

AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONFORTO TÉRMICO DA PASSARELA DO IFAL CAMPUS PIRANHAS POR MEIO DA ISO 7730 (2005)

Edmundo Gonçalves Neto Aguiar¹; Lucas Akira Tanabe Quaresma²; Daone da Silva Santos³;

RESUMO: O estado de conforto térmico de um ambiente é de extrema relevância para seus usuários, interferindo diretamente em seu bem-estar, produtividade, conforto e demais fatores. Em muitos casos os ambientes não são adequadamente pensados/dimensionados de forma que se tenha um adequado conforto térmico. Dessa forma, toda infraestrutura deve ser planejada, não somente visando a funcionalidade e a estética, mas, principalmente, a adequação às condicionantes locais e o conforto dos usuários. Esta problemática é visível no ambiente da passarela do Instituto Federal de Alagoas – IFAL Campus Piranhas, onde percebe-se um desconforto térmico. Assim sendo, este artigo desenvolve uma avaliação do estado de conforto térmico neste referido ambiente levando em consideração dos métodos sistemáticos e normatizados da ISO 7730 (2005). Neste aspecto, este trabalho consiste em um ponto de início como referência para gestores e projetistas no momento de planejar e projetar as unidades de suas instituições, de modo a propiciar uma reflexão sobre os pormenores que afetam o conforto dos usuários, transcendendo visões que vislumbram, única e exclusivamente, aspectos estéticos.

Palavras-Chave: Conforto Térmico; ISO 7730 (2005); Variáveis Ambientais; Variáveis Pessoais.

1 INTRODUÇÃO

De modo a materializar a missão dos Institutos Federais de promover educação de qualidade social, pública e gratuita é necessária a observância a um vasto conjunto de fatores, dos quais se pode citar o provimento de infraestrutura para a realização das atividades e para o atendimento ao público alvo. Quanto à infraestrutura, decerto este fator contempla outros diversos fatores, também cruciais para um bom andamento das atividades dos Institutos Federais, dos quais se menciona o conforto dos seus usuários. Dessa forma, a infraestrutura deve ser planejada, não somente visando a funcionalidade e a estética, mas, principalmente, a adequação às condicionantes locais e o conforto dos usuários. Pertinentemente este dilema pode ser identificado no Instituto Federal de Alagoas, mais especificamente no Campus Piranhas, quando de um olhar técnico às configurações construtivas e materiais relacionados à infraestrutura do Campus.

¹ Afiliação: Instituto Federal de Alagoas – Campus Piranhas
Email: netocostaaguiar@hotmail.com

² Afiliação: Instituto Federal de Alagoas – Campus Piranhas
Email: lucasaki77@gmail.com

³ Afiliação: Instituto Federal de Alagoas – Campus Piranhas (ORIENTADOR)
Email: daone64.silva@gmail.com

Sabe-se que Alagoas apresenta, de maneira geral, um clima quente, sendo úmido na mesorregião leste e seco na mesorregião sertão. Piranhas se encontra localizada na mesorregião sertão e apresenta altos valores de índice de aridez, conforme destaca Passos (2009). Sendo uma cidade de clima quente e árido, todo e qualquer aspecto infraestrutural deve ser adequadamente planejado, pois um pequeno detalhe pode proporcionar desconforto térmico aos estudantes, professores, técnicos e demais usuários do Instituto, afetando o aproveitamento dos educandos no processo de aprendizagem.

Diante do exposto, acreditou-se que, diante do clima predominantemente seco e árido no qual a passarela se encontra, o material utilizado propicia desconforto térmico para os usuários. Esta hipótese adveio da observação direta e da exposição ao ambiente em questão. No entanto, esta hipótese precisou ser avaliada por meios quantitativos normatizados, de modo a evitar apenas um julgamento deveras subjetivo de alguns usuários. Assim sendo, esta hipótese foi avaliada por meio dos procedimentos delineados pela ISO 7730 (2005). O método para avaliação do conforto térmico constante na ISO 7730 (2005) é o dos Votos Médios Estimados (PMV) e foi baseado em estudos conduzidos com o auxílio de câmaras climatizadas nos Estados Unidos da América e na Dinamarca. Este método baseia-se numa escala de sete pontos, caracterizando uma estimativa da sensação térmica média de uma quantidade representativa de pessoas. Para obtenção do PMV utiliza-se variáveis ambientais, tais como a temperatura radiante média, umidade relativa, temperatura e velocidade do ar, e variáveis pessoais, quais sejam, a taxa de metabolismo e o isolamento térmico da vestimenta, conforme frisa Ruas (2001).

2 METODOLOGIA

Este trabalho foi conduzido em três etapas distintas, mas complementares, de modo a realizar a avaliação do estado de conforto da passarela do IFAL Campus Piranhas. Estas etapas foram: (1) estudo dos procedimentos da ISO 7730 (2005), (2) coleta e análise dos dados de variáveis ambientais por meio do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e (3) avaliação dos índices PMV e PPD e constatação do estado de conforto térmico da passarela.

2.1 Introdução sobre a ISO 7730 (2005)

Essa norma internacional propõe métodos de avaliação de ambientes térmicos a partir de suas variáveis térmicas ambientais, bem como das condicionantes pessoais dos seus usuários. Ela foi desenvolvida em paralelo com a norma revisada número 55 da American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE). No mais, consiste em uma ISO, dentre uma série de documentos ISO, que especifica métodos para avaliar ambientes térmicos moderados ou extremos aos quais os seres humanos são expostos.

Diante do exposto, a ISO 7730 (2005) esclarece que a sensação de desconforto térmico está relacionada principalmente a temperatura a qual as pessoas são expostas. Sendo influenciada por roupas, artifícios paralelos, temperatura do ar, velocidade do ar, umidade, temperatura radiante. Quando obtidos, todos esses dados são usados para calcular o Voto Médio Predito (Predicted Mean Vote) – PMV, obtendo uma avaliação que diz se as pessoas estão, ou não, se sentindo confortável com o ambiente térmico no qual estão.

Através do PMV pode-se calcular a Porcentagem Prevista de Desaprovação (Predicted Percentage Dissatisfied) – PPD, a qual mostra uma estimativa da porcentagem de pessoas insatisfeitas com as condições térmicas do ambiente.

O PMV e o PPD são índices desenvolvidos fenomenologicamente para avaliar o conforto térmico em um ambiente com uma grande quantidade de pessoas. No entanto, estes índices, assim como os demais procedimentos delineados na referida ISO, podem ser utilizados para diversos outros fins, e quando oportuno considerar necessidades específicas, esta norma deve ser trabalhada em consonância com demais normas, tal como a ISO/TS 14415:2005 que considera a avaliação de conforto térmico para pessoas com deficiência física.

2.2 Breves Considerações sobre o PMV

O PMV é usado para estimar o valor médio dos votos de um grande grupo de pessoas numa escala de -3 à +3. Este se baseia na perda e ganho de calor dentro do corpo. Para que se tenha um equilíbrio térmico no corpo, este deve gerar a mesma quantidade de calor que vai ser perdido para o ambiente. A tabela 1 expõe a escala de variação do PMV.

Tabela 1- Escala do PMV

+3	<i>Hot</i> (Quente)
+2	<i>Warm</i> (Morno)
+1	<i>Slightly warm</i> (Levemente quente)
0	<i>Neutral</i> (Neutro)
-1	<i>Slightly cool</i> (levemente frio)
-2	<i>Cool</i> (frio)
-3	<i>Cold</i> (gelado)

Fonte: ISO 7730 (2005)

Dando continuidade, o PMV pode ser calculado usando as quatro seguintes formulas:

$$PMV = [0.303e^{-0.036M} + 0.028] \cdot \{(M - W) - 3.05 \times 10^{-3} [5733 - 6.99(M - W) - p_a] - 0.42[(M - W) - 58.15] - 1.7 \times 10^{-5} M(5867 - p_a) - 0.0014M(34 - t_a) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a)\} \quad (\text{Equação 01})$$

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028 \cdot (M - W) - I_{cl} \cdot \{3.96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a)\} \quad (\text{Equação 02})$$

$$h_c = \{2.38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0.25} \text{ para } h_c > 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}}\}$$

ou

(Equação 03)

$$h_c = 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \text{ para } h_c < 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}}$$

$$f_{cl} = \{1,00 + 1,290 I_{cl} \text{ para } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}\}$$

ou

(Equação 04)

$$f_{cl} = \{1,05 + 0,645 I_{cl} \text{ para } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}\}$$

Sendo:

M → taxa de metabolismo, em watts por metro quadrado (W/m^2);

W → trabalho mecânico efetivo, em watts por metro quadrado (W/m^2);

I_{cl} → isolamento da roupa, em metros quadrados kelvis por watts (m^2K/W);

t_a → temperatura do ar, em graus celsius ($^{\circ}C$);

\bar{t}_r → temperatura radiante médias, em graus celsius ($^{\circ}C$);

v_{ar} → velocidade do ar, em metros por segundo (m/s);

p_a → pressão parcial de vapor de ar, em pascals (Pa);

h_c → coeficiente de transferência de calor, em watts por metro quadrado kelvin [$W/(m^2 K)$];

t_{cl} → temperatura na superfície da roupa, em graus Celsius ($^{\circ}C$).

Resolvendo as equações de 1 a 4 por procedimentos numéricos iterativos, determina-se o valor de PMV.

O PMV pode ser usado para verificar se um determinado ambiente térmico satisfaz os critérios de conforto térmico explícitos no Anexo A da ISO 7730(2005) e definir exigências para diferentes níveis de aceitabilidade. Se o valor de PMV for zero, é considerado um clima neutro, não necessariamente confortável.

2.3 Breves Considerações sobre o PPD

O PMV fornece um valor generalizado, mas em casos mais específicos, para saber a quantidade de pessoas que estão se sentindo desconfortável deve-se utilizar PPD.

O PPD estima a porcentagem de pessoas que estão confortáveis com o ambiente térmico e a quantidade de pessoas que não estão.

De posse do valor do PMV, pode-se calcular o PPD utilizando-se da equação 5.

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,00353 \cdot PMV^4 - 0,217 \cdot PMV^2) \quad (\text{Equação 05})$$

Uma vez calculado o PPD, prediz-se a porcentagem de pessoas, dentre um grande grupo de pessoas, sentindo-se desconfortável com o ambiente no qual estão. A tabela fornece a distribuição de votos preditos.

Tabela 2- Exemplo de valores de PMV e PDD

PMV	PPD	Porcentagem Prevista de Desaprovação %		
		0	-1, 0, +1	-2, -1, 0, +1, +2
+2	75	5	25	70
+1	25	30	75	95
+0,5	10	55	90	98
0	5	60	95	100
-0,5	10	55	90	98
-1	25	30	75	95
-2	75	5	25	70

Baseado em experimentos com 1300 pessoas

Fonte: ISO 7730 (2005)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Determinação das Variáveis Físicas e Pessoais

As variáveis térmicas do ambiente, necessárias para a avaliação térmica de acordo a ISO 7730 (2005), foram obtidas por meio do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o qual dispõe de sistemas de estações automáticas instalados ao longo do território brasileiro. Os dados são aferidos em tempo real, armazenados historicamente e disponibilizados para todo e qualquer cidadão por meio do endereço eletrônico: <http://www.inmet.gov.br>. Para o levantamento em questão, utilizaram-se os dados da estação automática que fica localizada no IFAL Campus Piranhas.

Das dez variáveis explicitadas em 2.2, três delas (t_{cl} , h_c e f_{cl}) são calculadas a partir das equações 2, 3 e 4. A temperatura do ar (t_a), temperatura radiante média (\bar{t}_r), velocidade do ar (v_{ar}) e a pressão parcial de vapor de água (p_a), obtida por meio da umidade relativa do ar (R_h), foram coletadas na base de dados do INMET. Ademais, a taxa de metabolismo (M) e a isolamento da roupa (I_{cl}) foram obtidos através da ISO 7730 (2005), enquanto o trabalho mecânico efetivo (W) foi escolhido a partir de valores sugeridos em Cavagna & Kaneko (1976) considerando a adequação ao estudo em questão.

Quanto às variáveis obtidas pelo INMET, esclarece-se que o levantamento de dados se deu da seguinte maneira: foram coletados os valores destas variáveis ambientais dos meses de agosto e setembro de 2018. Coletou-se estes valores referentes ao horário de 13h e 14h.

Armazenou-se estes dados em tabelas e depois foram calculadas as modas e as médias de cada mês para cada variável. Ao julgamento analítico da equipe e adequabilidade conceitual escolheu-se ou a moda ou a média para cada variável como valor representativo deste intervalo de análise.

À luz destas considerações, os valores das variáveis ambientais coletadas pelo INMET foram as seguintes: $t_a=28,64^\circ\text{C}$; $\bar{t}_r=26,7^\circ\text{C}$; $v_{ar}=1,06\text{ m/s}$; $R_h=55\%$. Cabe ressaltar que os meses de coleta destes dados referem-se a um período menos quente, correspondendo ao final do “inverno” e início da “primavera”, dessa forma a conclusão da avaliação do conforto térmico com estes valores será confiável.

Dando continuidade, a taxa de metabolismo (M) foi estimada por meio da Tabela B1 (Anexo B) da ISO 7730. Considerou-se a atividade “walking in level ground”, o que significa “caminhando no plano” e considerou-se, também, que os usuários caminham a uma velocidade de 3 Km/h. Estas considerações refletem, em certo grau de confiança, o que acontece realmente na passarela. A partir destas considerações, a ISO 7730 (2005) fornece o seguinte valor: $M = 140\text{ W/m}^2$. Já para a isolação da roupa (I_{cl}) utilizou-se o Anexo C da ISO 7730 (2005) parte C.1. Considerou-se o padrão de vestimentas adotado no IFAL, o que consiste em calça, blusa (farda), cueca, meia e tênis. Assim sendo, obteve-se o valor de $I_{cl} = 0,70\text{ (m}^2 \cdot \text{K) /W}$.

Por fim, o trabalho mecânico efetivo (W) foi estimado, conforme supramencionado, a partir de valores sugeridos em Cavagna & Kaneko (1976) os quais estimaram um intervalo de variação de W de $(0,35 - 0,40)\text{ (W/m}^2)$ para atividades de caminhada moderada em velocidade aproximada de 3 Km/h. Dessa forma, adotou-se o valor de $W = 0,4\text{ W/m}^2$.

3.2 Avaliação do PMV e PPD

De posse das sete variáveis descritas anteriormente utilizou-se a formulação descrita em 2.2 e 2.3 para avaliação do PMV e PPD. Esta formulação incremental-iterativa não é tão trivial e por uma questão de simplicidade e objetividade a equipe utilizou uma página da Lund University, desenvolvida mais especificamente pelo departamento de ergonomia da faculdade de engenharia desta universidade. Nesta página os pesquisadores do referido departamento implementaram a formulação do PMV e do PPD constante na ISO 7730 (2005). Esta página

está disponível no seguinte endereço eletrônico:
http://www.eat.lth.se/fileadmin/eat/Termisk_miljoe/PMV-PPD.html.

Obteve-se, assim, os seguintes valores: $PMV = 1.95$ e $PPD = 74.6\%$.

3.3 Considerações sobre o Estado de Conforto Térmico da Passarela

A partir dos valores do PMV e PPD pôde-se avaliar o estado de conforto térmico do ambiente onde a passarela se encontra. Analisou-se a tabela 1 e os critérios estipulados pelo Anexo A da ISO 7730 (2005), mais especificamente, a Tabela A.1 deste referido anexo, considerando apenas o estado térmico do corpo como um todo e desprezando os efeitos de desconfortos locais. Dessa forma, concluiu-se, irrevogavelmente, que o ambiente analisado está, termicamente desconfortável.

4 CONCLUSÕES

Este trabalho aborda questões relacionadas ao estado de conforto térmico de uma estrutura. O conforto térmico de um ambiente é imprescindivelmente importante para que se tenha um uso otimizado do ambiente. Dessa forma, este trabalho concentrou-se em avaliar o estado de conforto térmico da passarela do IFAL Campus Piranhas, a partir de métodos delineados na ISO 7730 (2005). No caso em questão, o desconforto térmico afeta os estudantes, professores, técnicos e demais usuários do Instituto, podendo prejudicar o aproveitamento dos educandos no processo de aprendizagem.

Este estudo consiste em um ótimo ponto de início como referência para gestores e projetistas no momento de planejar e projetar as unidades da instituição, de modo a propiciar uma reflexão sobre os pormenores que afetam o conforto dos usuários, transcendendo visões que vislumbram, única e exclusivamente, aspectos estéticos.

Salienta-se que este artigo é parte de um projeto de iniciação científica que está em andamento e portanto como trabalhos futuros mencionam-se: (1) desenvolvimento de uma formulação da temperatura na passarela a partir dos fenômenos de transferência de calor, (2) coleta e interpretação de dados na passarela, (3) comparação dos dados obtidos

experimentalmente com aqueles obtidos teoricamente e (4) propostas de solução para o desconforto térmico na passarela.

No mais, espera-se que este estudo possa contribuir com o ofício do IFAL enquanto agente transformador de realidades na sociedade na qual está inserido. Por fim, mas não menos importante, deseja-se que este trabalho possa contribuir com os avanços dos estudos na área de conforto térmico ao passo que sirva como fonte para interessados, não somente do referido Campus, mas também de todo e qualquer ambiente sob a mesma problemática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANAGNA, G.A.; KANEKO, M. **Mechanical Work and Efficiency in Level Walking and Running**. Istituto di Fisiologia Umana dell' Università di Milano 1976. The Journal of Physiology. PMC, 1976.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISSO 7730 (2005) "Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria"**. Geneva, 2005.

ISO/TS 14415:2005: Ergonomics of the Thermal Environment – Application of International Standards to People with Special Requirements.

PASSOS, I. C. S. **Clima e Arquitetura Habitacional em Alagoas: estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar**. 2009. 175f. Dissertação (Mestrado em Dinâmica do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Programa de pós-graduação em arquitetura e urbanismo. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2009.

RUAS, A. C. **Avaliação de Conforto Térmico: contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. 2001. 79f. Dissertação (Mestrado em Saneamento) – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2001.