

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO URBANO EM PALMAS - TO, O CASO DA AVENIDA JK

Marília Reis Nunes da Silva¹, Liliane Flávia Guimarães da Silva²

¹Discente de graduação em Engenharia Civil – IFTO. Bolsista do PIBIC/IFTO. e-mail: mariliarnsilva@hotmail.com

²Professora da Área de Construção Civil – IFTO. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente – UFT.
e-mail: lilianeg@ifto.edu.br

Resumo: Essa pesquisa teve como objetivo avaliar o conforto térmico urbano na cidade de Palmas–TO, por meio da aplicação de índices de conforto térmico, PMV e UTCI. O local escolhido para esta análise foi a Avenida Juscelino Kubistchek - JK, por se tratar de um dos ambientes comerciais de maior movimentação com características físicas que se repetem em várias áreas comerciais existentes. O tema escolhido justificou-se pela carência de pesquisas com conforto térmico em áreas externas da cidade e pela impossibilidade de controle artificial desses espaços. Averiguou-se que ambos os índices superestimavam a percepção de conforto dos entrevistados, de forma que o índice UTCI teve maior aproximação da sensação térmica real dos mesmos que o PMV. Verificou-se ainda que a escala utilizada de sensação térmica de sete pontos é pequena para demonstrar a realidade climática da cidade. O presente estudo abre mais uma possibilidade na caracterização do conforto térmico, contribuindo para futuras pesquisas sobre o tema em climas semelhantes.

Palavras-chave: Conforto térmico urbano, Índices de conforto térmico, Avenida JK, Palmas–TO

1. INTRODUÇÃO

O conforto térmico evidencia a relação do ser humano com o clima, sendo um dos mais relevantes canais da percepção no entendimento da sua relação com o meio ambiente. Segundo Ayoade (1996), o clima afeta a saúde humana mais do que qualquer outro elemento do meio ambiente, podendo estimular as atividades humanas de forma positiva ou negativa, pois afeta as principais bases da vida para a humanidade, como o ar, a água, o alimento e o abrigo. No entanto, mesmo evidenciada a importância do clima e a relevância do conforto como canal para sua percepção, há grande carência de estudos na área em espaços externos, além de, em sua maioria, serem voltados a ambientes internos (ROSSI, 2012; MONTEIRO, 2008). Além disso, é muito reduzida a produção acadêmica sobre clima e conforto térmico na Região Norte do país, problemática ainda mais agravada na cidade de Palmas–TO, com apenas 26 anos de sua fundação.

Pelos motivos descritos, a pesquisa volta o seu tema ao conforto térmico urbano, pois em espaços abertos evidenciam-se as características naturais do clima. A pesquisa tem a finalidade de avaliar o conforto térmico urbano na cidade de Palmas–TO, a partir da aplicação de índices de conforto térmico. Tendo em vista o grande número de índices existentes e que não há um índice criado para as condições climáticas do Brasil, foram selecionados os dois índices mais utilizados em pesquisas brasileiras: o *Predicted Mean Vote* – PMV, criado por Fanger (1970) para ambientes internos; e o *Universal Thermal Climate Index* – UTCI, inicialmente desenvolvido pela *International Society of Biometeorology* - ISB (BRÖDE, *et al.*, 2012) para ambientes externos. O PMV, mesmo tendo sido criado para ambientes internos, tem sido gradualmente utilizado em contextos externos (ROSSI, 2012; NIKOLOPOULOU, 2004), enquanto o UTCI é um dos mais recentes modelos desenvolvidos, aplicável a todos os tipos de clima (ROSSI, 2012; BRÖDE, *et al.*, 2012).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi dividida em quatro etapas principais: 1. Pesquisa bibliográfica e seleção dos espaços para monitoramento; 2. Levantamento de campo dos dados físicos (temperatura,

radiação, umidade e velocidade do ar) através de instrumentos; 3. Levantamento de campo dos dados pessoais com formulários acerca de sensação, avaliação e preferência térmica, descritas na norma ISO 10551 (1998); 4. Análise dos dados com caracterização dos dados climáticos, das respostas dos entrevistados e dos índices de conforto selecionados.

Após pesquisa bibliográfica relacionadas ao tema conforto e a cidade Palmas-TO, foi selecionada a Avenida Juscelino Kubistchek – JK, ambiente de grande movimentação urbana pelo comércio com características bem marcantes de praticamente todas as áreas comerciais da cidade: planejamento de sombras nas entradas das lojas comerciais proporcionadas por balanços, vias divididas por refúgio central e vegetação esparsa. Essas características se repetem em várias áreas comerciais existentes na cidade.

No levantamento de campo, foram coletados dados *in loco* com uma estação meteorológica portátil e um termômetro de globo negro (15 cm de diâmetro, com emissividade 0,95). Os dados foram levantados durante a estação seca em Palmas-TO, período de maiores temperaturas máximas do ano, nos meses de agosto e setembro, com 34,5°C e 35,2°C respectivamente, segundo Normal Climatológica do INMET (2014).

Os equipamentos foram instalados na calçada, expostos às mesmas condições climáticas dos transeuntes (Figura 1). Foram coletados dados de cinco dias não consecutivos, sendo estes: 15/08/2014, 22/08/2014, 29/08/2014, 05/09/2014, 17/09/2014. Os dados foram coletados do equipamento a cada hora entre as 8h e 12h no período matutino e entre as 14h e 18h no período vespertino.

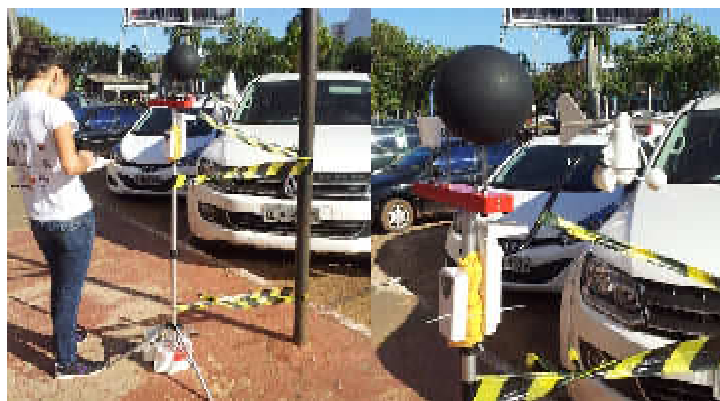


Figura 1 – Equipamentos instalados na Avenida Juscelino Kubistchek – JK

Para a aplicação dos formulários com os transeuntes, a determinação da amostra utilizou a estatística descritiva, seguindo as recomendações de Fonseca e Martins (2010) para variáveis qualitativas, desconhecendo-se a população, com nível de confiança de 95,5%, erro amostral admitido de 5%, estimativa da variável de 50%, obtendo assim o maior tamanho da amostra de 400 pessoas, sendo aplicados 10 formulários por hora.

Para a análise, foi utilizada metodologia apropriada aos índices escolhidos. O PMV resulta em um voto médio predito das pessoas em uma escala composta de sete pontos: -3 *muito frio*; -2 *frio*; -1 *pouco frio*; 0 *neutro* (conforto); +1 *pouco quente*; +2 *quente*; +3 *muito quente*. O UTCI deriva em uma temperatura equivalente a um ambiente de referência, sendo classificado em categorias de estresse térmico por faixas da temperatura resultante: inferior a -40°C *estresse extremo para o frio*; -40 a -27°C *estresse extremo para o frio*; -27 a -13°C *estresse forte para o frio*; -13 a 0°C *estresse moderado para o frio*; 0 a +9°C *pouco estresse para o frio*; +9 a +26°C *sem estresse térmico* (conforto); +26 a +32°C *estresse moderado para o calor*; +32 a +38°C *estresse forte para o calor*; +38 a +46°C *estresse muito forte para o calor*; superior a +46°C *estresse extremo para o calor*. Para o cálculo do PMV e do UTCI, optou-se pelo cálculo *on line* dos dois índices, sendo para o UTCI através do site <http://www.utci.org>, da ISB, e para o PMV, pelo site <http://smap.cbe.berkeley.edu/comforttool>, da Universidade de Berkeley, EUA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos questionários, pode-se fazer uma caracterização da população entrevistada, com informações sobre gênero, idade, peso, altura, metabolismo, vestimenta, tempo de moradia em Palmas e região de origem. Os mesmos compuseram uma amostra diversificada.

A amostra compreendeu uma população em sua maioria do sexo masculino (Figura 2 A). Dentre a grande variedade de faixa etária, entre 14 e 78 anos, predominou uma população adulta jovem, com 43,5% de 20 a 34 anos de idade, e uma parcela mais reduzida acima de 65 anos (Figura 2 B). Para o peso, no total acumulado, o intervalo de 50 a 79,9 Kg corresponde à maior parcela dos entrevistados, 72,0% (Figura 2 C). Apenas 1,0% pesavam entre 110 e 120 Kg, e 7,3% menos de 50 Kg, parcelas mais reduzidas. Quanto à altura, a maior parte dos entrevistados corresponde ao intervalo de 1,55 a 1,74 m, com uma porcentagem de 63,3%, (Figura 2 D). Acima de 1,85 m de altura encontravam-se 3,5% dos entrevistados, e mais reduzida foi a faixa abaixo de 1,45m, apenas 0,5%.

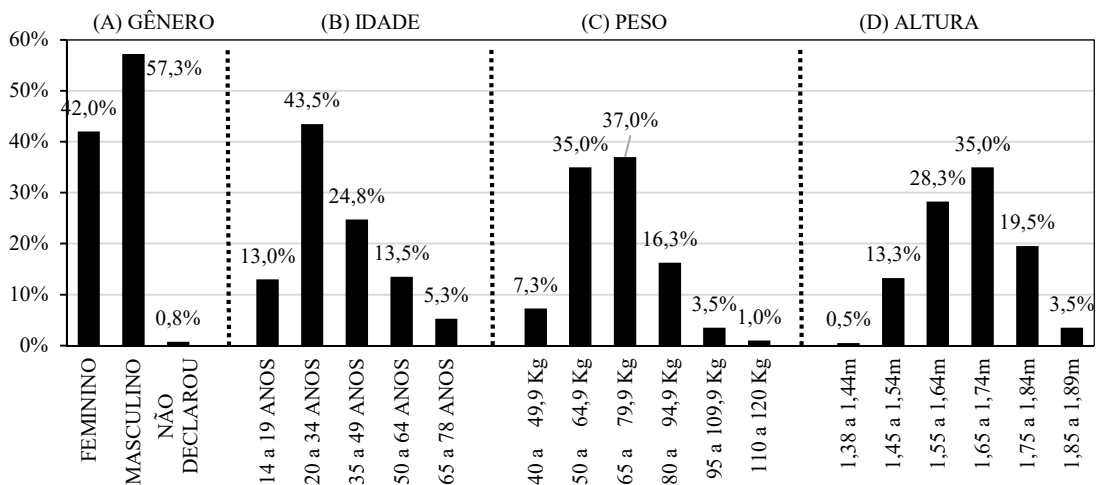


Figura 2 – Frequência relativa de Gênero (A), Idade (B), Peso (C) e Altura (D)

Os entrevistados também foram questionados quanto ao tempo de moradia em Palmas e à região de origem. Esta última difere da naturalidade, pois não corresponde à região de nascimento, mas à região onde os mesmos moravam anteriormente. A maior parte dos respondentes é oriundo do próprio Estado do Tocantins, 45,9% (Figura 3 A). Destes, apenas dois entrevistados eram nascidos em Palmas, os demais moravam anteriormente no interior do Estado. Quanto ao tempo de moradia em Palmas, a Figura 3 B demonstra uma distribuição muito próxima entre as classes, com destaque para a faixa entre 10 e 19 anos, com 43,5% do total. A média de metabolismo foi de 1,94 Met (1 Met = 58,2 W/m² = 50 kcal/m².h) e a média do isolamento das roupas foi de 0,47 clo (1 clo = 0,155m².°C/W).

Dentre as variáveis climáticas levantadas na Avenida Juscelino Kubistchek – JK, a temperatura do ar apresentou valores máximos no período vespertino e as mínimas foram registradas nas primeiras horas do dia, com leve queda ao final da tarde (Figura 4 A). A temperatura do ar apresentou certa variação entre os dias pesquisados, principalmente o dia 22/08, com as temperaturas mais elevadas. A temperatura do globo acompanhou de forma semelhante ao registrado na temperatura do ar, obtendo os valores máximos entre as 14h e 16h e as mínimas nas primeiras e nas últimas horas coletadas (Figura 4 B).

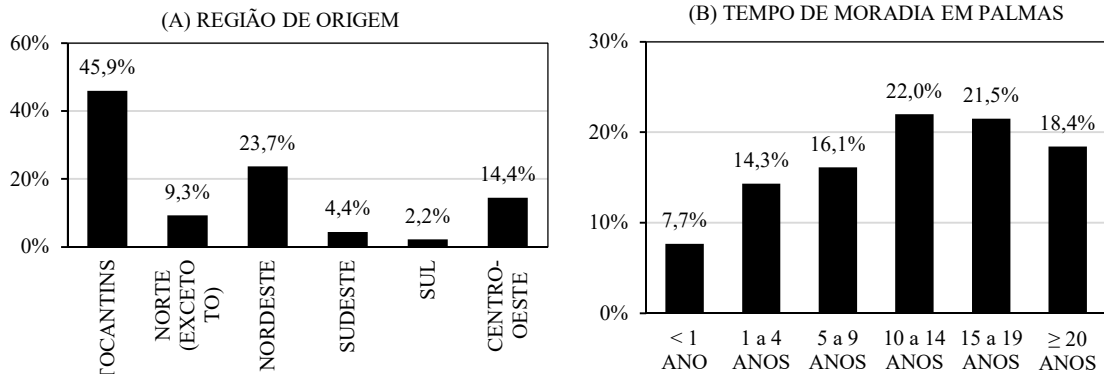


Figura 3 – Frequência relativa de Região de Origem (A) e Tempo de moradia em Palmas (B)

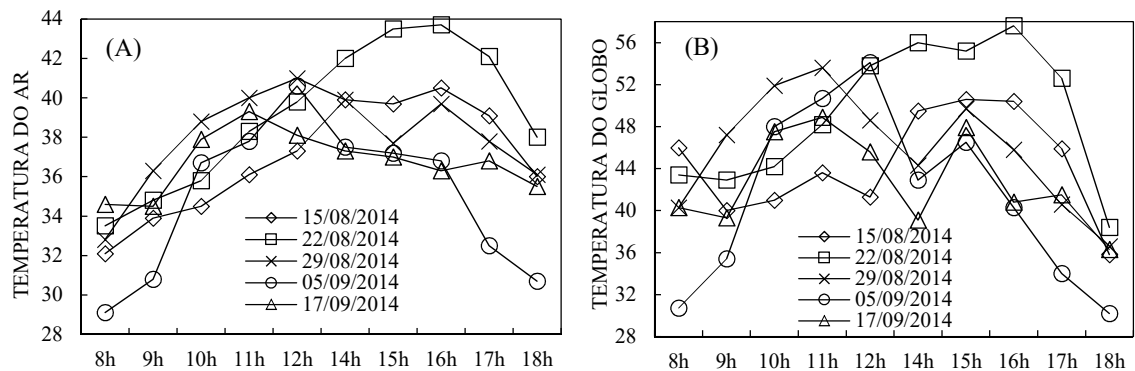


Figura 4 - Temperatura do ar em °C (A) e Temperatura do globo em °C (B)

A umidade relativa do ar acompanhou de forma inversa o registrado na temperatura do ar (Figura 5 A). A máxima registrada nos dois locais de estudo foi de 63% e a mínima de 21%, sendo as máximas nas primeiras horas do dia e as mínimas no período vespertino, período em que houve aumento da temperatura do ar, com certa variação entre os dias pesquisados. A velocidade do ar não ultrapassou 2,36m/s sendo muitas vezes nula (Figura 5 B).

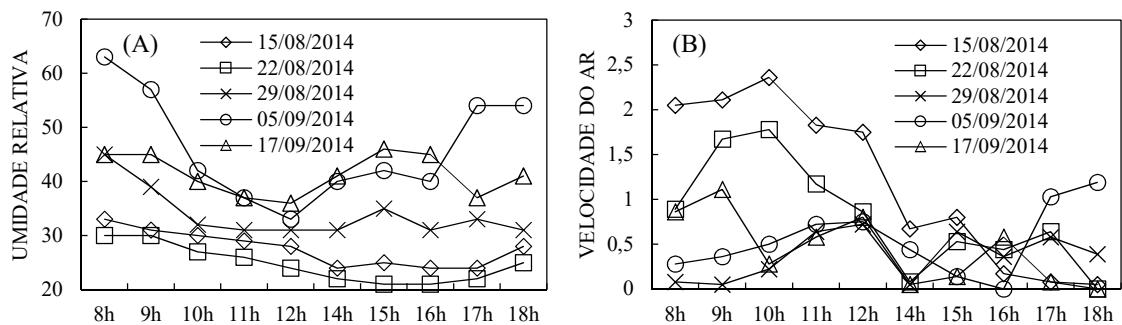


Figura 5 - Umidade relativa do ar em % (A) Velocidade do ar em m/s (B)

Para a percepção térmica (sensação térmica real) dos entrevistados foi utilizada uma estrutura de sete pontos: -3 *muito frio*; -2 *frio*; -1 *pouco frio*; 0 *neutro*; +1 *pouco quente*; +2 *quente*; +3 *muito quente*, conforme recomendação da ISO 10551 (1995). A maior parte dos entrevistados alegou estar com muito calor, 46%, seguido de 20,5% com calor, e 14,8% com pouco calor (Figura 6 A). 18,5% respondeu estar neutro (sem calor ou frio) e uma parcela mínima respondeu estar com pouco frio (0,3%). A avaliação de conforto utilizou uma estrutura de escala binária (confortável ou desconfortável). Grande parte dos entrevistados possui voto desconfortável,

parcela essa que corresponde a 78% dos mesmos, enquanto apenas 21,5% sente-se confortável (Figura 6 B).

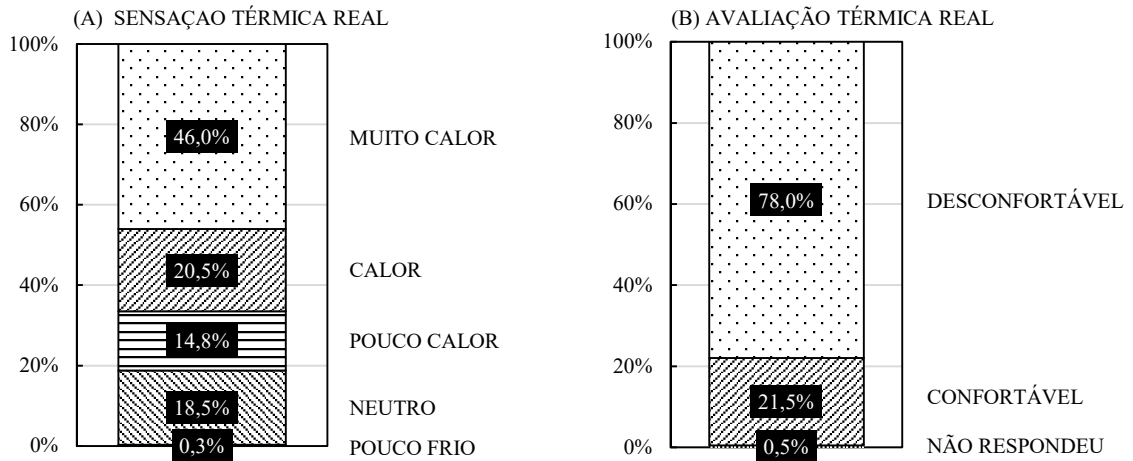


Figura 6 - Sensação Térmica Real (A) e Avaliação Térmica Real (B)

A preferência térmica foi avaliada em uma estrutura de três escalas: mais resfriado, sem mudanças e mais aquecido. Em relação a esta variável, a maioria, 84,5%, preferia estar mais resfriado, enquanto 15% não teve preferência por mudanças e 0,5% dos entrevistados não opinaram (Figura 7 A). Quanto às reações ao desconforto, constatou-se que mais da metade dos entrevistados, 58,8%, procura uma sombra para se proteger da exposição direta ao sol. 24,5% dos transeuntes procuram usar roupas mais leves e parcela considerável vai embora do local (12,5%). Os entrevistados podiam selecionar mais de um item quanto à reação ao desconforto (Figura 7 B).

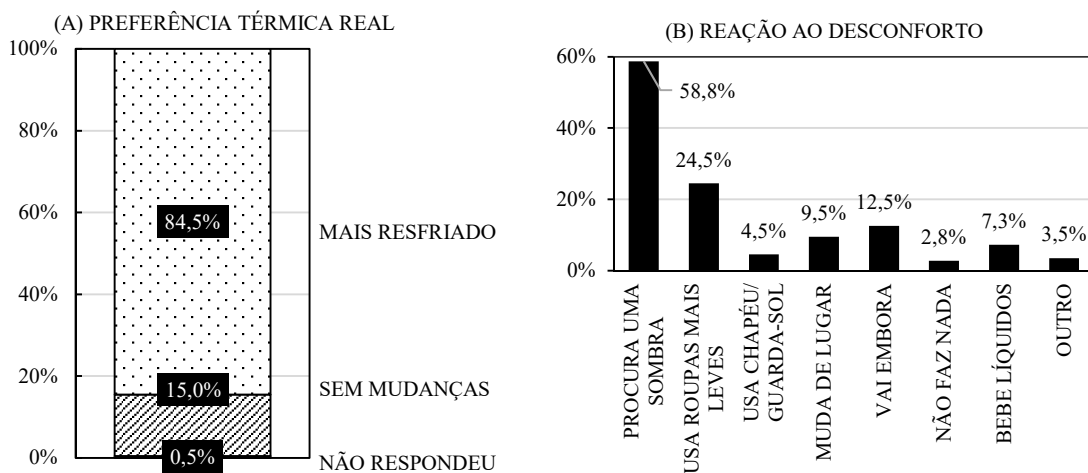


Figura 7 - Preferência Térmica Real (A) e Reação ao desconforto (B)

Ainda quanto à preferência e reação, questionou-se aos entrevistados quanto às áreas mais confortáveis e mais desconfortáveis em relação ao local pesquisado, com a possibilidade de mais de uma resposta. A maioria dos entrevistados alegou estar mais confortável sob as árvores, 66%, e sob as marquises, 26%, ou seja, locais sombreados (Figura 8 A), e mais desconfortáveis na rua, 63,8%, estacionamento, 30% e calçada, 15,3%, locais expostos ao sol (Figura 8 B).

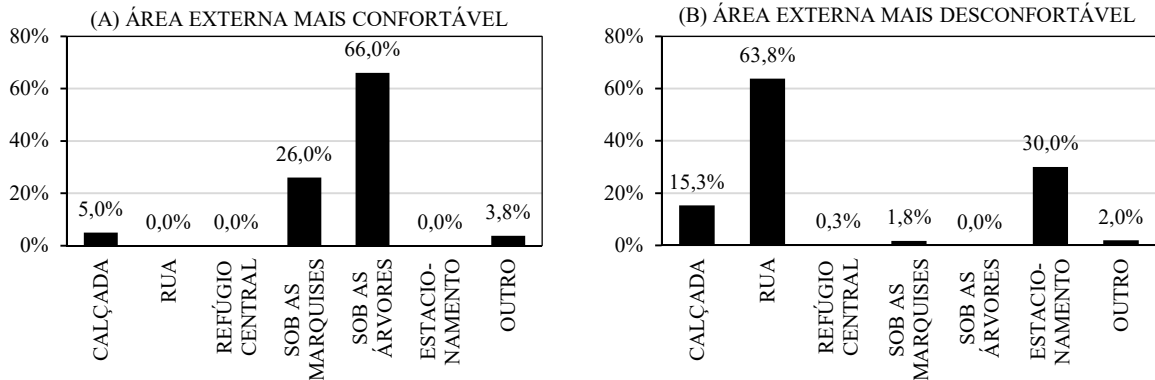


Figura 8 – Área externa mais confortável (A) e Área externa mais desconfortável (B)

O índice UTCI foi obtido por meio dos dados: temperatura do ar, temperatura radiante média (obtida através da temperatura de globo, utilizando as fórmulas da ISO 7726 (1998)), umidade relativa e velocidade do ar a 10m de altura (obtida através dos procedimentos de Bröde *et al.* (2012)). Os resultados encontrados quanto ao índice UTCI apresentaram valores máximos em horários variados, entre 11h e 16h (Figura 9 A). O índice apresentou-se sempre superior a 30°C, ultrapassando os 50°C em alguns horários (faixa de *estresse extremo para o calor*) e em apenas um dia ocorreu a faixa de *estresse moderado para o calor*, às 8h e às 18h do dia 05/09/2014. Pode-se observar que em todos os dias e horários não houve sensação térmica neutra (*sem estresse térmico*) que estaria abaixo de 26°C UTCI. A faixa de *estresse muito forte para o calor* apresentou maior frequência durante o dia, em 64% dos casos (Figura 9 B).

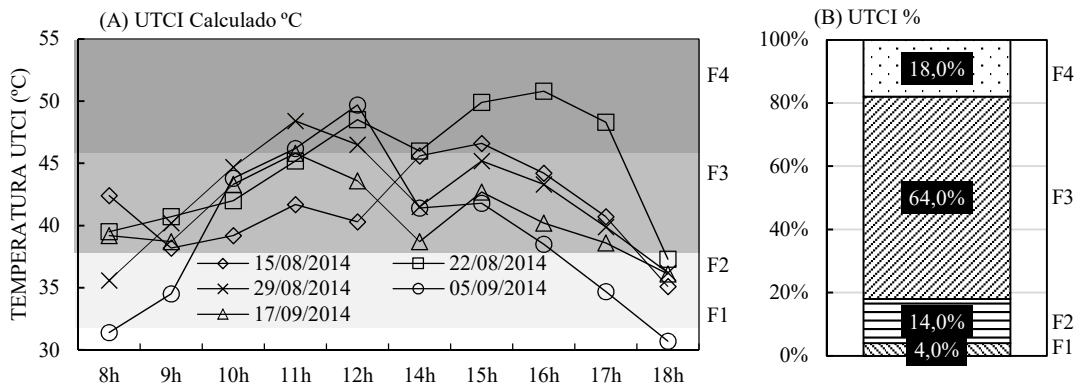


Figura 9 - UTCI calculado (A) e Percentual UTCI Calculado (B), com as faixas de estresse térmico F1: *estresse moderado para o calor*; F2: *estresse forte para o calor*; F3: *estresse muito forte para o calor*; F4: *estresse extremo para o calor*.

O índice PMV é calculado a partir das variáveis temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar, umidade, metabolismo (met) e isolamento das roupas (clo). O PMV foi calculado para cada indivíduo, considerando as médias das variáveis ambientais no intervalo de hora medido (Figura 10 A). Em 3,8% dos casos, o site não indicou valores para o índice PMV, sendo estes considerados nulos e muitos valores ultrapassam a escala máxima de sete pontos proposto pelo índice. Verificou-se que não houve sensação térmica *neutra* (valor próximo a 0) e em apenas um dia e horário ocorreu sensação térmica *pouco quente*, entre as 17 e 18h do dia 05/09/2014 (1,8%). Houve predominância na Faixa 5, de valores muito extremos na escala adotada pelo índice (acima de +3,5), com 63,8%. As Faixas 3 (sensação *quente*, entre +1,5 e +2,5) e 4 (sensação *muito quente*, entre +2,5 e +3,5) corresponderam juntas a 30,8% dos entrevistados.

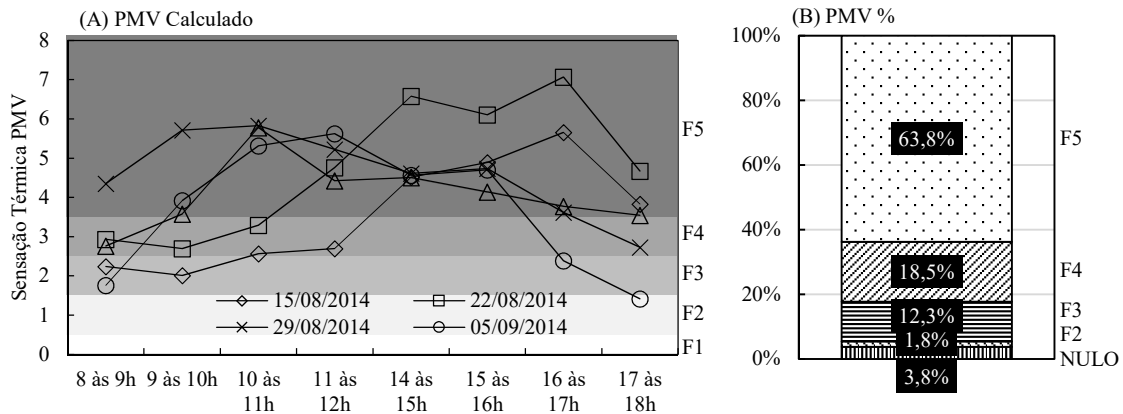


Figura 10 - PMV calculado (A) e Percentual PMV calculado (B), com as faixas aproximadas de sensação térmica: F1: *neutro*; F2: *pouco quente*; F3: *quente*; F4: *muito quente*; F5: valores extremos, superiores à escala do índice; NULO: valores não calculados pelo índice.

Verificou-se que ambos os índices, PMV e UTCI, superestimaram o desconforto térmico para o calor dos entrevistados. Enquanto na resposta dos transeuntes temos 78% de pessoas com avaliação desconfortável (Figura 6 B), no cálculo dos índices há 100% de desconforto (nenhuma sensação neutra).

Quanto à sensação térmica, a maioria dos entrevistados encontrava-se com *calor* (20,5%) e com *muito calor* (46%), que somados representam 66,5% dos votos (Figura 6 A). Se comparados aos índices quanto a valores equivalentes (superiores a *quente* no PMV e superiores a *estresse por calor forte* no UTCI), os resultados dos índices ainda apresentaram valores muito superiores às respostas dos entrevistados. A distribuição apresenta também uma subestimação de sensação térmica real de *pouco calor*, com 14,8% na resposta dos entrevistados (Figura 6 A), aparecendo em apenas dois casos da categoria UTCI *calor moderado* e em um caso no PMV *pouco quente*. No entanto, verifica-se uma diferença relevante na distribuição de cada índice em relação à sensação térmica real. No PMV predomina a maior faixa de calor, de valores extremos, superiores à escala do índice, enquanto no UTCI predomina uma faixa intermediária, de *estresse por calor muito forte*.

6. CONCLUSÕES

Os índices apresentaram valores extremos, representando o desconforto total dos entrevistados. Esse resultado apresenta um contraste em relação às respostas dos transeuntes, que se sentiam em sua maioria desconfortáveis, entretanto em percentual inferior ao indicado pelos índices. Os índices PMV e UTCI ultrapassaram não só a avaliação térmica de desconforto das pessoas, como também a sensação térmica de calor, o que mostra que os índices carecem de adaptações à realidade do local pesquisado.

Uma parcela expressiva encontrava-se confortável, se consideradas as condições climáticas interpretadas pelos índices, embora a maior parte da população entrevistada tenha apresentado voto desconfortável. Tal ocorrência pode ser explicada pela subjetividade intrínseca às sensações das pessoas, que são influenciadas por fatores psicológicos, socioculturais, etc.

Os resultados apresentados demonstraram também uma dificuldade de comparação nas escalas entre os índices e a aplicada nas entrevistas. O UTCI não apresenta uma sensação térmica de *pouco estresse para o calor*. O PMV, apesar de apresentar a mesma escala utilizada nas entrevistas, resultou em valores muito superiores a esta escala, o que sugere que a escala de sensação térmica de sete pontos é pequena para demonstrar a realidade climática de Palmas-TO. Verificou-se a necessidade de reavaliação dos índices para aplicação com cruzamento de dados reais de sensação e avaliação térmica. A metodologia dos mesmos, principalmente do UTCI, não foca na comparação com dados subjetivos.

Verificou-se ainda que, apesar da superestimação de ambos os índices, o UTCI apresentou predominância de sensação térmica mais próxima da sensação térmica real que o índice PMV, com maior percentual na faixa de *estresse por calor muito forte*, valores mais próximos da sensação térmica real *muito calor*.

Pelas dificuldades encontradas, como a necessidade de ampliação da escala de respostas da população, a subjetividade das respostas e as grandes diferenças observadas nos índices, sugere-se maior investigação nestes espaços e o desenvolvimento de metodologias de comparação de dados dos índices com dados reais, considerando um número maior de variáveis, principalmente tendo em vista a complexidade da análise da sensação térmica em espaços urbanos em locais de clima de altas temperaturas como o de Palmas–TO. O presente estudo abre mais uma possibilidade na caracterização do conforto térmico na cidade estudada, contribuindo para futuras pesquisas sobre o tema em climas semelhantes, servindo também de instrumento para o planejamento urbano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFTO pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto e pelo empréstimo dos equipamentos utilizados para a coleta dos dados.

REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

BRÖDE, P. et. al. Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). **International Journal of Biometeorology**, n. 56, p. 481–494, 2012.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering**. Nova Iorque: McGraw Hill, 1970.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de estatística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 28 maio 2014.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10551: Ergonomics of thermal environment: Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales**. Genebra, 1995.

_____. **ISO 7726: Ergonomics of the thermal environments: Instruments for measuring physical quantities**. Genebra, 1998.

MONTEIRO, L. M. **Modelos preditivos de conforto térmico: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos**. 378 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – USP, São Paulo, 2008.

NIKOLOPOULOU, M. (coord.). **Designing Open Spaces in the Urban Environment: a Bioclimatic Approach**. Grécia: Kane Cres, 2004.

ROSSI, F. A. **Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba**. 188 f. Tese (Doutorado em Tecnologia) – UTFPR, Curitiba, 2012.