



EVENTO
ON-LINE



estga
universidade
de aveiro

ConBRepro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

Energias Limpas nas Engenharias

Mapeando a influência das condições térmicas nos indicadores fisiológicos e endócrinos em trabalhadores da indústria pesada: uma revisão de literatura

Maressa Fontana Mezoni

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) – UTFPR-PG

Antonio Augusto de Paula Xavier

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) – UTFPR-PG

Antonio Carlos de Francisco

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) – UTFPR-PG

Vilmar Stefen

Departamento Acadêmico de Engenharias (DAENG) – UTFPR-FB

Sheila Regina Oro

Departamento Acadêmico de Física, Estatística e Matemática (DAFEM) – UTFPR-FB

Resumo: O estresse térmico tem sido objeto de estudo há décadas devido às preocupações sobre seu impacto nos sistemas do corpo humano. Trabalhadores industriais são frequentemente expostos ao estresse térmico, pois o calor ainda é essencial para muitos processos de transformação. Esta revisão sistemática da literatura, realizada por meio do Methodi Ordinatio, tem como objetivo mapear os efeitos do calor sobre os marcadores hormonais de cortisol salivar e catecolaminas urinárias, bem como sobre o sistema endócrino de trabalhadores industriais envolvidos em atividades que os expõem ao calor e à força física (trabalho pesado) para permitir a compreensão dessas alterações, tornando possível seu controle. A revisão sistemática apresentou um portfólio de estudos, classificados de acordo com seu fator de impacto e ano de publicação, descobertas recentes e esclarecedoras sobre os efeitos do calor e do exercício físico combinado no corpo humano, como alterações na testosterona, prolactina, aumento de leucócitos circulantes, creatinina, cistatina C, entre outras alterações endócrinas e fisiológicas. Entretanto, a revisão bibliométrica mostrou que poucos estudos investigaram especificamente essas condições em trabalhadores da indústria pesada, principalmente no que se refere às alterações hormonais, o que denota uma lacuna de pesquisa, o que abre espaço para estudos futuros mais aprofundados e específicos.

Palavras-chave: estresse pelo calor; variações endócrinas; cortisol salivar; catecolaminas urinárias; exercício físico no calor

Mapping the influence of thermal conditions on physiological and endocrine indicators in heavy industry workers: a literature review

Abstract: Heat stress has been the subject of study for decades due to concerns about its impact on human body systems. Industrial workers are often exposed to thermal stress, as heat is still essential for many transformation processes. This systematic literature review, carried out through the Methodi Ordinatio, aims to map the effects of heat on hormonal markers of salivary cortisol and

urinary catecholamines, as well as on the endocrine system of industrial workers involved in activities that expose them to heat and physical force. (heavy work) to allow the understanding of these changes, making it possible to control them. The systematic review presented a portfolio of studies, ranked according to their impact factor and year of publication, recent and enlightening discoveries about the effects of heat and combined physical exercise on the human body, such as changes in testosterone, prolactin, increase in circulating leukocytes, creatinine, cystatin C, among other endocrine and physiological changes. However, the bibliometric review showed that few studies specifically investigated these conditions in heavy industry workers, especially regarding hormonal changes, which denotes a research gap, providing an opportunity for more in-depth and specific future studies.

Keywords: heat stress; endocrine variations; salivary cortisol; urinary catecholamines; physical exercise in the heat.

1. Introdução

O estresse térmico é uma das principais causas de muitos distúrbios ocupacionais que afetam negativamente o desempenho do trabalhador e a qualidade do trabalho, e em casos extremos pode até levar à morte. No contexto industrial, o desconforto térmico é citado como uma das principais causas de insatisfação no local de trabalho quando as pessoas são expostas a ambientes extremamente quentes ou frios. O estresse térmico é um problema recorrente em várias indústrias [1], pois ainda há necessidade de empregar mão de obra humana em processos de transformação, fazendo com que os trabalhadores sejam frequentemente expostos a altas temperaturas. Essa exposição é necessária para o processo de fabricação, pois alguns produtos e processos exigem altas temperaturas para serem produzidos [2]. Para manter a temperatura, o corpo humano conta com mecanismos biológicos [3]. Esses mecanismos termorreguladores funcionam como respostas fisiológicas às variações da temperatura ambiental, ocorrendo do interior do corpo até suas extremidades [4]. Quando há equilíbrio entre a troca de calor do corpo humano e do ambiente, a neutralidade térmica é alcançada. Esse equilíbrio é medido pelo modelo PMV/PPD, apresentado na norma ISO 7730 (2005) e proposto por Fanger (1970), que continua sendo uma referência amplamente utilizada para estudos de conforto térmico. Entretanto, quando um equilíbrio não pode ser alcançado entre a troca de calor corporal e o ambiente, o corpo humano responde desregulando o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA). Essa desregulação aumenta o cortisol circulante, levando ao deslocamento e mobilização de ácidos graxos livres, diminuição dos níveis de hormônios sexuais e de crescimento, aumento da pressão arterial e da frequência cardíaca e declínio das defesas imunológicas do corpo [6, 7].

A exposição ao calor excessivo aumenta o estresse no corpo, resultando em taxas cardíacas e respiratórias elevadas, aumento da pressão arterial e maiores concentrações de cortisol salivar. Em casos de estresse térmico agudo, há também uma variação na temperatura corporal central, com níveis de cortisol plasmático e sérico aumentando em comparação com condições térmicas normais [12]. As respostas adaptativas endócrinas que o corpo humano exhibe na busca pela homeostase incluem a excreção de cortisol na corrente sanguínea e catecolaminas na urina, dependendo de condições como atividade física no trabalho [13, 14]. Além disso, estudos não indicam um alinhamento perfeito entre o modelo de conforto térmico proposto por Fanger e ISO 7730 e as sensações reais de indivíduos expostos ao calor excessivo [15].

Esta revisão de literatura foi conduzida usando uma metodologia de três etapas: formulação da questão de pesquisa que motivou a revisão, uso de um método para busca, compilação e seleção de estudos e uso de uma ferramenta para análise do conteúdo dos estudos obtidos, a qual é explicada no texto que se segue.

O principal objetivo deste estudo foi identificar e mapear a influência do calor excessivo nos indicadores fisiológicos combinados de cortisol salivar e catecolaminas urinárias em trabalhadores da indústria pesada submetidos a altas temperaturas, particularmente em

indústrias de fundição de metais, com base em estudos existentes. Para atingir este objetivo, a seguinte questão de pesquisa foi proposta: Considerando os estudos sobre a influência das condições térmicas nos níveis de cortisol salivar e catecolaminas urinárias em trabalhadores industriais, quais são as possíveis variações fisiológicas nestes marcadores hormonais nestes trabalhadores?

2. Métodos

Este estudo buscou quatro fontes (Scopus, Science Direct e Web of Science), as mesmas utilizadas por [16] e a base de dados PubMed, para abranger o maior número de estudos nas áreas relevantes do conhecimento. Para a revisão sistemática da literatura, foi utilizado o Methodi Ordinatio [17, 18], pois resulta em um ranking dos artigos, por meio do índice InOrdinatio, que permite listar as principais publicações considerando estudos mais recentes, mesmo sem ter utilizado um número específico de citações, destacando o que há de mais relevante no estudo encontrado por meio do processo de revisão, que envolve nove etapas compiladas [18].

A aplicação do método inclui as seguintes nove fases:

Etapa 1 - Estabelecendo a intenção de pesquisa .

Etapa 2 – Determinação de palavras-chave e pesquisas preliminares em bancos de dados

Etapa 3 – Definir e combinar palavras-chave e bancos de dados

Nesta etapa, o pesquisador define as palavras-chave que serão testadas, relacionadas ao tema de sua pesquisa. Neste estudo, foram testadas oito combinações de palavras-chave, conforme mostrado na Tabela 1.

Etapa 4 – Busca definitiva em bases de dados.

Tabela 1 – Número de artigos encontrados em cada base de dados

Número de artigos por base de dados				Combinações
PubMed	Direct Science	Web of Science	Scopus	Palavras-chave
0	37	1	13	"heat stress" and "metallurgical industry"
2	334	1	7	human thermal condition E "metallurgical industry"
134	0	461	25	"heat stress" AND "hormonal change" OR cortisol AND catecholamines
48	21	1	23	acclimatization And "hormonal status" And "heat stress"
0	37	2	28	"hormonal state" And "heat stress" AND thermoregulation
0	107	18	460	"salivary cortisol" and "heat stress"

0	982	1	14	catecholamines OR "heat stress" And "metallurgical industry"
3	1	0	2	"thermal biological markers" OR "heat stress" and industry
187	1519	485	572	Número total de artigos por base de dados
2763				Total
Autoria própria, 2024.				

Etapa 5 – Procedimentos de filtragem.

Etapa 6 – Identificar o fator de impacto, ano de publicação e número de citações Google o.

Passo 7 – InOrdinatio

Após a conclusão das fases anteriores, aplica-se a fórmula InOrdinatio para classificar as publicações:

$$\text{InOrdinatio} = (\text{SE}/1000) + \alpha[10 - (\text{Ano} - \text{Ano})] + \text{CI}(1)$$

[1]

Onde:

IF é o fator de impacto do periódico onde o artigo foi publicado, α é um valor a ser definido pelo pesquisador, variando de 1 a 10, refletindo a importância da atualidade da publicação. Para este estudo, foi atribuído um valor de 5, abrangendo publicações recentes e um pouco mais antigas. RYear é o ano em que a pesquisa foi realizada, neste caso, 2024. Refere-se ao ano de publicação do artigo. CI refere-se ao número de citações do artigo até o momento da construção do portfólio de dados, que neste caso foi maio de 2024.

Vale destacar que alguns dos estudos utilizados apresentam índice de InOrdination negativo. Isso ocorre porque, quando se estabelece um limite temporal maior que dez anos, muitos artigos, embora não atuais, apresentam alto fator de impacto e número significativo de citações, o que é considerado importante para a construção deste estudo. Etapas 8 e 9 – Análise sistemática dos estudos coletados. Após a conclusão das 7 etapas anteriores do processo, os estudos finais do portfólio devem ser baixados para leitura e análise sistemática de seus conteúdos.

3. Resultados e discussões

Esta seção apresentará uma descrição dos dados finais deste estudo.

3.1 Análise sistemática e bibliométrica

A revisão sistemática da literatura tem uma particularidade que permite aos pesquisadores identificar lacunas de pesquisa em termos de qualidade e quantidade de artigos encontrados, reunindo dados e informações da literatura científica. Essa abordagem é conhecida como pesquisa bibliométrica [8]. A partir da análise do portfólio final, foi possível realizar um levantamento das palavras-chave com maior incidência, conforme Figura 1.

Figura 1 –Palavras-chave com maior incidência no portfólio final

aquecimento corporal, com o fluxo sanguíneo da pele atingindo aproximadamente 6 a 8 litros por minuto em condições de hipertermia. Quando a pele esfria, os níveis de vasodilatação podem diminuir para manter a homeostase. Entretanto, em casos de doenças como diabetes mellitus tipo 2, esse resfriamento pode ser comprometido devido a alterações hormonais, contribuindo potencialmente para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares. A termorregulação em homens e mulheres durante o exercício físico varia de acordo com o sexo do indivíduo [23]. As mulheres apresentam menor aumento da atividade sudomotora de corpo inteiro em resposta ao aumento da temperatura corporal, também conhecida como termossensibilidade, quando comparadas aos homens. No entanto, essas diferenças entre os sexos são observadas apenas acima de um certo limiar de necessidade de perda de calor e são atribuídas a uma menor produção de glândulas sudoríparas nas mulheres. Vale ressaltar que não há diferença no fluxo sanguíneo cutâneo entre os sexos durante o exercício no calor. Esses sinais são ainda mais evidentes em trabalhadores que realizam atividades pesadas em ambientes com calor excessivo [52]. O estudo publicado por [57], introduz uma métrica inovadora baseada no Índice Climático Térmico Universal (UTCI) para quantificar o estresse térmico fisiológico humano usando dados meteorológicos, simulação UTCI, intensidade do calor e cálculo da duração da exposição. Esta abordagem envolve derivar mapas de Exposição ao Estresse Térmico (HSE) e introduz um novo método de modelagem meteorológica fisiologicamente significativo ($\Sigma\Delta\text{UTCI}$ ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{hr}$)) para prever a duração e a intensidade da exposição ao estresse térmico. De acordo com a literatura, o estresse relacionado ao calor é espacialmente dependente, e estudos como este podem ajudar a mitigar potenciais doenças ou distúrbios causados pela exposição prolongada a altas temperaturas. Notavelmente, as mulheres frequentemente relatam maior desconforto térmico nas mesmas temperaturas absolutas em comparação aos homens e tendem a detectar essas mudanças mais cedo. Em particular, a percepção da umidade da pele, um importante modificador da sensação térmica, é aumentada nas mulheres [27, 44]. Em relação à taxa de suor, trabalhadores expostos ao calor, quando identificado estresse térmico, apresentam uma taxa de suor corporal total 24% maior do que a de trabalhadores em condições térmicas normais. As taxas de suor local aumentam em aproximadamente 26% nas costas, 45% no peito e 48% nos braços, conforme demonstrado por estudos conduzidos por [38, 45]. Em resposta ao calor, há uma depleção de potássio no corpo humano, o que reduz o desempenho do sistema termorregulador [54].

3.2.2 Respostas cardiovasculares ao calor e ao estresse

Indivíduos expostos ao calor excessivo frequentemente sofrem estresse por calor, o que faz com que seus corpos alterem funções autonômicas e cardiovasculares, como a pressão arterial. Uma análise de trabalhadores da indústria siderúrgica revelou que a combinação de calor e estresse resulta em aumento da pressão arterial sistólica e diastólica [36]. Esse aumento de pressão coloca pressão adicional nas artérias que bombeiam sangue para o coração, potencialmente prejudicando a circulação sanguínea. Além disso, um estudo de [42] indicou que a exposição a situações estressantes leva a um maior acúmulo de cálcio nas artérias coronárias, sendo esse acúmulo mais pronunciado em mulheres em comparação aos homens. O estudo conduzido por [55] observou que trabalhadores envolvidos em atividades de trabalho pesado em ambientes quentes podem apresentar frequências cardíacas de até 150 batimentos por minuto, o que é considerado taquicardia, uma vez que a frequência cardíaca média considerada normal é de aproximadamente 100 batimentos por minuto.

3.2.3 Respostas endócrinas ao calor, exercício e estresse

Altos níveis de cortisol circulante são indicativos de ansiedade, enquanto altos níveis de catecolaminas, especificamente adrenalina, noradrenalina, dopamina e o neurotransmissor 5-HT (5-hidroxitriptamina), indicam excitação excessiva. Quando esses hormônios se

combinam, teoricamente há uma inibição do humor e da cognição, o que afeta a capacidade de trabalho. Os autores revisaram vários estudos envolvendo os efeitos do estresse térmico em marcadores hormonais. No entanto, de acordo com os resultados obtidos em seus experimentos, o efeito do calor em marcadores hormonais como cortisol, adrenalina, noradrenalina e dopamina foi considerado inconclusivo. No entanto, eles demonstraram um aumento na concentração de cortisol circulante após a exposição da amostra ao calor. Além disso, eles destacaram que nenhuma pesquisa foi encontrada abordando a influência do calor no 5-HT [20]. Corroborando o estudo anterior, [29] demonstram que exercícios no calor podem levar a disfunções na produção e no metabolismo da vitamina D. Além disso, indivíduos expostos ao estresse térmico apresentam maiores níveis de IL-4 (interleucina 4), citocina responsável pela manutenção do sistema imunológico [47]. Ainda, segundo o estudo de [53], o trabalho pesado em condições de calor pode levar ao aumento dos níveis de glicose circulante e promover perda de massa corporal a partir de 40 minutos após o início da atividade. Os achados de [20] diferem de outros estudos encontrados na literatura. Estudos como os de [21] e Jafari e [33], que analisam os efeitos combinados de catecolaminas e glicocorticoides na produção de citocinas, destacam as respostas fisiológicas do corpo ao estresse térmico induzido pelo calor e pelo exercício físico. Esses estudos indicam que os níveis circulantes de epinefrina, norepinefrina e cortisol aumentam em resposta ao exercício físico extenuante, e essas alterações hormonais são exacerbadas pelo estresse térmico. Portanto, combinar exercícios com estresse por calor fornece um meio de estudar os efeitos do exercício e do estresse por calor na produção de citocinas, que permanecem obscuros. O exercício é conhecido por desencadear estresse, com componentes-chave do sistema de estresse incluindo o eixo hipotálamo-corticotrópico (hipófise), que produz o hormônio liberador de corticotropina hipotalâmico (CRH), neurônios de arginina vasopressina (AVP) e o locus caeruleus (LC), que secreta predominantemente norepinefrina. Em relação ao eixo hipotálamo-corticotrópico, durante a resposta ao estresse, a corticotropina e arginina vasopressina são sintetizadas nos núcleos paraventriculares hipotalâmicos e são secretadas no sistema portal da hipófise, atingindo o lobo anterior da glândula pituitária, onde levam à liberação do hormônio adrenocorticotrópico na corrente sanguínea. Todos os tipos de exercício representam estressores físicos que desafiam a homeostase de múltiplos sistemas. As respostas ao estresse do exercício variam com base na intensidade (alta, moderada ou baixa), duração (curta, moderada ou longa) e tipo (contínuo ou intermitente), resultando em diferentes níveis de alostase (estabilidade fisiológica). Essas respostas também podem ser influenciadas por fatores como idade, sexo e status de treinamento [30]. Quando o exercício físico é realizado em altas temperaturas, o sistema termorregulador enfrenta desafios adicionais na manutenção da homeostase, levando ao aumento do gasto energético e à ativação de sistemas, incluindo os sistemas endócrino, respiratório, cardiovascular e nervoso central para coordenar a homeostase. Estudos de [14, 7, 46, 39, 26, 51] destacaram essas interações complexas. No caso das catecolaminas, como resposta ao estresse causado pelo exercício físico, observa-se um aumento nos níveis de norepinefrina dentro de 15 minutos do início do exercício pesado. A norepinefrina estimula diretamente a gliconeogênese hepática por meio da ativação dos receptores β -adrenérgicos nos hepatócitos. À medida que a duração do exercício aumenta, há uma maior necessidade de mobilização do substrato, facilitada pela secreção de epinefrina induzida pelo exercício, que promove a lipólise. O estudo publicado por [12] relata que a atividade física contínua em um ambiente quente leva ao aumento dos níveis de cortisol plasmático, desencadeando um influxo de neutrófilos da medula óssea e um efluxo de leucócitos. Isso inclui um aumento nas concentrações circulantes de alfa amilase, conforme demonstrado no estudo por [13], juntamente com alterações nos níveis de creatinina e cistatina C no rim [32, 41, 50]. Por outro lado, a pesquisa indica que indivíduos saudáveis em situações de conforto térmico, conforme determinado por avaliações de sensação térmica, mantêm os níveis circulantes

de cortisol e catecolamina dentro das faixas normais [28]. Além disso, eles observaram em seus estudos que o estresse agudo impacta diretamente o sistema de memória de trabalho pré-frontal, resultando em um atraso de aproximadamente 3 segundos no desempenho da tarefa [37, 40].

4. Conclusão

Este estudo teve como objetivo investigar os efeitos do calor no corpo humano, considerando os estudos existentes sobre a influência das condições térmicas nos níveis de cortisol salivar e catecolaminas urinárias em trabalhadores industriais, bem como as possíveis variações fisiológicas desses marcadores hormonais nesses trabalhadores. Para embasar o estudo, a revisão bibliográfica utilizou o método Methodi Ordinatio, e por meio de suas nove etapas, foi possível chegar a um portfólio final de estudo. A partir de uma análise abrangente do portfólio final, fica evidente que aproximadamente 65% do total de artigos focam nas variações endócrinas observadas no corpo humano quando exposto ao estresse combinado com exercícios físicos em ambientes quentes. Além disso, 9% dos estudos exploram impactos cardiovasculares, enquanto 20% dos estudos investigam a termorregulação humana.

Embora estudos tenham sido conduzidos para explicar como o calor pode afetar o corpo humano, a literatura apresenta estudos isolados sobre a incidência do calor em marcadores hormonais como o cortisol salivar e as catecolaminas urinárias. Esses estudos respondem parcialmente à questão da pesquisa, pois a maioria não se concentra em trabalhadores da indústria pesada.

Nesses ambientes, o calor é necessário no processo de transformação, bem como a exigência de força física na execução das atividades laborais. De todo o portfólio final, apenas 8 estudos abordam a influência do calor em situações de trabalho, e destes, apenas 3 se referem a situações de trabalho em indústrias. Algumas questões precisam ser mais exploradas na literatura, como investigar as causas do calor em marcadores fisiológicos combinados e examinar o impacto do calor na química cerebral de trabalhadores industriais e metalúrgicos, que representam potenciais caminhos para estudos futuros.

As limitações do estudo incluem a falta de especificação quanto aos métodos mais comumente usados para coleta e análise de dados. Como esses são dados fisiológicos, sua investigação requer aprovação ética prévia e métodos analíticos específicos.

Referências

43. Aliabadi, M. Farhadian, M. Jalali, M. Jahangiri, M. Negahban, A. R. A novel empirical approach to predict heat strain in workers exposed to hot indoor environments. **Indoor and Built Environment**, Vol. 27, 2018.
4. Almeida, RAC S; Veiga, MM Rural work process and PPE: discussion on body thermoregulation. **Journal of R&D in Production Engineering**. Vol. 08, p. 39-39, 2010
29. Anderson, CAJ Stewart, IB Stewart, KL Linnane, DM Patterson, MJ Hunt, AP Sex-based differences in core body temperature response to repeated work sessions in the heat. **Applied Ergonomics**. Vol. 101, 2022.
13. Athanasiou, N. Bogdanis, GC Mastorakos, G. Endocrine responses of the stress system to different types of exercise. **Reviews in Endocrine & Metabolic Disorders**. Vol. 24, pp. 251-266, 2023.
28. Balducci, M. Pruccoli, L. Tarozzi, A. Heat stress as a potential risk factor for vitamin D deficiency. **Medical Hypotheses**, Vol. 176. 2023.
1. Bernard, T. E.; Cross, R. Case study Heat stress management: A case study in an aluminum foundry. **International Journal of Industrial Ergonomics**. Vol. 23, p. 609-620, Mar. 1999

51. Bouchard, G., Gagnon, A., Talbot, G., & Turcotte, F. Control of exposure to heat stress: Comparison of two work practice regimes in aluminum refining. **Archives des Maladies Professionnelles et de Medecine du Travail**, 57(5), 337-341. 1996.
11. Brenner, I. Sheek, P. N. Zamecnik, J. Shephard, R. J. Stress hormones and the immunological responses to heat and exercise. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 19, p. 130-143, 1998.
8. Campos EAR, Pagani RN, Resende LM, Pontes J. Construction and qualitative evaluation of a bibliographic portfolio using the Methodi Ordinatio **Scientometrics methodology**. Vol. 116, p. 815-842, 2018.
18. Charkoudian, N. Skin blood flow in adult human thermoregulation: how it works, when it doesn't, and why. **Mayo Clinic Proceedings**. Vol 78, p. 603-612, 2003.
30. Clusiaux, D.; Avery, T.; Stephens, A.; Vigna, C.; Fischer, S. L. Scoping review on the status of integration of human physiological responses to assess heat stress. **Applied Ergonomics**. Vol. 101, 2022.
7. Coehoorn, C., J. Cruz, D. Shaefer, M. Kamberov, L. A. D. Danzy, J. Bouche-Reau-Lal, N. Poodle, D. Adams, A. A single brief episode of heat stress does not result in prolonged elevations in salivary cortisol and C-reactive protein production in firefighters. **Journal of Thermal Biology**. Vol. 119, 2024.
22. Gagnon, D. Crandall, C. G. Kenny, G. P. Sex differences in postsynaptic sweating and cutaneous vasodilation. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 114, No. 3, 2013.
6. Gavel, MJ; Park, D. M; Alaghband-Zadeh, J; Rose FC Exercise and hormone secretion. **Postgraduate Medical Journal**. Vol. 55, p.373-376, 1979.
54. Gertner, A.; Israeli, R.; Cassuto, Y. Effects of work and motivation on heart rates of workers exposed to chronic heat during their regular work shifts*. **Ergonomics**, v. 27, 1984.
26. Greenfield, AM, Alba, BK, Giersch, GEW Seeley, AD Sex differences in thermal sensitivity and perception: Implications for behavioral and autonomic thermoregulation. **Physiology and Behavior**. Vol. 263, 2023.
- Hargreaves, M., Angus, D., Howlett, K., Conus, N. M., & Febbraio, M. Effect of heat stress on glucose kinetics during exercise. **Journal of applied physiology**, 81(4), p. 1594-1597, 1996.
53. Hubbard, RW, Matthew, CB, Durkot, MJ, & Francesconi, RP New approaches to the pathophysiology of heat stroke: the energy depletion model. **Annals of emergency medicine**. Vol. 16, pp. 1066-1075, 1987.
3. Iida, I. Ergonomics: design and production. 2nd ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2016.
5. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – **ISO 7730** Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using the calculation of PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva, 2005.
32. Jafari, M. J. Khosrowabadi, R. Khodakarim, S. Khodaghali, F. Mohammadian, F. The effects of combined noise and heat exposure on human salivary cortisol and blood pressure. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, Vol. 27, 2021.
55. Koh, DS-Q; Koh, GC-H. The use of salivary biomarkers in occupational and environmental medicine. **Occup Environ Med**. 2007; 64 (3): 202-210. doi: 10.1136/oem.2006.026567
42. Kurniawati, RD Hidayat, TY The influence of drinking water as prevention of dehydration of metal processing workers in PT. multi instrumentation. **Indian Journal of Forensic Medicine and Toxicology**, Vol.13, 2019.
38. Lundgren-Kownacki, K. Martínez, N. Johanson, B. Psikuta, A. Annahein, S. Kuklane, K. Human responses to heat – comparison of Predicted Heat Strain and the Fiala multi-node model for an intermittent work case. **Journal of Thermal Biology**. Vol. 70. 2017.

23. Mahsan, S. Richard, D. Geoffery, M. Mattheos, S. Bin, J. Development of a heat stress exposure metric – Impact of heat exposure intensity and duration on physiological thermal regulation. **Building and Environment**. Vol 200, 2021.
25. Mazlomi, A., Golbabaei, F., Farhang Dehghan, S., Abbasinia, M., Mahmoudkhani, S., Ansari, M. Hosseini, M. The influence of occupational heat exposure on cognitive performance and blood level of stress hormones: A field study report. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**. Vol. 23, pp. 431-439, 2017.
47. McDermott, B. P. House, D. J. Lee, E. Yamamoto, L. Beasley, K. Emmanuel, H. Anderson, J. Pescatello, L. Armstrong, L. E. Mresh, C. Thermoregulation and stress hormone recovery after exercise dehydration: Comparison of rehydration methods. **Journal of Athletic Training**, Vol. 48, 2013.
19. McMoris, T; Smith, M. et al. Heat stress, plasma concentrations of adrenaline, norepinephrine, 5-hydroxytryptamine and cortisol, mood state and cognitive performance. **Int J Psychophysiol**. Vol. 61, p. 204-215, 2006.
39. Meegahapola, PA Prabodanie, RAR Impact of environmental conditions on workers' productivity and health. **International Journal of Workplace Health Management**, Vol. 11, 2018.
- Moher D., Cook DJ , Eastwood S. , Olkin I. , Rennie D. , Stroup DF Improving the quality of reporting meta-analyses of selected clinical trials: the QUOROM statement. *Lancet*, 1999.
- Morgado, M. Talaia, M. Teixeira, I. A new simplified model to assess thermal environment and thermal sensation: An approach to avoid occupational disorders. **International Journal of Industrial Ergonomics**. Vol. 60, p. 3-13, 2017.
- Nerbrass, F. B. Moist, L. Vieira, M. A. Pecoits-Filho, R. Renal function in factory workers exposed to heat stress: a 2-year follow-up study. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, Vol. 64, 2022.
15. Oliveira, MS; Steffen, V.; Francisco, AC; Trojan, F. Integrated data envelopment analysis, multicriteria decision making and cluster analysis methods: Trends and perspectives. **Decision Analytics Journal**. Vol 8, 2023.
16. Pagani RN, Kovalski JL, Resende LM Advances in the composition of the Methodi Ordinatio for systematic literature review. **Information Science**, 2017.
10. Pagani RN, Kovalski JL, Resende LM Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific articles covering impact factor, number of citations and year of publication. **Scientometrics**, 105 (3) 2015.
21. Pan, XF, Kaminga, AC, Wen, SW Liu, AZ Catecholamines in posttraumatic stress disorder: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Molecular Neuroscience**. Vol 11, 2018.
17. Petter, RR H, Resende, L. M, Andrade Júnior, P. P, Horst, DJ **The Annals of regional science**. Vol. 53, p. 157-178, 2014.
36. Porcelli, A. J., Cruz, D., Wenberg, K., Patterson, M. D., Biswal, B. B. and Rypma, B. The effects of acute stress on human prefrontal working memory systems. **Physiology and Behavior**. Vol. 95, pp. 282–289, 2008.
40. Powell, J. DiLeo, T. Roberge, R. Coca, A. Kim, J. H. Salivary and serum cortisol levels during recovery from intense exercise and prolonged moderate exercise. **Biology of Sport**, Vol. 32, 2015.
35. Rathod, S. Sorte, S. Patel, S. The effect of high temperature on cardiovascular autonomic function tests in a steel plant furnace worker. **Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine**, Vol. 25, Bhilai, India p. 67-71, 2021
37. Relf, R., Eichhorn, G., Waldock, K., Flint, M. S., Beale, L., and Maxwell, N. Validity of a wearable sweat rate monitor and routine sweat analysis techniques using heat acclimation. **Journal of Thermal Biology**. Vol. 90, 2020.

49. Rhind, SG, Gannon, GA, Shek, PN, Brenner, IK, Severs, Y., Zamecnik, J. Contribution of exertional hyperthermia to sympathoadrenal-mediated lymphocyte subset redistribution. **Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 3, p. 1178-1185, 1999.
56. Sadeghi, M.; Dear, R.; Santamouris, M. Development of a heat stress exposure metric – Impact of heat exposure intensity and duration on physiological thermal regulation. **Building and Environment**. Vol. 200, 2021.
48. Sluiter, JK; Vanderbeek, AJ; Frings-Dresen, MH Job stress and recovery measured by urinary catecholamines and cortisol excretion in long-distance bus drivers. **Occupational and environmental medicine**, v. 55, n. 6, p. 407-413, 1998.
2. Soares, AL **ANALYSIS OF THE EFFECT OF THERMAL STRESS DUE TO HEAT ON THE PRODUCTIVITY OF OPERATORS IN A FOUNDRY**. Dissertation (Master's degree in production engineering) Federal Faculty of Technology of Paraná, 2014
20. Starkie, R. L., Hargreaves, M., Rolland, J. and Febbraio, M. A. Heat stress, cytokines, and the immune response to exercise. **Brain, Behavior, and Immunity**. Vol. 19, pp. 404–412, 2005.
12. Van Stegeren, AH, Wolf, OT and Kindt, M. Salivary alpha-amylase and cortisol responses to different stress tasks: Impact of sex. **International Journal of Psychophysiology**. Vol 39, p. 33-40, 2008.
50. Vangelova, K., Devanov, C., Velkova, D., Ivanova, M., & Stanchev, V. The effect of heat exposure on cortisol and catecholamine excretion rates in glass manufacturing workers. **Central European journal of public health**, 10(4), 149-152, 2002.
45. Vesic, Z., Jakovljevic, V., Nikolic Turnic, T., Vukasinovic-Vesic, M., Bolevich, S. and Radakovic, S. The influence of acclimatization on serum stress hormone concentration during heat stress. **Molecular and Cellular Biochemistry**. Vol. 476, pp. 3229–3239, 2021.
34. Wang, H.; Hu, S. Analysis on body heat losses and its effect on thermal sensation of people under moderate activities. **Building and Environment**, Elsevier, v. 142, p. 180-187, 2018. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.06.019. Available at: . Accessed on: April 15, 2024.
24. Wingeneid, K. Whooley, MA Neylant TC Otte, C. Cohen, BE Effect of current and lifetime posttraumatic stress disorder on 24-hour urinary catecholamines and cortisol: Results from the Mind Your Heart study. **Psychoneuroendocrinology**. Vol. 52, p. 83–91, 2015.
46. Wolkov, A. Aisbet, B. Jefferies, S. Main, L. C. Effect of heat exposure and simulated firefighting physical work on acute inflammatory and cortisol responses. **Annals of Work Exposures and Health**, Vol. 61, 2017.
14. Xavier, AAP; Lamberts, R. Thermal comfort indices developed from field research in Brazil. **Transactions-American Society**, 2000.
33. Yi, W.; Zhao, Y.; Chan, A.P. Evaluation of ventilation unit for personal cooling system (pcs). **International Journal of Industrial Ergonomics**. Vol. 58, p. 62-68, 2017.
27. Zhang, X. Hu, S. Guo, C. Liu, R. Tong, L. Shi, B. Li, B. Association between thermal comfort and cortisol depends on air temperature and exposure time. **Building and Environment**. Vol. 233, 2023.
41. Zipursky, RT Press, MC Srikanthan, P. Gorbbein, J. McClelland, R. Watson, K. Horwick, TB Relation of Stress Hormones (Urinary Catecholamines/Cortisol) to Coronary Artery Calcium in Men Versus Women (from the Multiethnic Atherosclerosis Study [TABLE]). **American Journal of Cardiology**. Vol. 119, p. 1963-1971, 2017.