



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

# ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DO CONFORTO TÉRMICO NA CAPACIDADE DE CONCENTRAÇÃO DE TRABALHADORES DA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA

ELIAS JOSÉ BELLONI <sup>(1)</sup>; ROGERIO PAIVA <sup>(2)</sup>

(1) Engenharia de Segurança do Trabalho - Unisinos – eliasjbelloni@yahoo.com.br;

(2) Engenharia de Segurança do Trabalho - Unisinos – rogeriob@unisinos.br.

### RESUMO

Durante toda evolução os seres humanos buscaram técnicas para melhorar as condições térmicas de seu ambiente, as baixas temperaturas eram as piores condições térmicas, com o domínio do fogo se tornou o principal instrumento utilizado para aquecer o ambiente em dias frios, melhorando o conforto térmico. Com o desenvolvimento das civilizações e a consolidação da indústria, durante a revolução industrial, os postos de trabalho passaram a ter condições de stress térmico, altas e baixas temperaturas, pois a preocupação era com a produção sem se preocupar com as condições de trabalho e bem estar dos operários. Com o desenvolvimento da indústria, o surgimento de diversas normas a preocupação com o bem estar e a segurança dos operários passaram a vigorar dentro da indústria. Este trabalho tem com objetivo avaliar a capacidade de concentração dos operários da indústria durante suas atividades considerando as variações de temperatura do ambiente de trabalho.

**Palavras-chave:** Carga térmica, conforto térmico, trabalho, concentração.

### ABSTRACT

Throughout evolution humans sought technique to improve the thermal conditions of their environment , low temperatures were the worst thermal conditions , than with the mastery of fire has become the main instrument used to heat the room on cold days , improving thermal comfort . With the development of civilizations and industry consolidation , during the industrial revolution , jobs to come to be able to heat stress, high and low temperatures , because the concern was with the production without worrying about working conditions and welfare of workers. With the development of industry , the emergence of various standards concern for the welfare and safety of the workers came into force within the industry. This work is to evaluate the ability of concentration of industrial workers during their activities considering the ambient

**Key-words:** Thermal load, thermal comfort, work, concentration.



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

### 1. INTRODUÇÃO

O conforto térmico é essencial no ambiente de trabalho, a realização que qualquer atividade que precise de concentração tais como: ler e interpretar desenhos, realizar medições e montagens de componentes, podem ser afetadas no seu resultado final, pois o ambiente aquecido pode influenciar na concentração do trabalhador ao realizar sua tarefa, podendo aumentar a probabilidade de erros e retrabalhos ocasionando acidentes.

Um Estudo da NASA concluiu que quando a temperatura ambiente está acima de 35°C por um período de tempolongo, o individuo pode cometer 60 erros por hora sem se dar conta de que está cometendo esses erros.

Através deste trabalho vamos avaliar como às variações de temperatura podem influenciar na capacidade de concentração dos trabalhadores.

### 2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

O organismo humano apresenta respostas comportamentais diferentes devido às variações térmicas ambientais, calor ou frio, com isso utilizamos diversas técnicas modernas para controlar a temperatura e buscar o bem estar.

A busca pelo bem-estar físico, fisiológico e psicológico humano vem de longa data, porém apenas nas últimas décadas têm se intensificado os estudos dos efeitos do conforto térmico sobre as pessoas em ambientes internos Lamberts<sup>(1)</sup>; Xavier<sup>(2)</sup>.

Segundo ASHRAE<sup>(3)</sup>, o conforto térmico é definido como “A condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”.

Outros estudos científicos têm investigado a influência da qualidade térmica do ambiente na produtividade. Uma pesquisa realizada em câmaras de testes com temperatura e umidade controladas analisou a relação entre produtividade, fadiga e estado psicológico. Seus resultados denotaram que a produtividade é maior e a fadiga



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

desenvolve-se mais lentamente em ambiente frio do que em ambientes quentes apud Nelson<sup>(4)</sup> apud Silva<sup>(5)</sup>.

O conforto térmico está relacionado à busca intuitiva do sentir-se bem, natureza do homem. Várias pesquisas desenvolvidas em laboratório e em campo têm verificado a relação entre o conforto térmico e o desempenho dos indivíduos. Fanger<sup>(6)</sup> apud Silva<sup>(5)</sup>.

Suspeita-se que o desempenho perceptivo, manual e intelectual é geralmente maior na presença de conforto térmico. Xavier<sup>(2)</sup>

As variáveis ambientais influenciam diretamente no conforto e no rendimento de uma atividade ou trabalho realizado, por um único indivíduo ou um grupo de pessoas, o organismo pode ter diversas reações como dor de cabeça, alteração sensórias, desconcentração, fadiga, sono e perda de memória. Xavier<sup>(2)</sup>

### **2.1. Normas de conforto térmico e carga térmica**

Diversas pesquisas científicas colaboraram para o estabelecimento da avaliação da sensação térmica das pessoas em relação a um ambiente, através destes estudos foram elaboradas diversas normas. Estas normas expressam todas as variáveis que influenciam no conforto térmico e carga térmica. As principais normas de referência são:

ISO 7730/94 - Moderate thermal environments. Ambientes térmicos moderados.

ISO 7730/2005 - Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. "Ergonomia do ambiente térmico - deliberação e interpretação de conforto térmico usando cálculo dos índices PMV e PPD e critérios de conforto térmicos locais analíticos."

ISO 7726/1998 - Ergonomics of the thermal environment -- Instruments for measuring physical quantities. "Ergonomia do ambiente térmico - Instrumentos para medição de grandezas físicas."



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. “Condições térmicas ambientais para Ocupação Humana.”

ISO 9920/95 - Ergonomia de ambientes térmicos - Estimativa de isolamento térmico e resistência evaporativa de um traje de roupas.

ISO 8996/90 - Ergonomia - Determinação da produção de calor metabólico.

ISO 9920/2007 – Ergonomics of the thermal environment – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. “Ergonomia do ambiente térmico - Estimativa de isolamento e vapor de água resistência térmica de um conjunto de roupas”. Lamberts;<sup>(1)</sup> Xavier<sup>(2)</sup>

No Brasil as normas relacionadas a conforto térmico seguem como referência as normas internacionais citadas.

### 2.2. Variáveis que influenciam o conforto e a carga térmica

O balanço térmico do corpo, o excedente de energia produzida no metabolismo é transformado em calor que tem de ser imediatamente liberado para o meio, a fim de que a temperatura interna do corpo mantenha-se constante. Basicamente são três os mecanismos de troca térmica do corpo humano com o ambiente: Convecção, Radiação e Evaporação.

A remoção de calor por convecção ocorre quando o ar apresenta temperatura menor que a do corpo e o corpo transfere calor pelo contato, com o ar frio circundante. O aquecimento do ar provoca seu movimento ascensional. A medida que o ar quente sobe o ar frio ocupa seu lugar, completando assim, o ciclo de convecção. Ruas <sup>(7)</sup>.

Segundo Ruas<sup>(7)</sup>, se a temperatura do ar for exatamente igual à temperatura da superfície do corpo, não haverá troca térmica por esse processo. Se a temperatura do ar for mais elevada do que a da superfície do corpo, o ar cederá calor para o corpo, invertendo-se o mecanismo.



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

Radiação térmica é o processo pelo qual a energia radiante é transmitida da superfície quente para a fria por meio de ondas eletromagnéticas que, ao atingirem a superfície fria, transformam-se em calor.

Ruas<sup>(7)</sup> Afirma que a energia radiante é emitida continuamente por todos os corpos que estão a uma temperatura superior a zero absoluto. Podemos dizer que uma pessoa num ambiente está continuamente emitindo e recebendo energia radiante, e o diferencial entre a energia recebida e a emitida é que define se o corpo é aquecido ou resfriado por radiação.

Dessa forma, se a temperatura das paredes de um ambiente for inferior à da pele de um homem, este perderá calor por radiação. Se as paredes estiverem mais quentes que a pele, a temperatura do corpo aumentará por efeito da radiação. Xavier<sup>(2)</sup>.

A radiação térmica não depende do ar ou de qualquer outro meio para se propagar, e a quantidade de energia radiante emitida por um corpo depende de sua temperatura superficial.

Quando as condições ambientais fazem com que as perdas de calor do corpo humano por convecção e radiação não sejam suficientes para regular a sua temperatura interna, o organismo intensifica a atividade das glândulas sudoríparas e perde calor pela evaporação da umidade (suor) que se forma na pele. A explicação é simples: simultaneamente à transpiração ocorre a evaporação do suor, esse é um fenômeno endotérmico, isto é, para ocorrer precisa de calor cedido pelo corpo. Chande<sup>(8)</sup>

De forma mais simples podemos dizer que o líquido, quando evapora sobre uma superfície quente retira o calor dessa superfície, mantendo ela resfriada.

### **2.3. Fatores que Influenciam na Remoção de Calor do Corpo Humano**

Sabe-se que o conforto térmico depende do grau de atuação do sistema termorregulador para manter a temperatura interna do corpo. Portanto, é necessário conhecer os fatores que influenciam os processos de troca de calor do corpo com o



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

ambiente, visto que, influenciarão no trabalho do sistema termorregulador bem como na sensação de conforto térmico.

Segundo Ruas<sup>(7)</sup> os fatores que influenciam são a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a ventilação do ambiente e a vestimenta usada pelas pessoas.

Quando a temperatura do ar é inferior à da pele, a remoção de calor por convecção será maior, quanto menor a temperatura do ar maior será a troca térmica. Se o ar estiver a uma temperatura superior à da pele, ele cederá calor para o corpo por convecção. Quanto à evaporação, a influência da temperatura do ar dependerá da umidade relativa e da velocidade do ar. Silva<sup>(5)</sup>.

A umidade relativa do ar, numa determinada temperatura, é a razão entre o número de gramas de vapor d'água existente em  $1\text{m}^3$  de ar e a quantidade máxima de gramas de vapor d'água que  $1\text{m}^3$  de ar pode conter, quando está saturado naquela temperatura. A umidade relativa varia com a temperatura do ar. Com o aumento da temperatura, a quantidade máxima de vapor d'água que  $1\text{m}^3$  de ar pode conter também aumenta. Com a diminuição da temperatura, a quantidade máxima de vapor d'água que  $1\text{m}^3$  de ar poderá também diminuir.

Isso significa que quando se deseja umidade relativa menor num ambiente, deve-se reduzir a quantidade de vapor d'água no ar ou aumentar a temperatura do ar ambiente. Por outro lado, quando se deseja umidade relativa maior, deve-se aumentar a quantidade de vapor d'água no ar ou reduzir a temperatura do ar desse ambiente.

Segundo Lamberts<sup>(1)</sup> a umidade relativa do ar tem grande influência na remoção de calor por evaporação, na medida em que a baixa umidade relativa permite ao ar relativamente seco absorver a umidade da pele rapidamente, e com isso, promover também de forma rápida a remoção de calor do corpo.

É necessário conhecer a temperatura e a umidade relativa do ar, para se analisar a capacidade de contribuição da ventilação na remoção de calor do corpo humano. Para a condição de ar não saturado e com temperatura inferior à da pele, pode-se afirmar



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

que: Quando a ventilação aumenta, o processo de evaporação aumenta, porque a umidade do corpo é retirada mais rapidamente.

O processo de convecção aumenta, quando existem mais circulação de ar entre o corpo e o ar.

Quando a ventilação diminui: Os processos de convecção e evaporação também diminuem. Ruas <sup>(7)</sup>.

Ruas <sup>(7)</sup> afirma que a roupa é um elemento que dificulta a troca de calor do corpo com o meio. Diminui a troca térmica por convecção, pois se torna um obstáculo ao movimento do ar junto à pele. Diminui o processo de evaporação do suor num grau que varia conforme a permeabilidade da roupa ao vapor d'água. Quanto menor a permeabilidade da roupa, menor será a remoção de calor por evaporação.

A interferência da vestimenta na troca térmica por radiação depende principalmente da emissividade e absorção de radiação da roupa e do comprimento de onda da radiação. Xavier <sup>(2)</sup>.

Dessa forma, em ambientes que as radiações de ondas longas forem maiores, a vestimenta terá pouca influência na troca térmica por radiação. Por outro lado, ambientes com situações opostas, ou seja; grandes fontes de radiações de ondas curtas, as roupas de cor clara absorverão menor quantidade de calor por radiações.

Segundo Ruas <sup>(7)</sup> a roupa promove um determinado isolamento térmico, porque acrescenta resistência à transferência de calor entre o corpo e o ambiente. A resistência térmica da roupa depende principalmente do tecido e do modelo de fabricação da roupa; uma roupa longa, justa e de lã oferece maior resistência do que uma curta, folgada e de algodão.

### **2.4. Condições de “Stress” Térmico Devido ao Calor**

Para que se verifique “stress” térmico é necessário que se perca a condição de neutralidade térmica devido a assimetria da radiação. A atividade desempenhada pela



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

peessoa influência na temperatura interna do corpo, bem como a taxa de sudação, o que poderá levar também ao desconforto e conseqüentemente, em limites extremos, ao “stress” térmico Lamberts<sup>(1)</sup>.

### 2.5. Balanço Térmico do Corpo Humano

Um organismo que, por longo tempo, se encontra exposto a um ambiente térmico constante, moderado, tenderá a um equilíbrio térmico com esse ambiente, isto é, a produção de calor pelo organismo, através do seu metabolismo, será igual à perda de calor do mesmo (através da pele e respiração) para o ambiente Parsons <sup>(9)</sup>, apud Chande <sup>(8)</sup>.

O balanço térmico deve considerar a transferência de energia sob a forma de calor por convecção (C), condução (K), radiação (R) e evaporação (E). Assim, a produção e as trocas energéticas entre o corpo humano e o meio ambiente são dadas pela seguinte equação Candas <sup>(10)</sup>. apud Chande <sup>(8)</sup>.

$$M - W + K + C + R + E = S \quad (A)$$

M= Taxa de metabolismo  
W =Taxa de trabalho mecânico realizado  
K= Condução  
C= Convecção  
R= Radiação  
E= evaporação  
S= Taxa de calor armazenado no corpo

Todos os termos da formula são expressos em W/m<sup>2</sup> da superfície corporal

Segundo Chande<sup>(8)</sup> o controle da temperatura corporal é realizado por um sistema chamado de termorregulador que comanda, por meio da vasodilatação e vasoconstrição, a quantidade de sangue que circula na superfície do corpo, possibilitando, respectivamente, maior ou menor troca de calor com o meio.





## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

O sistema termorregulador atua também sobre as glândulas sudoríparas, aumentando ou diminuindo a produção de suor em função da necessidade de perda de calor do corpo por evaporação do suor.

Conforto e balanço térmico do corpo humano estão relacionados, na medida em que a sensação de bem-estar térmico depende do grau de atuação do sistema termorregulador na manutenção do equilíbrio térmico do corpo humano.

Isso significa que quanto maior for o trabalho desse sistema para manter a temperatura interna do corpo, maior será a sensação de desconforto.

As pesquisas mais recentes, desenvolvidas no período de 1970 a 1986, comprovaram que o conforto térmico está estritamente relacionado com o equilíbrio térmico do corpo humano e que esse equilíbrio é influenciado por fatores ambientais e pessoais. Assim, há ambientes em que as condições são favoráveis ao equilíbrio térmico do corpo humano e o homem sente-se bem disposto e há outros em que as condições são desfavoráveis, provocam indisposição, diminuem a sua eficiência no trabalho e aumentam a possibilidade da ocorrência de acidentes. Chande <sup>(8)</sup>.

No Brasil, em virtude de haver predominância de climas quentes e úmidos, especial atenção deve ser dada à comprovada influência do desconforto térmico na disposição para o trabalho. Sob esse aspecto, convém ressaltar que as condições térmicas dos ambientes laborais não dependem só do clima, mas também do calor introduzido pelas atividades desenvolvidas e pelos equipamentos envolvidos nos processos, bem como pelas características construtivas do ambiente e a sua capacidade de manter condições internas adequadas no que se refere ao conforto térmico das pessoas. Sendo assim, é muito comum encontrarem-se ambientes de trabalho com temperatura do ar muito superior à do ar exterior.

### **2.6. Reações do corpo humano ao calor.**

Quando o ser humano se encontra em um ambiente com temperaturas elevadas o organismo inicia o processo de auto regulação, surgem sensações de mal-estar que aumenta à medida que o sistema termorregulador promove internamente ações para



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

resistir à pressão térmica exercida sobre o corpo. Nestas condições, o desempenho do ser humano na execução de uma determinada atividade tende a diminuir, podendo inclusive surgir problemas de saúde, baixa capacidade de concentração, segurança e produtividade.

Às condições em que se desenvolve o trabalho está associada uma determinada carga térmica, ou seja, a quantidade de calor a eliminar de modo a manter o equilíbrio térmico. Esta carga térmica pode ser de origem metabólica (nível de atividade física), ou de origem externa (características físicas do ambiente laboral, fatores climáticos, vestuário, etc.) Chande <sup>(8)</sup>.

São várias as patologias que provêm da exposição ao calor. Uma breve descrição das patologias devidas ao calor é apresentada a seguir.

Considerado o mais sério problema de saúde associado ao trabalho em ambientes quentes, pois é de difícil previsão, o golpe de calor ocorre em condições de severo “stress” térmico, quando uma combinação de esforço físico e temperaturas ambientais elevadas excedem a capacidade dos mecanismos de regulação interna de temperatura, ocorrendo, desta forma, uma elevação da temperatura corporal acima do nível de perigo (41 °C).

Os limites de calor extremo a que um ser humano pode resistir dependem da umidade existente no ar. A secura ambiental e as correntes de convecção favorecem a evaporação do suor aumentando assim a capacidade de resistência ao calor. Já se o ar estiver saturado a evaporação é dificultada e a temperatura interna eleva-se sempre que a temperatura ambiental ultrapasse os 34,5 °C.

Consideram-se fatores de risco, entre outros, a falta de aclimatização, a obesidade, a insuficiência de consumo de água, o consumo de álcool e drogas, vestuário inadequado, antecedentes de problemas cardiovasculares. Sousa <sup>(11)</sup>.

Segundo Sousa<sup>(11)</sup> as câibras de calor resultam de um intenso esforço físico em ambientes quentes. Caracterizadas por intensos espasmos nos músculos mais



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

solicitados (pernas, braços e abdômen), são consequência da redução de líquidos e sódio e é mais comum entre indivíduos que não estão completamente aclimatados.

A síncope de calor é geralmente observada após um longo período de imobilização em ambientes quentes como resultado da concentração sanguínea na circulação venosa da pele e dos músculos, fazendo com que o cérebro não receba oxigênio suficiente devido a uma descida da pressão arterial. Surgindo com os primeiros sintomas de debilidade física, é caracterizada por tonturas, vertigens, náuseas e suores frios ocorrendo principalmente em indivíduos não aclimatados. Chande <sup>(8)</sup>.

O esgotamento por desidratação resulta de uma perda de água por transpiração que não é repostada pela ingestão de líquidos, causando uma deficiência de água no organismo. Em condições temperadas, um indivíduo pode sobreviver cerca de 7 dias sem água. No entanto, em ambientes secos onde o suor é rapidamente evaporado da superfície da pele, o ser humano pode não se aperceber de que está a transpirar abundantemente e a desidratação pode ocorrer rapidamente. Assim a conjugação de vários fatores como a redução da resistência aliada à diminuição das capacidades físicas e mentais, podem provocar decisões erradas, maiores tempos de reação, aumentando a probabilidade de acidentes. Chande <sup>(8)</sup>.

### **2.7. Avaliação do conforto térmico**

Durante muito tempo foram desenvolvidos muitos estudos que tinham como objetivo realizar a avaliação de conforto térmico em um ambiente, os primeiros resultados surgiram nos Estados Unidos no período de 1913 a 1923. Desde então e até hoje esse assunto vem sendo estudado em diferentes partes do mundo e vários métodos para avaliação de conforto térmico têm sido propostos.

O método mais conhecido e aceito é o Predicted Mean Vote (PMV) ou Voto Médio Estimado (VME), que foi desenvolvido pelo professor dinamarquês Ole Fanger e publicado em Fanger.



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

Este método surgiu do levantamento de dados de experiência em laboratórios com mais de 1300 pessoas, para estabelecer uma equação que permite a partir das variáveis ambientais e pessoais, estimar a sensação térmica média de um grupo de pessoas (VME)

O VME é dado na seguinte escala de sensações térmicas : Fanger <sup>(6)</sup>.

- + 3 – muito calor
- + 2 – calor
- + 1 – leve calor
- 0 – conforto
- 1 – leve frio
- 2 - frio
- 3 - muito frio

A fim de conhecer a quantidade de pessoas termicamente descontentes com um ambiente, Fanger relacionou o valor do VME com a porcentagem estimada de insatisfeitos (PEI).

O método de Fanger foi adotado como base para o desenvolvimento de uma norma que especifica condições de conforto térmico para ambientes termicamente moderados (ISO 7730, 1984) e da sua atualização em 1994. Ruas <sup>(7)</sup>.

### 3. Metodologia

Este trabalho busca fazer uma avaliação dos trabalhadores da indústria metalúrgica, pois a geração de calor das atividades produtivas, máquinas e equipamentos deste segmento é muito grande, nas estações do ano mais quentes percebe-se um grande desgaste físico dos operadores. Esta pesquisa busca avaliar quando que as variações térmicas no ambiente de trabalho podem influenciar na capacidade de concentração dos trabalhadores.

Na indústria de transformação a dificuldade de concentração durante as atividades é um fator fundamental para aumento dos índices de acidentes durante as atividades. Esta avaliação busca identificar o percentual de perda de concentração de um



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

operador que realiza a mesma atividade, durante as variações térmicas ao longo do ano.

O grupo de estudo selecionado foi 10 trabalhadores do sexo masculino da indústria metalúrgica, que realizam atividades semelhantes, possuem idade entre 22 a 40 anos, sua carga de trabalho é considerada média.

O teste foi realizado em 4 datas diferentes, nos meses de Fevereiro, Março, Abril, e Maio, de 2015, estas datas foram escolhidas para utilizar o período mais quente decrescendo até as temperaturas médias.

Tabela 1 – Temperatura e umidade do ar durante a realização dos testes.

Data	Temperatura (°C)	Umidade do ar %
15 de fevereiro	37,0	45
25 de março	31,3	53
23 abril	27,4	55
28 de maio	23,0	60

Antes de iniciar o preenchimento do formulário foi lido e assinado por todos, um termos de consentimento esclarecido, para que todo os participantes pudessem estar ciente que a participação na pesquisa é voluntária e de livre e espontânea vontade, sendo que os resultados as avaliação seria para a realização deste trabalho. Sem citar nomes dos trabalhadores envolvidos.

O método de avaliação consiste em um preenchimento de um questionário conforme o quadro 1. Que busca avaliar o conforto térmico adaptando a escala de Fanger, antes do inicio do teste. Este formulário busca identificar como está o estado térmico que a pessoa se encontra naquele momento.



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

Quadro 1 – Formulário de avaliação de conforto térmico

Avaliação de conforto térmico		
Idade:	<input type="text"/>	Hora:
Nome:	<input type="text"/>	
Avaliação		Opções de Respostas
1 Como você se sente agora?	<input type="checkbox"/>	Com muito calor
	<input type="checkbox"/>	Com calor
	<input type="checkbox"/>	Com pouco calor
	<input type="checkbox"/>	Nem calor/ nem frio (neutro)
	<input type="checkbox"/>	Com pouco frio
	<input type="checkbox"/>	Com frio
	<input type="checkbox"/>	Com muito frio
2 Como está o ambiente térmico junto a você agora?	<input type="checkbox"/>	Extremamente desconfortável
	<input type="checkbox"/>	Muito desconfortável
	<input type="checkbox"/>	Desconfortável
	<input type="checkbox"/>	Pouco Desconfortável
	<input type="checkbox"/>	Confortável
3 Como você preferia estar agora?	<input type="checkbox"/>	Bem mais refrescado
	<input type="checkbox"/>	Mais refrescado
	<input type="checkbox"/>	Um pouco mais Refrescado
	<input type="checkbox"/>	Sem mudanças assim mesmo
	<input type="checkbox"/>	Um pouco mais aquecido
	<input type="checkbox"/>	Mais aquecido
	<input type="checkbox"/>	Bem mais aquecido
4 Como está sua tolerância quando a este ambiente térmico?	<input type="checkbox"/>	Intolerável
	<input type="checkbox"/>	Muito difícil de Tolerar
	<input type="checkbox"/>	Razoavelmente difícil e tolerar
	<input type="checkbox"/>	Pouco difícil de tolerar
	<input type="checkbox"/>	Perfeitamente tolerável

Fonte: Adaptado de Fanger <sup>(6)</sup>



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

A segunda parte da avaliação foi a aplicação de um teste psicotécnico, “G36” este teste foi escolhido para ser aplicado, pois é o mesmo utilizado no recrutamento de novos colaboradores nas empresas. Todos os participantes do grupo já tiveram contato com o teste durante o processo de seleção e recrutamento antes de entrar na empresa.

O teste G36 tem como finalidade avaliar a capacidade intelectual através de questões que estão dispostas como se segue: a) Compreensão de relação de identidade simples; b) Compreensão de relação de identidade mais raciocínio por analogia; c) Raciocínio por analogia envolvendo mudança de posição; d) Raciocínio por analogia de tipo numérico e envolvendo mudança de posição e raciocínio de tipo espacial.

O teste “G36” será aplicado nas quatro etapas do teste, para que não haja influência os resultados dos testes os resultados serão divulgados após a avaliação do último teste.

Utilizamos datas diferentes para avaliação, buscando utilizar as variações da temperatura e umidade que acontece naturalmente ao longo do ano, durante a troca das estações entre o verão e o outono.

#### **4. Resultado e análise**

Os resultados são referentes ao questionário de avaliação do conforto térmico onde cada participante preencheu o questionário avaliando qualitativamente o conforto térmico do ambiente no momento da avaliação.

Na primeira avaliação foi realizada com a temperatura mais elevada era visível o desconforto dos participantes da avaliação, nas demais avaliações também foi possível notar que a satisfação dos participantes com as temperaturas mais amenas.

Realizando o comparativo das respostas dos questionários de conforto térmico podemos perceber que conforme a temperatura do ambiente reduzia a sensação de calor também reduzia.



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

Tabela 2 – Avaliação de conforto térmico.

Como você se sente agora?	Primeira avaliação	Segunda avaliação	Terceira avaliação	Quarta avaliação
Muito calor	90%	80%	30%	0%
Calor	10%	20%	70%	0%
Com pouco calor	0%	0%	0%	30%
Nem calor/ nem frio (neutro)	0%	0%	0%	70%
Com pouco frio	0%	0%	0%	0%
Com frio	0%	0%	0%	0%
Com muito frio	0%	0%	0%	0%

Através das respostas da primeira pergunta “Como você se sente agora?” foi possível verificar que a temperatura elevada no ambiente não possuía nenhum fator significativo interno, equipamento ou máquina que estivesse gerando calor no ambiente. Pois conforme a temperatura externa reduzia, também reduzia a sensação de calor dos avaliados.

Através da primeira pergunta foi realizado Cálculo do PMV: Predicted Mean Vote conforme quadro 1

Quadro 2 –PMV Voto Médio Predito

	Primeira avaliação	Segunda avaliação	Terceira avaliação	Quarta avaliação
PMV	2,9	2,8	2,3	0,3

A segunda pergunta do questionário tem com objetivo avaliar como está o conforto térmico do ambiente. A tabela 3 mostra o resultado avaliação.

Tabela 3 – Avaliação de conforto térmico

Como está o ambiente térmico junto a você agora?	Primeira avaliação	Segunda avaliação	Terceira avaliação	Quarta avaliação
Extremamente desconfortável	80%	50%	0%	0%
Muito desconfortável	20%	40%	40%	0%
Desconfortável	0%	10%	50%	0%
Pouco Desconfortável	0%	0%	10%	10%
Confortável	0%	0%	0%	90%
Extremamente desconfortável	0%	0%	0%	0%
Muito desconfortável	0%	0%	0%	0%





## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

Através da segunda pergunta “Como está o ambiente térmico junto a você agora?” foi possível avaliar como o ambiente de trabalho se torna confortável com as temperaturas mais baixa, devido à execução das atividades e a geração de calor do corpo as temperaturas mais baixas se tornam confortáveis para a realização das atividades.

A terceira pergunta “Como você preferia estar agora?” tem como objetivo coletar informação sobre a sensibilidade de cada participante com relação ao ambiente em que ele se encontra. A tabela 4 mostra os resultados da avaliação.

Tabela 4 – Avaliação de conforto térmico

Como você preferia estar agora?	Primeira avaliação	Segunda avaliação	Terceira avaliação	Quarta avaliação
Bem mais refrescado	90%	60%	10%	0%
Mais refrescado	10%	40%	40%	0%
Um pouco mais Refrescado	0%	0%	30%	10%
Sem mudanças assim mesmo	0%	0%	20%	90%
Um pouco mais aquecido	0%	0%	0%	0%
Mais aquecido	0%	0%	0%	0%
Bem mais aquecido	0%	0%	0%	0%

Conforme apresentado os resultados obtiveram pequenas variações, quase todos os participantes tiveram respostas semelhantes nas quatro avaliações. Na quarta avaliação onde a temperatura era a menor de todas, nenhum deles avaliou o ambiente quente ou frio, a sensação térmica estava agradável para 90% dos participantes.

A quarta pergunta “Como está sua tolerância quando a este ambiente térmico?” tem como objetivo avaliar a tolerância de cada participante ao ambiente em que eles se encontravam para verificar se a suscetibilidade a temperatura alta e baixa. Tabela 5 apresenta os resultados.



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

Tabela 5 – Avaliação de conforto térmico

Como está sua tolerância quando a este ambiente térmico?	Primeira avaliação	Segunda avaliação	Terceira avaliação	Quarta avaliação
Intolerável	70%	40%	0%	0%
Muito difícil de Tolerar	30%	50%	0%	0%
Razoavelmente difícil e tolerar	0%	10%	30%	0%
Pouco difícil de tolerar	0%	0%	40%	0%
Perfeitamente tolerável	0%	0%	30%	100%
Intolerável	0%	0%	0%	0%
Muito difícil de Tolerar	0%	0%	0%	0%

Avaliando os resultados, a intolerância a altas temperaturas é muito maior comparando com as temperaturas menores. Os participantes avaliaram que a temperatura de 23 °C é perfeitamente tolerável.

Fazendo a análise do questionário G36 que foi aplicado quatro vezes com variações térmicas diferentes e utilizando os mesmos participantes. A tabela 6 apresenta os resultados das quatro datas diferentes.

Tabela 6 – Percentual de acerto do teste “G36”

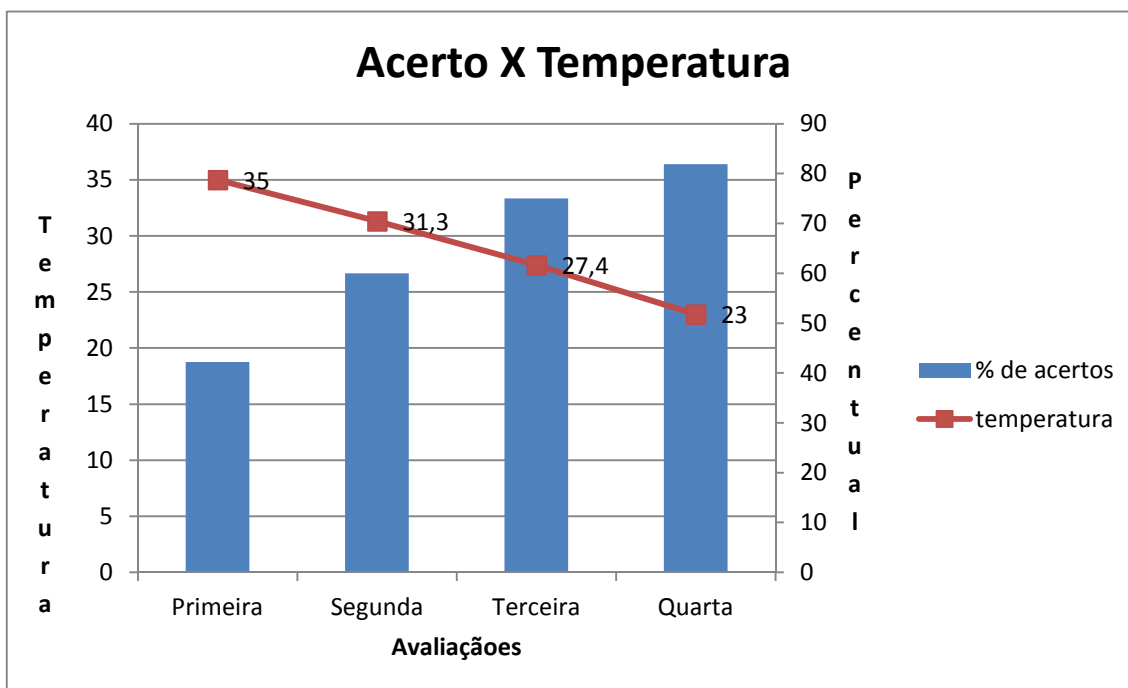
Data das avaliações	% médio de acertos	Temperatura °C.	Umidade do ar %
15/02	39,2	35,0	45
25 /03	51,3	31,3	53
23/04	58,8	27,4	55
28/05	64,9	23,0	60

Analisando os dados podemos perceber que a temperatura elevada do ambiente pode trazer desconforto aos operadores e influenciar na capacidade de concentração. Conforme nos mostra o gráfico 1.



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

Gráfico 1 – Número de acertos X variação da temperatura



Fonte: autor

Comparando a primeira avaliação com a última podemos perceber que a redução de 12 °C na temperatura ambiente, obteve uma elevação de 25,7% da média de acertos.

Comparando o melhor resultado com o pior temos uma melhora de 60,4% no índice de acerto mais de 50% somente com a redução de 12 graus de temperatura.

Considerando que a capacidade de concentração das pessoas influencia diretamente em todas as atividades que são realizadas durante o trabalho. Em um ambiente com temperatura elevada, há uma maior probabilidade de ocorrer erros no processo de fabricação com; retrabalhos e perda de qualidade. Também podemos considerar a redução da concentração devido as temperatura elevadas do ambiente de trabalho pode aumentar a probabilidade do índice de acidentes de trabalho.

Buscar alternativa para reduzir a temperatura nas indústrias melhorando o conforto térmico dos trabalhadores não vai influenciar somente no conforto, esses investimentos trarão diversos benefícios, reduzindo a quantidades de erros que ocorre durante o processo de fabricação, reduzindo o desgaste físico dos operadores,



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

reduzindo a quantidade de acidentes de trabalho e conseqüentemente aumentando a produtividade e a qualidade, trazendo retorno ao investimento em um curto espaço de tempo.

### 5. Conclusão

Um ambiente onde as altas temperaturas bloqueia a capacidade natural do organismo de liberar calor interno pode causar desconforto e stress térmico, podendo causar diversas doenças como; golpe de calor, câibras, síncope de calor e esgotamento de desidratação.

Além dos danos à saúde o ambiente de trabalho com altas temperaturas podem causar sobre carga física em mental, pois quanto a temperatura do ambiente está elevada, quase a metade do sangue é direcionada para a pele buscando tentar um arrefecimento natural. Isto significa que o resto dos órgãos, inclusive o cérebro e músculos, vão operar somente com a metade do fluxo de sangue que eles normalmente precisam. Isto vai interferir na capacidade mental e habilidades cognitivas.

Investimentos para reduzir o conforto térmico no ambiente de trabalho é fundamental para preservar a saúde dos trabalhadores, melhorar o seu ambiente e condições de trabalho, aumentar a capacidade mental e cognitiva, reduzindo as chances de causar erro e acidentes.

### 6. REFERÊNCIAS

- (1) LAMBERTS, R. **Conforto e Stress Térmico**. 2011. 86 f. Dissertação - Universidade Federal de Santa Catarina.2011.  
[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200\\_apostila%202011.pdf\\_2.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200_apostila%202011.pdf_2.pdf)
- (2) XAVIER, A.A de P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2o Grau na região de Florianópolis**. Florianópolis, 1999. 198 p.  
[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO\\_Antonio\\_Augusto\\_de\\_Paula\\_Xavier.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Antonio_Augusto_de_Paula_Xavier.pdf)
- (3) American Society of Heating and Air Conditioning Engineers ASHRAE Physiological principles for comfort and health In: Handbook Fundamentals. Atlanta, 2001.
- (4) NELSON et al. Thermal comfort: advantages and deviations. Atlanta: **ASHRAE** Transactions, v. 93, n. 1, 1987. 1039-1054 p..



## Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

- (5) SILVA, L. B. **Análise de Relação entre Produtividade e Conforto Térmico: O Caso Dos Digitadores do Centro de Processamento de Dados e Cobrança da Caixa Econômica Federal do Estado de Pernambuco.** Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pós Graduação em Engenharia de Produção Florianópolis 2001.  
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/81915/180181.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- (6) FANGER, P.O. **Thermal Confort: Analysis and Applications in Environmental Engineering.** United States: McGraw-Hill Book Company. H
- (7) RUAS, C.A. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho.** Fundacentro, Ministério do Trabalho São Paulo, 1999. 97p.
- (8) CHANDE, R. A.F.A . **Risco de Stress Térmico em Ambiente Fabril.** Decretação da faculdade de ciências tecnológicas da universidade de Coimbra. Coimbra 2009 62p.
- (9) PARSONS, Ken (2006): *"The Impact of Thermal Environment on Our Changing Workforce and Workplaces"*, Australian Institute of Occupational Hygienists, Australia
- (10) CANDAS, Victor (2003): *"L'homme dans son environnement climatique : facteurs d'influence, thermorégulation, sensibilité et confort thermiques"*, CEPA du CNRS, Strasbourg
- (11) SOUSA, Ana, (1996/7): *"O Edifício da FLUP é um Edifício Doente? – Algumas Reflexões Sobre o Conforto Fitoclimático em Espaços Interiores"*, Revista da Faculdade de Letras – Geografia, I série, vol. XII / XIII, Porto, pp. 5 – 38