XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8800

Índice PET: Calibração das Faixas de Neutralidade Térmica para Diferentes Ambientes em Clima Tropical de Savana

PET Index: Calibration of Thermal Neutrality scale for Different Environments in the Brazilian Tropical Savanna Climate

Ivan Julio Apolônio Callejas
UFMT | Cuiabá | Brasil | ivan.callejas@ufmt.br
Julia Trevisan de Campos
UFMT | Cuiabá | Brasil | julia.campos@sou.ufmt.br
Luciane Cleonice Durante
UFMT | Cuiabá | Brasil | luciane.durante@ufmt.br
Vitória Silva Piovan
Universidade Federal de Mato Grosso| Cidade | Brasil | vitoria.piovan@sou.ufmt.br

Resumo

O estudo objetivou calibrar as faixas de neutralidade térmica do índice PET em diferentes ambientes (externos, de transição e internos) localizados em clima tropical de savana. Entrevistas de conforto térmico com usuários em praças, pátios e salas de aula foram conduzidas concomitantemente a medições microclimáticas destes ambientes. Os votos de sensação térmica (VST) foram correlacionados com valores do índice PET, permitindo derivar equações de ajuste e identificar temperaturas neutras e limites de conforto. Evidencia-se forte correlação entre o índice PET e os VST, com faixas de neutralidade térmica entre 20,4–29,1°C para ambientes externos, entre 22,2-31°C para pátios e entre 24-27,1°C para salas de aula. Devido a maior sensibilidade térmica nos ambientes internos, a faixa é mais restrita, enquanto os pátios apresentaram maior amplitude devido ao controle da insolação e dos ventos, além de fatores subjetivos como paisagismo e estética. O estudo evidencia que a aclimatação ao clima local e as características espaciais influenciam diretamente a percepção térmica, fornecendo subsídios para estratégias de conforto ambiental e projeto arquitetônico.

Palavras-chave: Conforto térmico. Índice PET. Neutralidade térmica. Clima tropical de savana.

Abstract

The study aimed to calibrate the thermal neutrality ranges of the PET index in different environments (outdoor, transitional, and indoor) located in a tropical savanna climate. Thermal comfort interviews with users in squares, courtyards, and classrooms were conducted concomitantly with microclimatic measurements of these environments. Thermal sensation votes (TSV) were correlated with PET index values, allowing the derivation of adjustment equations and the identification of neutral temperatures and comfort limits. A strong correlation between the PET index and TSV is found, with thermal neutrality ranges between 20.4–29.1°C for outdoor spaces, between 22.2-31°C for courtyards, and between 24-27.1°C for classrooms. Due to greater thermal sensitivity in indoor environments, the range is narrower, whereas courtyards presented wider amplitude due to solar radiation and wind control, as well as subjective factors such as landscaping and aesthetics. The study highlights that acclimatization to the local climate and spatial characteristics directly influence thermal perception, providing support for environmental comfort strategies and architectural design.

Keywords: Thermal comfort. PET index. Thermal neutrality. Tropical savanna climate.

CALLEJAS, I. J. A.; CAMPOS, J. T. ; DURANTE, L. C.; PIOVAN, V. S. Índice PET: Calibração das Faixas de Neutralidade Térmica para Diferentes Ambientes em Clima Tropical de Savana. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8800

INTRODUÇÃO

O índice PET (Physiological Equivalent Temperature) tem sido utilizado como um instrumento de avaliação da sensação térmica desde 2003, com ampla utilização a partir de 2012 [1]. É amplamente utilizado tanto em estudos de planejamento urbano e regional quanto na avaliação de conforto térmico em ambientes internos e externos, justamente por sua sensibilidade às variáveis climáticas.

Ao considerar a termorregulação humana em regime estacionário, o índice PET adota como referência o Modelo de Balanço Energético de Munique para Indivíduos (MEMI), que descreve os aspectos termofisiológicos com base no balanço energético do corpo humano [3]. Esse modelo incorpora variáveis climáticas, como temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, além da temperatura radiante média, derivada da equação de balanço térmico. O PET é definido como a temperatura equivalente fisiológica aplicável a qualquer ambiente, externo ou interno. Em termos conceituais, corresponde à temperatura do ar em um cenário típico de espaço interno na qual o balanço térmico do organismo é mantido, assegurando que as temperaturas centrais e da pele sejam equivalentes às condições avaliadas [4].

No Brasil, o índice PET tem sido amplamente utilizado para avaliar o grau de estresse e conforto térmico de usuários em áreas abertas, considerando diferentes microclimas e espaços urbanos. Diversos estudos demonstram sua aplicação em localidades com climas distintos: Gobo et al. [5] em Santa Maria-RS (Cfa), Krüger et al. [6] em Curitiba-PR (Cfb), Rossi et al. [7] no Rio de Janeiro-RJ (Am), Lucchese et al. [8] em Campo Grande-MS (Aw) e da Silva e Alvarez [9] em Vitória-ES (Aw). Embora a maioria dos trabalhos concentre-se em espaços externos, há pesquisas que aplicam o PET em ambientes internos durante a fase projetual das edificações, auxiliando na tomada de decisões quanto à satisfação dos usuários e ao estabelecimento de critérios que contribuem para reduzir o consumo energético [10].

Para isso, torna-se necessário aplicar calibrações aos índices térmicos em razão das diferenças associadas aos países, aos contextos climáticos e culturais, bem como às distintas exigências térmicas. Entre os métodos de calibração do PET, o mais utilizado pelos pesquisadores com intuito de gerar escalas locais adaptadas se dá por meio de regressão linear, análise de frequência e análise de regressão ordinal [11][6]. É um procedimento que busca contemplar tanto os aspectos físicos e fisiológicos, que influenciam o balanço térmico do corpo humano, mas também fatores adaptativos relacionados às condições climáticas locais. Essa necessidade reforça a importância da coleta de dados subjetivos associados aos valores do índice. Como consequência, observa-se que a faixa de neutralidade térmica em ambientes externos pode variar de acordo com a localização, tanto em diferentes regiões do mundo quanto entre distintas áreas dentro do próprio Brasil. Para cidades da Grécia, a faixa está compreendia entre 23–28 °C [12] enquanto nas cidades de Changsha e Xangai, na China, entre 15,0–22,0°C e 15,0–29,0 °C, respectivamente [13]. Por sua vez no Brasil, na região de clima tropical, em Campo Grande-MS [8], entre 22–27,0 °C e em Cuiabá-MT, entre 23,0°C e 34,64 °C [14].

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8800

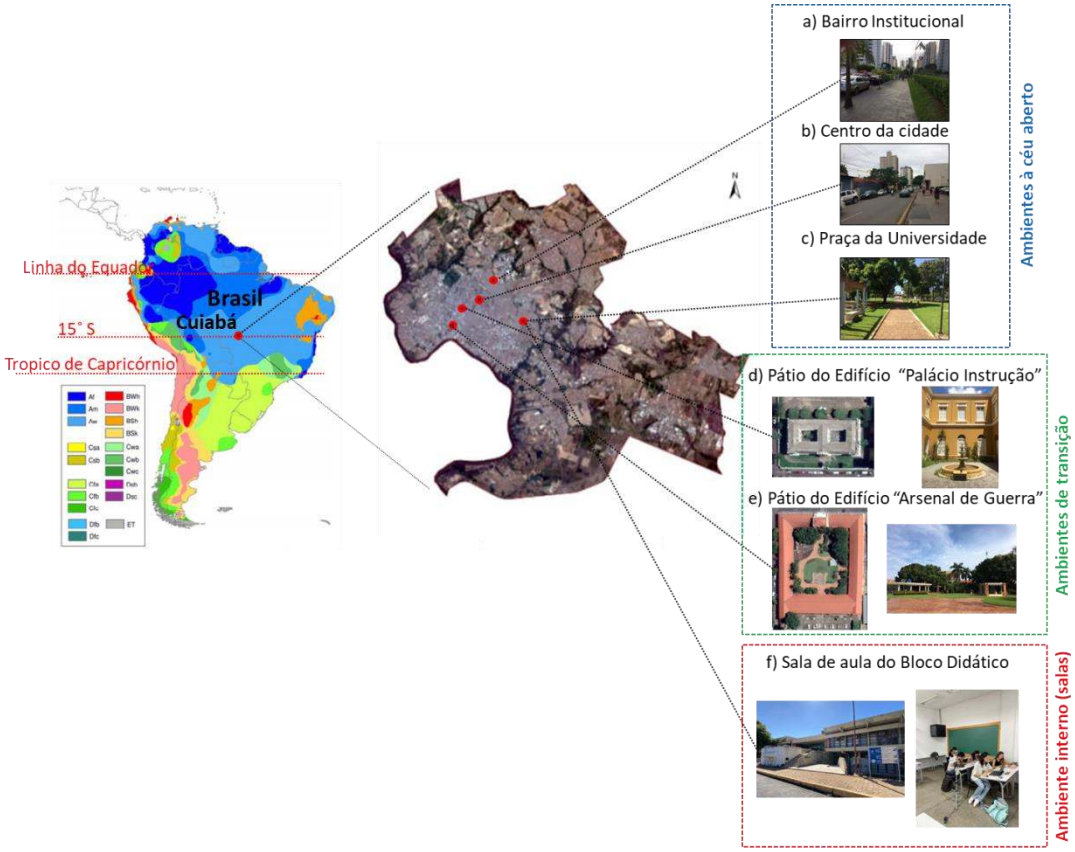
Nesse contexto, questiona-se se as faixas de neutralidade térmica locais, obtidas por meio de entrevistas de conforto conduzidas em ambientes com diferentes condições de exposição — externos ao ar livre, de transição em pátios e internos em salas de aula — apresentam similaridade entre si ou se tais diferenças espaciais seriam capazes de influenciar a sensibilidade térmica dos entrevistados. Diante disso, o objetivo deste trabalho é determinar as faixas de neutralidade térmica para o índice PET em distintos ambientes (externos, de transição e internos), considerando o contexto climático regional caracterizado como savana brasileira.

MATERAIS E MÉTODO

ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa é realizada no município de Cuiabá (15°36'36”S; 56°11'04”W), capital do Estado de Mato Grosso, Centro-Oeste do Brasil, dentro do campus da Universidade Federal de Mato Grosso, no bloco da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia (Figura 1). A região é caracterizada por um clima Tropical de Savana (Köppen-Geiger Aw), com duas estações distintas: uma estação chuvosa (quente e úmida, de outubro a abril) e uma estação seca (quente e seca, de maio a setembro) [15].

Figura 1: Localização da cidade de Cuiabá, no Estado de Mato Grosso, Brasil, América Latina.



Fonte: os autores.

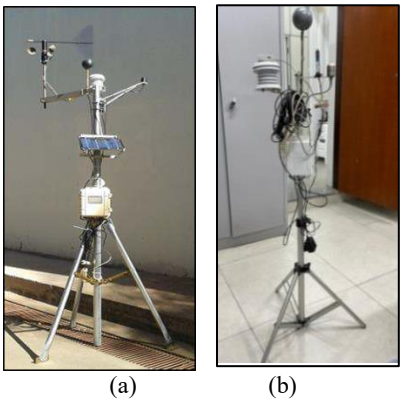
ENTREVISTAS EM DIFERENTES AMBIENTES

A pesquisa analisou a percepção térmica em três tipos de ambientes na cidade de Cuiabá a partir de campanhas conduzidas em períodos distintos. Entre 2016 e 2017, conduziu-se 685 entrevistas em três espaços externos, em uma região caracterizada como bairro comercial (Figura 1a), outra como região central da cidade (Figura 1b) e em região da Praça da UFMT (Figura 1c) [16]. Entre 2019 e 2020, conduziu-se uma segunda campanha, aplicando-se 176 entrevistas a usuários dos ambientes de transição dos pátios do Palácio da Instrução (Figura 1d) e do Arsenal de Guerra (Figura 1e) [17]. Por fim, entre fevereiro e setembro de 2025, conduziram-se 312 entrevistas em salas de aula do bloco didático da UFMT (Figura 1f), com o edifício rodando na condição de ventilação seletiva. O estudo contemplou tanto a estação quente-seca quanto a quente-úmida, permitindo comparar a sensação térmica em ambientes externos, de transição e internos, e avaliar como diferentes contextos espaciais influenciam a percepção dos usuários.

INSTRUMENTAÇÃO E COLETA DOS DADOS METEOROLÓGICOS

O registro das variáveis ambientais foi realizado por meio de uma estação meteorológica da marca Onsetcomp, modelo HOBO U30 para ambientes externos (Figura 2a) e modelo U21 para ambientes internos (Figura 2b) posicionada próxima aos entrevistados e equipada com sensores de radiação solar (R_g), temperatura do ar (T_a), umidade relativa do ar (UR%), temperatura do globo (T_g) e velocidade do ar (v_a), com as características apresentadas na Tabela 1. Para os ambientes internos, utilizou-se um anemômetro de fio quente acoplado a um datalogger da marca Onsetcomp, modelo HOBO U12. Todos os sensores atendem à recomendação da ISO 7726 [18] e foram previamente calibrados. O diâmetro do termômetro de globo negro utilizado foi de 0,063m, com emissividade 0,95. Os dados registrados pelos equipamentos foram processados e armazenados por meio de datalogger, em intervalos de amostragem de 30s, com médias geradas a cada 5 minutos.

Figura 2: Modelo de estação meteorológica usada nos monitoramentos microclimáticos (a) externo e (b) interno



(a) (b)

Fonte: Os autores.

Tabela 1: Características dos sensores da estação meteorológica.

Variável meteorológica	Modelo do sensor	Faixa de medição	Precisão
Radiação solar (R_g)	S-LIB	0 – 1280Wm^{-2}	±10Wm^{-2}
Temperatura do ar (T_a)	S – THB - M008	-40 – 75°C	±0.2°C entre 0˚C a 50˚C
Umidade relativa (UR)	S – THB - M008	0 – 100%	± 2,5% entre 10 e 90%
Temperatura de globo (T_g)	S – TMB – M002	-40° - 100°C	±0.2°C entre 0˚C a 50˚C
Velocidade do ar (v_a) (concha)	S – WSA/ WCA	0 – 45m/s	1,1 m/s ou ± 4%
Velocidade do ar (v_a) (anemômetro fio quente)	T-DCI-F300	0,15 a 1,0 m/s	±1% da leitura + 0.05 m/s

Fonte: Os autores.

Para derivação da temperatura radiante média (T_{mrt}), utilizou-se a equação da ISO 7726 [18] para convecção forçada transcrita na Equação 1.

$$Tmrt = \left\{ (T_g + 273)^4 + \left[\frac{(1.1\ x\ 10^8\ x\ v_a{}^{0.6})}{(\varepsilon_g\ x\ D^{0.4})} \right] x\ (T_g - T_a) \right\}^{1/4} - 273 \qquad \text{Equação 1}$$

Em que Tg representa a temperatura de globo; Ta é a temperatura do ar; va é a velocidade do ar;ε_g é a emissividade (0,95); D é o diâmetro do globo (0,063cm).

APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS - OBTENÇÃO DA SENSAÇÃO TÉRMICA DECLARADA

Paralelamente ao monitoramento microclimático, foram aplicados questionários a pedestres em ambientes externos, usuários de pátios e alunos em salas de aula, visando obter a sensação térmica declarada. A primeira parte registrou dados pessoais e informações de aclimatação, tempo de permanência, estado de saúde e isolamento por vestimenta conforme a ISO 9920 [19], com exclusão de residentes há menos de seis meses (a fim de evitar a participação de indivíduos ainda não aclimatados ao clima) ou com sintomas de doença. Na segunda parte, os participantes avaliaram sua sensação térmica por meio da escala Likert de sete pontos proposta pela ISO 10551 [20] (de -3: muito frio a +3: muito calor), além de aceitabilidade e tolerância ao ambiente. As respostas foram utilizadas para derivar faixas adaptadas de neutralidade térmica conforme a percepção dos usuários (Tabela 2).

Tabela 2: Escala de sensação térmica utilizadas na pesquisa

Questão: "Neste exato momento em relação ao ambiente térmico, como você está se sentindo?						
Escala de Intensidade da resposta						
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Muito Frio	Frio	Um pouco de frio	Nem frio nem calor (Neutralidade térmica)	Um pouco de calor	Calor	Muito calor

Fonte: Os autores.

SENSAÇÃO TÉRMICA - ÍNDICE DE TEMPERATURA EQUIVALENTE FISIOLÓGICA (PET)

A derivação da sensação térmica pelo índice PET foi realizada com o software Rayman Pro [21], considerando as seguintes variáveis de entrada: temperatura do ar (T_a, °C), umidade relativa (UR, %), temperatura radiante média (T_{mrt}, °C), velocidade do ar (va, m/s) e taxa metabólica (300 W para caminhada a céu aberto, 110 W em

pátios e 80 W em salas). Os parâmetros antropométricos foram definidos a partir do homem médio (30 anos, 70 kg, 1,75 m) e da mulher média (30 anos, 60 kg, 1,60 m) [22]. A resistência térmica das vestimentas foi estimada por observação direta e equivalência conforme a ISO 9920 [19], garantindo a adequação dos cálculos às condições reais dos participantes.

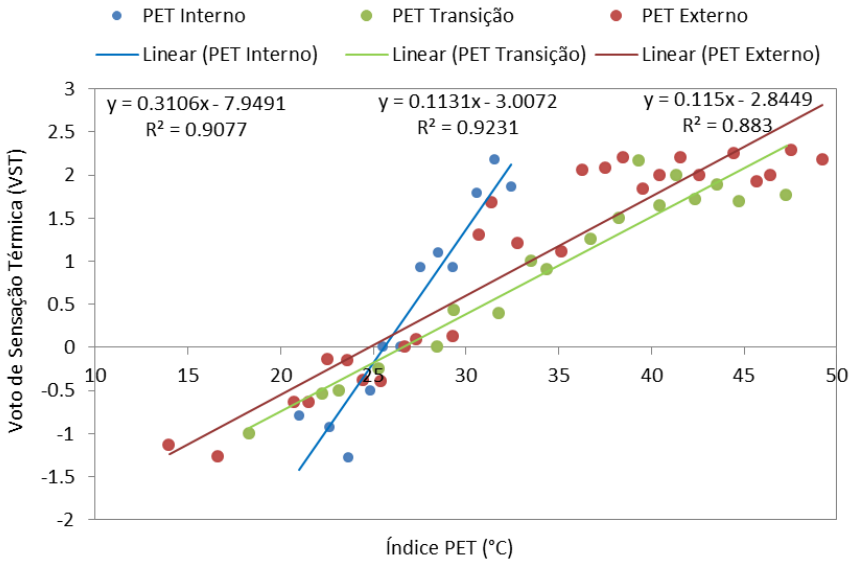
DETERMINAÇÃO DAS FAIXAS/NÍVEIS DE ESTRESSE TÉRMICO

A faixa de conforto térmico foi determinada pelo agrupamento dos votos de sensação térmica em incrementos de 1 °C do índice PET. A classificação das categorias de estresse térmico seguiu Matzarakis e Mayer [23]. As calibrações foram obtidas a partir da linha de tendência entre os votos e os valores de PET, definindo a faixa de neutralidade como o intervalo em que a sensação varia entre -0,5 e +0,5. A temperatura neutra corresponde ao voto igual a zero, enquanto o desconforto por calor ocorre acima do limite superior e o desconforto por frio abaixo do limite inferior. Para reduzir a influência de outliers, foi adotado um mínimo de cinco votos por agrupamento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para calibrar as faixas locais de sensação térmica, os votos médios de sensação térmica (VST) foram correlacionados com os valores médios do índice PET, calculados a cada variação de 1 °C conforme as condições microclimáticas registradas nas entrevistas (Figura 3). As análises mostraram forte correlação entre PET e VST.

Figura 3: Votos médios de sensação térmica declarada em relação a 1°C médio de variação do PET para os ambientes interno, de transição e externo.



Fonte: os autores.

Com base nas equações de correlação, foram obtidos o coeficiente angular, a taxa de variação da percepção térmica, a temperatura neutra e a faixa de neutralidade térmica (Tabela 3). Esses parâmetros relacionam-se diretamente à sensibilidade

térmica em cada ambiente, às possibilidades de adaptação dos indivíduos e ao processo de aclimatação ao clima local.

Tabela 3: Coeficiente angular, taxa de variação da percepção térmica, temperatura neutra e faixa de neutralidade térmica para os ambientes interno, de transição e externo

Local	n	T_{inf}	T_n	T_{sup}	Coef. Angular	Intercepto	R^2	°C/MTSV
Interno	312	24.0	25.6	27.2	0.3106	-7.9491	0.9077	3.2
Transição	176	22.2	26.6	31.0	0.1131	-3.0072	0.9231	8.8
Externo	685	20.4	24.8	29.1	0.1150	-2.8449	0.8830	8.7

Nota: n- número de entrevistas; Tinf-limite inferior de conforto; Tsup – Limite superior de conforto; Tn – Temperatura neutra. Fonte: os autores.

Os coeficientes angulares dos ambientes externos e de transição foram próximos (0,1131 e 0,1150), enquanto o interno apresentou valor bem maior (0,3106). O inverso desses coeficientes indica a taxa de variação da percepção térmica: nos espaços abertos, são necessários aproximadamente 8,8 °C de variação no PET para provocar uma alteração de 1,0 VST, enquanto em ambientes internos bastam cerca de 3,2 °C, o que evidencia maior sensibilidade dos entrevistados dentro das edificações. Em Curitiba–PR e Rio de Janeiro–RJ (Cfb e Af) [7], os coeficientes foram menores (0,0839 e 0,0734), correspondendo a 12 e 13,5 °C/VST, mostrando menor sensibilidade em relação à população cuiabana. Já em Pelotas–RS [24], os valores foram semelhantes entre os sexos (0,11 feminino e 0,1032 masculino). Esses resultados reforçam que a sensibilidade térmica está diretamente ligada ao processo de aclimatação ao clima local.

Com base na equação de ajuste, as faixas de neutralidade térmica foram definidas em 20,4–29,1°C para ambientes externos, 22,2–31 C nos pátios e 24–27,1°C em salas internas (Tabela 3). Observa-se maior amplitude nos pátios, atribuída à configuração arquitetônica que reduz insolação e ventos, além de fatores subjetivos como paisagismo e estética. Já nos ambientes internos, a adaptação é mais limitada, resultando em faixa de neutralidade mais restrita.

Pesquisas em cidades brasileiras com clima semelhante mostram faixas de neutralidade próximas às deste estudo. Em Campo Grande–MS (Aw), a faixa foi de 21–27 °C [8], e em Vitória–ES (Af) variou entre 22–30 °C [9]. Em Cuiabá–MT (Aw), Ribeiro et al. [14] identificaram limites mais elevados, 23–34,6 °C, possivelmente devido às condições microclimáticas durante as entrevistas. Já em cidades de clima frio, como Curitiba–PR e Pelotas–RS, os limites foram menores, 13–25 °C e 17–26,5 °C, respectivamente. Essa diferença reflete a aclimatação às variações térmicas e invernos rigorosos, em contraste com regiões tropicais, onde predominam temperaturas elevadas e o inverno é ausente ou com temperaturas amenas.

As temperaturas neutras (VST=0) foram de 24,8 °C no ambiente externo, 26,6 °C no de transição e 25,6 °C no interno, todas superiores às observadas em Curitiba–PR (19,2°C) e Pelotas–RS (21,7°C), devido à aclimatação dessas populações ao clima frio. Esse parâmetro não foi apresentado nos estudos de Lucchese et al. [8], Silva e Alvarez [9] e Ribeiro et al. [14]. Apesar das diferenças, os valores são próximos, com maior temperatura neutra nos pátios e intermediária nos ambientes internos. Embora se espere que ambientes internos tenham valores menores, isso não é regra,

pois depende da adaptação individual, do clima local e do tipo de espaço [25]. A menor faixa de tolerância interna exige estratégias de resfriamento passivo ou controle mais rigoroso do ar condicionado para manter o PET dentro dos limites de conforto.

CONCLUSÃO

A correlação estabelecida entre o voto de sensação térmica (VST) e o índice PET obtido nas entrevistas possibilitou identificar a percepção térmica dos participantes em três condições distintas de ambientes: interno, de transição e externo. Essa análise evidenciou que o local de exposição, as possibilidades de adaptação térmica e a aclimatação ao clima exercem influência direta na forma como os indivíduos percebem o ambiente térmico.

A sensibilidade às variações térmicas é muito menor nos ambientes abertos ao ar livre se comparada aos internos. Essa menor sensibilidade térmica está ligada principalmente à maior possibilidade de adaptação fisiológica e comportamental, à influência de variáveis ambientais, e à presença de elementos naturais (vegetação e sombreamento), que reduzem a percepção de desconforto térmico. Como consequência, as faixas de conforto térmico nesses locais são mais amplas, uma vez que os indivíduos tem a possibilidade de se adaptar as condições térmicas. Os pátios ampliaram a aceitabilidade térmica dos entrevistados, resultado tanto da configuração morfológica dos elementos físicos quanto de fatores subjetivos, como beleza estética desses ambientes e presença de vegetação em seus interiores.

A maior sensibilidade térmica verificada no ambiente internos das salas de aula induziu uma faixa de conforto térmico mais restrita. Assim, estratégias de resfriamento que combinem soluções passivas (como ventilação cruzada, sombreamento e uso de materiais adequados) e ativas (como climatização mecânica eficiente) são requeridas com intuído de reduzir as cargas térmicas, melhorar a circulação de ar e adaptar o espaço às condições climáticas locais. No caso de uso de climatização artificial, o controle térmico deve ser mais rigoroso para garantir que as condições permaneçam dentro da faixa de conforto estabelecida.

Assim, o estudo corrobora para aprofundar a tema pesquisado e traz informações importantes quanto a necessidade de se considerar que ambientes internos e externo a céu aberto requerem condições térmicas distintas para manter o conforto térmico dos usuários. Essa diferenciação reforça a necessidade de que projetos arquitetônicos e estratégias de gestão ambiental sejam orientados pelo contexto climático local e pelas características próprias de cada tipo de espaço.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] POTCHTER, O.; COHEN, P.; LIN, T.-P.; MATZARAKIS, A. Outdoor human thermal perception in various climates: a comprehensive review of approaches, methods and quantification. **Science of the Total Environment**, v. 631–632, p. 390–406, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.02.276.

[2] KRÜGER, E.; ROSSI, F.; DRACH, P. Calibration of the physiological equivalent temperature index for three different climatic regions. **International journal of biometeorology**, [S.l.], v.61, n.7, p.1323–1336, 2017.

[3] MAYER, H.; HÖPPE, P. Thermal comfort of man in different urban environments. **Theoretical and Applied Climatology**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 43-49, 1987.

[4] NINCE, P. C. do C.; DE MUSIS, C. R.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. de S.; NOGUEIRA, M. C. de J. A. Usos dos índices PET e UTCI na avaliação do conforto termal no campus da UFMT em Cuiabá-MT. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 9, n. 9, p. 2026–2036, 2013. DOI: 10.5902/223611707707.

[5] GOBO, João Paulo Assis; GALVANI, Emerson; WOLLMANN, Cássio Arthur. Subjective Human Perception of Open Urban Spaces in the Brazilian Subtropical Climate: A First Approach. **Climate**, v. 6, n. 2, p. 24, 2018.

[6] KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A.; CRISTELI, P. S.; SOUZA, H. A. de.Calibração do índice de conforto para espaços externos Physiological Equivalent Temperature (PET) para Curitiba. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 135-148, jul./set. 2018.

[7] ROSSI, F. A.; KRÜGER, E.; DRACH, P. Calibração do índice PET para Curitiba e Rio de Janeiro**. In:** Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2017, Balneário Camboriú, SC. Anais... Balneário Camboriú, SC: ENCAC, 2017, V. 1. p.185-193.

[8] LUCCHESE, J. R.; MIKURI, L. P.; FREITAS, V. S. de; ANDREASI, W. A. Application of Selected Indices on Outdoor Thermal Comfort Assessment in Midwest Brazil. **International Journal of Energy and Environment**, v. 7, n. 4, p. 291-302, 2016.

[9] SILVA, F. T.; ALVAREZ, C. E. de. An Integrated Approach For Ventilation's Assessment on Outdoor Thermal Comfort. **Building and Environment,** v. 87, p. 59-71, 2015.

[10] OLIVEIRA, R. C.; LAMBERTS, R. Conforto térmico e desempenho energético em edificações residenciais de interesse social. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 4, p. 7-23, 2015.

[11] KÁNTOR, N.; UNGER, J.; GÁL, T. Empirical calibration of thermal indices in an urban outdoor Mediterranean environment. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 152, n. 2–3, p. 243–255, 2012. DOI: 10.1016/j.agrformet.2011.09.011.

[12] PANTAVOU, K.; THEOHARATOS, G.; MATZARAKIS, A.; KATAVOUTAS, G. Empirical calibration of thermal indices in an urban outdoor Mediterranean environment**. Science of the Total Environment**, v. 439, p. 75–88, 2012. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.09.022.

[13] CHEN, L.; WEN, Y.; ZHANG, L.; et al. Studies of thermal comfort and space use in an urban park square in cool and cold seasons in Shanghai**. Building and Environment**, v. 94, p. 644–653, 2015. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.10.020.

[14] RIBEIRO, K. F. A.; JUSTI, A. C. A.; NOVAIS, J. W. Z.; SANTOS, F. M. de M.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; MARQUES, J. B. Calibration of the Physiological Equivalent Temperature (PET) index

range for outside spaces in a tropical climate city. **Urban Climate**, v. 44, p. 101196, 2022. DOI: 10.1016/j.uclim.2022.101196.

[15] CALLEJAS, I. J. A., BIUDES, M. S., MACHADO, N. G., DURANTE, L. C., DE ALMEIDA LOBO, F. Patterns of energy exchange for tropical urban and rural ecosystems located in Brazil central. **Journal of Urban & Environmental Engineering**, v. 13, n.1, 2019.

[16] BORGES, V. C. A. L., CALLEJAS, I. J. A. E DURANTE, L. C. Thermal sensation in outdoor urban spaces: a study in a Tropical Savannah climate, Brazil. **Int J Biometeorol**, 64, 533–545, 2019.

[17] CALLEJAS, I.J.A., KRÜGER, E. Microclimate and thermal perception in courtyards located in a tropical savannah climate. **Int J Biometeorol,** 66, 1877–1890, 2022. https://doi.org/10.1007/s00484-022-02329-8

[18] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726:** ergonomics of the thermal environment – instruments for measuring physical quantities. Geneva, 1998.

[19] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9920:** ergonomics of the thermal environment – estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. Geneva, 2007.

[20] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10551:** ergonomics of the thermal environment – assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales. Geneva, 1995.

[21] MATZARAKIS, A.; RUTZ, M.; MAYER, H. RayMan: a tool for calculating radiation fluxes and thermal indices. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 16, n. 3, p. 337–343, 2007. DOI: 10.1127/0941-2948/2007/0186.

[22] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8896**: ergonomics of the thermal environment – determination of metabolic rate. Geneva, 2004.

[23] MATZARAKIS, A.; MAYER, H. Another Kind of Environmental Stress: thermal stress. **WHO Newsletter**, v. 18, p. 7-10, 1996.

[24] ROSA, L. A.; KRÜGER, E. L.; CUNHA, E. Grala da. Calibração de faixas de conforto térmico para áreas externas para sexo biológico em clima Cfa com o índice térmico PET. **In:** ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2021, Palmas. Anais [...]. Palmas: ANTAC, 2021. p. 233–242. ISBN 978-65-5941-550-2. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4354>. Acesso em: 5 maio 2026.

[25] NICOL, F.; HUMPHREYS, M.; ROAF, S.. **Adaptive Thermal Comfort: Principles and Practice**. London: Routledge, 2012. 208 p. DOI: 10.4324/9780203123010.