

# ANÁLISE DE SOBRECARGA TÉRMICA DE DIVERSOS TIPOS DE AMBIENTE DE TRABALHO POR MEIO DE UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

*Data de aceite: 02/10/2023*

### **Murillo Garcia Gentil**

Departamento de Controle e Processos Industriais – Instituto Federal do Paraná, campus Jacarezinho/PR

### **Fernando Sabino Fontequê Ribeiro**

Departamento de Controle e Processos Industriais – Instituto Federal do Paraná, campus Jacarezinho/PR

Departamento de Engenharia De Produção – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos- Unifio/FEMM

### **Ricardo Breganon**

Departamento de Controle e Processos Industriais – Instituto Federal do Paraná, campus Jacarezinho/PR

### **Gustavo José Correa Gonçalves**

Departamento de Engenharia De Produção – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos- Unifio/FEMM

### **Marcelo Rodrigo Munhoz**

Departamento de Engenharia De Produção – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos- Unifio/FEMM

### **Carla Kozuki**

Departamento de Controle e Processos Industriais – Instituto Federal do Paraná, campus Jacarezinho/PR

### **Gustavo Henrique Bazan**

Departamento de Controle e Processos Industriais – Instituto Federal do Paraná, campus Jacarezinho/PR

### **Gustavo Vendrame Barbara**

Departamento de Controle e Processos Industriais - Instituto Federal do Paraná, Campus Telêmaco Borba/PR

**RESUMO:** Os riscos ocupacionais são inerentes ao ambiente de trabalho, trazendo assim malefícios a saúde de seus colaboradores. Em muitos casos, os trabalhadores são expostos a condições extremamente quentes e úmidas, levando-os a entrar em um estresse térmico. Portanto, a preocupação pela redução desses efeitos tem aumentado, e os órgãos responsáveis estão fiscalizando e tomando medidas para a redução destes índices. Assim, este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre sobrecarga térmica em alguns postos de trabalho, avaliando os limites permitidos e medidas que foram

tomadas com base nas normas vigentes.

**PALAVRAS CHAVES.** Sobrecarga térmica, saúde ocupacional, estresse térmico.

## THERMAL OVERLOAD ANALYSIS OF DIFFERENT TYPES OF WORK ENVIRONMENT THROUGH A LITERATURE REVIEW

**ABSTRACT:** Occupational risks are inherent to the work environment, thus bringing harm to the health of its employees. In many cases, workers are exposed to extremely hot and humid conditions, causing them to go into heat stress. Therefore, concern for the reduction of these effects has increased, and the responsible bodies are monitoring and taking measures to reduce these rates. Thus, this work presents a bibliographic review on thermal overload in some workstations, evaluating the allowed limits and measures that were taken based on current regulations.

**KEYWORDS.** Thermal overload, occupational health, thermal stress.

### 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente muitos ambientes de trabalho expõem os trabalhadores a condições extremamente quentes e úmidas, fatores esses que são prejudiciais à saúde dos trabalhadores. Considerando a importância do bem-estar e a qualidade de vida das pessoas, muitos estudos buscam a redução desses riscos ocupacionais, riscos esses que são Físicos, Químicos e Biológicos.

O corpo humano em condições normais, demanda de um equilíbrio térmico entre o calor produzido e o adquirido pelo ambiente, é de suma importância para o seu correto funcionamento, por isso a preocupação com a temperatura corporal em valores (Ruas, 1999). Assim, quanto maior a temperatura do corpo, maior será os efeitos fisiológicos provocados pelo calor, sendo esses refeitos reações psicossensoriais, estresse térmico e queda de produção. Ainda, existem pesquisas que relacionam o calor do corpo humano com o aumento da taxa de morbidade e mortalidade. Por fim, considerando uma atividade laboral, as doenças causadas por sobrecarga térmica podem se externar através de sintomas comportamentais, como por exemplo confusão mental, fadiga severa repentina e irritabilidade.

Ainda, de acordo com Lamberts (2016), o conforto térmico é um aspecto de extrema relevância no ambiente de trabalho, pois por meio da satisfação ambiental, os índices de produtividade dos colaboradores têm aumentado a produtividade de 2,8 a 8,6%, de acordo com o tipo de atividade e com o controle individual dos sistemas de climatização. Assim, devemos diferenciar o conceito de conforto e de sobrecarga térmica onde o primeiro é um conceito mais subjetivo, e que depende da sensibilidade de cada pessoa, dos aspectos climáticos regionais, da situação geográfica (Xavier, 2000). O conceito de sobrecarga térmica segue aspectos técnicos bem definidos, sendo necessário realizar uma avaliação quantitativa por meio de equipamentos específicos e um determinado local de trabalho.

Portanto, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica, considerando alguns diferentes tipos postos de trabalho em que o trabalhador está exposto a sobrecarga térmica, pois a questão de saúde e segurança têm sido um fator relevante na gestão do negócio, e um diferencial competitivo para as organizações.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, serão abordados alguns conceitos importantes como definição de termos técnicos, limites estabelecidos pela norma, para auxiliar na análise dos resultados.

### 2.1 Calor e tipos de trocas térmicas

A exposição ao calor pode ocorrer quando se têm uma alta carga radiante sobre o trabalhador, e essa é parcela frequentemente dominante na sobrecarga térmica que vem a se instalar, no entanto, muitas atividades com carga radiante moderada, porém acompanhadas de altas taxas metabólicas (trabalhos ao ar livre), também podem oferecer sobrecarga inadequadas. Ainda, temos ambientes que predomina o calor úmido, praticamente sem fontes radiantes importantes, como nas lavanderias e tinturarias.

A sobrecarga térmica no organismo humano é resultante de duas parcelas de carga térmica: uma carga externa (ambiental) e outra interna (metabólica). Sendo que a carga externa é resultante das trocas térmicas com o ambiente e carga metabólica é resultante da atividade física o qual o trabalhador exerce.

A seguir, será apresentado os 4 tipos de trocas térmicas:

**CONDUÇÃO:** Troca térmica entre dois corpos em contatos, com temperaturas distintas, ou que ocorre dentro de um corpo cujas extremidades encontram-se a temperaturas diferentes. Para o trabalhador, essas trocas são muito pequenas, comumente ocorre por contato com ferramentas e superfícies.

**CONVECÇÃO:** Troca térmica que geralmente ocorre entre um corpo e um fluido, ocorrendo movimentação do fluido por diferença de densidade provocada pelo aumento da temperatura. Por isso, junto com a troca de calor existe uma movimentação do fluido, chamada de corrente natural convectiva. Caso o fluido se movimente por um impulso externo, diz-se que se tem uma convecção forçada. Para o trabalhador, essa troca ocorre com o ar à sua volta.

**RADIAÇÃO:** Quando os corpos estão aquecidos emitem uma radiação infravermelha, que é denominado “calor radiante”. Assim, da mesma forma que se emitem, também recebem, havendo o que se chama de troca líquida radiante. Como o infravermelho é uma radiação eletromagnética não ionizante, não necessita de um meio físico para se propagar.

O ar é aproximadamente transparente à radiação infravermelha. As trocas por radiação entre o trabalhador e seu entorno, quando há fontes radiantes severas, serão as preponderantes no balanço térmico e podem corresponder a 60% ou mais das trocas totais.

**EVAPORAÇÃO:** A evaporação é a mudança de fase de um líquido para vapor, ao receber calor. Pode ser definido como a troca de calor produzida pela evaporação do suor, por meio da pele. O suor recebe calor da pele, evaporando e aliviando o trabalhador. Grandes trocas de calor podem estar envolvidas (a entalpia de valorização da água é de 590 cal/grama). O mecanismo da evaporação pode ser único meio da perda de calor para o ambiente. No entanto, a quantidade de água que já está no ar é um limitante para a evaporação do suor, ou seja, quando a umidade relativa do ambiente é de 100%, não é possível evaporar o suor, e a situação pode ficar crítica.

## 2.2 Anexo 3 da Norma Regulamentadora Nº15 – Calor

O anexo 3 da NR-15 limita-se a definições das técnicas de das tabelas aplicáveis para o cálculo do IBUTG – Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo que será utilizado como índice de comparação com os valores de Limite de Tolerância que a norma estabelece.

## 2.3 Conceitos apresentados na norma NHO-06

Os conceitos apresentados nesta subseção serão importantes para o entendimento da metodologia e das equações utilizadas para realizar a aviação do posto.

**Ciclo de exposição:** conjunto de situações térmicas ao qual o trabalhador é submetido, conjugado às diversas atividades físicas por ele desenvolvidas, em uma sequência definida.

**Índice de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG):** índice utilizado para avaliação da exposição ocupacional ao calor que leva em consideração temperatura, velocidade e umidade do ar e calor radiante.

**Taxa metabólica (M):** quantidade de energia por unidade de tempo produzida no interior do corpo humano que leva em consideração a atividade física exercida.

**Taxa metabólica média ( $\bar{M}$ ):** média ponderada no tempo das taxas metabólicas obtidas em um intervalo de 60 minutos corridos.

**Limite de exposição ocupacional:** valor máximo de IBUTG relacionado à taxa metabólica média (M). Representa as condições sob as quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, durante toda a sua vida de trabalho, sem sofrer efeitos adversos à sua saúde.

**Nível de ação:** valor acima do qual devem ser adotadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de as exposições causarem danos à saúde do trabalhador. Esse valor corresponde ao limite de exposição ocupacional ao calor para trabalhadores não aclimatizados.

O critério de avaliação da exposição ocupacional ao calor adotado pela presente norma tem por base o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG) relacionado à Taxa Metabólica (M). O IBUTG é calculado pelas Equações (1) e (2). Sendo que a Equação (1) se refere a ambientes internos ou para ambientes externos sem carga solar direta, já a

Equação (2) é aplicada para ambientes ternos com carga solar direta.

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg} \quad (1)$$

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,2 \text{ tg} + 0,1 \text{ tbs} \quad (2)$$

sendo:

tbn = temperatura do bulbo úmido natural em °C;

tg = temperatura de globo em °C

tbs= temperatura de bulbo seco (temperatura do ar) em °C

As taxas metabólicas (M) relativas às diversas atividades físicas exercidas pelo trabalhador devem ser atribuídas utilizando-se os dados constantes na norma NHO-06, Quadro 1. Esta não será apresentada devido a sua extensão.

### 3 | METODOLOGIA

Nesta seção será apresentado uma revisão bibliográfica de estudos de sobrecarga térmica em vários postos de trabalho, destacando as principais medidas adotadas para proporcionar ao trabalhador o ambiente mais favorável para desenvolvimento de sua respectiva atividade.

Em Silva, 2014 foram avaliados o IBUTG e as condições térmicas no setor de corte de MDF, situado em uma fábrica de móveis, e a avaliação consistiu em utilizar temperaturas provenientes de termômetros de bulbo úmido, bulbo seco e de globo. Em relação à temperatura e à atividade, conclui-se que os trabalhadores não estão expostos à sobrecarga térmica, portanto, não foi considerado um ambiente insalubre para o agente físico calor. No entanto, ao que tange o conforto térmico, o ambiente de trabalho foi considerado inadequado, pois as temperaturas ficaram acima dos limites definidos pela ergonomia ambiental.

Já em Roscani et. al 2018, é apresentado um estudo com objetivo de identificar e mapear a influência da intensidade do trabalho na extrapolação potencial de limites de sobrecarga térmica para trabalhadores em atividade a céu aberto em áreas rurais do Nordeste do Brasil. O trabalho ainda apresenta a análise de 132 pontos geográficos, onde a extrapolação dos limites de sobrecarga térmica ocorreu em 48% dos trabalhos pesados e em 14% dos trabalhos moderados, indicando a necessidade de paradas para descanso em mais de 50% do tempo analisado.

Ainda, estudando atividades em céu aberto, podemos observar a sobrecarga térmica para trabalhadores da cultura de cana-de-açúcar no estado de São Paulo realizado por Roscani 2015. Neste trabalho uma das observações foram a sobrecarga térmica para os três tipos de atividade, leve, moderada e pesada. Também sobre o corte de cana-de-açúcar, tanto Roscani 2015, quanto Vilela et.al 2014, destacam que um dos principais motivos para se ocorrer a sobrecarga térmica nessas atividades está relacionado com a produção diária, onde nesses casos o trabalhador recebe proporcionalmente a sua

produção, conseqüentemente, o trabalhador passa mais horas exposto a irradiação solar, sem realizar pausas para descanso e sem se hidratar corretamente.

Uma outra análise é encontrada em Santolaia, 2015, onde é realizada avaliação quantitativa da sobrecarga térmica em trabalhadores do setor de manutenção em um condomínio residencial, onde observou-se que há sobrecarga térmica para os trabalhadores de um determinado grupo. Já para um outro grupo de trabalhadores, foi encontrado IBUTG muito próximo do limite máximo de exposição para as características das atividades desenvolvidas, sendo necessário realizar alterações nas atividades laborais para diminuir estes índices, como revezamento das equipes, diminuir o tempo de exposição e se hidratar adequadamente.

O trabalho de Carvalho et.al 2014, avalia conforto térmico animal e humano em galpões de frangos de corte no semiárido mineiro, onde é possível destacar que os trabalhadores desta atividade e os animais estão sujeitos a sobrecarga térmica. Para os trabalhadores durante o inverno o índice IBTUG está dentro dos limites tolerados devido a influência do clima da região, no entanto, durante o verão verifica-se a necessidade de adotar medidas de controle, como pausas frequentes para reestabelecimento fisiológico, com hidratação e descanso.

## **4 | RESULTADOS OBTIDOS**

A análise dos resultados tem a função de descrever quais foram os procedimentos adotados para cada posto de trabalho descrito na seção anterior. Importante ressaltar que os trabalhos citados são tanto como estudos a céu aberto quanto em ambiente fechado. E independentemente de qual seja o local de trabalho, foi observado que em várias atividades o trabalhador está sujeito a sobrecarga.

Em relação ao corte de MDF uma das medidas adotada foi o monitoramento da temperatura, pois mesmo não apresentando como um ambiente insalubre, as medidas de temperatura estiveram próximas dos limites recomendado.

A diminuição do ritmo de trabalho é uma solução para diminuir a sobrecarga térmica, no entanto, para diminuir o ritmo de trabalho é necessário proibir o pagamento pela produção de certas atividades, pois caso não haja essa proibição, os trabalhadores não irão diminuir o ritmo de trabalho, e isso irá trazer serias conseqüências tanto para o trabalhador quanto para a sociedade, pois se o trabalhador adoecer quem irá cuidar da família.

Algumas outras medidas são, alterar as características da fonte geradora de calor variando a potência, utilizar instrumentação e automatização para a climatização do ambiente, aumentar a distância entre o local de trabalho e a fonte de calor, ventilar ar fresco no ambiente de trabalho, reduzir a umidade através da exaustão do vapor d'água proveniente do processo.

As medidas aplicáveis diretamente ao trabalho, seria limitar o tempo de exposição

através do revezamento de pessoas ou tarefas, otimizando os ciclos de trabalho, utilizar EPI'S, principalmente luvas, aventais e capuz de matéria isolante, monitorar o trabalhador realizando exames médicos periódicos.

## 5 | CONCLUSÃO

O trabalho apresenta como principal objetivo realizar uma análise de alguns postos de trabalho, para tal, realizou-se uma revisão bibliográfica relacionando a sobrecarga térmica em diversos postos de trabalho, e observou que tanto em postos de trabalho a céu aberto, em ambientes fechados os trabalhadores estão sujeitos aos efeitos térmicos, e que medidas de controle precisam serem tomadas.

Outro ponto que se deve ressaltar é a necessidade de se adotar medidas de controle específicas para cada atividade, pois vemos que em algumas atividades o trabalhador é exigido de forma exaustiva, como é o caso do corte da cana-de-açúcar, em que o trabalhador não realiza os procedimentos de segurança necessário para aumentar a sua produtividade, e deixando sua saúde de lado. Por isso é importante que haja a fiscalização em determinadas atividades e a proibição do pagamento relacionado com a produção do trabalhador.

Também foi possível entender a metodologia utilizada para avaliar as condições térmicas que cada trabalhador está sujeito, e compreender que o estresse térmico traz consequências para o trabalhador no ambiente ocupacional, quanto para a vida social. Portanto, é necessário que os gestores destas empresas se atentem e se preocupem com seus trabalhadores, e não aplique somente o uso de EPI, mas também que realize uma análise do ambiente em que o trabalhador está exposto, e proponha soluções para diminuir a exposição do colaborador frente a fonte de calor, e que reduza a cobrança por metas de produção de acordo com a atividade.

## REFERÊNCIAS

Carvalho, C. da C. S., Santos, T. C., Silva, G. C., Santos, L. V., Moreira, S de J. M., Botelho, L. F. R., Conforto térmico animal e humano em galpões de frangos de corte no semiárido mineiro, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2014.

LAMBERTS, R. Conforto e Stress Térmico. Apostila. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Departamento de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: . Acesso em: 14 maio 2018.

Ministério do Trabalho e Emprego. NR-15 - atividades e operações insalubres. <http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO3.pdf> (acessado em 08Fev/2020).  
» <http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO3.pdf>

Paixão EDJ, Nogueira PJ. Efeitos de uma onda de calor na mortalidade. Rev Port Saúde Pública 2003; 21:41-54.

Roscani, R. C., Maia, P. A., Monteiro, M. I., Sobrecarga térmica em áreas rurais: a influência da intensidade do trabalho, *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, ISSN: 2317-6369, 2018.

Roscani, R. C., Risco de exposição à sobrecarga térmica para trabalhadores da cultura de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, São Paulo, 2015.

Ruas A. C. Conforto térmico nos ambientes de trabalho. São Paulo: Fundacentro; 1999.

Santolaia, S. P. E., Pina, L. S., Avaliação quantitativa da sobrecarga térmica em trabalhadores do setor de manutenção em um condomínio residencial., 2015.

Silva, J. R. M., Teixeira, R. L. Sobrecarga térmica em fábrica de móveis. *Floresta Ambient.* [online]. 2014, vol.21, n.4, pp.494-500. ISSN 2179-8087.

Vilela, R. A. G., Laat, E. F., Luz, V. G., Silva, A. J. N., Takahashi, M. A. C., Pressão por produção e produção de riscos: a “maratona” perigosa do corte manual da cana-de-açúcar, *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, 2014.

Xavier A. A. P. Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentárias – teoria física aliadas a estudos de campo. [tese]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2000.