEITOS DAS TEMPERATURAS

A combinação de temperatura e humidade relativa elevada pode reduzir acentuadamente a capacidade do corpo humano de manter a temperatura interna do corpo. Exposições prolongadas no ambiente anteriormente descrito podem causar câibras, esgotamento, fadiga térmica e danos no cérebro. Para idosos e doentes o excesso de calor pode provocar a morte. Na área laboral as consequências do aumento de temperatura, são a redução acentuada da produtividade e o aumento significativo dos erros e acidentes durante a actividade.

O grau de stress causado pelo calor depende de vários factores como por exemplo: idade, saúde e características do corpo. Neste estudo demonstra-se os efeitos das temperaturas elevadas e respectivas consequências a nível de saúde humana, a nível de angústia psíquica devido à redução da produtividade, assim como a influência da idade, sexo, tipo de trabalho, localização geográfica, educação/formação, metabolismo e aspectos cognitivos. O objectivo foi o de identificar quais os factores fisiológicos mais significativos.

Nesse sentido, para melhor entendimento dos resultados decidiu-se, neste artigo, sem prejuízo de outras investigações, agrupar os estudos em quatro categorias: estudos relacionados com Alterações Climáticas (AC), Metabolismo (M), Produtividade (P) e Aspectos Cognitivos (C) relacionando-os através de um denominador comum que são as diferenças de temperatura.

3.1. Efeito das alterações climáticas e produtividade.

As ondas de calor são esporádicas mas recorrentes. Temperaturas elevadas durante os meses de Verão estão associadas à morbidade e mortalidade em excesso (Mc Geehin , 2001). Para manter a produtividade durante uma vaga de calor, segundo Parsons (2009) é necessário proporcionar condições de conforto térmico. Contudo, isto nem sempre é possível e o que acontece é que com o aumento da temperatura a produtividade baixa.

Na indústria os trabalhadores podem ser obrigados a trabalhar continuamente em condições de calor, situação essa que pode resultar em tensão de calor “*Heat Strain*”. Esta circunstância pode ocorrer ou não, dependendo das condições ambientais e dos factores individuais (Kok, et al,1986). No entanto, pode ser agravada nos meses de Verão para trabalhadores que laboram em ambientes exteriores, por exemplo: (em hotéis de luxo na praia, na agricultura ou na construção civil) ou em ambientes interiores como por exemplo, cozinhas, lavandarias ou

indústria de panificação, estando estes trabalhadores sujeitos a distúrbios que afectam a saúde (Osha Fact Sheet, 2005).

Talaia (2008) realça a importância do estudo do conforto térmico em ambientes industriais, utilizando os índices de stress térmico e atendendo aos parâmetros pessoais específicos dos operários, concluindo que, para avaliar um posto de trabalho, não só é importante o valor do índice calculado mas também a sensação térmica do operador. Revelando assim o papel crucial dos operários na avaliação do ambiente térmico quer através da utilização de inquéritos ou da colocação de equipamentos como por exemplo um psicrómetro, que permite o cálculo da humidade relativa, em cada posto de trabalho, permitindo deste modo utilizar estratégias individuais e diferenciadas.

O mesmo autor, refere num outro estudo que, a instalação de ventilação apropriada pode anular o desconforto e conseqüente stress térmico do trabalhador. Este tipo de investigação mostra interesse acrescido quer a nível energético quer a nível de melhoria de índices de produtividade (Talaia, et al., 2006 p. 4).

O efeito das temperaturas elevadas provocadas pelas alterações climáticas tem vindo a ser objecto de estudo nos últimos anos. Kjellstrom (2009b) refere no seu artigo “*Workplace heat stress, health and productivity - an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change*” que as alterações climáticas trazem conseqüências a nível mundial no que diz respeito ao aumento médio da temperatura, assim como, ao aumento da exposição directa ao calor. Conjuntura que leva a estudos por vários investigadores para avaliar o potencial impacto sobre a saúde e a capacidade de trabalho nas pessoas directamente expostas. Tord Kjellstrom, baseando-se em pesquisas acrescenta que, em países muito quentes, os trabalhadores são afectados pelo facto de estarem a trabalhar em condições térmicas superiores àquelas que os mecanismos fisiológicos podem enfrentar. Para permitir avaliar a protecção necessária do calor excessivo, foram desenvolvidos alguns índices, sendo o mais usado o WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*). Este índice aplica-se para avaliar a proporção por uma hora de trabalho ao qual um trabalhador pode aguentar a tarefa e a proporção de descanso nessa mesma hora, que o trabalhador necessita para arrefecer o corpo e manter a temperatura central corporal abaixo dos 38°C. Usando esta proporção foi efectuada uma estimativa da “*Capacidade de trabalho*” para seleccionar o nível de exposição ao calor e o nível da intensidade de trabalho. A capacidade de trabalho reduz-se rapidamente para valores entre os 26 e 30°C e esta relação pode ser usada para estimar o impacto do aumento da exposição ao calor como resultado das mudanças climáticas nos países tropicais. Concluindo no mesmo estudo que o resultado das mudanças climáticas traduz-se numa redução da capacidade de trabalho quando este é executado com exposição ao calor e numa maior dificuldade em alcançar o desenvolvimento económico-social nos países afectados pelo impacto das alterações climáticas.

Sauerborn (2009), por seu lado, postula que das temperaturas elevadas podem advir efeitos directos e indirectos.

Os efeitos directos são aqueles que afectam a saúde humana e são potencialmente aumentados pelas alterações climáticas, tendo em conta a excessiva exposição ao calor extremo e o risco para a saúde para todas as faixas etárias. Estes efeitos são mais graves em grupos vulneráveis de adultos que realizam trabalho pesado em ambientes de alta temperatura quer sejam exteriores ou interiores. Ao afectarem os mecanismos fisiológicos tem, também, efeitos na produtividade.

Os efeitos indirectos relacionam-se com as alterações climáticas e estão relacionados com doenças infecciosas, nomeadamente de origem parasitárias, bacteriana e viral.

Parsons (2009) sumariza as respostas fisiológicas ao calor e apresenta métodos para reduzir a tensão por ele provocada com o objectivo de manter a saúde, conforto e produtividade das pessoas durante um período prolongado, mas atípico, das ondas de calor. Apesar de o efeito mais directo e mensurável na produtividade durante estes períodos ser “o tempo fora da tarefa” ou seja, tempo de paragem causado pela interrupção do trabalho, directamente devido ao calor ou por distrações causadas pelo mesmo. Esta situação aplica-se a pessoas em casa, no escritório ou outros locais de trabalho. No entanto, a relação entre nível de distração causada pelo calor e o nível de stress não é conhecido, sendo necessários mais estudos para aprofundar este tema.

Segundo Witterseh (2004), Pepler e, mais tarde Wyon, em experiências relacionadas com a fadiga industrial, comprovaram que se verifica um desempenho inferior do trabalho industrial quando a temperatura sobe, simplesmente, de 20°C para 24°C. Wyon demonstrou que, em funcionários de escritório, essa variação de condições térmicas induzia uma redução do desempenho médio entre 40 e 50 % (Witterseh, et al., 2004 p. 30).

3.2 Efeito do Metabolismo e Produtividade

Sendo o metabolismo o conjunto de processos físicos e químicos que acontecem continuamente nas células de um organismo, a taxa de metabolismo (M), definida como a conversão de energia química em energia térmica e mecânica, mede a energia da carga muscular e dá um índice numérico de actividade. A taxa de metabolismo é um factor determinante do conforto ou da tensão resultante da exposição ao ambiente térmico. (ISO8996, 2004). Nesse sentido o calor é um sub produto do metabolismo.

A estabilidade do meio interno é garantida mantendo-se ajustados vários parâmetros biológicos como a temperatura corporal, a pressão arterial, o pH do plasma, os níveis de hormonas circulantes, de glicose, etc. A função de regulação de processos metabólicos como a temperatura corporal, o apetite, o balanço da água no corpo, o sono, etc., é da responsabilidade do Hipotálamo que é o centro regulador e apresenta um papel primordial na manutenção do equilíbrio térmico do corpo. Trata-se de uma pequena região perto da base do cérebro que controla o sistema nervoso simpático, o qual, por sua vez, regula as funções automáticas do corpo, atrás referidas, incluindo também o ritmo cardíaco, respiração e controle de temperatura corporal. É, por isso, um dos principais responsáveis pela homeostase. No Hipotálamo Posterior é controlada a produção e conservação de calor e no Hipotálamo Anterior somente a perda de calor.

Parsons (2009) refere que perante o stress térmico a temperatura corporal pode aumentar. Os receptores sensíveis às mudanças de temperatura da pele, estômago, músculos e outras áreas do sistema nervoso central, enviam sinais ao Hipotálamo Anterior via sistema nervoso central. A relação entre os iões de cálcio e sódio também são monitorizados. Durante o trabalho contínuo em situação de calor, as glândulas sudoríferas são estimuladas e segregam suor na superfície da pele. São comuns taxas de suor de 1 litro por hora e por cada litro evaporado são perdidos 675 W de calor por hora. Largas perdas de suor reduzem o teor de água no corpo e, conseqüentemente, a eficácia da termoregulação ou seja, a eficácia da manutenção da temperatura corporal num valor constante. Nestas condições, durante a transpiração, são perdidos cerca de 4 gramas de sal por litro. Este valor baixa para 1 grama por litro em pessoas aclimatadas. O potássio também é perdido pelo suor e uma alta ingestão de sal pode aumentar a perda de potássio. Na maioria dos casos o potássio é compensado por uma dieta normal, especialmente quando contém frutas e vegetais).

Neste contexto, Kjellstrom (2009b) reforça que o calor pode causar stress fisiológico, particularmente em pessoas com elevado nível de actividade física e Ron Maughan, já em

2004, referia que o exercício físico perante temperaturas elevadas representa um desafio para a capacidade do corpo controlar a sua temperatura interna, devido às altas taxas de produção metabólica de calor e ganho de calor pela transferência física com o ambiente. Numa tentativa de restringir a elevação da temperatura interna, dá-se um aumento na taxa de secreção de suor na pele que permite limitar o seu aumento e prolongar o tempo antes de a temperatura limite ser atingida. Este fenómeno ocorre à custa de uma perda de água corporal e de electrólitos.

Na realização de um trabalho físico, a produção de suor, muitas vezes excede a ingestão de água, produzindo um défice de água corporal ou desidratação. Esta pode afectar negativamente a produtividade, a segurança e a disposição do trabalhador, (Kenefick, 2007). Para controlar o stress pelo calor e manter o conforto, segurança e produtividade, torna-se imperativo repor os líquidos corporais perdidos pela transpiração. Muitas organizações, incluindo o “Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional” dos EUA (OSHA) e a “American Conference of Governmental Industrial Hygienists” recomendam a reposição de líquidos como uma medida preventiva para os trabalhadores se manterem arrefecidos e evitar o stress pelo calor. Essas organizações, bem como outros especialistas em segurança e saúde, geralmente recomendam beber de 150 ml a 250 ml de água fria a cada 15 ou 20 minutos, quando os trabalhadores estão submetidos a uma situação de calor.

3.3. Efeitos das Elevadas Temperaturas e Aspectos Cognitivos / Produtividade

Embora muita investigação tenha vindo a ser realizada sobre os efeitos do calor no desempenho cognitivo, tem-se revelado difícil descrever os resultados da literatura de uma forma sistemática. Isto deve-se a um grande número de factores que entram em jogo, como por exemplo: o tipo de tarefa, a duração da exposição, a capacidade e o nível de aclimação do indivíduo.

O stress térmico pode influenciar a actividade cognitiva humana que em certas tarefas pode ser crítica, como por exemplo em pilotos de aviação, aos quais é exigido um desempenho eficiente. Faerevick (2003) refere que o vestuário de protecção pode ser um problema significativo para os pilotos durante os voos, tendo em conta que esse vestuário pode proporcionar um isolamento extra que impede a perda de calor por evaporação. Também o aumento da fadiga e a diminuição da função cognitiva são algumas das consequências relacionadas com o stress térmico (Miller, 2007).

Faerevick (2003) desenvolveu um estudo onde foi investigado o efeito da roupa de protecção sob diferentes condições ambientais no desempenho fisiológico e cognitivo. Nessa análise participaram oito indivíduos que foram sujeitos durante três horas a três diferentes condições ambientais: (0°C a 80% Hr); (23°C a 63% Hr); (40°C a 19% Hr). Os indivíduos foram equipados com termostatos, vestidos como habitualmente para voos (incluindo capacete, duas camadas de roupa interior e um colete de salva vidas). Durante três exposições separadas foram realizados dois testes de desempenho cognitivo (*Vigilance test* e *DG Test*). O desempenho foi avaliado como correcto, incorrecto, perda reacção e tempo e reacção. Foram também avaliados os seguintes parâmetros: temperatura da pele, temperatura central do corpo, frequência cardíaca, consumo de oxigénio, temperatura e humidade no interior da roupa de protecção, perda de suor, sensação subjectiva de temperatura e conforto térmico. O aumento da temperatura rectal, temperatura da pele, frequência cardíaca e perda de água corporal indicaram um elevado nível de stress por calor quando a temperatura ambiente era de 40°C, condição comparada com as temperaturas de (0°C e 23°C). O desempenho do “*teste DG*” não foi afectado pela temperatura ambiente. No entanto, o número de reacções incorrectas no teste de vigilância “*Vigilance Test*” foi significativamente maior a 40°C do que a 23°C ($p=0,006$) ou 0°C ($p=0,03$). Verifica-se que o efeito sobre a vigilância está correlacionado com as

mudanças da temperatura interna do corpo, estando de acordo com outros estudos, que demonstram que o desempenho cognitivo é praticamente inalterado a menos que as condições ambientais sejam suficientes para uma mudança acentuada na temperatura interna do corpo.

Ainda de acordo com Hancock (2003), e mais recentemente por Jay (2010 p. 844), duas tendências que não são mutuamente exclusivas foram identificadas:

- Primeiro, o stress por calor afecta o desempenho cognitivo diferentemente, dependendo do tipo de tarefa cognitiva, sendo que as tarefas que necessitam de menos atenção são menos vulneráveis ao calor do que as tarefas que requerem maior concentração, tais como tarefas de percepção ou que envolvam cálculos matemáticos.

- Segundo, pode ser estabelecida uma relação entre o efeito de calor por stress e a temperatura central do corpo e não da temperatura da pele.

Foram ainda efectuados outros estudos específicos sobre o efeito da desidratação no desempenho cognitivo durante o calor. Investigações disponíveis nesta área indicam um decréscimo de actividade motora visual, de memória e de atenção podem ocorrer quando 2% ou mais de peso corporal é perdido como resultado da desidratação (Jay, et al., 2010 p. 844)

Entre 1960 e 1970, vários estudos analisaram a influência do ambiente térmico no desempenho escolar dos alunos. Batiz (2009) cita que trabalhos como os de Wyon, Wardocki e Krogstad, os quais relatam que o aumento da temperatura e a degradação da qualidade do ar também reduz o desempenho dos estudantes. No entanto, segundo o mesmo autor, ainda existem pontos que podem ser investigados. Tendo em conta que muitos desses estudos basearam-se somente na variável temperatura do ar para avaliar o desempenho na aprendizagem. “A utilização de todas as variáveis térmicas estabelecidas por Fanger em estudos científicos que avaliam o desempenho do aprendiz é rara”, daí a importância segundo Batiz de verificar o quanto as variáveis ambientais influenciam no conforto e no rendimento do trabalho ou numa actividade realizada por um grupo de pessoas, acrescenta ainda que manifestações fisiológicas como dor de cabeça, fadiga, alteração sensorial, depressão intelectual, indiferença, sono, descoordenação motora e perda de memória, têm surgido cada vez mais frequentemente.

Sob carga de trabalho mental excessiva, os operadores humanos podem apresentar atraso no processamento de informação, ou mesmo nem sequer respondem porque a quantidade de informação ultrapassa a sua capacidade de o processar. Por outro lado, quando a carga de trabalho é muito mais baixa que o nível adequado, torna-se aborrecido podendo também cometer erros. A este respeito a fiabilidade humana tem isso definido como uma função da carga mental atribuída, (Rolfé and Lindsay 1973).

Também em escritórios o Ambiente Térmico pode provocar desconforto e afectar o desempenho. No entanto, os mecanismos através dos quais os ocupantes são afectados não são bem compreendidos, admitindo-se que a exposição a ambientes mais frios melhorem o desempenho de trabalho, em particular em exposições longas, uma vez que a sensação de frio activa o sistema nervoso que controla a termoregulação e eleva o estado de alerta (Tham et al 2008). O mesmo autor concluiu no estudo “*Room air temperatures affects occupants’ physiology, perceptions and mental alertnes*”, que a temperatura do ar ambiente tem efeitos consideráveis sobre o desempenho do trabalho e que este é mensurável. Em tarefas onde a atenção é fundamental, a condição térmica que leva à sensação de frio moderado e, portanto eleva o nível de alerta, pode ser imperativa. Os detalhes postulados foram que a temperatura baixa do ar, aumenta a sensação de arrefecimento do corpo e, após longa exposição, reduz a sensação de conforto. A sensação de arrefecimento activa o cérebro e estimula o sistema nervoso, controlando a termoregulação. A activação do sistema nervoso simpático eleva o

alerta mental ou excitação/ agitação, tratando-se de um estado mental preferencial para tarefas que exigem atenção prolongada.

O corpo humano, na ausência de esforço consciente, quando num ambiente térmico quente, tem a tendência a contrariar as respostas adaptando-se ao ambiente onde está inserido, baixando a produção de calor interno, prevenindo a transpiração (Witterseh, et al., 2004 p. 30). De acordo com o mesmo autor, e citando Wyon (1979), esta situação pode levar a um menor estímulo implicando uma taxa de trabalho mais lenta. Vários estudos mostram que a carga térmica pode também afectar negativamente o desempenho mental.

4. DISCUSSÃO

No que concerne a alterações climáticas e o seu impacto, este assunto tem vindo a ser observado em vários países e tem sido objecto de estudo por diferentes autores. Segundo (Berry et al, 2010), as alterações climáticas podem afectar a saúde mental directamente (expondo as pessoas ao trauma) ou indirectamente, influenciando a saúde física provocando, por exemplo, problemas de esgotamento por calor em pessoas vulneráveis.

De acordo com (Bedsworth, 2010) espera-se que ao longo do próximo século a temperatura média global aumente entre 1,1 a 6,4°C. Esta situação vai implicar efeitos directos adversos na força de trabalho, pois quando a temperatura ambiente é superior à temperatura do corpo, há ganhos de calor. Esta situação é susceptível de provocar distúrbios quando a transpiração não é suficiente para manter a temperatura central do corpo. Para pessoas que trabalham em ambientes quentes e actividades físicas elevadas a produção interna de calor é o maior desafio para manter o equilíbrio térmico do corpo. Existe uma preocupação global devido a eventos extremos de calor que podem causar maior risco de morte e doenças não só nos trópicos mas também em noutras regiões, (P K NAG, 2010).

Segundo (Kjellstrom, 2009) o maior aumento de temperaturas previsto devido à alterações climáticas deverá ocorrer no Pólo Norte, originando grandes problemas a nível ambiental, mas poucas pessoas vivem lá. As áreas onde se esperam efeitos adversos serão as zonas interiores dos grandes continentes. O mesmo autor refere que um aumento adicional de 3°C a 5°C torna os trabalhos já considerados pesados, como o caso de trabalhos exteriores na agricultura e na construção civil, mais difíceis durante os períodos quentes, em particular em regiões onde habitualmente já atingem temperaturas muito próximas 40°C.

No que diz respeito ao metabolismo, de acordo com Dapi (2010), a exposição ao calor pode afectar a capacidade física e mental e levar à exaustão por calor ou insolação, em casos extremos. Os principais factores subjacentes a estes efeitos são o aumento da temperatura corporal (hipertermia). Quando a temperatura corporal é superior a 39°C, pode ocorrer distúrbio térmico agudo (a insolação, por exemplo). Acima de 40.6°C, ocorre risco de vida podendo levar à morte. Segundo o mesmo autor, a performance do corpo humano realiza-se optimamente a uma temperatura corporal de cerca de 37°C. Para o corpo garantir esta temperatura e manter o equilíbrio térmico, ele usa sinais do sistema de termorregulação processados pelo hipotálamo no sistema nervoso central que regula o sistema cardiovascular, rins, o teor de água no organismo e respostas comportamentais (remover peças de vestuário, por exemplo). Contudo, a necessidade de termoregulação é forçosamente afectada pelos seis factores básicos referidos na introdução, sendo a sudação o mecanismo regulador fisiológico da termoregulação mais importante. É, no entanto, necessário ter em conta que com sudação massiva ocorre desidratação e conseqüentemente perda de fluidos e sal. Por sua vez, a desidratação afecta o desempenho físico e mental.

Maughan (2010) refere que as consequências negativas do exercício em temperaturas elevadas, são atenuadas, em certa medida, por um período de adaptação e pela ingestão de água ou outros líquidos adequados, sendo muito importante o tipo de exercício, as condições ambientais e as características fisiológicas individuais.

McGeehin e Mirabel referem que a capacidade de resposta ao stress de calor é limitada pela capacidade de aumento do débito cardíaco necessário para maximizar o fluxo sanguíneo. O débito cardíaco por sua vez é uma função da frequência cardíaca máxima, o volume intravascular. Sob stress térmico ligeiro a aclimação ao calor pode aumentar a tolerância ao stress térmico. No entanto, em stress por calor extremo ou crónico, o corpo perde a sua capacidade de manter o equilíbrio da temperatura e pode ocorrer a morte.

Por outro lado, Jay (2010) salienta que para tarefas associadas a actividade física, o risco de stress por calor é potencialmente maior porque o nível de metabolismo elevado exige a dissipação de uma maior quantidade de calor para que obter o equilíbrio térmico. Este cenário ainda é mais potenciado pelos efeitos do vestuário que, muitas vezes é exigido para um determinado trabalho. Mesmo para tarefas profissionais que têm um baixo nível de actividade o uso de vestuário pode apresentar um risco significativo de stress se as tarefas forem realizadas sob condições ambientais quentes.

Segundo Inbar (2004), vários factores afectam a resposta de um indivíduo à combinação: Stress, Exercício e Calor, sendo eles, a idade, características antropométricas, capacidade aeróbica máxima ($V O_{2max}$) e nível de aclimação.

Verificou-se perante a pesquisa realizada uma relação elevada entre as alterações climáticas e os efeitos na produtividade. A relação entre a exposição ao calor no trabalho e a produtividade foi objecto de estudo há muitos anos por Axelsson (1974) e mais tarde comentado por Holmer (1996), mas poucos estudos foram realizados com o objectivo de quantificar essa relação em situações reais de trabalho. A desaceleração do trabalho como um mecanismo de defesa durante a exposição ao calor é chamada de “Adaptação autónoma” por investigadores das alterações climáticas (Kjellstrom et al 2009).

De acordo com o mesmo autor (Kjellstrom, 2009), uma série de estudos recentes analisaram diferentes aspectos do efeito entre exposição ao calor e a produtividade. No que diz respeito a ambientes interiores, o aumento da exposição ao calor implica uma redução no desempenho. No entanto, foi demonstrado que reduzindo a humidade do ar nos escritórios, nas regiões tropicais, é obtida uma melhoria na percepção do ambiente de trabalho.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo exploram-se e sistematizam-se os efeitos entre a temperatura e a produtividade e os diversos factores que afectam a resposta humana em diferentes condições, como por exemplo, os factores individuais fisiológicos e comportamentais.

A consulta dos estudos analisados permite concluir que os impactes previstos das mudanças climáticas são diferentes em carácter e gravidade e são específicos para determinadas regiões, pessoas ou actividades. A magnitude do problema das alterações climáticas relacionadas com o meio ambiente levanta várias questões, exigindo uma discussão de como os países podem responder tanto agora como no futuro a este problema. De acordo com Robert (2005) as possíveis respostas passam por (a) lidar com os efeitos do clima, (b) identificar e lidar com as causas, (c) estabelecer processos para manter e adaptar estes dois tipos de esforços durante as vagas de calor ou frio, (d) desenvolver mais investigação sobre o tema.

Verifica-se que o efeito sobre a vigilância está correlacionado com as mudanças da temperatura interna do corpo, estando de acordo com outros estudos, que demonstram que o desempenho cognitivo é praticamente inalterado a menos que as condições ambientais sejam suficientes para uma mudança acentuada na temperatura interna do corpo. Em tarefas onde a atenção é fundamental, a condição térmica que leva à sensação de frio moderado e, portanto eleva o nível de alerta, pode ser imperativa. Foram ainda efectuados outros estudos específicos sobre o efeito da desidratação no desempenho cognitivo durante o calor. Investigações disponíveis nesta área indicam um decréscimo de actividade motora, visual, de memória e atenção podem ocorrer, quando 2% ou mais de peso corporal é perdido como resultado da desidratação. As manifestações fisiológicas como dor de cabeça, fadiga, alteração sensorial, depressão intelectual, indiferença, sono, descoordenação motora e perda de memória têm surgido cada vez mais frequentemente associadas com o conforto e o desempenho do trabalho.

Não obstante as variáveis identificadas por Fanger terem sido reconhecidas como fundamentais para o desenvolvimento dos estudos relacionados com o conforto e o rendimento do trabalho. Verifica-se, no entanto, que os trabalhadores adaptm-se a condições extremas ambientais, estando aqui o grande desafio deste estudo, ou seja, quantificar as variáveis ambientais que influenciam o conforto e o rendimento do trabalho numa actividade realizada, quer considerando grupos homogéneos quer pessoas individualmente.

REFERÊNCIAS

- Axelsson O. Influence of heat exposure on productivity. *Work Environ Health* 1974; 11:94_9.
- Berry, K, Bowen e T., Kjellstrom. 2010. Climate change and mental health: a causal pathways framework. *Int J Public Health*. 2010.Apr; Volume 55,Number 2:123-132, DOI:10.1007/s00038-009-0112-0.
- Fanger, P.O. *Thermal Comfort Analyses and applications in environmental engineering*. Danmarks: McGraw-Hill Book Company, ISBN 0-07-019915-9. 1970 p. 244.
- Hilde Faerevick; Randi Eidsmo Reinsertsen. “Effects of wearing aircrew protective clothing on physiological and cognitive responses under various ambient conditions”. Department of Health and Worh Physiology SINTEF Unimed N – 7465 Trondheim Norway. Publisehd in *Ergonomics* 46, 7. 2003 p. 780-799.
- Holmer I. *Assessment and prevention of heat stress at work*. UFA Bulletin No. 4. Stockholm, Sweden: National Institute of Working Life; 1996.
- Jay, Ollie e Kenny, Glen P. Heat Exposure in the Canadian Workplace. *American Journal of Industrial Medicine* 53:842-853. 2010, p. 842-853.
- Ken Parsons. *Maintaining health, comfort and productivity in heat waves*. Department of Human Sciences, Loughborough University, Loughborough, UK. 2009
- Kjellstrom, Tord e J.Weaver, Haylee. *Climatae change and health: impacts, vulnerability, adaptation and mitigation*. National Centre for Epidemiology and Population Health, Australian National University. Vol. 20 (1-2).p.6, 2009a
- Dapi, Léonie N., et al.. Heat impact on schoolchildren in Cameroon, Africa: potential health threat from climate change. *Climate Change Impacts on Working People*. Global Health Action 2010, p 8. DOI:10.3402/gha.v30.5610

Magalhães, Sónia, et al. 2001. *Termorregulação*. s.l.: Faculdade de Medicina da Universidade do Porto - Serviço de Fisiologia, 2001.p.20

Mirabelli, Michael A. McGeehin and Maria. The Potential Impacts of Climate Variability and Change on Temperature-Related Morbidity and Mortality in the United States. *Environ Health Perspect* 109 (suppl 2). Vol. 109. 2001 p.185–189

Omri Inbar, Norman Morris, Yoram Epstein and Gregory Gass. Comparison of thermoregulatory responses to exercise in dry heat among prepubertal boys, young adults and older males. Zinman College, Wingate Institute, Israel Griffith University, Gold Coast, Australia. 2004 pp.(691-700)

OSHA (Occupational Safety and Health Administration), *Working Outdoors in Warm Climates*. 2005.

P. A. Hancock and I. Vasmatazidis. Effects of heat Stress on cognitive performance: The current state of Knowledge. Department of Psychology and Institute for Simulation and Training, University of Central Florida, Orlando, USA *International Journal of Hyperthermia* 2003, Vol 19.Nº3: Pages 355-372 DOI: 10.1080/0265673021000054630.

P. K. NAG, PhD, DSc National Institute of Occupational Health, Ahmedabad, India- Extreme Heat Events – A Community Calamity- *Industrial Health* 2010, p. 131-133.

Parsons, Ken. *Human Thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance*. 2nd ed. London: Taylor & Francis. ISBN0-415-23793-0(pbk).p.527 2003.

R.Kok, j.Senior, R.E Schiefer, M.I.Lewis and G.B. Meese. Investigation into the performance of strenuous work at high environmental temperatures – The relationship between heart rate and a fixed work / rest ratio.*International Journal of Industrial Ergonomics*. Elsevier Science Publishers B.V Amsterdam, pp 131-141 1986.

Rainer Sauerborn, Tord Kjellstrom and Maria Nilsson. Health as a crucial driver for climate policy. Centre for Global Health Research, Department of Tropical Hygiene and Public Health, Medical School, University of Heidelberg, Heidelberg, Germany; National Centre for Epidemiology and Population Health, Australian National University, Canberra, Australia. *Global Health Action* 2009. DOI: 10.3402/gha.v2i0.2104.

Robert T. Watson,^a Jonathan Patz,^b Duane J. Gubler,^c Edward A. Parsond and James H. Vincent Environmental health implications of global climate change.*J.Environ.Monit.* pp 834-843. 2005.

Rolfe, J.M., Lindsay S.J.E., Flight deck environment and pilot workload: biological measures of workload. *Applied Ergonomics*. 1973, p.199-206.

Ron Maughan, Susan Shirreffs.. Exercise in the heat: challenges and opportunities. *Journal of Sports Sciences* 22, 2004 p. 917–927.

Talaia, M.A.R and Rodrigues, F.A.G. O organismo humano num ambiente de stress termico - caso de uma área com fornos. Actas das XXIX Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española " Aplicaciones Meteorológicas" & 7º Encuentro Hispano-Luso de Meteorología " Meteorología Y Eficiencia Energética", Pamplona, Sesión 1. Madrid: Asociación Meteorológica Española. ISBN-13:978-84-611-1490-0. 2006.p.5

Talaia, Mário and Rodrigues, Filomena. Conforto e Stress Térmico: Uma avaliação em Ambiente Laboral. Maputo Moçambique: Proceedings em CD -Rom da CLME'2008/IICEM.5º Congresso Luso-Moçambique.Maputo. Editores Gomes et al. Edições INEGI.Artigo 11A020, 2008. p. 15.

Tord Kjellstrom, Ingvar Holmer and Bruno Lemke - Workplace heat stress, health and productivity _ an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. Global Health Action 2009b.DOI:103402/gha.v2i0.2047

Veronica s. Miller, Graham p. Bates. The Thermal Work Limit Is a Simple Reliable Heat Index for the Protection of Workers in Thermally Stressful Environments.Published by Oxford University Press on behalf of the British IOccupational Hugiene Society. Vol.51, N°6, pp 553-561, 2007.

W.Bedsworth, Louise and Hanak, Ellen. 2010. Adaptation to Climate Change- A review of Challengues and Tradeoffs in six Areas. Journal of the American Planning Association, Vol. 76, N° 4, DOI 10.1080/01944363.2010.502047. Autumn 2010, pp. 477-494.

Witterseh, Thomas and Clausen, David P. Wyon and Geo. 2004. The effects of moderate heat stress and open-plan office noise distraction on SBS symptoms and on the performace of office work. Vols. Inddor Air;14(Supp8). 2004 p,30-40.

Wyon, David P. 2000 Enhancing Productivity While Reducing Energy Use in Buildings. pp.233-257. Washington: E – Vision 2000; Key issues that will Shape Our Energy Future: Analyses and Papers Prepared for the E Vision 2000 conference.