

ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO EM UMA SALA DE AULA

Samuel de Oliveira

Especialista em Ensino de Física
Mestre em Engenharia de Sistemas pela UFLA
Professor do UNIFOR-MG
E-mail: professor.samuel@yahoo.com.br

Camila da Silva Costa

Licenciatura Plena em Física
Bacharel em Engenharia de Produção pelo UNIFOR- MG
E-mail: cacazinha_c@hotmail.com

Recebido em: 17/03/2014

Aprovado em: 10/08/2014

RESUMO

As condições de conforto térmico estão associadas ao bem-estar e à comodidade que um determinado ambiente proporciona ao indivíduo. Há algumas variáveis que influenciam diretamente nas condições de conforto, podendo elas se apresentarem como sendo de natureza ambiental ou de natureza pessoal. A sensação de conforto em um determinado ambiente está interligada a fatores térmicos, acústicos, visuais e ergonômicos. Portanto, o estudo em estabelecer condições ideais de conforto é manter o corpo em equilíbrio com o ambiente que se encontra, tentando satisfazer um maior número de pessoas. Para verificar o grau de condições de conforto térmico, deve-se dispor de índices que servirão para fazer as devidas análises, sendo eles: índice de situação térmica, voto médio estimado e IBUTG. Para isso, foi utilizado o índice IBUTG para representar o estudo que será abordado e identificar as reais condições de conforto e bem-estar em uma sala de aula, levando em consideração que o desconforto reduz o desempenho humano, intervindo nas atividades intelectuais, manuais e perceptivas. A condição de conforto térmico é tentar satisfazer o maior número de pessoas que se encontram no ambiente, proporcionando que o indivíduo se sinta confortavelmente bem no local que se encontra. Perante os resultados obtidos, conclui-se que o ambiente não há risco de sobrecarga térmica, estando os resultados dentro dos limites de tolerância, oferecendo boas condições, portanto oferece conforto térmico.

Palavras-chaves: Conforto térmico. IBUTG. Comodidade.

ANALYSIS OF THERMAL COMFORT IN A CLASSROOM

ABSTRACT

The thermal comfort conditions are associated with well-being and comfort that a particular environment provides the individual. There are some variables that directly influence the conditions of comfort, and they present as environmental nature or of a personal nature. The feeling of comfort in a given environment is interconnected to thermal, acoustic, visual and

ergonomic factors. Therefore the study to establish optimal conditions of comfort is to keep the body in balance with the environment that is trying to satisfy a greater number of local people. To ascertain the degree of thermal comfort it's necessary to have indexes that serve to make appropriate analyzes, namely: thermal situation index, estimated average vote and IBUTG. For this the IBUTG index was used to represent the study to be addressed and identify the actual conditions of comfort and wellbeing in a classroom, taking into account the discomfort reduces human performance intervened in intellectual, manual and perceptual activities. The condition of thermal comfort is to try to satisfy the greatest number of people who are in the atmosphere, providing that the individual feels comfortably right in the spot that he is. Given the results, it is concluded that there is no risk of thermal overload in the environment and the results are within the tolerance limits, offering good conditions therefore provides thermal comfort .

Keywords: Thermal comfort. IBUTG. Convenience.

1 INTRODUÇÃO

Adaptar-se ao meio em que se vive é uma forma de absorver as transformações do mesmo e se sentir confortavelmente bem, isso depende de alguns fatores, o qual será destaque no presente trabalho, no qual apresenta o conforto térmico relacionado a um grupo de alunos em uma sala de aula.

Conforto térmico está associado ao bem-estar dos seres humanos, sendo que a condição de conforto está diretamente ligada a uma disposição mental que cause bem-estar e comodidade. As sensações térmicas podem inspirar satisfação ou insatisfação perante a sensação de calor ou frio, sendo que essas sensações podem se apresentarem de forma peculiar, pois dependem dos indivíduos que se encontram nos respectivos lugares, a temperatura para um poderá não apresentar conforto para outro e vice-versa.

O estudo sobre o conforto térmico associa-se em estabelecer critérios de condições ideais de um ambiente termicamente confortável, acarretando comodidade e satisfação ao indivíduo que nele se encontra. Contudo, sabe-se que a performance humana dentro das atividades executadas tem influência direta na sensação de bem-estar, com isso, o calor ou frio pode provocar desconforto e reduzir o desempenho humano, influenciando nas atividades intelectuais, manuais e perceptivas. O conforto do ambiente está interligado a fatores térmicos, acústicos, visuais e ergonômicos e só será atingido quando forem relacionados a todos esses itens, para que haja condições favoráveis e estabeleça uma condição de bem-estar. Contudo, a sensação de conforto térmico será uma satisfação, que será gerada através das trocas de calor do corpo com o meio e em relação ao meio com o corpo ao qual serão submetidos e permanecendo dentro dos limites em equilíbrio dependendo do indivíduo envolvido.

A necessidade de produzir e estar em conforto térmico é satisfazer o desejo e proporcionar que o indivíduo se sinta confortavelmente bem, ressaltando que essas condições oscilam devido às variáveis ambientais e humanas de acordo com: altura, hábitos alimentares e sexo. Uma das necessidades humanas é poder contar com a variação de temperatura, pois as condições quando se apresentam de maneiras constantes, causam efeitos adversos e não geram bem estar e comodidade. É necessário que haja uma variação na temperatura para atender as condições e a necessidade do corpo humano, essa variação deve existir para acompanhar o ritmo biológico de cada indivíduo perante a atividade que está sendo executada. Por isso produzir a sensação de conforto térmico é se encontrar em um ambiente termicamente confortável que proporcione comodidade e satisfação. Dessa forma, torna-se importante o estudo sobre o conforto térmico em uma sala de aula, para avaliar as condições que o ambiente encontra-se, e em contrapartida entender quais as influências um local que não inspira conforto e bem estar, possa intervir no desempenho e na comodidade dos alunos.

2 CONFORTO TÉRMICO

Segundo Ruas (1999) as condições de conforto térmico vêm sendo pesquisadas e estudadas já há algum tempo, e o objetivo é descobrir quais os fatores se relacionam e qual a condição ideal para um determinado local.

No Brasil as pesquisas que vinculam a conforto térmico em edificações é um ramo recente e não há muitos dados pertinentes ao tema, sendo necessário usufruir de alguns parâmetros estabelecidos em outros países, contudo levando em consideração as características relacionadas ao clima de nosso país, conforme relata Grzybowski (2004).

As sensações de conforto térmico são subjetivas e determinam a satisfação do indivíduo em se sentir bem em um determinado local, levando isso a interferir no melhor desempenho ou na execução das tarefas.

[...] as escolas são locais que abrigam um grande número de usuários durante longo período e que requerem um ambiente confortável sob os aspectos visual, acústico, ergonômico, lumínico e, principalmente, térmico. (GRZYBOWSKI, 2004, p. 17).

Segundo Frota e Schiffer (1995) o conforto do indivíduo está diretamente relacionado quando o mesmo possui boas condições de vida, ou seja, seu organismo tem um bom funcionamento e não é afetado pela fadiga ou estresse térmicos. O desconforto térmico irá influenciar diretamente nas atividades a serem executadas, deixando o indivíduo

desconfortável, sem atenção e aumentando as incidências de erros e dispersão durante a execução das atividades.

Para Silva (2007) a Norma ISO 7730 estabelece que conforto térmico é o estado de alma que expressa satisfação com o ambiente térmico. Ela também apresenta limites de conforto entre a radiação térmica com a diferença na temperatura do ar e o contato com determinadas superfícies, sendo quentes ou frias. Ou seja, para haver uma sensação de bem estar nos indivíduos, a temperatura interna deve estar ente os 37°C após liberar uma determinada quantidade de calor. De acordo com a Associação Americana dos Engenheiros de Refrigeração, Ar Condicionado e Aquecimento (ASHRAE 55, 2004), as condições térmicas de ambientes que se apresentem "fechados" não se definem apenas pelo clima, mas sim pelo calor introduzido perante as atividades desenvolvidas pelos equipamentos dispostos nos locais envolvidos no processo.

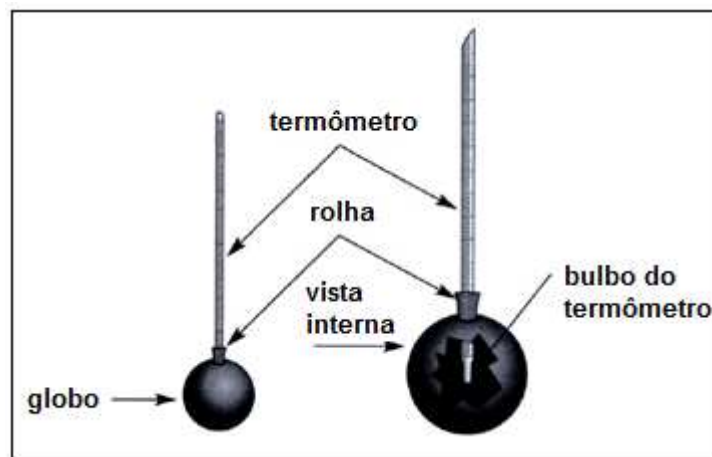
A neutralidade térmica é uma condição da mente que expressa satisfação com a temperatura do corpo como um todo. Esse conceito se difere de uma condição de conforto térmico, podendo o indivíduo estar em condições que o exponha em diversas variáveis de influências de conforto, obtendo uma neutralidade sem estar se sentindo confortavelmente térmico. A relevância em se fazer um estudo sobre o conforto térmico, está relacionado à satisfação do indivíduo, ao melhor desempenho perante as atividades executadas, e a conservação de energia, possibilitando evitar desperdícios de energia em se tratando de determinados aparelhos para aquecimento ou refrigeração do local. De acordo com Fanger (1970), o conceito de neutralidade térmica é quando a pessoa exposta a um ambiente não tenha preferência por um ambiente mais quente ou mais frio. A Norma Regulamentadora 17 (BRASIL, 1978), tem por base um princípio regulamentador que visa à ergonomia e estabelece para os locais em que há atividades que necessitam de atenção constante, deve haver um ambiente que proporcione comodidade e segurança, para que o desempenho se apresente de forma eficiente, com isso a norma estabelece que existam condições de conforto satisfatória em que se encontra no local.

3 IBUTG

O IBUTG, índice de bulbo úmido termômetro de globo, foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a condição de sobrecarga no trabalho. A partir dessa avaliação é possível obter uma forma de calcular um melhor tempo de descanso no trabalho. De acordo com Brasil (2002), para determinar o IBUTG é necessário um conjunto de instrumentos que serão

compostos pelo termômetro de globo, termômetro de bulbo úmido e termômetro de bulbo seco. O termômetro de globo é composto por uma esfera oca de cobre com 1,0 mm de espessura, tendo um diâmetro de 152,4 mm na cor preta. A esfera possui uma abertura radial que é completada por um cilindro de 25,0 mm de comprimento e 18,0 mm de diâmetro, local esse onde será fixado o termômetro. A escala do termômetro de mercúrio varia de +10°C a +120°C, tendo uma precisão de $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Há também uma rolha de borracha na cor preta com diâmetro superior a 20,0 mm e diâmetro inferior a 15,0 mm e sua altura está entre 20,0 mm a 25,0 mm, a mesma é vazada no centro, pois, o termômetro será fixado na esfera por meio dela.

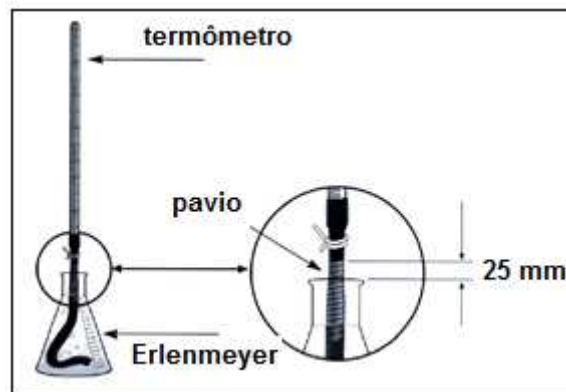
Figura 1 – Termômetro de globo



Fonte: Brasil (2002).

O termômetro de bulbo úmido natural é destinado a aferir a umidade, constitui de um termômetro de mercúrio que varia de uma escala de +10,0 °C a +50,0 °C com uma precisão de $\pm 0,5^\circ\text{C}$, contendo um erlenmeyer de 125,0 ml com água destilada. Há um pavio de algodão que serve para absorver a água com um comprimento de aproximadamente 100,0 mm.

Figura 2 - Termômetro de bulbo úmido



Fonte: Brasil (2002).

O termômetro de bulbo seco será para obter a temperatura do ar, sua escala varia de +10,0 °C a +100,0 °C com precisão de $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

Batista et al. (2002) afirmam que através das temperaturas aferidas será possível calcular índice das sensações térmicas e correlacionar a carga térmica à atividade que o indivíduo está desenvolvendo por meio de algumas equações:

- a) Ambiente sem que haja radiação solar direta:

$$IBUTG = 0,7tbu + 0,3tg \quad (1)$$

- b) Ambiente em que há radiação direta:

$$IBUTG = 0,3tbu + 0,2tg + 0,1t \quad (2)$$

O índice térmico têm como objetivo de alcançar e mensurar dados possibilitando que os mesmos possam se integrar com as condições de satisfação, para buscar medidas e alternativas que expliquem qual a sensação de conforto térmico ideal e quais as influências do meio. Para Lamberts e Xavier (2002), um índice de conforto térmico é desenvolvido e inspirado em diversos aspectos de conforto, obtendo os índices biofísicos que se relacionam entre as trocas de calor do corpo e o meio.

4 DESENVOLVIMENTO

Os parâmetros de estudo que fundamentam o presente trabalho é a verificação de temperaturas em uma rede de ensino localizada em uma cidade no Centro Oeste de Minas Gerais. A rede de ensino foi fundada por volta dos anos 80, possui uma diversidade de cursos a nível superior atendendo alunos de toda região supracitada, com um significativo número de alunos nos períodos diurno e noturno. A rede de ensino possui uma área territorial de aproximadamente 24.000 m², possuindo laboratórios, praças de alimentação, vários banheiros, salas de aula, dentre outras áreas.

A política da instituição é garantir um ensino que atenda os diversos setores da região com relação à demanda de trabalho, oferecendo aos alunos um ensino de qualidade com profissionais qualificados e instalações adequadas que possibilitem comodidade, segurança e contribua para um ensino qualificado, preparando o aluno para sua inserção no mercado de trabalho.

A pesquisa procedeu de forma que foram feitas as leituras das temperaturas de uma sala de aula no período da noite enquanto os alunos estavam tendo aulas. Os termômetros foram alocados em uma sala para aferição a qual possui um maior fluxo de alunos no período noturno. A sala possui 7,03 m de largura e 7,95 m de comprimento, ocupando uma área de 58,04 m². A sala contém duas janelas tipo basculante de 3 m por 1,60 m e uma porta de madeira de 2,10 m. A FIG. 3 e 4 representa as salas onde procedeu a pesquisa.

Figura 3 – Sala vista da lousa



Fonte: Os autores.

Figura 4 – Sala vista da porta



Fonte: Os autores.

A pesquisa baseou-se na análise do grau de conforto térmico de uma determinada sala de aula, para isso, procedeu-se da seguinte forma:

- a) Instalação do tripé contendo os termômetros: de globo, úmido e seco na sala em um local que não havia interferências das janelas e dos dispositivos mecânicos que pudessem intervir nas aferições da primeira medição. Logo após as medições, foram feitas as interferências mencionadas para obter um grau de comparação. Os termômetros foram posicionados em seis cantos da sala, sendo: parte frontal, central e fundo da mesma.
- b) Posicionou-se o tripé em relação ao solo de maneira que os termômetros ficaram alinhados em um plano horizontal, as medições foram feitas a 0,60m do piso sendo que as pessoas se encontravam sentadas conforme estabelece Brasil (2002).
- c) Foi verificado que o grupo apresentava características iguais de exposição, sendo assim, um grupo homogêneo que executava a mesma atividade para iniciar as medições.
- d) A leitura das temperaturas foi iniciada após 25 minutos após a instalação, tempo necessário para que houvesse a estabilização do conjunto de medições.
- e) A leitura procedeu a cada 30 minutos, iniciando às 19 horas até 22 horas do dia 21 ao dia 31 de outubro de 2013. Organizou-se uma tabela contendo os valores das temperaturas com os respectivos dias e leitura das coletas.
- f) Aplicou-se o critério de avaliação da exposição ocupacional ao calor adotado pela Brasil (2002), tendo por base o índice de bulbo úmido, termômetro de globo IBUTG para ambientes internos sem carga solar direta.

- g) A partir dos resultados fez-se a análise do índice de conforto térmico com relação à temperatura real dos respectivos dias de medições.

De acordo com Brasil (2002), o limite de exposição ocupacional ao calor é o valor de IBUTG sendo que existe um valor máximo permissível que correlaciona ao valor da taxa metabólica perante as condições de exposição a ser avaliada. As taxas metabólicas serão determinadas de acordo com cada atividade a ser executada pelo indivíduo. Para o estudo em questão a taxa metabólica será de $M = 170 \text{ Kcal/h}$ ou $M = 110 \text{ W/m}^2$ sendo considerado um trabalho moderado com mãos e braços e estando sentado, para isso o IBUTG máximo permissível irá corresponder em torno de $\pm 30,7^\circ \text{C}$.

Tem-se na TAB. 1 os dados apresentados referentes do IBUTG através da equação (1) para ambientes internos que não possuem carga solar direta.

Tabela 1 - IBUTG

Dia	IBUTG	Valor máximo IBUTG	Dia	IBUTG	Valor máximo IBUTG
21/10/2013	29,45°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$	28/10/2013	30,3°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$
21/10/2013	29,42°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$	28/10/2013	29,45°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$
21/10/2013	29,3°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$	28/10/2013	29,3°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$
21/10/2013	29,3°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$	29/10/2013	27,85°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$
21/10/2013	25,73°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$	29/10/2013	27,5°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$
21/10/2013	24,8°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$	29/10/2013	27,5°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$
21/10/2013	24,8°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$	29/10/2013	27,35°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$
23/10/2013	24,7°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$	29/10/2013	26,5°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$
23/10/2013	25,25°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$	29/10/2013	26,44°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$
23/10/2013	24,4°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$	29/10/2013	26,2°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$
23/10/2013	24,4°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$	30/10/2013	27,05°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$
23/10/2013	24,37°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$	30/10/2013	26,99°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$
23/10/2013	24,1°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$	30/10/2013	26,9°C	$\pm 30,7^\circ \text{C}$

23/10/2013	24,03°C	± 30,7° C	30/10/2013	25,84°C	± 30,7° C
24/10/2013	29,9°C	± 30,7° C	30/10/2013	25,75°C	± 30,7° C
24/10/2013	30,6°C	± 30,7° C	30/10/2013	25,6°C	± 30,7° C
24/10/2013	30,57°C	± 30,7° C	30/10/2013	25,6°C	± 30,7° C
24/10/2013	30,3°C	± 30,7° C	31/10/2013	27,75°C	± 30,7° C
24/10/2013	30,44°C	± 30,7° C	31/10/2013	27,78°C	± 30,7° C
24/10/2013	30,0°C	± 30,7° C	31/10/2013	27,25°C	± 30,7° C
24/10/2013	29,3°C	± 30,7° C	31/10/2013	27,25°C	± 30,7° C
28/10/2013	31,25°C	± 30,7° C	31/10/2013	27,25°C	± 30,7° C
28/10/2013	30,9°C	± 30,7° C	31/10/2013	26,98°C	± 30,7° C
28/10/2013	30,9°C	± 30,7° C	31/10/2013	26,89°C	± 30,7° C
28/10/2013	30,6°C	± 30,7° C			

Pela análise dos resultados obtidos, pode-se observar que para o valor máximo permissível do IBUTG, os resultados estão dentro da norma de acordo com Brasil (2002). Portanto os resultados evidenciam uma boa condição térmica, mesmo havendo alguns valores que se excederam, sendo considerados de pouca relevância devido à margem de erro e com relação às medições dos demais dias. Vale ressaltar também que as interferências de dispositivos mecânicos e janelas não interferiram nos resultados, sendo que as medições foram feitas de dois modos para verificar se haveria alguma variação. As medições da primeira semana foram de forma que nenhum dispositivo estivesse ligado não havendo correntes de ar forçadas impedindo a precisão do valor real da temperatura. Já na semana seguinte as medições procederam de forma com que o dispositivo permanecesse ligado, contudo observou-se que o dispositivo não afetou ou alterou o resultado das medições.

5 CONCLUSÃO

No trabalho realizado notou-se uma grande importância de um estudo sobre o conforto térmico de uma rede de ensino, já que o desempenho e a comodidade dos alunos são fatores necessários ao desenvolvimento dos mesmos e o ambiente age diretamente nesses fatores. Os resultados obtidos comprovaram que o ambiente oferece comodidade e conforto aos alunos e que o ambiente contribui diretamente para que todos que se encontram nele possam estar termicamente confortável conforme dados obtidos através do IBUTG. Os valores encontrados são considerados dentro dos limites permissíveis comprovando assim que o local se enquadra

dentro das condições e que as instalações são boas, havendo equilíbrio que proporcione disposição e bem estar dos alunos. A avaliação executada serviu de base para avaliar a existência de algum risco de sobrecarga térmica, que se encontra de acordo com relação à atividade que estava sendo executada sendo então considerada uma atividade benévola que não oferece risco e nenhum tipo de desconforto excessivo. Sendo assim, o desenvolvimento cognitivo e perceptivo não podem ser afetados, pois o ambiente inspira conforto e bem estar aos alunos.

REFERÊNCIAS

ASHRAE Standard 55. **Thermal environment conditions for human occupancy**. Atlanta: Ashrae, 2004.

BATISTA, J. B. V. et al. **Conforto térmico no ambiente de ensino: implicações no desempenho e na aprendizagem**. João Pessoa, [2002?]. 9 p. Disponível em: <<http://www.higieneocupacional.com.br/download/conforto-ensino.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2013.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma de higiene ocupacional 06: procedimentos técnicos: avaliação da exposição ocupacional ao calor**. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Portaria nº 3214 de 8 de junho 1978: normas regulamentadoras, relativas a segurança e medicina do trabalho**. São Paulo: Atlas, 2006.

FANGER, P. O. **Thermal comfort: analysis and application in Environmental Engineering**. Copenhagen: [s.n.], 1970.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GRZYBOWSKI, G. T. **Conforto térmico nas escolas públicas em Cuiabá-MT: estudo de caso**. 2004. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós Graduação em Física e Meio Ambiente)-Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. P. **Conforto térmico e stress térmico**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina/Departamento de Engenharia Civil/Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE), 2002.

RUAS, A. C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. São Paulo: Ministério do Trabalho, 1999.

SILVA, N. R. **Avaliação do conforto térmico**. 2007. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho)-Universidade de Santa Cecília, Santos, 2007.