XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS E FAIXAS DO UTCI CALIBRADO PARA A CIDADE DE BELO HORIZONTE, MG.

Thiago José Vieira Silva (1); Simone Queiroz da Silveira Hirashima (2); Lutz Katzschner (3)
(1) Arquiteto, Urbanista e Engenheiro Civil, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, vieira.thiago@gmail.com, Av. Amazonas, 7675, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil - CEP 30510-000 - +55 31 3319-6848
(2) PhD, Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, simonehirashima@cefetmg.br, Av. Amazonas, 7675, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil - CEP 30510-000 - +55 31 3319-6848
(3) PhD Meteorologista, Universidade Kassel, Institute Climate and Energy, katzschn@uni-kassel.de, Schillerstr.50, Lohfelden, Germany +49 5608 9587511

RESUMO
As condições microclimáticas dos recintos urbanos podem influenciar sobremaneira o conforto térmico de seus usuários e habitantes. A avaliação de níveis de conforto e desconforto térmico podem ser realizadas por meio da utilização de índices térmicos calibrados para a população local. O *Universal Thermal Climate Index* (*UTCI*), dentre os índices térmicos existentes, mostra-se aplicável às pesquisas de conforto térmico em espaços abertos. Em seu cálculo e calibração, fatores microclimáticos, termofisiológicos e psicossociais/culturais são integrados, buscando representar a sensação térmica de determinada população. Uma pesquisa de campo anterior, realizada entre os meses de agosto de 2018 e janeiro de 2019 (inverno, primavera e verão), coletou variáveis microclimáticas, pessoais e subjetivas com o propósito de calibrar o *UTCI* para a cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais. A partir destes dados, o objetivo deste artigo é avaliar a influência das variáveis microclimáticas: Temperatura do ar (Ta), Temperatura radiante média (Trm), Umidade Relativa do ar (UR) e Velocidade do vento a 10 metros de altura (V10m) sobre as faixas de conforto térmico do *UTCI* calibrado para a capital mineira. Para isso foram utilizados modelos univariados dos dados microclimáticos e multivariados para avaliar relação entre as variáveis microclimáticas e o *UTCI* calibrado. Utilizou-se para este fim o software BIOKLIMA, para o cálculo dos valores do *UTCI, e* os softwares *"R"* e o *MS Excel.* Como resultados, verificou-se que há efeito significativo da Ta e da Trm sobre as faixas de "desconforto frio", "conforto" e "desconforto calor" calibradas para Belo Horizonte. Já a UR apresentou baixo efeito sobre a variabilidade do *UTCI* e a V10m, mostrou-se com efeito quase nulo. Conclui-se que a Ta e a Trm são fatores extremamente importantes para o cálculo e a calibração do UTCI. Novas pesquisas precisam ser realizadas buscando a compreensão dos reais efeitos existentes entre a UR e V10m sobre a predição da sensação térmica pelo índice *UTCI*.
Palavras-chave: biometereologia; clima urbano; conforto térmico; UTCI.

ABSTRACT
The microclimatic conditions of the urban areas can greatly influence the thermal comfort of its users and inhabitants. The evaluation of levels of comfort and thermal discomfort can be performed through the use of calibrated thermal indices for the local population. The Universal Thermal Climate Index (UTCI), among the existing thermal indices, is applicable to thermal comfort surveys in open spaces. In their calculation and calibration, microclimatic, thermophysiological and psychosocial / cultural factors are integrated, seeking to represent the thermal sensation of a given population A previous field survey, conducted between August 2018 and January 2019 (winter, spring and summer), collected microclimatic, personal and subjective variables with the purpose of calibrating the UTCI to the city of Belo Horizonte, Minas Gerais. From this data, the objective of this article is to evaluate the influence of the microclimatic variables: Air temperature (Ta), Average radiant temperature (Trm), Relative humidity of the air (RH) and Wind speed 10 meters high (V10m) on the bands of thermal comfort of the calibrated UTCI for the mining capital. For this, univariate

models of the microclimatic and multivariate data were used to evaluate the relationship between the microclimatic variables and the calibrated UTCI. For this purpose, the BIOKLIMA software was used to calculate the values of UTCI, and the software "R" and MS Excel. As results, it was verified that there is a significant effect of Ta and Trm on the ranges of "cold discomfort", "comfort" and "heat discomfort" calibrated for Belo Horizonte. On the other hand, the RH showed low effect on the variability of the UTCI and the V10m, with almost no effect. It is concluded that Ta and Trm are extremely important factors for the calculation and calibration of the UTCI. Also, new research needs to be carried out in order to understand the real effects between UR and V10m on the prediction of the thermal sensation by the UTCI index.
Keywords: biometereologia; urban climate; thermal comfort; UTCI.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das grandes metrópoles, de um modo geral, gera interferências sobre o clima local, configurando o clima urbano. Oke et al. (2017), mencionam que este cenário pode ser percebido em macro, meso e microescala. As cidades, segundo Burt, O`rourke, Terjung (1982 apud MAYER; HÖPPE, 1987), possuem diferentes microclimas, relacionados às diferentes estruturas urbanas edificadas, que devem ser avaliados separadamente do bioclima da cidade como um todo.

Porém, para a consideração dos resultados da climatologia urbana como um entre os muitos fundamentos do planejamento urbano, é necessário considerar o ser humano como referência, nesse caso, avaliar os diferentes microclimas urbanos de forma termofisiologicamente relevante (MAYER; HÖPPE, 1987). Esses estudos são realizados por meio da utilização dos índices de conforto térmico calibrados para determinada população, os quais integram o efeito de variáveis microclimáticas, individuais e subjetivas (as quais incluem fatores sócio-culturais). Dentre as variáveis ambientais utilizadas nos estudos de conforto térmico em ambientes externos destacam-se a Temperatura do ar (Ta), Temperatura radiante média (Trm), Umidade Relativa (UR) e Velocidade do ar (Va). Segundo Potcher et al. (2018) os índices térmicos são importantes ferramentas para equacionar o ambiente térmico urbano, quando calibrados. A calibração dos índices pressupõe o estabelecimento de categorias de sensação térmicas em função dos valores desses índices (HIRASHIMA et al., 2018).

O Universal Thermal Climate Index (UTCI) é frequentemente adotado por pesquisas focadas em conforto térmico em espaços abertos. Foi desenvolvido em 2000, pela UTCI ISB Commission 6 gerenciada pela International Society of Biometeorology (ISB).As categorias de conforto e estresse térmicos originalmente propostas pelo UTCI são apresentadas pela Tabela 01. Como ambiente de referência, o referido índice propõe: ambiente isotérmico, baixa velocidade do ar à 1,1m de altura do solo (aproximadamente 0,3m/s), umidade relativa do ar e pressão de vapor de água, respectivamente, 50% e 20hPa e calor metabólico típico relacionado a atividades físicas de 135W/m².

Tabela 01 - Faixas de estresse térmico do *UTCI*.

Faixas de *UTCI*	Categorias de estresse
> 46 ºC	extremo estresse para o calor
38 ºC a 46 ºC	muito forte estresse para o calor
32 ºC a 38 ºC	forte estresse para o calor
26 ºC a 32 ºC	moderado estresse para o calor
18 ºC a 26 ºC	conforto térmico
9 ºC a 18 ºC	sem estresse térmico
0 ºC a 9 ºC	pouco estresse para o frio
0 ºC a -13 ºC	moderado estresse para o frio
-13 ºC a -27 ºC	forte estresse para o frio
-27 ºC a -40 ºC	muito forte estresse para o frio
<-40 ºC	extremo estresse para o frio

Fonte: adaptado de Bröde et al. (2011)

Em âmbito nacionalSilva e Hirashima (2018), por meio de uma análise bibliométrica e sistemática utilizando o Knowledge Development Process - Constructivist (ProKnow-C) elaboraram um Portfólio Bibliográfico sobre o uso do índice UTCI no cenário Brasileiro, que culminou em um total de apenas 13 trabalhos publicados (BRÖDE et al., 2012; BRÖDE et al., 2013; KRÜGER et al., 2012; KRÜGER et al., 2015; KRÜGER et al., 2017a; KRÜGER et al., 2017b; KRÜGER, 2017; KRÜGER; DRACH, 2016; 2017; 2017a; 2017b; MARTINI et al., 2014; MINELLA; KRÜGER, 2016; ROSSI et al., 2012). Dentre esses, somente o trabalho de Rossi et al. (2012) teve como objetivo realizar a calibração do índice para a cidade de Curitiba, Paraná. Salienta-se que após a realização do referido levantatamento de referencial teórico, Silva e Hirashima (2018a) e Silva (2019) calibraram o UTCI para a cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais.

A relevância deste trabalho figura-se no crescimento de estudos relacionados a clima urbano, conforto térmico em espaços abertos e calibração de índices térmicos enquanto ferramenta de apoio às decisões de natureza urbanística e de saúde coletiva.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar a influência das variáveis microclimáticas: Temperatura do ar (Ta), Temperatura radiante média (Trm), Umidade Relativa do ar (UR) e Velocidade do vento a 10 metros de altura (V10m) sobre o UTCI calibrado para Belo Horizonte, MG, em cada uma das faixas de conforto/desconforto térmico.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi dividido em cinco etapas, detalhadas nos itens a seguir:

1. Caracterização de Belo Horizonte, MG e geração do banco de dados;
2. Análise descritiva das variáveis microclimáticas contidas no banco de dados;
3. Cálculo de *UTCI (software BIOKLIMA* 2.6);
4. Calibração do *UTCI* por Regressão Logística Ordinal (RLO); e
5. Correspondência entre variáveis microclimáticas e UTCI calibrado por faixas de conforto/desconforto.

3.1. Caracterização de Belo Horizonte, MG e banco de dados

Localizada na região central de Minas Gerais, Belo Horizonte apresenta-se com clima tropical e inverno seco (Aw), conforme classificação Köppen-Geiger. As normais climatológicas do Brasil 1981-2010 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, BRASIL, 2018) relata as seguintes médias para a capital mineira: temperatura do ar de 21,8°C, umidade relativa 67,2% e intensidade do vento 1,7m/s.

O banco de dados considerado por esta pesquisa encontra-se descrito por Silva (2019). A coleta foi realizada entre os meses de agosto de 2018 e fevereiro de 2019 (inverno, primavera e verão), em três campanhas e quatro pontos de coletas diferentes (Figuras 01A, 01B, 01C e 01D) selecionados por apresentarem distintas caracterizações de influência do ambiente térmico, como por exemplo, arborização, adensamento urbano, materiais e altura das edificações do entrono dos pontos de coleta.

Figura 01A – Ponto de Coleta P1 - Praça Rio Branco.



Fonte: adaptado de Silva (2019)

Figura 01B – Ponto de Coleta P2 - Praça Sete de Setembro.



Fonte: adaptado de Silva (2019)

Figura 01C – Ponto de Coleta P3 - Praça Tiradentes.



Fonte: adaptado de Silva (2019)

Figura 01D – Ponto de Coleta P4 - Praça Benjamim Guimarães.



Fonte: adaptado de Silva (2019)

Com registros de cinco em cinco minutos, entre 10:00h e 15:00h dos 12 dias de coleta de dados, foram coletados: Temperatura do ar (Ta), Umidade Relativa (UR), Velocidade do ar (Va) e Temperatura do globo (Tg). Os equipamentos foram montados em tripés com altura de 1,10m. Em todas as coletas os equipamentos foram preparados com 30 minutos de antecedência para que o termopar contido no termômetro de globo atingisse o equilíbrio. O referido termômetro utilizado possui 40mm de diâmetro e cor cinza. Os demais equipamentos utilizados, termohigrômetro e anemômetros, foram previamente calibrados, conforme descrito por Silva (2019).

O cálculo da Trm levou em consideração a equação de convecção forçada determinada pela ISO 7726 (1998). A velocidade Va, coletada a 1,10m de altura em relação ao solo, foi convertida para valores da velocidade do vento à 10m de altura, por meio da fórmula logarítmica proposta por Bröde et al. (2012).

Simultaneamente à coleta dos dados microclimáticos foram aplicadas entrevistas subsidiadas por um questionário on-line hospedado na plataforma e-surv. O referido questionário subsidiou a coleta das variáveis individuais e subjetivas dos usuários dos espaços abertos. A amostra considerou os indivíduos que vivem em Belo Horizonte há mais de seis meses e que estavam no espaço aberto há mais de trinta minutos.

Foram coletados dados biométricos: gênero (feminino, masculino ou outro) idade (anos), altura (m), peso (kg), classificação da cor da pele segundo o censo do IBGE (branca, parda, preta, amarela, indígena); também taxa metabólica de atividades físicas (W/m²), subsidiada pelas diretrizes da ISO 8996 (2004) e resistência térmica do vestuário (clo), amparada pela ISO 9920 (1995). A avaliação do estresse térmico foi mediada pelas determinações da ISO 10551 (2015); foram avaliadas em dois âmbitos: estado térmico pessoal e tolerância térmica. O primeiro divide-se em percepção térmica, avaliação pessoal e preferência térmica; o segundo relaciona-se à aceitação pessoal e tolerância térmica.

3.2. Análise descritiva das variáveis microclimáticas contidas no banco de dados

Para a análise descritiva das variáveis microclimáticas realizou-se os cálculos: valor Máximo (Máx.), valor Mínimo (Mín.), Média (M), Desvio Padrão (D.P.), Variância (V) e Coeficiente de Variação (C.V.). Foi realizada de forma global, ou seja, foram considerados todos os dados levantados em campo, sem distinção de campanha, pontos de coleta, tão pouco, estação climática. Para a tabulação e elaboração dos gráficos utilizou-se o software MS Excel 2010.

3.3. Cálculo do *UTCI*

Para o cálculo do UTCI utilizou-se o BIOKLIMA 2.6, elaborado por Michal Blazejczyk e Krzysztof Blazejczyk (2010). Trata-se de um software de domínio públicoo objetivo, dentre outros, de aplicação em análises biometereológicas. Os dados de entrada devem estar em arquivos de texto, extensão ".txt", conforme indicações e legendas do próprio programa:

- variáveis microclimáticas: Temperatura do ar (t), Umidade Relativa do ar (f), Temperatura radiante média (Mrt), Velocidade do vento a 10m de altura (V10m); e
- variáveis individuais: Gênero (Sex), Calor metabólico (M) e Isolamento de vestuário (Icl).

3.4. Calibração do UTCI por Regressão Logística Ordinal (RLO)

Para a calibração do UTCI, foi ajustada uma RLO, haja vista que os dados coletados não apresentam relações lineares. Esta metodologia é comumente utilizada para modelos estatísticos que relacionam um conjunto de preditores e uma resposta ordinal. Neste caso, o conjunto de preditores são as faixas do UTCI e a resposta ordinal foi a sensação térmica classificada em três categorias: "com frio", "conforto" e "com calor". A categoria "frio" incluiu "com muito frio", "com frio" e "com pouco frio", a categoria "conforto" incluiu "sem frio nem calor", e a categoria "calor" incluiu "com pouco calor", "com calor" e "com muito calor" (SILVA, 2019). O software utilizado nas análises foi o R (versão 3.5.0).

3.5. Correspondência entre variáveis microclimáticas e faixas de conforto/desconforto do UTCI calibrado para Belo Horizonte. MG.

Para esta análise de correspondência utilizou-se o método estatístico de hipóteses Valor-p. Também foi considerado um intervalo de 95% de confiança e avaliado o coeficiente de força entre as variáveis. Como ilustração, utilizou-se gráficos de dispersão.

4. RESULTADOS

4.1 Variáveis Microclimáticas

A Tabela 02 apresenta a análise descritiva das variáveis microclimáticas coletadas. A variável mais heterogênea foi velocidade do vento a 10m de altura (C.V. = 124,65%). Em média, a velocidade do vento a 10m de altura foi 1,2m/s com desvio padrão de 1,53, sendo que a velocidade mínima foi de 0m/s e máxima foi 11,0m/s.

A Temperatura do ar (Ta) apresentou média de 26,8°C, mínima de 20,9ºC e máxima 34,2ºC. O valor da média está aproximadamente 5° acima do valor da temperatura média anual de 21,8°C declarada pelas Normais Climatólogicas 1981-2010 (INMET, 2018). A temperatura radiante média (Trm) apresentou valor máximo de 75,0°C, mínimo de 24,2°C e um alto desvio padrão, 8,41.

No que concerne a Umidade Relativa do ar (UR) a média anual apontada pelas Normais Climatológicas (INMET, 2018), 67,2% aproximou-se do valor máximo monitorado pelas coletadas de dados, 66,7%. A UR apresentou média de 53,3%.

Tabela 02 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas.

Variáveis Microclimáticas	N	M	D.P.	V.	C.V.	Min.	Máx.
Temperatura do ar (°C)	755	26,8	2,96	8,78	11,03	20,9	34,2
Temperatura radiante média (°C)	755	34,2	8,41	70,76	24,58	22,2	75,0
Umidade relativa do ar (%)	755	53,3	5,33	28,40	9,99	38,7	66,7
Velocidade do vento à 10m de altura (m/s)	755	1,2	1,53	2,33	124,65	0,00	11,0

Fonte: adaptado de Silva (2019)

Legenda: N = número de amostras; M = média; D.P. = Desvio Padrão; V =Variância; C.V. = Coeficiente de Variação; Min. = Valor Mínimo; e Máx. = Valor Máximo.

4.2 Cálculo do *UTCI*

A Tabela 03 apresenta a análise descritiva dos resultados relacionados aos valores de cálculo do UTCI com a utilização do BIOKLIMA® 2.6.

Tabela 03 – Análise descritiva dos valores de UTCI.

Variável	N	M	D.P.	V.	C.V.	Min.	Máx.
UTCI (°C)	755	28,3	3,46	11,94	12,18	18,1	39,8

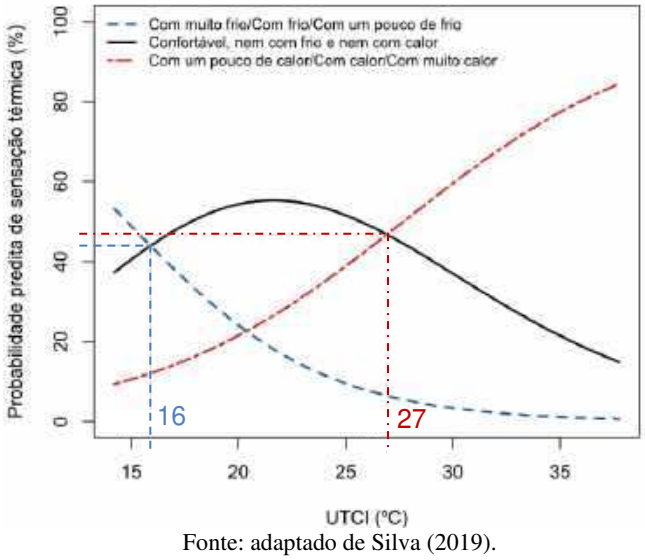
Fonte: adaptado de Silva (2019)

Legenda: N → número de amostras; M → média; D.P. = Desvio Padrão; V →Variância; C.V. → Coeficiente de Variação; Min. → Valor Mínimo; e Máx. → Valor Máximo.

4.3 Calibração do *UTCI*

Por meio do Figura 02, resultado da calibração do UTCI por RLO no software R, percebe-se a faixa de conforto térmico entre as temperaturas de 16°C, limite inferior, e 27°C, limite superior. Então abaixo de 16°C UTCI a probabilidade predita de sensação térmica em % é de desconforto para frio; já acima de 27°C UTCI essa probabilidade passa a ser desconforto por calor.

Figura 02 – Calibração do UTCI para Belo Horizonte (n=755), por meio de Regressão Logística Ordinal.



Fonte: adaptado de Silva (2019).

4.4 Correlação entre as variáveis microclimáticas e o *UTCI* calibrado.

O UTCI calibrado foi correlacionado com a Temperatura do ar (Ta), Temperatura radiante média (Trm), Umidade Relativa (UR) e Velocidade do ar a 10m de altura (V10m), conforme apresentado a seguir pela Tabela 04.

Tabela 04 – Correlação entre o *UTCI* calibrado e variáveis microclimáticas

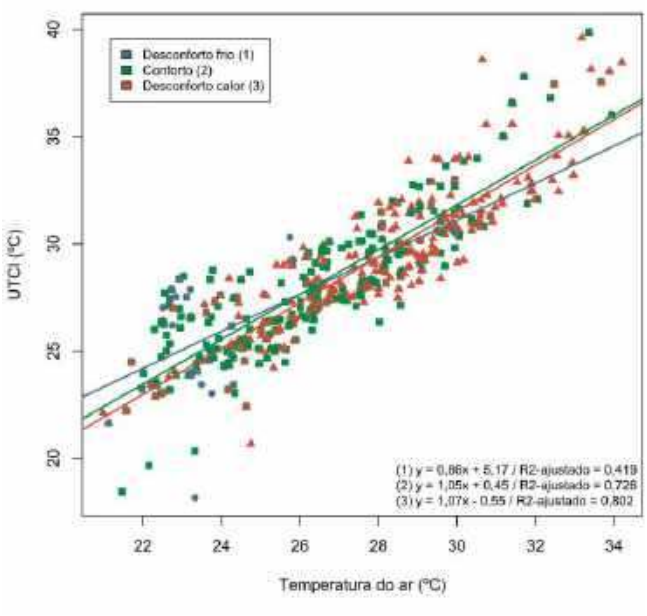
Variáveis	Faixas de Conforto/Desconforto do *UTCI* calibrado	β	I.C. - 95%	Valor-p
Temperatura do ar (Ta)	"Desconforto frio"	0,86	[0,57; 1,16]	< 0,001
	"Conforto"	1,05	[0,97; 1,12]	< 0,001
	"Desconforto calor"	1,07	[1,02; 1,12]	< 0,001
Temperatura radiante média (Trm)	"Desconforto frio"	0,18	[0,11; 0,26]	< 0,001
	"Conforto"	0,20	[0,17; 0,23]	< 0,001
	"Desconforto calor"	0,32	[0,29; 0,35]	< 0,001
Umidade relativa (UR)	"Desconforto frio"	-0,32	[-0,51; -0,12]	0,002
	"Conforto"	-0,20	[-0,27; -0,13]	< 0,001
	"Desconforto calor"	-0,22	[-0,28; -0,16]	< 0,001
Velocidade do ar a 10m de altura (V10m)	"Desconforto frio"	-0,28	[-0,77; 0,21]	0,274
	"Conforto"	0,11	[-0,11; 0,32]	0,323
	"Desconforto calor"	0,40	[0,15; 0,65]	0,002

Fonte: adaptado de Silva (2019)

Legenda: I.C 95% = Intervalo de 95% de confiança; β = coeficiente de força das relações entre as variáveis; Valor-p = síntese de teste de hipóteses.

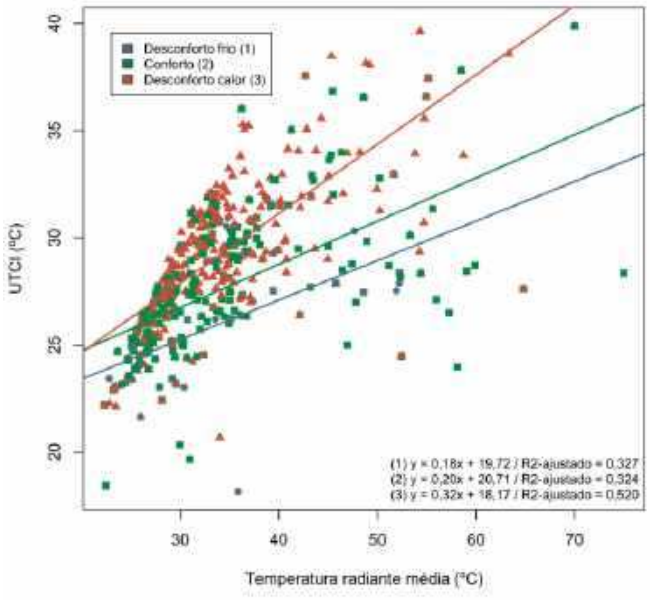
A Ta apresentou efeito significativo, valor-p < 0,001, sobre as três faixas do UTCI calibrado. Na faixa "desconforto frio", a Ta foi capaz de elucidar 41,9% da variabilidade do UTCI calibrado; já na faixa "conforto", foi capaz de explicar 72,6% de sua oscilação; e na faixa de "desconforto calor", 80,2% (Figura 03).

Figura 03 – *UTCI* calibrado e Ta.



Fonte: adaptado de Silva (2019)

Figura 04 – *UTCI* calibrado e Trm.

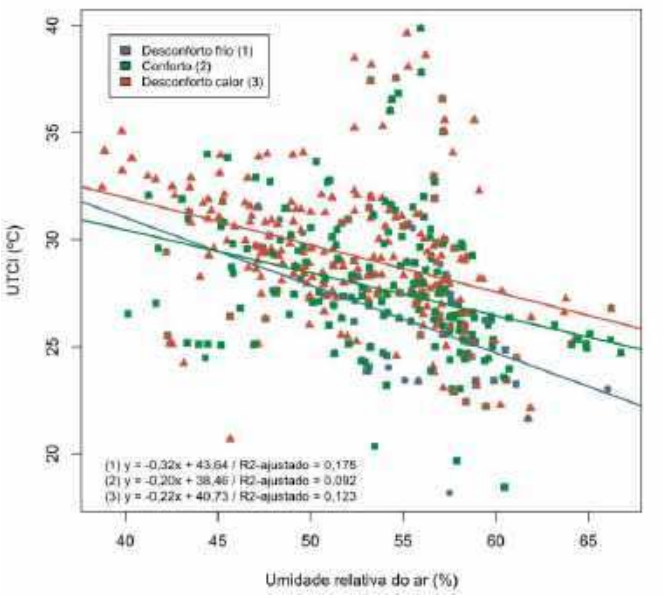


Fonte: adaptado de Silva (2019)

Similarmente, a Trm apresentou correspondência relevante sobre as três faixas do UTCI calibrado. A Trm foi capaz de explicar 32,7%, 32,4% e 52,0%, da variabilidade do UTCI calibrado para, respectivamente, as faixas de "desconforto frio", "conforto" e "desconforto calor" (Figura 04).

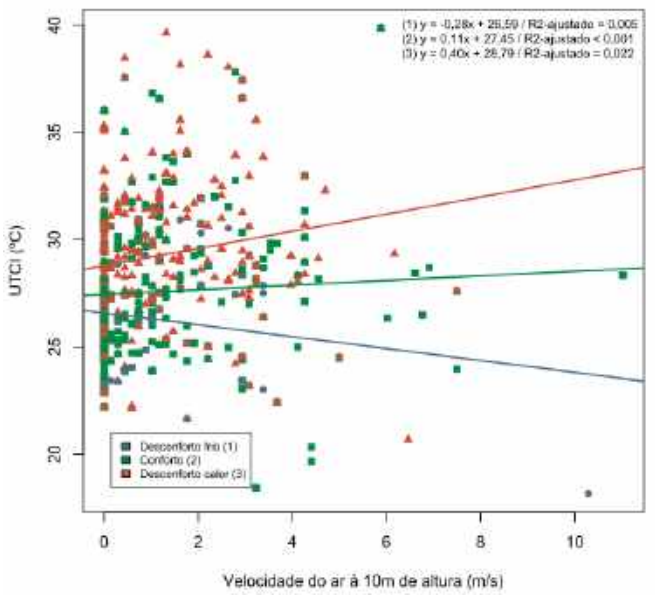
Em contraposição às variáveis microclimáticas Ta e Trm, a UR apresentou baixa correspondência com as faixas do UTCI calibrado, Figura 05; já a V10m apresentou efeito quase nulo, Figura 06.

Figura 05 – UTCI calibrado e UR.



Fonte: adaptado de Silva (2019)

Figura 06 – UTCI calibrado e V10m.



Fonte: adaptado de Silva (2019)

Para a faixa “desconforto frio” a UR apresentou baixa correspondência com a variabilidade do UTCI calibrado, sendo capaz de explicar 17,5%. Com correlações ainda menores para as faixas “conforto” e “desconforto calor”, a UR elucidou, nessa ordem, 9,2% e 12,3% da variabilidade do UTCI calibrado.

A V10m não apresentou correspondência significativa sobre a variabilidade do UTCI calibrado, se consideradas as faixas “desconforto frio” e “conforto”. Para a faixa “desconforto calor” a V10m foi capaz de explicar, tão somente, 2,2% da variabilidade do UTCI.

5. CONCLUSÕES

Este estudo traz resultados capazes de contribuir com pesquisas relacionadas a conforto térmico em espaços abertos. Por meio da calibração do UTCI foi possível avaliar a sua relação com as variáveis microclimáticas contidas no banco de dados analisado. Conclui-se que as variáveis que apresentaram significativa relação com o índice UTCI foram a Ta e a Trm. Para as variáveis UR e V10m, as quais apresentaram relações mais fracas, percebe-se a necessidade de pesquisas mais direcionadas a fim de investigar sua relação com a percepção das sensações térmicas. Esses resultados contribuem para pesquisas que abordam o UTCI incentivando seu uso e ressaltando a importância da obtenção fidedigna das variáveis microclimáticas de entrada para o cálculo do índice, principalmente Ta e Trm. Demonstra ainda a relevância dessas variáveis (Ta e Trm) para a sensação térmica avaliada por meio do UTCI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRÖDE, P.; FIALA, D.; BLAZEJCZYK, K.; HOLMÉR, I.; JENDRITZKY, G.; KAMPMANN, B.; TINZ, B.; HAVENITH, G. Deriving the Operational Procedure for the Universal Thermal Climate Index UTCI. **International Journal of Biometeorology, special issue UTCI**, 2011.

BRÖDE, P.; KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A.; FIALA, D. Predicting urban outdoor thermal comfort by the Universal Thermal Climate Index UTCI—a case study in Southern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 56, n. 3, p. 471-480, 2012.

BRÖDE, P.; KRÜGER, E. L.; FIALA, D. UTCI: validation and practical application to the assessment of urban outdoor thermal comfort. **Geographia Polonica**, v. 86, n. 1, p. 11-20, 2013.

BURT, J. E.; O'ROURKE, P. A.; TERJUNG, W. H. The relative influence of urban climates on outdoor human energy budgets and skin temperature II. Man in an urban environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 26, n. 1, p. 25-35, 1982.

HIRASHIMA, S. Q. S; KATZSCHNER, A; FERREIRA, D. G; ASSIS, E. S; KATZSCHNER, L. Thermal comfort comparison and evaluation in different climates. Urban Climate, v. 23, p. 219-230, 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas 1981-2010**. INMET, BRASIL, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Ergonomics of the thermal environments – Instruments for measuring physical quantities. **ISO 7726.** Genebra: ISO, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Ergonomics of the thermal environments – Determination of thermal metabolic rate. **ISO 8896.** Genebra: ISO, 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Ergonomics of the thermal environments – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales. **ISO 10551.** Genebra: ISO, 2015.

KRÜGER, E. L. Impact of site-specific morphology on outdoor thermal perception: A case-study in a subtropical location. **Urban Climate**, v. 21, p. 123-135, 2017.

KRÜGER, E. L.; BRÖDE, P; EMMANUEL, R.; FIALA, D. Predicting outdoor thermal sensation from two field studies in Curitiba, Brazil and Glasgow, UK using the Universal Thermal Climate Index (UTCI). In: **Windsor Conference.** 2012.

KRÜGER, E. L.; DRACH, P. R. C. Identifying potential effects from anthropometric variables on outdoor thermal comfort. **Building and Environment**, v. 117, p. 230-237, 2017.

KRÜGER, E. L.; DRACH, P. R. C. Impactos do uso de climatização artificial na percepção térmica em espaços abertos no centro do Rio de Janeiro. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 2, p. 133-148, 2016.

KRÜGER, E. L.; DRACH, P. R. C. Interferências do fator cor da pele na percepção térmica de transeuntes. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 1, p. 83-96, 2017b.

KRÜGER, E. L.; DRACH, P. R. C. Quantificação dos impactos da climatização artificial na sensação térmica de transeuntes em termos de alterações no microclima. **URBE. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 9, n. 1, 2017a.

KRÜGER, E. L.; DRACH, P. R. C.; BRÖDE, P. Implications of air-conditioning use on thermal perception in open spaces: A field study in downtown Rio de Janeiro. **Building and Environment**, v. 94, p. 417-425, 2015.

KRÜGER, E. L.; DRACH, P. R. C.; BRÖDE, P. Outdoor comfort study in Rio de Janeiro: site-related context effects on reported thermal sensation. **International Journal of Biometeorology**, v. 61, n. 3, p. 463-475, 2017b.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; ZAMPRONI, K.; VIEZZER, J.; GRISE, M. M.; LIMA NETO, E. M. Population's perception on thermal comfort provided by street trees of Curitiba-PR. **Floresta**, v. 44, n. 3, p. 515-524, 2014.

MAYER, Helmut; HÖPPE, Peter. Thermal comfort of man in different urban environments. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 38, n. 1, p. 43-49, 1987.

MINELLA, F. C. O.; KRÜGER, E. L. Proposição do índice "fração vegetada" e sua relação com alterações na temperatura do ar e no conforto térmico no período diurno e em situação de verão para Curitiba. **Ambiente Construído,** v. 17, n. 1, p. 353-371, 2017.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. Urban Climates. Cambridge University Press, 2017.

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, p. 390-406, 2018.

ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L.; BRÖDE, P. Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 1, p. 41-59, 2012.

SILVA, T. J. V. **Calibração do Universal Thermal Climate Index (UTCI) para Espaços Abertos do Município de Belo Horizonte, Minas Gerais.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (PPGEC.CEFET.MG), 2019.

SILVA, T. J. V.; HIRASHIMA, S.Q.S. Conforto Térmico em Espaços Abertos: O Estado da Arte do Universal Thermal Climate Index - UTCI no Brasil**.** In: **ENTAC 2018**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Foz do Iguaçu, 2018.

SILVA, T. J. V.; HIRASHIMA, S. Q. S. Calibration in the Universal Thermal Climate Index (UTCI) for urban spaces in the city of Belo Horizonte - Minas Gerais In: **ICUC 2018.** 10th International Conference on Urban Climate / 14th Symposium on the Urban Environment, New York, 2018a.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq – Brasil, o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Fundação CEFET.MG e ao Instituto de Clima e Energia da Universidade de Kassel.