

# Efeito de uma onda de calor na aclimação no curto prazo durante experimentos suportados por câmara climática

*Effects of a heat wave on short-time acclimatization during experiments supported by a climate chamber*

Eduardo Leite Krüger  
Cintia Akemi Tamura

## Resumo

**E**studos de conforto térmico humano em espaços abertos são de relevância para o planejamento urbano climaticamente orientado, estando relacionados à qualidade de vida em áreas urbanas. Considerando-se a frequência cada vez maior de ondas de calor nessas áreas, deve-se avaliar o efeito desses episódios na percepção térmica de cidadãos. No presente estudo investigaram-se os efeitos da aclimação no curto prazo na percepção térmica de indivíduos no espaço aberto durante episódios de onda de calor. Condições estacionárias foram garantidas por uma permanência prolongada dos participantes (n=16) em câmara climática, localizada em Karlsruhe, Alemanha, antes de sua exposição às condições externas. Foram aplicados questionários de sensação e preferência térmicas em três momentos: a) imediatamente ao sair da câmara, b) 15 minutos e c) 30 minutos após. Avaliam-se os efeitos de aclimação na percepção térmica dos sujeitos comparativamente às condições térmicas externas, as quais são expressas em termos do índice UTCI (Universal Thermal Climate Index) e da correspondente sensação térmica dinâmica estimada DTS (Dynamic Thermal Sensation). Os resultados mostraram que, mesmo tendo as condições ao ar livre permanecido inalteradas ao longo do tempo de exposição de 30 min, os votos de percepção térmica dos sujeitos diferiram sutilmente nesse curto espaço de tempo, embora sem significância estatística. A aclimação a onda de calor levou a maior tolerância ao calor logo após, com perda dessa aclimação na sessão subsequente.

**Palavras-chave:** Sensação térmica. Espaços de transição. Conforto em espaços abertos. Ondas de calor.

## Abstract

*Studies on human thermal comfort in open areas are relevant for climate-responsive urban design, as they are closely connected with the quality of life in urban areas. Considering the increasing frequency of heat waves in such areas, their effect on thermal perception of urbanites should be evaluated. This study analysed the effects of short-term acclimatisation on the thermal perception of individuals in open spaces during heat-wave episodes. Steady-state conditions were ensured by a prolonged stay of participants (N=16) in a test chamber prior to the subjects' exposure to the outdoors, in Karlsruhe, Germany. Questionnaire was administered as regards thermal sensation and preference at three time stamps: a) immediately after leaving the chamber, b) 15 minutes and c) 30 minutes after that. We evaluated acclimatisation effects on the subjects' thermal perception against predictions of the outdoor thermal conditions in terms of UTCI (Universal Thermal Climate Index) and the derived DTS (Dynamic Thermal Sensation). The results showed that, although outdoor conditions remained unchanged throughout the 30-min exposure time, the subjects' thermal perception votes differed slightly with time of exposure, albeit with no statistical significance. Acclimatisation to heat wave leads to enhanced heat tolerance just after it, with acclimatisation loss in the subsequent session.*

Eduardo Leite Krüger  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Curitiba - PR - Brasil

Cintia Akemi Tamura  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Curitiba - PR - Brasil

Recebido em 12/12/16  
Aceito em 13/03/17

**Keywords:** Thermal sensation. Transitional spaces. Outdoor thermal comfort. Heatwaves.

## Introdução

Estudos de conforto térmico humano em espaços abertos estão relacionados a diversas questões voltadas a atividades sociais de trabalho ao ar livre, condições de desgaste físico e mental dos transeuntes, qualidade de vida urbana, entre outros, e apresentam grande relevância considerando-se a frequência cada vez maior de ondas de calor em áreas urbanas. Indiretamente, as condições microclimáticas e de conforto ao nível do pedestre trarão impactos no consumo de energia para climatização de ambientes internos.

O assunto tratado no artigo se refere aos processos de aclimação no curto prazo de indivíduos expostos a espaços abertos. Define-se neste artigo a aclimação no curto prazo como o breve espaço de tempo (de 0 min a 30 min) durante o qual o indivíduo transita por áreas abertas até o momento em que é questionado sobre sua percepção térmica. No delineamento experimental, mostrado mais adiante, esse fator é testado com aplicação de questionário em três espaços de tempo.

Fisiologicamente, a aclimação no curto prazo está relacionada a mudanças na temperatura da superfície da pele, as quais influenciam as respostas de percepção térmica. Höppe (2002) mostra por modelagem computacional que para situações de frio a temperatura da pele pode levar pelo menos três horas para entrar em equilíbrio com o meio térmico que envolve a pessoa, ao passo que em situações de calor tal equilíbrio pode ser atingido no espaço de meia hora. Contudo, conforme resumido por Brager e de Dear (1998), a adaptação ao ambiente (térmico) pode ser explicada por meio de três processos distintos: de forma fisiológica, psicológica e comportamental. A temperatura da pele responde em parte pelo primeiro processo, porém as expectativas individuais podem influenciar a sensação subjetiva de conforto/estresse térmico.

Dessa forma, estudos sobre aclimação no prazo curto assumem grande importância. Como explanado por Wu e Mahdavi (2014), a descon sideração de processos de avaliação térmica de espaços de transição, nos quais a aclimação ocorre em um espaço de tempo muito curto, pode resultar na definição inadequada de temperaturas-base para climatização, controles térmicos e condições térmicas inaceitáveis. No caso de espaços externos, na transição a partir de ambientes internos, principalmente quando estes são climatizados, uma interpretação errônea das respostas subjetivas de percepção térmica pode acarretar maior pressão sobre planejadores urbanos por soluções de otimização do microclima urbano. Observe-se que, dentro da abordagem conceitual

de Chun, Kwok e Tamura (2004), espaços externos podem ser também vistos como espaços de transição, denominados Tipo III, os quais estão sujeitos a modificações urbanísticas e de equipamento urbano.

A aclimação é um fator influente na sensação térmica percebida, conforme apontado por diversos autores. A abordagem de conforto adaptativo (DE DEAR; BRAGER, 2002) leva em consideração tal fenômeno, sendo apresentada pela primeira vez como uma equação de regressão simples por Auliciems (2014), relacionando temperatura de neutralidade térmica à média externa da temperatura mensal. A ASHRAE 55 (AMERICAN..., 2004) descreve conforto adaptativo como um “modelo que relaciona temperaturas internas de projeto ou faixas de temperatura aceitáveis face a parâmetros meteorológicos ou climatológicos ao ar livre”. As primeiras tentativas de se estabelecer um período de adaptação individual às condições climáticas predominantes foram baseadas em dados mensais (temperatura média ambiente), sendo tal prazo atualmente especificado como “uma semana ou mais”. Além da aclimação de curto prazo, os períodos de aclimação ao clima local podem durar de semanas até estações do ano completas (AULICIEMS, 2014).

Nesse contexto, um fator de incerteza na compreensão de processos de aclimação ocorre durante mudanças atmosféricas repentinas, quando da entrada de frentes frias ou durante uma onda de calor.

Bitencourt *et al.* (2016) apresentam características de frequência, duração, abrangência espacial e intensidade das ondas de calor no território brasileiro a partir de séries históricas (1961-2014) de 265 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) em três áreas distintas. As áreas de estudo foram determinadas a partir do paralelo de 15°S, e com uma divisão complementar na fatia norte, a partir do paralelo 50°W. Desse estudo notou-se um aumento de 70% na frequência de ondas de calor nos últimos 16 anos, o qual é desproporcional em relação ao período anterior analisado, com ondas de calor mais duradouras e intensas. Diversos efeitos danosos das ondas de calor são elencados na literatura, sobretudo o aumento da taxa de mortalidade durante sua passagem, afetando parcelas mais vulneráveis da população (idosos, crianças e adultos não saudáveis), e também no aumento na demanda por climatização artificial. Em áreas urbanas o efeito é ainda mais acentuado, com a ocorrência de ilhas de calor urbanas.

No continente europeu o ano de 2003 foi um marco, com 30 mil óbitos registrados em decorrência de uma onda de calor ocorrida durante o verão (KOPPE *et al.*, 2004). Na França, um dos países mais afetados, a temperatura máxima nos meses de verão (média para 22 regiões administrativas) chegou a superar a das normais climatológicas mensais em cerca de 12 °C (36,9 °C versus 24,8 °C, em agosto de 2003) (BESSEMOULIN *et al.*, 2004). Mais preocupante é que tal incidente extremo é visto por climatologistas como um padrão que deverá ocorrer com maior frequência durante as últimas décadas do século atual. Koppe *et al.* (2004) reforçam a necessidade de implementação e avaliação de políticas e medidas de intervenção com objetivo de proteger a saúde da população vulnerável na Europa.

Lam, Gallant e Tapper (2016) comentam que estudos de campo no espaço aberto em situações de ondas de calor ainda são escassos e que estes se concentram em sua maior parte em modelagem de clima urbano. O estudo realizado por Lam, Gallant e (2016) analisa a reação de australianos durante uma onda de calor em parques utilizando o índice Universal Thermal Climate Index (UTCI) como referência para análise de votos de percepção térmica durante e após uma onda de calor ocorrida em Melbourne. Verificou-se que os entrevistados apresentaram maior percentual de votos de sensação de calor durante a onda de calor para uma mesma faixa de UTCI, verificada logo após sua passagem, levando os autores a concluir que o fator expectativa térmica afetou a percepção de estresse/conforto da amostra.

Neste estudo apresentam-se resultados de aclimação no curto prazo e durante uma onda de calor de participantes de um experimento de campo suportado por câmara climática em local de clima temperado (Karlsruhe, Alemanha). O objetivo e o método são apresentados a seguir, com a descrição da câmara climática, que, no caso, serviu como ambiente preparatório para a exposição ao espaço aberto, contíguo à mesma.

Diante do contexto exposto, o objetivo do artigo é apresentar a análise de respostas de percepção térmica durante a aclimação no curto prazo de indivíduos expostos a condições externas de verão em local de clima temperado. O contexto do estudo se dá ao longo da ocorrência de um episódio de onda de calor, comparando-se respostas térmicas subjetivas antes e após sua passagem.

## Método

A pesquisa de campo foi realizada em ambiente

externo a uma câmara climática, utilizada no contexto de uma pesquisa mais abrangente, a qual analisou relações de bem-estar e conforto quanto à presença de luz natural no ambiente interno. Para a pesquisa ora apresentada a câmara climática serviu como fase de aclimação para os participantes do estudo, garantindo estabilidade térmica e níveis de conforto previamente à exposição no espaço externo.

## Câmara climática

O experimento ocorreu em câmara climática construída do Karlsruhe Institute of Technology (KIT) e localizada em Karlsruhe (49°N, 8,5°E). A câmara possui dois ambientes-teste, configurados à maneira de um escritório, com mesas, computadores e acesso à internet. Variáveis como temperatura do ar e de superfície e velocidade do ar podem ser monitoradas e/ou controladas. Simultaneamente, são registradas as variáveis climáticas por meio de uma miniestação meteorológica instalada sobre a câmara. Uma descrição pormenorizada é apresentada por Schweiker *et al.* (2014).

A câmara possui um sistema de rotação sobre trilho circular na base, o qual permite giros de até 350° da fachada envidraçada dos escritórios de modo a orientá-los para diferentes pontos cardeais. A Figura 1 apresenta a planta simplificada e uma visão geral da câmara e seu entorno.

Ambos os escritórios possuem 24 m<sup>2</sup> de área interna e dispõem, cada qual, de dois computadores conectados à internet. As janelas possuem vidro triplo e têm uma relação área de vidro por área de fachada de aproximadamente 75%.

## Procedimentos

A pesquisa de campo envolveu a exposição de participantes dentro e fora da câmara climática por três dias consecutivos durante o verão europeu de 2015. A limitação do número de participantes (quatro por sessão) se deu em razão de haver apenas quatro estações de trabalho nos dois escritórios contíguos na câmara. Quatro grupos de quatro participantes formaram a amostra. A amostra era composta, dessa forma, de 16 jovens alemães do sexo masculino, com altura média 1,80 m, pesando em média 80 kg e com média de idade de 25 anos. Os participantes permaneciam durante 5 h (8h00-13h00) no interior da câmara e, após isso, eram levados para o espaço externo, onde eram entrevistados em três tempos de exposição (imediatamente, 15 min e 30 min após deixar o ambiente interno) ao ambiente térmico quanto à sensação e à preferência térmicas. O esquema de

aplicação dos questionários de conforto pré-exposição e durante ela é mostrado na Figura 2. Note-se, porém, que o presente artigo se concentra apenas nos dados coletados no espaço externo.

A vestimenta adotada era padrão (tênis, camiseta e calça jeans), com isolamento térmico estimado de 0,7 clo (INTERNATIONAL..., 2007). No espaço interno a taxa metabólica correspondia à de uma posição sentada, relaxada, desenvolvendo tarefa leve, e no exterior, à de caminhada leve, a uma velocidade de 4 km/h, a qual corresponde à condição equivalente adotada no índice UTCI, o qual foi utilizado como referência (apresentado mais adiante). No caso, os participantes foram conduzidos pelos pesquisadores dentro de percursos circulares ao redor da câmara durante todo o período de exposição (meia hora). A taxa metabólica estimada para o interior foi de 70 W/m<sup>2</sup> ou 1,2 Met, e para o exterior, de 135 W/m<sup>2</sup> ou 2,3 Met (INTERNATIONAL..., 2005).

As condições térmicas monitoradas, tanto interna como externamente, englobam as variáveis de conforto temperatura e umidade do ar, velocidade do ar e temperatura radiante média, esta última calculada a partir da ISO 7726 (INTERNATIONAL..., 1998). Confortímetros da marca/tipo ALMEMO 2690 foram usados em cada escritório, os quais eram monitorados em tempo real pelos pesquisadores, de modo a proceder ao

controle do ambiente térmico do sistema de climatização artificial individualmente para cada ambiente. Procurou-se manter condições internas de estabilidade térmica dentro de limites de conforto segundo o índice PMV (Predicted Mean Vote (INTERNATIONAL..., 2005)).

Controlou-se a ingestão de líquidos e alimentos, fornecendo aos participantes apenas água sem gás e alimentos neutros, como frutas e bolachas à base de cereais.

A estação medidora das variáveis externas de conforto foi montada pelos pesquisadores e posicionada na rota a ser percorrida a cada sessão, cerca de 1 h antes da exposição, de modo a se estabilizarem os equipamentos. Utilizaram-se dois armazenadores de temperatura e umidade da marca/tipo HOBO U12-011, um dos quais foi colocado no interior de um globo plástico de cerca de 15 cm de diâmetro, pintado na cor cinza, de modo a auferir a temperatura de globo. Usou-se um anemômetro de fio quente para mensuração de movimentos de ar (Testo 416). Dados da estação meteorológica da marca Thies, implantada sobre a câmara, foram usados apenas como backup, uma vez que a coleta era feita próxima a cada participante: a 1,30 m para temperatura e umidade do ar, a 1,20 m para temperatura de globo, e a 1,60 m para velocidade do ar.

Figura 1 - Câmara climática - planta interna e foto tirada em situação de verão, com orientação sul da fachada envidraçada

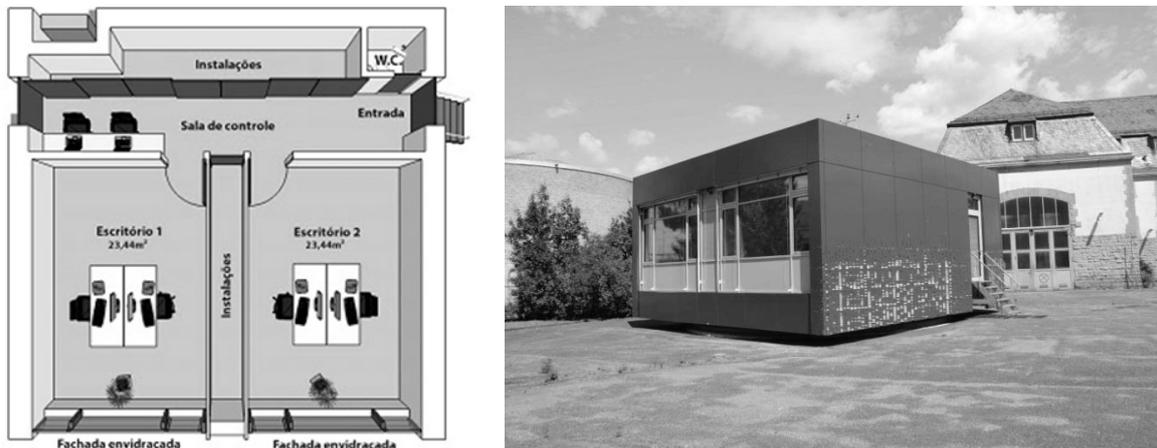
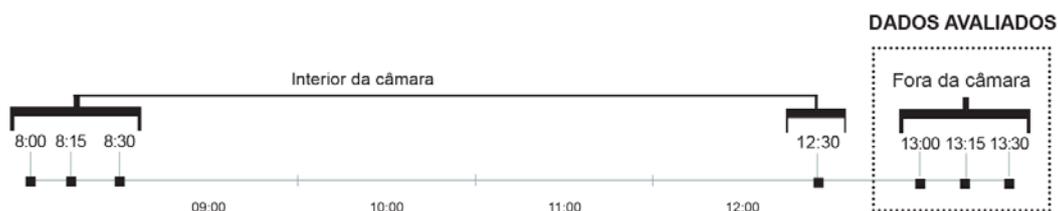


Figura 2 - Esquema de aplicação dos questionários de resposta térmica



O questionário aplicado continha informação do horário da resposta, identificação do participante e duas questões relativas à percepção térmica do ambiente (sensação e preferência), segundo uma escala Likert de sete pontos, com ponto neutro, da norma ISO 10551 (INTERNATIONAL..., 1995), versão alemã. As questões seguiram a escala (traduzida para a língua portuguesa, conforme a Tabela 1), sendo os questionários preenchidos em três tempos conforme a Figura 2. A pesquisa foi apresentada ao comitê de ética do KIT e os participantes tiveram de assinar termo de consentimento livre e esclarecido previamente aos experimentos.

### Cálculo dos índices térmicos

Os dados ambientais coletados na câmara foram integrados em valores do índice PMV por meio do software WinComf (UC Berkeley Thermal Comfort Program WinComf batch-version 1.01). Os dados ambientais coletados no exterior foram transformados em valores do índice não estacionário UTCI (Universal Thermal Climate Index), o qual se baseia em um modelo multinodal

de termorregulação humana segundo a abordagem de temperatura equivalente, usando-se o software BioKlima v. 2.6, desenvolvido por Blazejczyk (2016). Para tanto, fez-se a adequação logarítmica dos valores de vento para uma altura de 10 m, conforme utilizada no cálculo do UTCI (BRÖDE *et al.*, 2012). Adicionalmente, como forma de facilitar uma comparação em uma mesma escala de sensação térmica, calcularam-se os valores de DTS (Dynamic Thermal Sensation) a partir do UTCI, segundo o modelo UTCI-Fiala (FIALA; LOMAS; STOHRER, 2003), os quais seguem a escala de sete pontos adotada nos questionários.

## Resultados

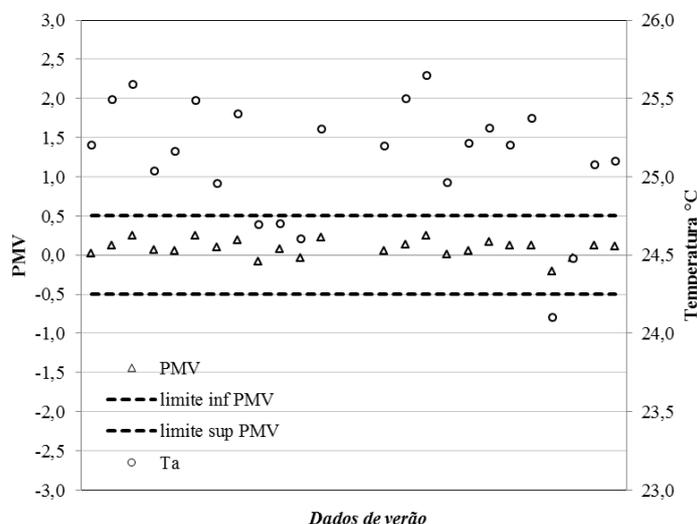
### Condições térmicas pré-exposição

A partir do controle rigoroso e em tempo real das condições térmicas de cada escritório, os valores de PMV foram mantidos dentro dos limites de ambientes classificados como Categoria B segundo a norma ISO 7730 (INTERNATIONAL..., 2005), os quais variam entre -0,5 e +0,5 na escala PMV (Figura 3).

Tabela 1 - Pontuação para sensação e preferência térmicas

Pontuação	Resposta (sensação)	Pontuação	Resposta (preferência)
(-3)	“muito frio”	(+3)	“muito mais calor”
(-2)	“frio”	(+2)	“mais calor”
(-1)	“pouco frio”	(+1)	“um pouco mais de calor”
(0)	“neutro”	(0)	“sem mudanças”
(+1)	“pouco calor”	(-1)	“um pouco mais frio”
(+2)	“calor”	(-2)	“mais frio”
(+3)	“muito calor”	(-3)	“muito mais frio”

Figura 3 - Condições térmicas ao final das 12 sessões de verão - valores de PMV e de temperatura do ar internos



## Condições térmicas durante a exposição

As condições externas variaram a cada dia, havendo distribuição dos valores calculados pelo índice UTCI, por quatro faixas distintas nesse índice (conforme apresentadas por BRÖDE *et al.*, 2012). As condições variaram, conforme a Figura 4, entre conforto e estresse térmico muito forte por calor, com leve aumento das condições térmicas externas com tempo de exposição, conforme a linha de tendência do gráfico.

Os resultados em termos de resposta térmica

mostraram tendência crescente, com a primeira resposta sendo menos acentuada e havendo aumento gradual da resposta de sensação térmica, conforme a linha de tendência apresentada na Figura 5. Observa-se que, nesse caso, se agruparam as respostas individuais dos quatro participantes, a cada aplicação do questionário, de modo a reduzir a subjetividade na resposta térmica. Resultados da análise de variância (ANOVA) mostram não haver, contudo, diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) na sensação térmica reportada em função do tempo de exposição para os dados de verão.

Figura 4 - Condições térmicas externas durante as 12 sessões de verão, nos três tempos de exposição, representadas como valores do índice UTCI (°C), com faixas de conforto e estresse térmicos

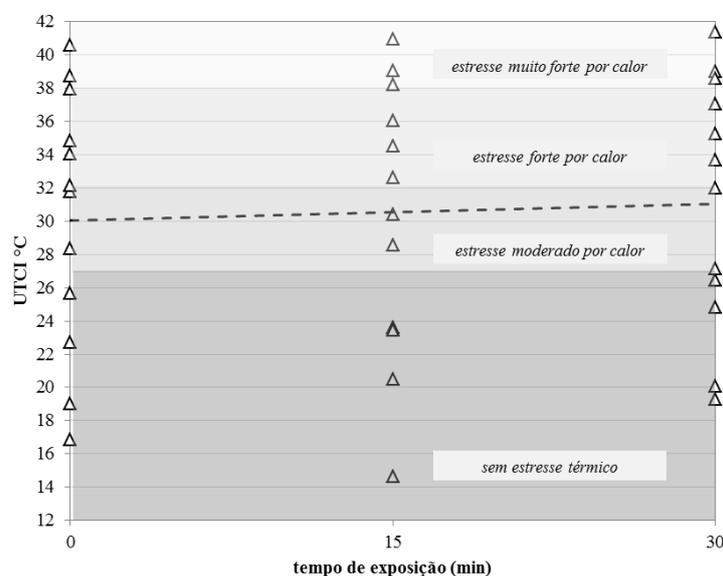
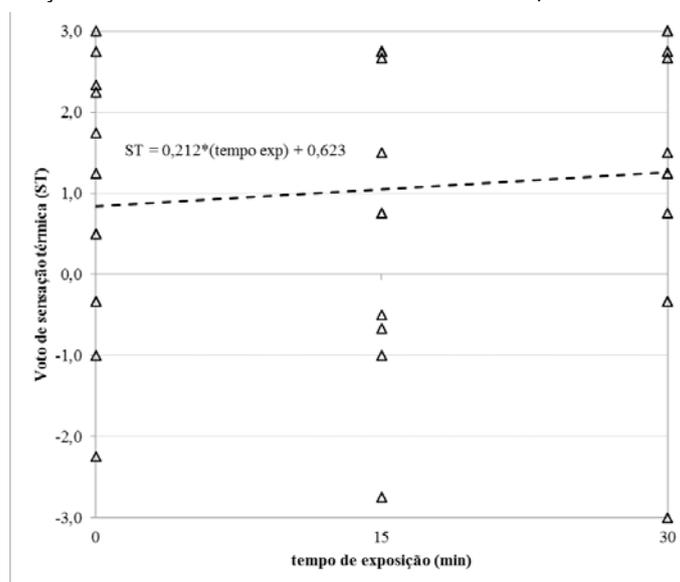


Figura 5 - Votos de sensação térmica durante as 12 sessões de verão, nos três tempos de exposição



### Efeitos da onda de calor

Os dias de verão classificados como pertencentes a uma onda de calor foram aqueles em que três condições foram observadas:

- (a) no mínimo três dias consecutivos;
- (b) dias com máximas diárias excedendo 35 °C; e
- (c) dias cujo período noturno pode ser caracterizado como “tropical night” (com mínima superior a 20 °C).

A combinação dessas três condições é sugerida na literatura como responsável por maiores taxas de mortalidade durante ondas de calor (GRIZE *et al.*, 2005, FISCHER; SCHÄR, 2010). A Figura 6 mostra a distribuição das sessões de verão com a representação das máximas diárias e das mínimas

observadas no período noturno, podendo-se claramente identificar uma onda de calor entre os dias 3 e 5 de julho. A onda de calor ocorreu, dessa forma, entre a segunda e a terceira campanha experimental.

A aclimação pós-onda de calor pode ser avaliada durante o período de verão estudado comparando-se a média das diferenças entre sensação térmica predita (DTS) a cada situação e o correspondente voto de sensação térmica (VST) agrupado dos participantes. Dessa forma, diferenças relativas às condições ambientais em dias distintos podem ser comparadas lado a lado, tendo-se uma mesma referência (valor calculado DTS). Analisa-se, então, o erro de predição (DTS-VST). A Figura 7 mostra a variação do erro de predição antes e depois da ocorrência da onda de calor.

Figura 6 - Temperatura mínima, média e máxima diária versus limites mínimos para caracterização de onda de calor, com identificação das campanhas experimentais (em algarismos romanos)

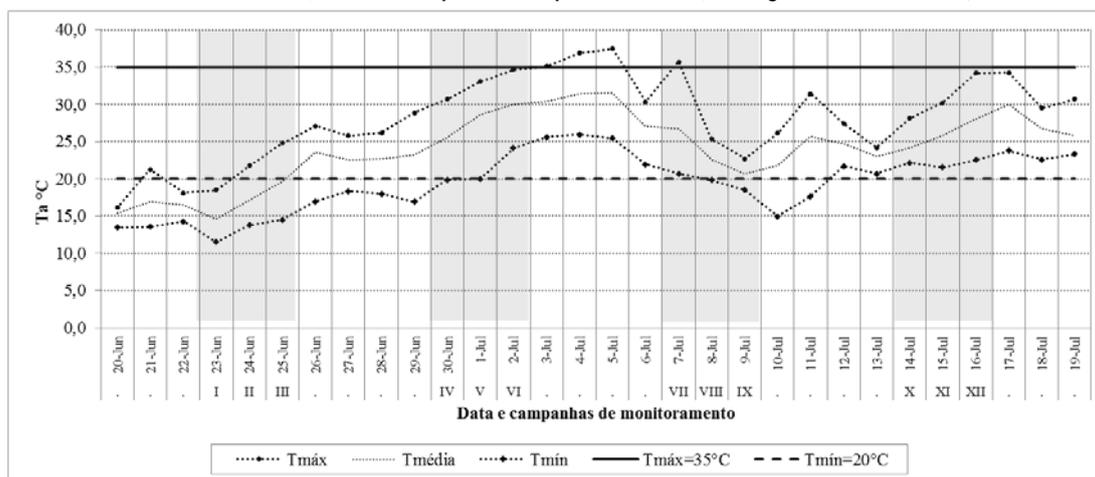
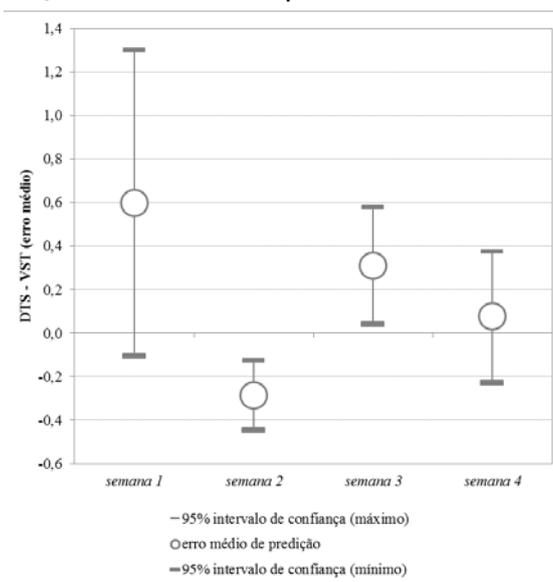


Figura 7 - Erro médio de predição a cada semana experimental com intervalo de confiança de 95%



Nota-se grande variação do erro de estimativa na primeira semana, com valores negativos, porém com menor grau de dispersão, para a segunda semana, seguidamente de valores novamente positivos, com menor variação que a da primeira semana, após isso. De outra forma, com a proximidade da onda de calor, houve aumento gradual na sensação de calor reportada (com o índice DTS sendo subestimado). Após a ocorrência da onda de calor, o índice superestima a sensação térmica dos participantes, ou seja, condições de exposição equivalentes aparentemente são “sentidas” pelos participantes como menos intensas.

Resultados da ANOVA (fator único) para as duas semanas anteriores e para as duas posteriores à onda de calor mostraram diferenças significativas entre ambos os períodos em termos de erro de estimativa (Tabela 2). Resultados da ANOVA, obtidos separadamente para cada semana, mostram um efeito significativo e mais pronunciado da onda de calor entre a segunda e a terceira semanas, perdendo significância entre a segunda e a quarta (Tabela 3).

## Discussão

Os resultados mostram a importância de se levar em conta efeitos de aclimatação quando da interpretação de respostas térmicas no espaço aberto. Embora os testes estatísticos não tenham mostrado diferenças estatisticamente relevantes para a aclimatação no curto prazo (dentro do espaço de meia hora após os participantes saírem do ambiente climatizado), houve pequena correção dos votos de sensação térmica nesse intervalo, conforme verificado graficamente na Figura 5. Tal correção foi maior ou menor, positiva ou negativa,

em função de a transição ter sido para condições térmicas mais frias ou mais quentes do que no ambiente onde permaneceram antes da exposição. Nota-se na Figura 8 que em algumas sessões, como nas duas primeiras (semana 1), os participantes encontraram externamente um ambiente mais frio em termos de temperatura do ar do que na câmara climática.

O conceito de aclimatação inclui os modos como o indivíduo interage com o meio e suas ações nesse sentido, e é afetado por fatores contextuais e de histórico térmico, os quais influem na expectativa e na preferência térmicas.

O histórico térmico do indivíduo afeta sua percepção térmica momentânea (CHUN; KWOK; TAMURA, 2004). A sensação térmica resultante da transição para o exterior pode ser observada na Figura 7, mostrada anteriormente, a qual se utiliza da referência da sensação térmica estimada (DTS) como fator de comparação, sob a forma de erro de predição. Diferenças positivas devem ser interpretadas como participantes tendo reportado votos mais frios que o esperado, diferenças negativas denotam maior sensação de calor. Nos votos agrupados por semana de experimentos, e com base nas Figuras 7 e 8, observa-se uma relação entre a transição térmica ocorrida e o erro encontrado que se assemelha a estudos em câmara climática reportados por Dear, Ring e Fanger (1993), nos quais se avaliam as respostas conscientes de participantes à luz de um modelo de termorrecepção. Tais autores mostraram haver maior sensibilidade no caso de transições negativas (step-down changes), isto é, transitar para ambientes mais frios, do que de transições positivas (step-up changes).

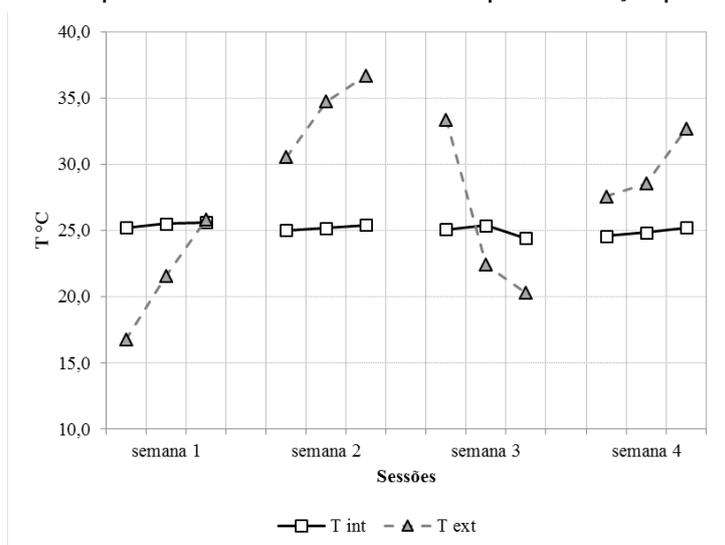
Tabela 2 - Resultados da ANOVA fator único com valores F e p para erro de predição (DTS-VST), antes e após a onda de calor

<i>Grupo</i>	<i>n</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>	
Pré-onda de calor	9	-0,28611	0,058924	
Pós-onda de calor	9	0,309259	0,168358	
ANOVA	<b>Grau de liberdade</b>	<b>F</b>	<b>valor-P</b>	<b>F crítico</b>
	1	14,0363	0,0018	4,4940

Tabela 3 - Resultados da ANOVA fator único com valores F e p para erro de predição (DTS-VST), antes e após a onda de calor, entre as quatro semanas

<i>Comparação</i>	<i>Grau de liberdade</i>	<i>Erro de predição</i>		<i>F crítico</i>
		<b>F</b>	<b>valor-P</b>	
primeira semana <i>versus</i> terceira semana	1	1,6120	0,2224	4,4940
segunda semana <i>versus</i> terceira semana	1	14,0363	0,0018	4,4940
segunda semana <i>versus</i> quarta semana	1	8,3549	0,0106	4,4940
primeira semana <i>versus</i> quarta semana	1	2,3287	0,1465	4,4940

Figura 8 - Condições de temperatura imediatamente antes e após a transição para o espaço externo



Chun e Tamura (2005) analisaram o impacto do histórico térmico na sensação térmica reportada por indivíduos tanto em experimentos em ambiente controlado (câmara climática) como em locais de transição próximos à estação de trem de Yokohama, Japão. Nos transectos, as respostas térmicas alteravam de acordo com a rota tomada pelos participantes. Como se chegava sempre ao mesmo local de destino, se supõe que as rotas tomadas, o histórico térmico no trajeto, afetavam a forma como os participantes percebiam as condições térmicas ao final. Nos experimentos em câmara climática, transições negativas para uma situação de conforto (24 °C) resultaram em respostas tendendo mais para frio do que no caso de transições positivas, o que corrobora os resultados encontrados no presente estudo.

Finalmente, quanto ao episódio da onda de calor, notou-se alteração significativa no erro de estimativa antes e logo após a onda de calor, sugerindo que se deu um aumento de tolerância térmica ao calor após a passagem da onda de calor. Verificou-se, contudo, que tal efeito perde sua força com maior distanciamento temporal da onda de calor. Estudo de Liu *et al.* (2014) discute o tempo necessário de aclimação psicológica a mudanças no campo térmico, detalhando o mecanismo de feedback, que, assume-se, esteve também atuante na passagem da onda de calor.

## Conclusões

O estudo realizado discute efeitos de aclimação de indivíduos após uma permanência em ambiente controlado. Embora a amostra seja pequena (16 participantes), o controle dos diversos fatores de influência na sensação térmica torna os resultados

críveis, e tais foram considerados consistentes com a literatura da área.

Quanto à aplicabilidade dos resultados, o estudo contribui para uma área em expansão e com um grupo de pesquisadores em ampliação contínua no Brasil. A natureza interdisciplinar e complexa do assunto requer cuidados quando da elaboração de protocolos e procedimentos para pesquisas de campo, alguns deles mencionados no artigo.

Considerando o aumento esperado na frequência de ondas de calor no planeta e no Brasil, o estudo contribui timidamente para o conhecimento das reações adaptativas e de aclimação durante a ocorrência de tal fenômeno. Espera-se ter contribuído metodologicamente com procedimentos de avaliação da real resposta humana nessas condições, com vistas à mitigação de efeitos adversos, principalmente para as parcelas mais vulneráveis da população. As limitações da pesquisa realizada (amostra pequena de um grupo relativamente homogêneo de participantes, 12 sessões de exposição, características climáticas da Europa Central) deverão futuramente ser sanadas com a replicação da pesquisa em outras situações climáticas e com variações de sexo, idade e índice de massa corporal, por exemplo, entre outros refinamentos na metodologia descrita.

## Referências

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. **Standard 55**: thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2004.

- AULICIEMS, A. Thermal Sensation and Cell Adaptability. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 3, p. 325-335, 2014.
- BESSEMOULIN, P. *et al.* La Canicule D'août 2003 en France et en Europe. **Meteorologie**, v. 46, p. 25-33, 2004.
- BITENCOURT, D. P. *et al.* Frequência, Duração, Abrangência Espacial e Intensidade das ondas De Calor no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 506-517, 2016.
- BLAZEJCZYK, K. Software BioKlima v. 2.6. Disponível em: <<https://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html>>. Acesso em: 10 dez. 2016.
- BRAGER, G. S.; DE DEAR, R. J. Thermal Adaptation in the Built Environment: a literature review. **Energy and Buildings**, v. 27, n. 1, p. 83-96, 1998.
- BRÖDE, P. *et al.* Deriving the Operational Procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). **International Journal of Biometeorology**, v. 53, n. 3, p. 481-494, 2012.
- CHUN, C.; KWOK, A.; TAMURA, A. Thermal Comfort in Transitional Spaces: basic concepts: literature review and trial measurement. **Building and Environment**, v. 39, n. 10, p. 1187-1192, 2004.
- CHUN, C.; TAMURA, A. Thermal Comfort in Urban Transitional Spaces. **Building and Environment**, v. 40, n. 5, p. 633-639, 2005.
- DE DEAR, R. J.; BRAGER, G. S. Thermal Comfort in Naturally Ventilated Buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 549-561, 2002.
- DE DEAR, R. J.; RING, J. W.; FANGER, P. O. Thermal Sensations Resulting From Sudden Ambient Temperature Changes. **Indoor Air**, v. 3, n. 3, p. 181-192, 1993.
- FIALA, D.; LOMAS, K. J.; STOHRER, M. First Principles Modeling of Thermal Sensation Responses in Steady-State and Transient Conditions. **ASHRAE Transactions**, v. 109, n. 1, p. 179-186, 2003.
- FISCHER, E. M.; SCHÄR, C. Consistent Geographical Patterns of Changes in High-Impact European Heatwaves. **Nature Geoscience**, v. 3, n. 6, p. 398-403, 2010.
- GRIZE, L. *et al.* Heat Wave 2003 and Mortality in Switzerland. **Schweizerische medizinische Wochenschrift**, v. 135, n. 13-14, p. 200-205, 2005.
- HÖPPE, P. Different Aspects of Assessing Indoor and Outdoor Thermal Comfort. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 661-665, 2002.
- INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION. **ISO 10551**: ergonomics of the thermal environment: assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. Geneva, 1995.
- INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION. **ISO 7726**: ergonomics of the thermal environment: instruments for measuring physical quantities. Geneva, 1998.
- INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION. **ISO 7730**: moderate thermal environments: determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva, 2005.
- INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION. **ISO 9920: ergonomics of the thermal environment**: estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. Geneva, 2007.
- KOPPE, C. *et al.* **Heat Waves**: risks and responses. Regional Office for Europe, World Health Organization, 2004.
- LAM, C. K. C.; GALLANT, A. J.; TAPPER, N. J. Perceptions of Thermal Comfort in Heatwave and Non-Heatwave Conditions in Melbourne, Australia. **Urban Climate**, 2016. Versão online. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095516300396>>. Acesso em: 9 dez. 2016.
- LIU, W. *et al.* Feedback Effect of Human Physical and Psychological Adaption on Time Period of Thermal Adaption in Naturally Ventilated Building. **Building and Environment**, v. 76, p. 1-9, 2014.
- SCHWEIKER, M. *et al.* Presenting LOBSTER, an Innovative Climate Chamber, and the Analysis of the Effect of a Ceiling Fan on the Thermal Sensation and Performance Under Summer Conditions in an Office-Like Setting. In: WINDSOR CONFERENCE: COUNTING THE COST OF COMFORT IN A CHANGING WORLD, 8., Windsor, 2014. **Proceedings...** Windsor, 2014.
- WU, Y. C.; MAHDAVI, A. Assessment of Thermal Comfort Under Transitional Conditions. **Building and Environment**, v. 76, p. 30-36, 2014.

## Agradecimentos

Agradecimentos à CAPES, ao European Union 7th Framework Programme (FP7/2007-2013), projeto

número PIRG08-GA-2010-277061 e ao  
Fachgebiet Bauphysik & Technischer  
Ausbau/Karlsruher Institut für Technologie  
(fbta/KIT).

**Eduardo Leite Krüger**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Construção Civil | Universidade Tecnológica Federal do Paraná |  
Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças | Curitiba - PR - Brasil | CEP 80230-901 | Tel.: (41) 3310-4725 Ramal 4725 |  
E-mail: ekruger@utfpr.edu.br

**Cintia Akemi Tamura**

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Departamento de Construção Civil | Universidade Tecnológica Federal do Paraná |  
E-mail: cintiatamura@gmail.com

***Revista Ambiente Construído***

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído  
Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro  
Porto Alegre - RS - Brasil  
CEP 90035-190  
Telefone: +55 (51) 3308-4084  
Fax: +55 (51) 3308-4054  
[www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido](http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido)  
E-mail: [ambienteconstruido@ufrgs.br](mailto:ambienteconstruido@ufrgs.br)