

Avaliação do estresse térmico em trabalhadores a partir da taxa metabólica: Uma revisão de Literatura

Fábio Sprada de Menezes (UTFPR) fabio_1711@yahoo.com.br
Antonio Augusto de Paula Xavier (UTFPR) augusto.xavier1@gmail.com
João Luiz Kovaleski (UTFPR) kovaleski@utfpr.edu.br

Resumo:

A exposição humana ao calor acentuado associada ao calor emanado pelo próprio corpo humano pode gerar uma situação conhecida como estresse térmico. Quando em ambientes laborais o estresse térmico pode ser fator limitante, podendo até interromper o processo do trabalho. A taxa metabólica é uma das variáveis importantes para a mensuração do estresse térmico. O objetivo da pesquisa foi buscar na literatura as principais formas de avaliação do estresse térmico, suas características, vantagens e desvantagens. Para tal foi realizada uma revisão racional da literatura específica, em busca de respostas ao questionamento proposto. Foram incluídos como foco da pesquisa os estudos primários ou teóricos presentes em periódicos relacionados com o tema, escritos em português e em inglês, publicados entre o ano 2000 e 2013, indexados nas seguintes bases de dados: *Web of Knowledge*, Periódicos Capes, Pubmed, Bireme, *Science Direct*, *Scopus*. Usando as seguintes palavras chave: Estresse Térmico, Trabalhadores e Taxa Metabólica. Observou-se que não existe consenso quanto ao método de avaliação da taxa metabólica nas diferentes pesquisas, sendo que a forma ainda mais utilizada é a que usa uma tabela da norma internacional ISO 8996 e que variáveis como praticidade, custo e nível de complexidade dos estudos são variáveis que influenciam na escolha.

Palavras chave: Estresse Térmico, Trabalhadores e Taxa Metabólica.

Thermal Stress Evaluation in Workers by the Metabolic Rate: A Literature Review

Abstract

Human exposure to severe heat associated with the heat emanated by the human body itself can cause a condition known as thermal stress. When working in heat stress environments can be a limiting factor, and may even stop the process of the work. The metabolic rate is an important variable for the measurement of thermal stress stress. The aim of this study was to search the literature the main forms of evaluation of heat stress, their characteristics, advantages and disadvantages. For such a rational review of the literature. Were included as focus of this research primary or theoretical studies found in journals related to the topic, written in Portuguese and English, published between 2000 and 2013, indexed in the following databases: *Web of Knowledge*, Periódicos Capes, Pubmed, Bireme, *Science Direct*, *Scopus* Using the following keywords: Thermal Stress, Workers and Metabolic Rate. It was observed that there is no consensus on the method of estimating metabolic rate in different studies, and the more widely used method is the one that uses a table of the international standard ISO 8996 and that variables such as practicality, cost and level of complexity of the studies are variables that influence the choice.

Key-words: Thermal Stress, Workers and Metabolic Rate

1. Introdução

O ser humano se enquadra no grupo dos animais homeotérmicos, tendo temperatura corporal em média de $36\pm 1^{\circ}\text{C}$. Porém, sabendo que somos expostos à temperaturas frias e quentes, para manter essa temperatura o organismo depende de um sistema capaz de autonomicamente e involuntariamente, regular sua temperatura independentemente da temperatura externa através de sistemas de retroalimentação dinâmicos. Esse sistema é conhecido como sistema de termorregulação. Ele é composto por vários termosensores, com seu controle no Sistema Nervoso Central na região diencefálica conhecida como hipotálamo. (PINTO, 2011; SCHLADER, 2011; KANOSUE *et al*, 2010; FLOURIS, 2011).

No entanto, além das exposições térmicas acima citadas, o aumento do próprio metabolismo humano acaba gerando consigo uma produção de calor. Sabe-se que, além do aumento do recrutamento vascular e do débito cardíaco que geram aumento da temperatura, boa parte das reações internas do corpo são combustões oxidativas exergônicas que também geram calor. (MCCARDLE; KATCH; KATCH, 2008; WILMORE, 2009).

Dessa forma, para manter o balanço térmico o corpo humano deve dissipar esse calor, evitando o aumento da temperatura central corporal. A troca de calor existente entre o corpo e o ambiente pode ocorrer via quatro modalidades distintas: convecção, condução, radiação e evaporação (SCHLADER, 2011; PINTO, 2011).

Quando da sobrecarga desse mecanismo de troca, existe um grande trabalho do ponto de vista fisiológico para manter a temperatura interna controlada, diz-se, então, que ele está em situação de desconforto ou estresse térmico. Desconforto, segundo Vink e Hallbeck (2012), é uma situação desagradável percebida pelo homem em reação ao ambiente físico. Desta forma, as condições desconfortáveis ou de estresse de origem térmica estão associadas às percepções subjetivas e fisiológicas de frio e calor. Para Lamberts e Xavier (2002), o estresse térmico é a condição psicofisiológica a que está submetida um indivíduo, quando exposta às condições ambientais extremas de calor e frio. Essas frequentemente induzem situações de desgaste físico que podem influenciar no desempenho humano durante atividades físicas ou laborais (CAMARGO; FURLAN, 2011).

O trabalho sob estresse térmico por frio ou no calor agride o organismo humano, submetendo-o a uma série de mecanismos fatigantes de equilíbrio térmico, além de aumentar por sobremaneira o risco de doenças ocupacionais graves, como a hipotermia, o congelamento de partes moles, a desidratação e a insolação. Além disso, os tempos de reação dos indivíduos ficam mais lentos e suas funções fisiológicas e psicológicas ficam alteradas, gerando insegurança e desconforto, afetando o desempenho humano (ANTTONEN; PEKKARINEN; NISKANEN, 2009; HARUYAMA, *et al*, 2010; LEITE, 2002).

A ergonomia como ciência que trata das análises associadas às condições no trabalho é uma grande aliada na detecção desse estresse térmico no trabalho. Existe uma série de técnicas, que permitem a avaliação dessa variável, mas uma das mais preconizadas é a inferida a partir da análise da taxa metabólica (M). Segundo a ISO 8996 (2004), com a obtenção da taxa metabólica é possível o cálculo do conforto ou a tensão que resulta de uma exposição à ambiente térmico. Essa taxa está ligada à conversão da substância química em energias térmica e mecânica, que gera um valor (índice) numérico para as atividades do corpo humano para uma unidade de tempo (GREEN, 2011).

Porém, existem inúmeras formas de avaliar o estresse térmico e a forma como ele é avaliado depende dos recursos financeiros, característica da atividade e nível de complexidade da análise. Não havendo consenso sobre a forma mais adequada de avaliação. O objetivo deste trabalho foi identificar na literatura os principais métodos de avaliação de estresse térmico usando a taxa metabólica.

2. Revisão da Literatura

2.1 Termorregulação Humana

O ser humano, assim como todos os seres vivos mamíferos, se enquadra no grupo dos animais homeotérmicos, tendo temperatura corporal em média de $36\pm 1^{\circ}\text{C}$, sendo que 32°C é o mínimo possível e 42°C o limite máximo para a manutenção das funções vitais (PINTO, 2011; SCHLADER, 2011). Segundo Kanosue *et al.* (2010), estes seres têm habilidade de, autonomicamente e involuntariamente, regular sua temperatura independentemente da temperatura externa. Isso é possível graças a um sistema que responde, dinamicamente e proporcionalmente, às variações térmicas, conhecido como sistema de termorregulação (YOKOTA; BERGLUND; BATHALON, 2012; SCHLADER; SIMMONS; STANNARD; *et al.* 2011).

A termorregulação é um esforço humano para evitar o que se conhece como desconforto térmico. No entanto, independente dos estímulos internos, a temperatura corporal profunda tende a permanecer praticamente constante, podendo variar apenas $0,6^{\circ}\text{C}$ durante as atividades de vida diária, excetuando-se às situações febris, com as temperaturas periféricas corporais variando de acordo com a necessidade de fluxo sanguíneo local (FLOURIS, 2011; GUYTON, 1992; NAG; DUTTA; NAG, 2013).

Por outro lado, o aumento do metabolismo humano acaba gerando consigo uma produção de calor. Sabe-se que, além do aumento do recrutamento vascular e do débito cardíaco que geram aumento da temperatura, boa parte das reações internas do corpo são combustões oxidativas exergônicas que também geram calor. (MCCARDLE; KATCH; KATCH, 2008; WILMORE, 2009).

Quando o indivíduo produz mais calor do que consegue dissipar, ele tende a aumentar a sua temperatura corporal geral. De forma inversa acontece quando se perde mais calor do que se gera, há a tendência de reduzir a temperatura, tanto periférica quanto central (ANDREASI, 2009).

Para evitar que esses desequilíbrios afetem o desempenho humano existe um sistema termorregulatório muito bem desenvolvido, que é composto por vários termosensores, com seu controle no Sistema Nervoso Central na região diencefálica conhecida como hipotálamo. Esses respondem aos vários tipos de estímulos autonômicos de auto-regulação (retroalimentação ou *feedbacks*), mas também aos comportamentais como os ligados às emoções, à alimentação e às atividades físicas (SCHLADER, 2011; FLOURIS, 2011).

Uma boa parte do calor gerado pelo organismo é produzida nas vísceras, em especial no fígado, coração, cérebro e músculos, principalmente em situações de atividade física. Ele é transferido para a pele e dali para o ambiente, onde a velocidade da perda está associada à rapidez de com que esse calor é conduzido do centro corporal para a pele e dali para o ambiente. Sendo que uma das principais funções da temperatura da pele é justamente controlar o fluxo sanguíneo ideal para manter ou perder calor nos diferentes estímulos térmicos (GUYTON, 1992; VANOS, *et al.* 2012).

Além da pele, outra estrutura importante para controle da temperatura corporal é a camada subcutânea de gordura, que gera um isolamento térmico importante e responsável pela sustentação desta variável em níveis normais (ESTEVES, 2003; SCHLADER, 2011).

No entanto, da mesma forma que ela protege o corpo humano de perdas térmicas exageradas, a mesma acaba funcionando como uma barreira que dificulta bastante a perda de calor. Isso ocorre porque a gordura nessa camada subcutânea acaba tendo calor específico muito baixo em relação à gordura livre (1,63 vs. 3,35 KJ.Kg⁻¹.°C⁻¹). Dessa forma, essa camada pode aumentar o dobro sua temperatura a cada grama, tornando muito dispendioso o traspasseamento de seus limites para a eliminação do calor gerado pelo corpo (LEITES, 2011).

Como já dito, as atividades humanas geram calor. Para manter o balanço térmico o corpo humano deve dissipar calor, evitando o aumento da temperatura central corporal que é aproximadamente de 37°C. A troca de calor existente entre o corpo e o ambiente pode ocorrer via quatro modalidades distintas: convecção, condução, radiação e evaporação. As três primeiras são ditas formas de perda sensível de calor, enquanto a última representa uma forma de calor latente, ou seja, não percebida (PINTO, 2011; SCHLADER, 2011).

Pinto (2011) afirma que quando o corpo humano está sendo submetido à essas situações onde existe um grande trabalho do ponto de vista fisiológico para manter a temperatura interna controlada, diz-se que ele está em situação de desconforto ou estresse térmico, condição que é um dos focos deste estudo e que será mais bem elucidada a seguir.

2.2 Estresse Térmico

A ISO 7730 (1984) considera que a insatisfação de origem térmica pode ocorrer associada ao aquecimento ou resfriamento do corpo humano como um todo ou de partes específicas. Esta situação é denominada desconforto térmico localizado. Já o estresse térmico é a condição psicofisiológica a que está submetida um indivíduo, quando exposta às condições ambientais extremas de calor e frio. Este normalmente é medido usando a taxa requerida de suor (SWreq) e é adimensional (LAMBERTS; XAVIER, 2002).

Em estresses associados ao frio, o corpo humano tende a buscar a conservação de energia. Há vasoconstrição periférica na tentativa de reduzir a convecção térmica entre o centro corporal e a pele. Esse processo reduz a perda de calor. Há também a piloereção e o aparecimento dos tremores para gerar calor por trabalho muscular. A frequência cardíaca e a respiratória são também reduzidas para adaptarem-se a condição (CHI; SHIH; CHEN, 2012). Sabe-se que uma das principais funções do sangue é enviar oxigênio para que as células possam funcionar a contento. Para que isso seja possível em situações de vasoconstrição, sem que haja lesão celular hipóxica, as células reduzem substancialmente sua taxa de metabólica visando reduzir o consumo de oxigênio (SAVIC; FONDA; SARAVON, 2013).

Sabe-se que a exposição prolongada ao frio extremo, com roupa insuficiente ou associada à atividade física, gera resfriamento do corpo. Essas condições aumentam substancialmente o risco de hipotermia grave, doenças ocupacionais como as respiratórias e congelamento de partes moles. Além disso, os tempos de reação dos indivíduos ficam mais lentos e suas funções fisiológicas e psicológicas ficam alteradas (MÄKINEN; HASSI, 2009; ANTONEN; PEKKARINEN; NISKANEN, 2009; BRANNIGAN; ROGERS; JACOBS; *et al*, 2009; CARNAHAN; DUBROWSKI; GRIERSON, 2010).

Leite (2002), afirma que o estresse térmico por calor está associado a uma situação de calor forte que agride o organismo humano, submetendo-o a uma série de mecanismos

fatigantes de equilíbrio térmico. Em climas quentes, ou em situações de exercício físico o corpo busca formas de dissipar o calor interno produzido. Crandall e Gonzalez-Alonso (2010) e Iguchi *et al.*, (2012) citam algumas das respostas fisiológicas associadas à esses estímulos como a liberação de determinados hormônios como as catecolaminas e a prolactina, a redistribuição de fluxo sanguíneo, a vasodilatação periférica, a sudorese e o aumento do débito e da frequência cardíaca.

As situações de calor intenso podem trazer também riscos à vida dos indivíduos. A exposição às altas temperaturas pode gerar insolação grave, queimaduras, choques hipotensivos, desidratação grave, entre outras condições perigosas. Essas condições além de gerar insegurança e desconforto também podem afetar o desempenho humano (HARUYAMA, *et al.*, 2010).

Sabe-se que quanto maior for a magnitude do trabalho do organismo para manter estável a temperatura interna do corpo, mais o ser humano sentirá o desconforto térmico (GOUVEA, 2004).

Entretanto, não existe consenso sobre qual situação gera maior esforço do organismo para proteção. Para Gallois (2002), as variações de temperatura do corpo para proteger o organismo são maiores no frio do que no calor. Para este autor: *“é muito mais fácil o organismo manter a temperatura corpórea quando submetido a resfriamento do que ao aquecimento”*.

Em contrapartida, Castellani e Young (2012) afirmam que o corpo humano é mais suscetível a estresses térmicos por frio do que por calor, porque as respostas fisiológicas de defesa da homeostase térmica do corpo humano contra o frio são menos eficientes do que as que produzem às defesas contra a exposição ao calor.

2.3 A Taxa Metabólica

Segundo Havenith *et al.* (2002), o corpo usa oxigênio e alimentos para produzir energia. A taxa a qual isso acontece é a chamada Taxa Metabólica (M). Também conhecida como taxa de dispêndio energético ou o Gasto Energético Total, ela pode ser mais bem definida como a conversão das substâncias químicas em energias térmica e mecânica, que gera um valor (índice) numérico para as atividades do corpo humano para uma unidade de tempo (GREEN, 2011; PINTO, 2011).

A unidade de representação da Taxa Metabólica é W/m^2 , porém frequentemente essa taxa é expressa sob a forma do Equivalente Metabólico, o MET, que corresponde, aproximadamente, ao valor equivalente à Taxa de dispêndio de energia no repouso, ou Taxa Metabólica Basal (TMB). Os diferentes esforços, associados, às diferentes atividades têm suas taxas metabólicas quantificadas no Sistema Internacional e normalizadas a partir da TMB de cada indivíduo, gerando um valor equivalente em MET. Um MET equivale a $58,2 W/m^2$ da área superficial do corpo (MCCARDLE; KATCH; KATCH, 2008).

Wahrlich e Anjos (2001) definem a taxa metabólica basal como a quantidade de energia necessária para manter as funções vitais orgânicas em condições padrão de jejum, repouso físico e mental em um ambiente calmo, silencioso e com temperatura e iluminação controladas.

Segundo a ISO 8996 (2004), a taxa metabólica é capaz de identificar o conforto ou a tensão que resulta de uma exposição à ambiente térmico. Refere ainda, que em temperaturas elevadas, níveis altos de produção de calor metabólico, somados a trabalho muscular aumentam

significativamente a tensão por calor levando à necessidade da sua dissipação, principalmente por via de evaporação de suor.

Vários são os fatores que podem interferir na Taxa Metabólica de um sujeito ou em sua medição, entre eles estão: a dimensão corporal, a composição corporal, a realização de exercícios físicos, a dieta, o clima, o tabagismo, o ciclo menstrual e o ambiente de medição (WAHRLICH; ANJOS, 2001; TERRACCIANO; SCHRACK; SUTIN, 2013).

O cálculo da taxa metabólica pode ser feito através da determinação da quantidade de calor produzida pelo organismo (calorimetria direta) ou pelo cálculo de calor indiretamente (calorimetria indireta) a partir do consumo de oxigênio (VO₂) e excreção de gás carbônico (VCO₂) obtidos por análise do ar inspirado e expirado pelos pulmões (GREEN, 2011).

De acordo com a norma ISO 8996 (2004), a taxa metabólica será igual à taxa de produção de calor no corpo humano onde a atividade desempenhada pelo sujeito determina a quantidade de calor gerado pelo organismo.

Como já citado anteriormente, a principal maneira de mensurar a energia gerada pelo metabolismo de forma indireta é através de medição do consumo de gases respiratórios.

3. Método

O questionamento acima proposto motivou o escopo desta pesquisa, levando a uma revisão racional da literatura, com vistas a determinar respostas ao tema questionado. Desta forma, o estudo ensejou identificar, selecionar e avaliar criticamente as publicações científicas que foram mencionadas na revisão de literatura ou fundamentação literária.

Para esta parte do trabalho, foi realizada uma busca nas bases de dados *Web of Knowledge*, Periódicos Capes, Pubmed, Bireme, *Science Direct*, *Scopus*, entre outras, com o objetivo de perceber o estado da arte no que tange a avaliação do estresse térmico a partir da avaliação da taxa metabólica, especificamente em trabalhadores. Foram considerados estudos publicados entre 2009 e 2013. A estratégia foi baseada na busca isolada, cruzada ou truncada, de descritores usados pelos autores nos títulos ou resumos, sendo adotada a expressão booleana AND. Os descritores usados foram: Estresse Térmico, Trabalhadores e Taxa Metabólica e seus correspondentes na língua inglesa.

Os estudos compilados foram selecionados primeiramente pelos títulos e resumos. Observada a relevância dos mesmos, foi feita uma análise mais eletiva dos textos escolhidos, de acordo com o problema apontado.

Os resultados obtidos na pesquisa foram compilados em um texto que demonstra os principais métodos de avaliação de estresse térmico presentes nos estudos, suas características e limitações.

4. Resultados

Holmér (2009), em seu artigo de revisão, identificam a taxa metabólica como um indicador importante para a identificação do estresse térmico em trabalhadores em ambientes frios. Da mesma forma, Lundgren *et al.* (2013) afirmam que a taxa metabólica é bastante usada na avaliação do balanço térmico em trabalhadores em ambientes quentes. Afirmam ainda, que a tolerância ao calor é menor em trabalhadores mais velhos, quando estes tiverem menores taxas metabólicas e estilo de vida sedentário. Outra informação relevante do estudo é que existe pouca

ou nenhuma diferença entre homens e mulheres no que tange a produção de calor metabólica e as trocas de calor com o ambiente. Por fim, citam ainda que vestes pesadas, como os macacões industriais, tendem a aumentar as taxas metabólicas e, por conseguinte o estresse térmico por calor em ambientes quentes.

Iguchi *et al* (2012) em sua pesquisa com indivíduos jovens saudáveis verificou que estresses por calor aumentaram a frequência cardíaca para valores acima de 60% da FC máxima prevista para as idades dos sujeitos e relacionaram esse aumento com a taxa metabólica e à secreção de diversos hormônios.

Já Bahr, Gregson e Reilly (2010) avaliaram as demandas físicas de bombeiros e relataram que é difícil determinar se o desgaste físico associado à profissão está mais relacionado aos esforços físicos realizados, que geram frequências cardíacas, em média, acima de 80% da FC máxima, e às altas taxas metabólicas, ao estresse térmico imposto pelo ambiente ou por todos estes estímulos juntos.

Outro estudo encontrado foi o de Gao *et al.* (2012) que avaliou os efeitos do resfriamento progressivo do dorso de 8 sujeitos, usando um colete termogênico, realizando trabalhos de escritório. Os autores encontraram poucas diferenças na taxa metabólica dos indivíduos durante o lento resfriamento do dorso. Relataram ainda, que a taxa metabólica média dos sujeitos foi de $60.9 \pm 4.6 \text{ W/m}^2$, e que esta teve relação com a taxa de sudorese e com a perda da massa corporal.

Na prática, a maioria dos estudos usa uma estimativa da taxa metabólica a partir de tabelas que descrevem atividades típicas, presentes na norma ISO 8996 (2004). O estudo de Chen e Chang (2012), com trabalhadores de escritório, considerou a taxa metabólica de 1,1 MET segundo tabela. Já Bedek *et al.* (2010) avaliaram o controle térmico e de umidade de vestimentas industriais feitas de malha e usaram as taxas metabólicas associadas às atividades genéricas da tabela sentar quieto (61 W/cm^2), andar por 20 minutos (220 W/cm^2) e correr (290 W/cm^2). Ambrosio Alfano, Pallela e Riccio (2011) utilizaram para validar índices de umidade e temperatura para a avaliação do estresse térmico no trabalho, os valores de esforço leve (1,2-2,2 MET) dispostos na norma internacional acima citada. Ayyappan *et al* (2009), em seu estudo com trabalhadores de indústria automobilística, também estimou os esforços dos seu trabalhadores em leve, moderado e pesado de acordo com a tabela. Os quatro estudos acima citados foram publicados em revistas com fator de impacto no JCR da Thomson-Reuters.

Porém para maior fidedignidade, Xavier (2000) defende uso de mensurações dessa variável a partir de calorimetria direta ou indireta e afirma que o uso dessas tabelas é um artifício bastante simplista, pois sugere que todas as pessoas que estejam desempenhando a mesma atividade tenham a mesma taxa metabólica. Matsuzuki *et al.* (2011) relata também a possibilidade da avaliação da taxa metabólica em trabalhadores através da acelerometria e frequência cardíaca. Holmér (2009) refere, no entanto, que o alto custo dos instrumentos que avaliam essas variáveis acaba restringindo o uso desses equipamentos nos ambientes laborais.

5. Conclusão

Por fim, pode-se concluir que ainda não consenso sobre como mensurar a taxa metabólica para fins de análise do estresse térmico. O que sabe-se é que ela é uma variável fundamental para esta análise.

A maioria das pesquisas ainda utiliza a tabela da norma ISO, o que entende-se que é

impreciso, pois acaba entendendo que não existam variáveis individuais como massa, altura, nível de condicionamento físico e habilidade, que afetem a variação da taxa metabólica. Por outro lado, a avaliação com analisadores metabólicos ou calorimetria direta são inviáveis para a maioria das indústrias devido à falta de praticidade e ao custo.

Portanto, sugere-se novos estudos que busquem técnicas de avaliação que sejam mais práticos e baratos e que possam dar uma boa exatidão para as avaliações.

Referências

- AMBROSIO ALFANO, F. R.; PALLELA, B. I.; RICCIO, G.** *Thermal Environment Assessment Reliability Using Temperature - Humidity Indices*. *Industrial Health*. v.49, n.1, p.95-106, 2011.
- ANDREASI, W.A.** *Método para avaliação de conforto térmico em região de clima quente e úmido do Brasil*. 2009. 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.
- ANTTONEN, H.; PEKKARINEN, A.; NISKANEN, J.** *Safety at Work in Cold Environments and Prevention of Cold Stress*. *Industrial Health*. v. 47, n. 3, p. 254–261, 2009.
- AYYAPPAN, R; SANKAR, S.; RAJKUMAR, P.; et al.** Work-related heat stress concerns in automotive industries: a case study from Chennai, India. *Global Health Action*. v. 2, n. 1, p. 1-7, 2009.
- BARR, D.; GREGSON, W.; REILLY, T.** The thermal ergonomics of firefighting reviewed. *Applied Ergonomics*. v. 41, n. 1, p. 161-172, 2010.
- BLUYSSSEN, P. M.; ARIES, M.; DOMMELEN, P. V.** Comfort of workers in office buildings: The European HOPE Project. *Building and Environment*. v.46, n.1, p.280-288, 2011.
- BRANNIGAN, D.; ROGERS, I.R.; JACOBS, I.; et al.** Hypothermia is a Significant Medical Risk of Mass Participation Long-Distance Open Water Swimming. *Wilderness and Environmental Medicine*. v. 20, n. 1, p. 14-18, 2009.
- CAMARGO, M. G.; FURLAN, M. M. D. P.** Resposta fisiológica do corpo às temperaturas elevadas: exercício, extremos de temperatura e doenças térmicas. *Revista Saúde e Pesquisa*. v. 4, n. 2, p. 278-288, 2011.
- CASTELLANI, J. W.; YOUNG, A. J.** Health and performance challenges during sports training and competition in cold weather. *British Journal of Sports Medicine*. v. 46, n. 11, p. 788–791, 2012.
- CARNAHAN, H.; DUBROWSKI, A.; GRIERSON, L. E. M.** Temperature influences both haptic perception and force production when grasping. *International Journal of Industrial Ergonomics*. v. 40, n. 1, p. 55–58, 2010.
- CHEN, A.; CHANG, V.W.C.** Human health and thermal comfort of office workers in Singapore. *Building and Environment*. v. 58, n. 12, p. 172-178, 2012.
- CHEN, L.; NG, E.** Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade. *Cities*. v. 29, n. 2, p. 118–125, 2012.
- CHI, C.F.; SHIH, Y.C.; CHEN, W.L.** Effect of cold immersion on grip force, EMG, and thermal discomfort. *International Journal of Industrial Ergonomics*. v. 42, n. 1, p. 113-121, 2012.
- CRANDALL, C.G.; GONZÁLEZ-ALONSO, J.** Cardiovascular function in the heat-stressed human. *Acta Physiologica (Oxford)*.v. 199, n. 4, p. 407–423, 2010.
- COSTA, E. Q.; BAPTISTA, J. S.; DIOGO, M. T.** Thermal Environment and Productivity in Sedentary Activities. A Short Review. *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene. Anais*. p. 478-483. Minho, Universidade do Minho, 2012.
- DIEHL, A. A.** Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas. São Paulo: Prentice Hall, 2004.
- DJONGYANG, N.; TCHINDA, R.; NJOMO, D.** Thermal comfort: A review paper. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. v. 14, n. 9, p. 2626–2640, 2010.

- ESTEVES, M. J. L.** *Implicações Fisiológicas em Trabalhadores expostos a Ambientes Frios na Produção Industrial dos Abatedouros*. 2003. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. 2003.
- FLOURIS, A.D.** Functional architecture of behavioural thermoregulation. *European Journal of Applied Physiology*. v. 111, n. 1, p. 1–8, 2011.
- GALLOIS, N. S. P.** *Análise das condições de stress e conforto térmico sob baixas temperaturas em indústrias frigoríficas de Santa Catarina*. 2002. 125 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- GAO, C.; KUKLANE, K.; WANG, F.; et al.** Personal cooling with phase change materials to improve thermal comfort from a heat wave perspective. *Indoor Air*. v.22, n.6, p.523-530, 2012.
- GREEN, J. A.** The heart rate method for estimating metabolic rate: Review and recommendations. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A*. v.158, n.2, p. 287–304, 2011.
- GOUVÊA, T. C.** *Avaliação do conforto térmico: uma experiência na indústria da confecção*. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Construção Civil, Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2004.
- GUYTON, A.C.** *Tratado de Fisiologia Médica*. Guanabara Koogan. RJ. 8ª. Ed. 1992.
- HARUYAMA, Y.; MUTO, T.; MATSUZUKI, H. et al.** Evaluation of Subjective Thermal Strain in Different Kitchen Working Environments Using Subjective Judgment Scales. *Industrial Health*. v. 48, n. 2, p. 135–144, 2010.
- HAVENITH, G.; HÖLMER, I.; KARSON, P.** Personal factors in thermal comfort assessment: properties, clothing and metabolic heat production. *Energy & Buildings*. v. 34, n. 1. p. 581-591, 2002.
- HOLMÉR, I.** Evaluation of Cold Workplaces: An Overview of Standards for Assessment of Cold Stress. *Industrial Health*. v. 47, n. 3, p. 228–234, 2009.
- IGUCHI, M.; LITTMANN, A.E; CHANG, S.H., et al.** Heat Stress and Cardiovascular, Hormonal, and Heat Shock Proteins in Humans. *Journal of Athletic Training*. v. 47, n. 2. p. 184-190, 2012.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.** *Ergonomics of the thermal environments - Instruments for measuring physical quantities*, ISO 7726. Genebra, 1996.
- _____. *Ergonomics of the thermal environment - Ergonomics of the thermal environment – Cold workplaces - Risk assessment and management*. ISO 15743. Genebra, 2008.
- _____. *Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales*. ISO 10551. Genebra, 1995.
- _____. *Ergonomics - Determination of metabolic heat production*, ISO 8996. Genebra, 1990.
- KIRSCHNER, M. M.** *Assessment of energy expenditure and physical activity intensity through simultaneous use of heart rate monitoring and accelerometry*. 2012. Dissertação (Mestrado em Fisiologia do Exercício Clínica) - Programa de Fisiologia do Exercício Clínica, Ball State University, Muncie, 2012.
- LAKATOS E. M; MARCONI M. A.** *Fundamentos da metodologia científica*. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P.** *Conforto Térmico e Stress Térmico*. 1.ed. Florianópolis: LabEEE – UFSC, 2002.
- LEITE, E. S. C. M.** *Stress térmico por calor – estudo comparativo dos métodos e normas de quantificação*. 2002. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Departamento de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.
- LUNDGREN, K.; KUKLANE, K.; GAO, C.; et al.** Effects of Heat Stress on Working Populations when Facing Climate Change. *Industrial Health*. v. 51, n. 1, p. 3-15, 2013.
- MÄKINEN, T. M.; HASSI, J.** Health Problems in Cold Work. *Industrial Health*. v. 47, n. 3, p. 207-220, 2009.
- MATSUZUKI, H.; ITO, A.; AYABE, M.; et al.** The Effects of Work Environments on Thermal Strain on Workers in Commercial Kitchens. *Industrial Health*. v.49, n.5, p.605-613, 2011.
- MCARDLE, W.D.; KATCH, F.L.; KATCH, V. L.** *Fisiologia do Exercício* - Energia, nutrição e desempenho

humano. 6º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

MENDELL, M. J.; MIRER, A. G. Indoor thermal factors and symptoms in office workers: findings from the US EPA BASE study. *Indoor Air*. v.19, n. 4, p.291-302, 2009.

NAG, P.K.; DUTTA, P.; NAG, A. Critical Body Temperature Profile as Indicator of Heat Stress Vulnerability. *Industrial Health*. v. 51, n. 1, p. 113–122, 2013.

NIEMAN, D. C. *Exercise testing and prescription: A health-related approach*. Mountain View: Mayfield Publishing; 1999.

O'BRIEN, C.; BLANCHARD, L. A.; CADARETTE, B. S.; et al. Methods of Evaluating Protective Clothing Relative to Heat and cold Stress: Thermal Manikin, Biomedical Modeling, and Human Testing. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. v. 8, n. 10, p. 588–599, 2011.

OUZZAHRA, Y.; HAVENITH, G.; REDORTIER, B. Regional distribution of thermal sensitivity to cold at rest and during mild exercise in males. *Journal of Thermal Biology*. v. 37, n. 7, p. 517–523, 2012.

PARSONS, K.C., *Human thermal environments*. British Library. 359p. 1993.

PEETERS, L.; DEAR, R.; HENSEN, J.; D'HAESELEER, W. Thermal comfort in residential buildings: Comfort values and scales for building energy simulation. *Applied Energy*, v.86, n.5, p. 772-780, 2009.

PESSOA, B. COPD patients' oxygen uptake and heart rate on-kinetics at cycle-ergometer: correlation with their predictors of severity COPD patients' oxygen uptake and heart rate on-kinetics at cycle-ergometer: correlation with their predictors of severity. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, v. 17, n. 2, 2013.

PINTO, N. M. *Condições e parâmetros para a determinação de conforto térmico em ambientes industriais do ramo metal mecânico*. 2011. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa. 2011.

SAVIC, M.; FONDA, B.; SARAVON, N. Actual temperature during and thermal response after whole-body cryotherapy in cryo-cabin. *Journal of Thermal Biology*. v. 38, n. 2, p. 186–191, 2013.

SCHLADER, Z. J. *Human Behavioral Temperature Regulation: An exercise approach*. 2011. 304 f. Tese (Doutorado em Esporte e Exercícios) – Escola de Esportes e Exercícios, Massey University, Palmerston North. 2011.

SCHLADER, Z.J.; SIMMONS, S.E.; MÜNDEL, T. Human thermoregulatory behavior during rest and exercise - A prospective review. *Physiology & Behavior*. v. 99, n. 3, p. 269-275, 2010.

SCHLADER, Z. J.; SIMMONS, S. E.; STANNARD, S. R.; et al. The independent roles of temperature and thermal perception in the control of human thermoregulatory behavior. *Physiology & Behavior*. v. 103, n. 2, p. 217-224, 2011.

SCHUTZ, Y.; WEINSTER, R. L.; HUNTER, G. R. Assessment of Free-Living Physical Activity in Humans: An Overview of Currently Available and Proposed New Measures. *Obesity Research*. v.9, n.6, 2001.

SILVEIRA, B. H.; AGUIAR, R. A.; ALVES, T. L. et al. Comparação do Ponto de deflexão da frequência cardíaca com a Máxima fase estável de lactato em corredores de fundo. *Motriz*. v.18, n.1, p.01-08, 2012.

SPURR, G. B.; PRENTICE, A. M.; MURGATROYD, P. R.; et al. Energy expenditure from minute-by-minute heart-rate recording: comparison with indirect calorimetry. *American Journal of Clinical Nutrition*. v.48, n.1, p.552-559, 1988.

TERRACCIANO; SCHRACK; SUTIN, et al. Personality, Metabolic Rate and Aerobic Capacity. *Plos One*. v.8, n.1, 2013.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. *Métodos de pesquisa em atividade física*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002.

VANOS, J.K.; WARLAND, J.S.; GILLESPIE, T.J.; et al. Thermal comfort modelling of body temperature and psychological variations of a human exercising in an outdoor environment. *International Journal of Biometeorology*. v. 56, n. 1, p. 21–32, 2012.

VINK, P.; HALLBECK, S. Editorial: Comfort and discomfort studies demonstrate the need for a new model. *Applied Ergonomics*. v. 43, n. 2, p. 271-276, 2012.

WAHRLICH, V.; ANJOS, L. A. Aspectos históricos e metodológicos da medição e estimativa da taxa metabólica basal: uma revisão da literatura. *Cadernos de Saúde Pública*. v.17, n.4, p.801-817, 2001.

WILMORE, R. et al. *Fisiologia do Esporte e do Exercício*. 4 ed. São Paulo: Manole, 2010.

XAVIER, A.A.P. *Predição de Conforto Térmico em Ambientes Internos com Atividades Sedentárias – Teoria aliada a estudos de campo*. 2000. 251 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2000.

YOKOTA, M; BERGLUND, L.G.; BATHALON, G.P. Female anthropometric variability and their effects on predicted thermoregulatory responses to work in the heat. *International Journal of Biometeorology*. v. 56, n. 2, p. 379–385, 2012.