

## CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS ABERTOS: RESULTADOS DE UM ESTUDO PILOTO EM CURITIBA

**Francine A. Rossi (1); Flavia O. Minella (2); Cíntia A. Tamura (3); Eliane Dumke (4);  
Eduardo L. Krüger (5)**

(1) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Av. Sete de Setembro, 3165 CEP. 80230-901 Curitiba PR,

[francinea.rossi@hotmail.com](mailto:francinea.rossi@hotmail.com)

(2) Arquiteta, Mestranda do PPGTE-UTFPR, [flaminella@hotmail.com](mailto:flaminella@hotmail.com)

(3) Arquiteta, Mestranda do PPGTE-UTFPR, [cintiatamura@gmail.com](mailto:cintiatamura@gmail.com)

(4) Arquiteta, Pós-doutoranda PPGTE-UTFPR, [eliane.dumke@ppgte.ct.utfpr.edu.br](mailto:eliane.dumke@ppgte.ct.utfpr.edu.br)

(5) Professor Doutor, PPGTE-UTFPR, [ekruger@utfpr.edu.br](mailto:ekruger@utfpr.edu.br)

### RESUMO

As mudanças das condições térmicas nos espaços abertos exercem grande influência nos seres humanos, afetando o nível de conforto e o desempenho das atividades cotidianas, dentre outros. Vários índices de conforto foram desenvolvidos para analisar a relação entre os seres humanos e o ambiente ao qual estão expostos. A maior parte desses índices foi desenvolvida para verificar a sensação térmica em espaços internos. Entretanto, em ambientes abertos, mais variáveis atuam na sensação de conforto, tornando estes ambientes mais complexos. Vários estudos sobre conforto em espaços abertos estão sendo desenvolvidos no Brasil, porém, a diversidade climática encontrada no país indica uma necessidade de estudos específicos em diversas localidades. Em Curitiba, existem vários estudos sobre clima urbano, entretanto, sobre conforto em espaços abertos estes são inexistentes. Assim, o objetivo deste artigo é apresentar resultados iniciais de pesquisa em conforto em espaços abertos na principal rua de pedestres de Curitiba, com o objetivo de verificar a sensação de conforto térmico de transeuntes. Para tal, foi feito um levantamento das variáveis ambientais e pessoais na Rua XV de Novembro sob condições de verão. Para analisar a sensação de conforto térmico dos usuários da rua, foram utilizados os índices PMV, PET e SET\*. Verificaram-se discrepâncias entre dados de conforto térmico e calculado.

Palavras-chave: conforto em espaços abertos, conforto térmico, clima urbano.

### ABSTRACT

Variations in thermal conditions in open spaces have a great impact on human beings, affecting comfort levels and human performance in daily activities. Several comfort indices have been developed, which analyse the relation between human beings and their thermal environment. Most of these indices were developed to verify thermal sensations indoors. However, in open spaces, more variables have an effect on the thermal sensation, making these environments more complex. Several studies on comfort in outdoor spaces are under development in Brazil, but the climatic diversity in this country indicates that more studies are needed in various locations. In Curitiba, some studies on urban climate have been developed, however there are only few ones about outdoor comfort. Thus, the purpose of this article is to present initial results of a outdoor comfort research in the main pedestrian street of Curitiba, aiming to analyse thermal comfort sensations of passersby. For this, a survey was carried out with concurrent monitoring of environmental variables at the Rua XV de Novembro under summer conditions. The thermal comfort indices PMV, PET and SET \* have been used in the evaluation. Differences were noticed between declared comfort sensations and calculated data.

Key-words: comfort in open spaces, thermal comfort, urban climate.

## 1. INTRODUÇÃO

As cidades abrigam a maior parte da população mundial, com mais de 50% da população habitando grandes centros urbanos (Ng *et al.*, 2008). As alterações do sítio natural e as atividades produzidas nas cidades afetam o clima local e estas alterações climáticas em consequência afetam os seres humanos. Uma pessoa está em conforto quando a troca de calor entre o corpo humano e o meio ambiente está em equilíbrio. Este equilíbrio depende das condições ambientais – temperatura do ar, umidade relativa, temperatura radiante média e velocidade do ar - e das características individuais – peso, altura, idade, sexo, tipo de vestimenta e atividades.

Quando a perda de calor do corpo é maior que a que está sendo produzida pelo organismo, tem-se a sensação de desconforto para o frio, ou seja, o ambiente é considerado frio. E quando a perda de calor do corpo é menor do que a produzida pelo organismo, sente-se desconforto para o calor, o ambiente é considerado quente.

A partir de meados do século XVII, foram registradas as primeiras medições de temperatura do ar em Florença e Pequim. No século XVII, questões referentes à sensação térmica em ambientes começaram a ser levantadas. Os primeiros estudos relacionados ao stress térmico surgiram no início do século XIX, na Europa (MONTEIRO; ALUCCI, 2005a).

Segundo Monteiro e Alucci (2005a), os primeiros índices foram desenvolvidos por: Houghten *et al.* (1923), Vernon e Warner (1932), McAriel *et al.* (1947), Missenard (1948) e fazem uso de nomogramas, sendo que as equações que os deram origem não foram originalmente publicadas. Diversos índices existentes e suas faixas de aplicação são relacionados por Monteiro e Alucci (2005b e 2005c). Neste artigo, focou-se a análise dos dados coletados nos índices PMV, PET e SET\*.

Fanger (1982), apresenta um método para avaliar a sensação térmica de pessoas exposta a um mesmo ambiente, o índice PMV, o voto médio estimado (*Predicted Mean Vote*). O PMV é um índice que prediz o valor médio dos votos de sensação térmica de um grupo de pessoas. E baseia-se no balanço térmico do corpo humano, ou seja, quando o calor interno produzido pelo corpo é igual à perda de calor para o ambiente. Os votos são dados em uma escala de 7 pontos, conforme apresentados na norma internacional ISO 7730 (Tabela 1).

Para se obter os valores individuais de desconforto, calcula-se o índice PPD (*Predicted Percentage Dissatisfied*), que estabelece uma predição quantitativa da porcentagem de pessoas em desconforto, tanto para calor como para o frio.

Tabela 1 – Escala de sensação térmica de 7 pontos

-3	-2	-1	0	1	2	3
muito frio	frio	um pouco de frio	nem frio nem calor	um pouco de calor	Calor	muito calor

O PET, Temperatura Fisiológica Equivalente (*Physiological Equivalent Temperature*), foi baseado no MEMI (*Munich Energy-balance Model for Individuals*), que tem como base o balanço de energia. O PET baseia-se no balanço térmico do corpo, sendo “um índice para cálculo do conforto térmico, adaptado às condições externas, que considera não só a temperatura, umidade e vento, mas também a temperatura radiante média e é baseado na equação de equilíbrio térmico humano em estado de uniformidade” (MAYER; HÖPPE, 1987<sup>1</sup>, *apud* LOIS; LABAKI, 2001). Segundo Höppe (1999), o PET é definido como a temperatura fisiológica equivalente, em um determinado ambiente (interno ou externo), à temperatura do ar de um ambiente interno de referência, no qual o balanço térmico humano é mantido com temperatura da pele e do centro do corpo iguais àquelas das condições em avaliação. Os dados climáticos do ambiente de referência e os dados individuais são estabelecidos da seguinte forma: (1) umidade relativa de 50% a uma temperatura do ar de 20°C, (2) velocidade do ar de 0,1 m/s, (3) temperatura radiante média igual à temperatura do ar, (4) pressão de vapor de água de 12hPa, (5) metabolismo 80W e (5) vestimenta de 0,9 clo (HÖPPE, 1999). A faixa de conforto está entre 18°C e 23°C, conforme Mayer e Matzarakis (1998).

O quadro 1 mostra os níveis de stress térmico e sensação térmica para os índices PMV e PET.

---

<sup>1</sup> MAYER, H.; HÖPPE, P. Thermal comfort of man in different urban environments. In: **Theoretical and Applied Climatology**, v. 38, p. 43-49, 1987.

Quadro 1 – Sensação térmica e nível de estresse térmico para os índices PMV e PET

PMV	PET	Human sensation	Thermal stress level
-3,5	4°C	Very cold	extreme cold stress
-2,5	8°C	cold	strong cold stress
-1,5	13°C	cool	moderate cold stress
-0,5	18°C	slightly cool	slight cold stress
0,5	23°C	comfortable	no thermal stress
1,5	29°C	slightly warm	slight heat stress
2,5	35°C	warm	moderate heat stress
3,5	41°C	hot	strong heat stress
		very hot	extreme heat stress

Fonte: MAYER, MATZARAKIS, 1998.

O SET\*, Nova Temperatura Efetiva Padrão (*New Standard Effective Temperature*) origina-se do SET (Temperatura Efetiva Padrão). O SET\* de um determinado ambiente é definido como “a temperatura equivalente à temperatura do ar na qual, em um ambiente de referência, o indivíduo apresenta a mesma temperatura da pele e a mesma fração de pele coberta por suor regulatório que no ambiente em questão.” (MONTEIRO, ALUCCI, 2005b). Os dados climáticos do ambiente de referência e os dados individuais são estabelecidos da seguinte forma: (1) umidade relativa de 50%, (2) velocidade do ar de 0,15 m/s (3) temperatura radiante média igual à temperatura do ar, (4) metabolismo de 1,3met e (5) vestimenta de 0,5 clo para o verão e 0,9 clo para o inverno (GAGGE, 1986a; 1986b). A faixa de conforto está entre 20°C e 30°C, entretanto a temperatura de conforto é 25°C, conforme Saitoh e Yamada (2001) (Quadro 2).

Quadro 2 – Relação entre o SET\*, sensação térmica, resposta fisiológica e fatores de saúde

SET* (°C) Dry Bulb at 50% RH	SENSATION Temperature Comfort	PHYSIOLOGY	HEALTH Circulatory Collapse
45	Limited Tolerance	Body heating Failure of regulation	↑ Increasing danger of heat strokes
40	Very hot Uncomfortable	Increasing stress caused by sweating and blood flow	
35	Hot Slightly Uncomfortable		
30	Slightly Warm	Normal regulation by sweating and vascular change	
25	Neutral Comfortable	Regulation by vascular change	Normal Health
20	Slightly Cool		
15	Cool Slightly Uncomfortable	Increasing dry heat loss Urge for more clothing or exercise	
10	Cold Very Cold Uncomfortable	Vasoconstriction in hands and feet Shivering	↓ Increasing complain from dry mucous and skin
5			↓ Muscular pain impatient of peripheral circulation

Fonte: HARDY, 19702 e GAGGE *et al.*, 19713 apud SAITOH; YAMADA, 2001.

<sup>2</sup> HARDY, J. D. Thermal Comfort and Health. In: 2<sup>nd</sup> **Human Factors Symposium**, ASHRAE, 1970. Semiannual Meeting in San Francisco, 1970.

Para o cálculo dos índices PMV, PET e SET\* são consideradas as seguintes variáveis climáticas: (1) temperatura do ar, (2) temperatura radiante média, (3) velocidade do ar e (4) umidade do ar. E as seguintes variáveis individuais: (1) taxa metabólica, (2) eficiência mecânica, (3) isolamento da vestimenta e (4) atividade. A equação para cálculo do PMV é apresentada na norma ISO 7730 (2005).

Este artigo apresenta os resultados de um estudo piloto realizado para verificar o conforto térmico de passantes em espaços abertos em Curitiba. O ambiente estudado foi o “calçadão” de pedestres da Rua XV de Novembro. Esta via é o primeiro “calçadão” de pedestres do Brasil, tendo sido inaugurado em 1972. Além do seu valor histórico é um importante eixo de comercial da cidade, transitando ali cerca de 120 mil pessoas por dia.

De acordo com Barbetta (2006) o cálculo da amostra para a população de Curitiba (cerca de 1.800.000) foi de 400 pessoas. Utilizou-se a seguinte equação para cálculo:

$$n = \frac{N * \frac{1}{E^2}}{N + \frac{1}{E^2}} \quad \text{sendo } n = \text{amostra, } N = \text{população e } E = \text{erro amostral (0,05)}.$$

Sendo assim, obteve-se próximo a 1/3 do total neste dia de medição.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo é analisar a resposta humana em relação ao conforto térmico em Curitiba, relativamente aos índices PMV, PET e SET\*.

## 3. METODOLOGIA

O local de estudo é o calçadão da Rua XV de Novembro, onde foram monitoradas variáveis climáticas e levantadas variáveis pessoais, no dia 09 de janeiro de 2009, no período das 10:50 as 16:00.

A escolha dos pontos baseou-se em fotos olho de peixe tiradas previamente no local, utilizando uma máquina fotográfica Nikon D80 e a lente olho de peixe de 8mm. Foram tiradas fotos em todas as quadras que compõem o calçadão da Rua XV. Todas as fotos foram feitas no meio das quadras e no meio da via em dia de céu claro, evitando a interferência da radiação solar direta. A partir das fotos foi calculado o Fator de Visão do Céu (FVC) para todos os pontos, pelo software Rayman. Os fatores de visão do céu obtidos foram: para o ponto 1: 0,318 e para o ponto 2: 0,613 (Figuras 2 e 3). Estes pontos apresentaram maior diferença de FVC, dentre todos os pontos levantados.

O ponto 1 se localiza na quadra entre a Rua Presidente Faria e Rua Riachuelo, e o ponto 2 entre a Rua Muricy e a Rua Ébano Pereira (Figura 1), Estes locais apresentam características diferentes, o primeiro está em uma quadra que possui edifícios comerciais altos, em ambos os lados da Rua. O segundo ponto está entre edifícios antigos de baixa altura e com largura da via maior (Figuras 4 e 5). Os pontos estão distantes entre si aproximadamente 500 metros.



Figura 1 – Foto com a localização dos pontos monitorados (ponto 1 à direita e ponto 2 à esquerda)

<sup>3</sup> GAGGE, A. P.; STOLWIJK, J. A. J.; NISHI, Y. An Effective Temperature Scale Based on a Simple Model of Human Physiological Regulatory response. In: *ASHRAE Trans.*, v.77, p.247-262, 1971.



Figura 2 – Foto olho de peixe do Ponto 1



Figura 3 – Foto olho de peixe do Ponto 2



Figura 4 – Foto da quadra do Ponto 1



Figura 5 – Foto da quadra do Ponto 2

As variáveis climáticas foram obtidas de acordo com a norma ISO 7726 (1998), que dispõe sobre os instrumentos para a medição de variáveis físicas. Assim, para medir as variáveis climáticas foi utilizada a estação meteorológica da marca HOBO (H21-001). Esta estação é um *data logger*, no qual pode-se conectar até 8 sensores para medir temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade e direção do vento, precipitação e pressão barométrica. Registra até 15 canais de medições.

A estação estava equipada com os seguintes instrumentos (Figura 6):

1. Sensor de temperatura e umidade (S-THB-M002);
2. Piranômetro de silício (S-LIB-M003);
3. Sensor de direção e velocidade do vento (S-WCA-M003).

Os sensores de temperatura do ar e umidade relativa foram fixados na altura de 110cm, conforme ISO 7726 (1998), o piranômetro foi fixado à 160cm, acima dos demais sensores e orientado para o norte, para evitar sombras sobre o mesmo. O anemômetro é fixado à 200cm, conforme recomendação da Campbell (1997).

Para se obter a temperatura radiante média ( $T_{rm}$ ), foram utilizados termômetros de globo de cobre, com  $\varnothing=2''$ , pintados na cor RAL-7001 (cinza) (THORSSON *et al.*, 2007). Em cada estação foram fixados dois termômetros de globo nas alturas de 60cm e 110cm, conforme ISO 7726 (1998). Para se obter a temperatura de globo, foi feita a média aritmética entre os dois registros. A  $T_{rm}$  foi calculada pela fórmula, considerando convecção natural, conforme a ISO 7726 (1998, pg.16). Os globos estavam equipados com os seguintes instrumentos: Sensor de temperatura 12-Bit (S-TMB-M002); HOBO Pro V2 logger (U23-004).

As faixas de precisão da maior parte dos instrumentos utilizados satisfazem as recomendações da norma ISO 7726 (Tabelas 2 e 3). Os dados foram gravados de 1 em 1 segundo e depois trabalhados para compor o minuto. Assim, têm-se dados climáticos para cada minuto no período das 10:50 às 16:00.

Tabela 2 - Faixas e precisões requeridas pela ISO 7726

Variáveis	Faixa para conforto	Precisão para conforto	Faixa para estresse	Precisão para estresse
Temperatura do ar ( $T_a$ )	10 a 40°C	Desejada: $\pm 0,5^\circ\text{C}$ Requerida: $\pm 0,2^\circ\text{C}$	-40 a 120°C	Desejada: $\pm 0,5^\circ\text{C}$ (0 a 50 °C) Requerida: $\pm 0,25^\circ\text{C}$ (0 a 50 °C)
Temperatura radiante média ( $T_{rm}$ )	10 a 40°C	Desejada: $\pm 2^\circ\text{C}$ Requerida: $\pm 0,2^\circ\text{C}$	-40 a 150°C	Desejada: $\pm 5^\circ\text{C}$ (0 a 50 °C) Requerida: $\pm 5^\circ\text{C}$ (0 a 50 °C)
Velocidade do ar ( $v_a$ )	0,05 a 1 m/s	Desejada: $\pm (0,05 + 0,05v_a)$ m/s Requerida: $\pm (0,02 + 0,07v_a)$ m/s	0,2 a 20 m/s	Desejada: $\pm (0,1 + 0,05v_a)$ m/s Requerida: $\pm (0,05 + 0,05v_a)$ m/s
Pressão de vapor ( $P_a$ )	0,5 a 3,0 kPa	$\pm 0,15$ kPa $ T_r - T_a  < 10^\circ\text{C}$	0,5 a 6,0 kPa	$\pm 0,15$ kPa $ T_r - T_a  < 20^\circ\text{C}$

Tabela 3 - Faixas e precisões dos instrumentos da estação HOBO utilizada

Variáveis	Faixa para conforto	Precisão para conforto
Temperatura do ar (Ta)	-40 a 75°C (S-THB-M002)	0,2°C (0 a 50°C)
Temperatura radiante média (Trm)	-40 a 70°C (U23-004) -40 a 100°C (S-TMB-M002)	0,2°C (0 a 50°C)
Velocidade do ar (va)	0 a 44 m/s (S-WCA-M003)	± 0,5 m/s (± 1,1mph) ± 3% (17 a 30 m/s) ± 4% (30 a 44 m/s)
Pressão de vapor <sup>4</sup> (Pa)	0 a 38,7 kPa (S-THB-M002)	-

As variáveis pessoais foram levantadas por meio de questionário composto de duas partes. A primeira composta de dados pessoais (sexo, idade, altura, peso, tempo de residência em Curitiba, tempo de permanência no ambiente externo e vestimentas) e a segunda parte composta de perguntas sobre a percepção e preferência de sensação térmica. A tabela de vestimenta, assim como o cálculo do fator de roupa ( $f_{cl}$ ), foram feitos com base na norma ISO 9920 (2007) que trata do isolamento térmico e resistência evaporativa da vestimenta.

O questionário de percepção e preferência de sensação térmica foi montado de acordo com a norma ISO 10551 (1995). Foi utilizado o questionário de cinco perguntas padrão, utilizando o critério de escalas de intensidade (positiva/negativa) e ponto central.

Os índices de conforto utilizados neste estudo são: PMV, PET e SET\*. O cálculo de cada um deles foi feito pelo software RayMan. Este programa permite a obtenção de índices de conforto térmico, como o *predicted mean vote* (PMV), *physiologically equivalent temperature* (PET) e *standard effective temperature* (SET). O modelo foi desenvolvido por Andreas Matzarakis e é de domínio público (<http://www.mif.uni-freiburg.de/RayMan>).

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Foram obtidos 62 questionários válidos, no ponto 1, sendo 35 mulheres e 27 homens. E no ponto 2, 65 questionários válidos, sendo 23 mulheres e 42 homens. Totalizando nos dois pontos 127 questionários respondidos. Foram invalidados dois questionários no ponto 1 e um questionário no ponto 2.

A tabela 4 apresenta os valores mínimos, médios e máximos das variáveis climáticas, em cada ponto. Nota-se de modo geral, que no ponto 2, os valores médios e máximos são mais altos. Isto se deve ao fato do ponto 2 ter FVC mais alto que o ponto 1. Já a umidade do ar é mais alta no ponto 1, devido à proximidade de árvores do ponto de monitoramento. As figuras 6, 7, 8 e 9 mostram a evolução das variáveis monitoradas para todo o período de medição.

Tabela 4 – Mínimas, médias e máximas dos dados climáticos monitorados no dia 09/01/2009

	Ponto 1			Ponto 2		
	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima
Temperatura do ar (°C)	24,9	28,0	30,7	24,5	28,5	31,1
Umidade do ar (%)	40,5	47,0	52,2	38,8	44,9	52,5
Radiação Solar (W/m <sup>2</sup> )	55,5	694,0	1178,2	76,9	709,8	1249,2
Temperatura radiante média (°C)	29,7	36,7	43,2	31,5	38,5	44,6
Velocidade do vento (m/s)	0,1	1,0	2,5	0	0,9	2,2

<sup>4</sup> A pressão de vapor da estação HOBO foi calculada a partir dos valores da faixa de conforto de umidade relativa e temperatura do ar, medidos pela estação. Para o cálculo da pressão parcial de vapor e da pressão de vapor, foram utilizadas as fórmulas 1 e 10 da tabela D.1 do Anexo D da ISO 7726 (ISO 7726, 1998, p.39).

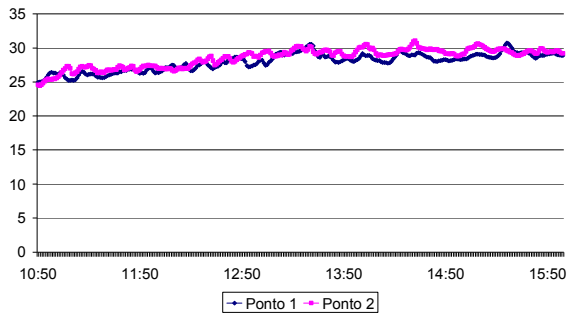


Figura 6 – Comparação da temperatura do ar entre os pontos monitorados

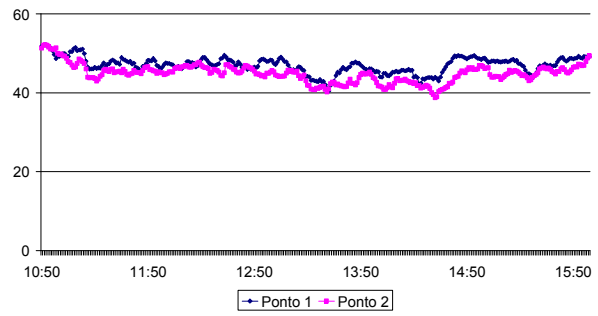


Figura 7 – Comparação da umidade do ar entre os pontos monitorados

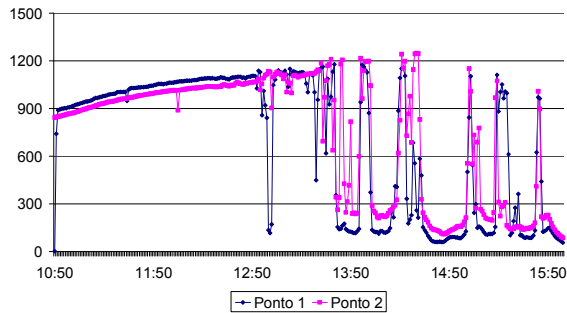


Figura 8 – Comparação da radiação solar entre os pontos monitorados

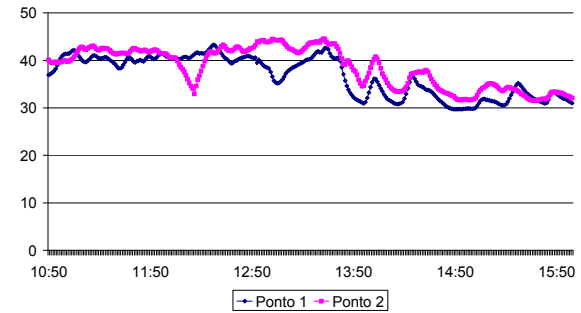


Figura 9 – Comparação da temperatura radiante média entre os pontos monitorados

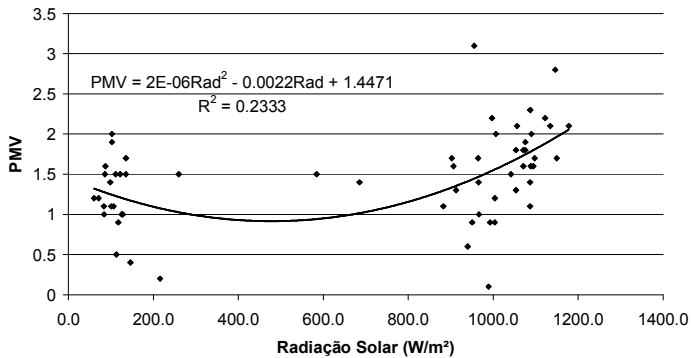


Figura 10 – Correlação entre PMV e Radiação Solar, no ponto 1

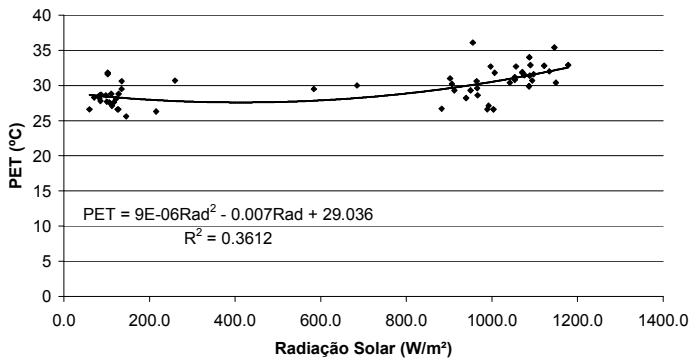


Figura 11 – Correlação entre PET e Radiação Solar, no ponto 1

No ponto 1, as respostas sobre a sensação térmica foram as seguintes:

- 11,3% estavam em conforto;
- 22,6% estavam com pouco calor;
- 45,1% estavam com calor e;
- 21% estavam com muito calor.

No ponto 2:

- 12,3% estavam em conforto;
- 21,5% estavam com pouco calor;
- 44,7% estavam com calor e;
- 21,5% estavam com muito calor.

Nota-se que 88,7% dos entrevistados no ponto 1 apresentaram estresse térmico. Da mesma forma, no ponto 2, a maioria dos entrevistados estava sob estresse térmico, 87,7%.

As figuras 10, 11 e 12 mostram as correlações entre a radiação solar medida e os índices PMV, PET e SET\* obtidos para o ponto 1. As correlações entre os índices e as variáveis temperatura do ar e temperatura radiante média foram mais baixas para o ponto 1. Sendo:

- PMV x Ta, de 0,31
- PET x Ta, de 0,19
- SET\* x Ta, de 0,15



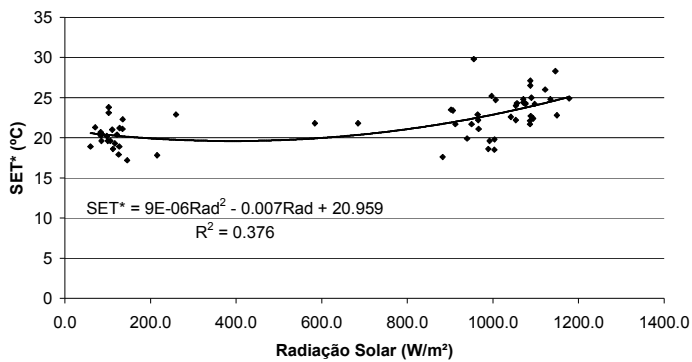


Figura 12 – Correlação entre SET\* e Radiação Solar, no ponto 1

PMV x Trm, de 0,16  
 PET x Trm, de 0,35  
 SET\* x Trm, de 0,36.  
 Para o ponto 2 as correlações entre os índices e as variáveis temperatura do ar, temperatura radiante média e radiação solar foram:

PMV x Ta, de 0,06  
 PET x Ta, de 0,05  
 SET\* x Ta, de 0,05  
 PMV x Trm, de 0,51  
 PET x Trm, de 0,68  
 SET\* x Trm, de 0,62  
 PMV x Rad, de 0,19  
 PET x Rad, de 0,28  
 SET\* x Rad, de 0,26.

De modo geral, as correlações foram baixas, com exceção da Trm no ponto 2, que apresentou as maiores correlações com os índices. A influência de todas as variáveis simultaneamente na obtenção dos índices de conforto térmico pode explicar as baixas correlações encontradas para cada variável climática isoladamente.

As figuras abaixo mostram a influência da temperatura radiante média na sensação térmica calculada pelo software RayMan. Ao analisar a relação com o PMV (Figura 13), considerando a faixa de conforto entre 0 e 0,5, nota-se que apenas 6,5% dos entrevistados estão confortáveis, 50% dos entrevistados estão com leve estresse térmico, 40,3% estão com moderado estresse térmico e somente 3,2% pessoas com forte estresse térmico.

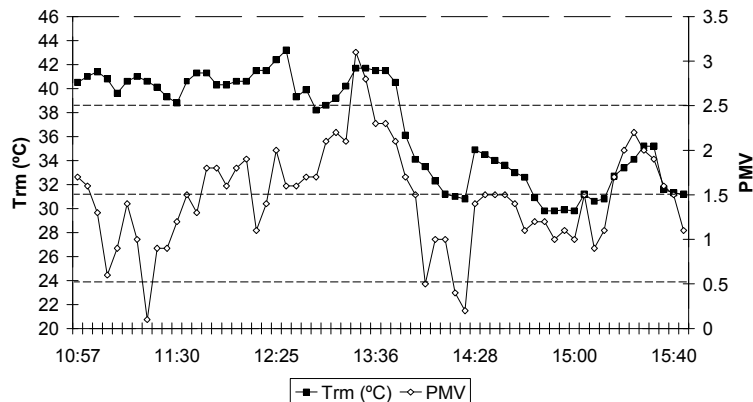


Figura 13 – Relação entre Trm e PMV, no ponto 1

A figura 14 mostra a relação entre Trm e PET. A faixa de conforto do PET é ente 18°C e 23°C, assim 40,3% dos entrevistados estão com leve estresse térmico, 56,5% estão com moderado estresse térmico e 3,2% estão com forte estresse térmico.

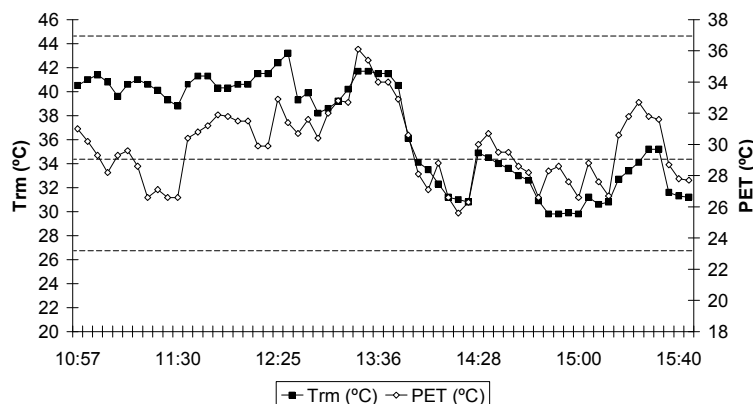


Figura 14 – Relação entre Trm e PET, no ponto 1



A figura 15 mostra a relação entre Trm e SET\*. Dos entrevistados, 1,6% estão confortáveis e 72,6% estão com leve estresse térmico, destes 62,9% estão com desconforto para o frio e 9,7% com desconforto para calor e 25,8% estão com moderado estresse térmico para o frio. Nota-se que a faixa entre 20°C e 25°C é de leve estresse térmico para o frio e a faixa de 15°C a 20°C é de moderado estresse térmico para o frio (Quadro 2).

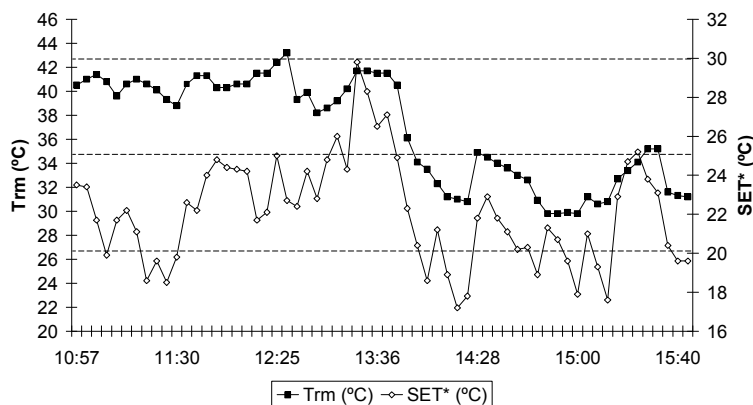


Figura 15 – Relação entre Trm e SET\*, no ponto 1

Nota-se que o período de maior desconforto é em torno das 13:30, coincidindo com as maiores temperaturas registradas. Isto ocorre para os três índices.

A tabela 5 mostra as diferenças, em relação à sensação de conforto, entre os três índices utilizados. Nota-se que o índice SET\*, para os dois pontos de monitoramento, observaram-se pessoas com desconforto para o frio:

- 62,9% com leve desconforto para o frio no ponto 1;
- 64,6% com leve desconforto para o frio no ponto 2;
- 25,8% com moderado desconforto para o frio no ponto 1 e;
- 4,6% com moderado desconforto para o frio no ponto 2.

Lembra-se que a temperatura de conforto para este índice é de 25°C e que a faixa entre 20°C e 25°C apresenta leve desconforto para frio e entre 25°C e 30°C apresenta leve desconforto para o calor (Quadro 2).

Tabela 5 – Porcentagens de sensação térmica para cada índices. Votos calculados pelo RayMan

	Ponto 1			Ponto 2		
	PMV	PET	SET*	PMV	PET	SET*
confortável	6,5%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	1,6%
leve estresse térmico	50,0%	40,3%	72,6%	21,5%	10,8%	93,8%
moderado estresse térmico	40,3%	56,5%	25,8%	70,8%	84,6%	4,6%
forte estresse térmico	3,2%	3,2%	0,0%	7,7%	4,6%	0,0%
extremo estresse térmico	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

A tabela 6 apresenta as respostas individuais em relação à sensação térmica. Ao comparar as sensações de conforto térmico real (respondidas pela amostra) às calculadas, percebe-se que mais pessoas responderam estar em conforto do que o cálculo dos índices mostra.

Tabela 6 – Porcentagens de sensação térmica para cada índices - respostas dos entrevistados

	Ponto 1	Ponto 2
Nem frio nem calor	11,3%	12,3%
pouco de calor	22,6%	21,5%
calor	45,1%	44,7%
muito calor	21%	21,5%

## 5. CONCLUSÕES

As diferenças nas suposições iniciais de cálculo de cada um deles e nas faixas de conforto implicam em diferentes resultados para uma mesma amostra de indivíduos.

A diferença entre as respostas dadas e os índices pode ser em decorrência das faixas de conforto definidas por cada índice. Estes dados nos dão uma idéia de como está a sensação térmica das pessoas para Curitiba. Entretanto, é necessário ampliar o número de dias de monitoramento e a amostra de entrevistados para

se ter conclusões mais definidas. Da mesma forma, é necessário determinar uma faixa de conforto que seja adequada às condições climáticas locais.

Os índices aqui apresentados foram desenvolvidos para verificar o conforto térmico em ambientes internos. Monteiro e Alucci (2007a, 2007b) mostram que “espaços abertos apresentam características comumente não encontradas em espaços fechados, trazendo maior complexidade para a análise termofisiológica: radiação solar, ventos, atividades físicas diferenciadas, possíveis taxas de suor elevadas, etc” (p.1221), desta forma é necessário verificar a aplicabilidade destes índices na análise térmica de espaços abertos. Tais autores verificaram o potencial dos modelos de conforto citados para prever sensação térmica, o potencial do índice de interpretação do modelo e a quantidade de acertos do modelo e de seu respectivo índice, em um estudo feito para a cidade de São Paulo. Observou-se a necessidade de calibração dos índices para torná-los adequados para a verificação da adequação térmica de espaços abertos.

Assim, a etapa final deste projeto será a adequação dos índices PMV, PET e SET\* para a análise de sensação térmica em espaços abertos em Curitiba.

## 6. REFERÊNCIAS

- BARBETA, P. A. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 6ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006.
- CAMPBELL, S. **Application Note: Weather Station Siting and Installation Tools**. 1997.
- FANGER, P. O. **Thermal Comfort**. Florida: Robert E. Krieger Publishing Company, 1982.
- GAGGE, A. P.; FOBELETS, A. P. BERLUND, L. G. A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Environment. In: **ASHRAE Transactions**. v. 92. p.709-731, 1986a.
- GAGGE, A. P.; FOBELETS, A. P. BERLUND, L. G. Thermal Comfort Under Extended Range of Environmental Conditions. In: **ASHRAE Transactions**. v. 92. p.709-731, 1986b.
- HÖPPE, P. The Physiological Equivalent Temperature: a index for the biometeorological assessment of the thermal environment. In: **International Journal of Biometeorology**. n.43. p. 71-75, 1999.
- ISO 7726 **Ergonomics of the Thermal Environment: Instruments of measuring physical quantities**. Suíça: ISO, 1998.
- ISO 7730 **Ergonomics of the Thermal Environment: Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria**. Suíça: ISO, 2005.
- ISO 9920 **Ergonomics of the Thermal Environment: Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble**. Suíça: ISO, 2007.
- ISO 10551 **Ergonomics of the Thermal Environment: Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales**. Suíça: ISO, 1995.
- LOIS, E.; LABAKI, L. C. Conforto Térmico em Espaços Externos: uma revisão. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: ANTAC, 2001.
- MAYER, H.; MATZARAKIS, A. Human-biometeorological assessment of urban microclimates' thermal component. In: Japanese-German Meetings “Klimaanalyse für die Stadtplanung”, 2. Toward Reconstruction in Kobe. Report of Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, **Special Report**, n.1, p. 155-168. 1998.
- NG, E.; KATZSCHNER, L.; CHENG, V.; LAU, C.Y. Urban Climate: an experience from Hong Kong. In: Conference on Passive and Low Energy Architecture, 25., Dublin, 2008. **Anais...** PLEA 2008.
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Conforto térmico em espaços abertos com diferentes abrangências microclimáticas. Parte 1: verificação experimental de modelos preditivos. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFMG, 2007a.
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Conforto térmico em espaços abertos com diferentes abrangências microclimáticas. Parte 2: proposição de calibração de modelos preditivos. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFMG, 2007b.
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Índices de conforto térmico em espaços abertos Parte 1: revisão histórica. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: UFAL, 2005a.
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Índices de Conforto Térmico para Espaços Abertos Parte 1: estado da arte. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., Maceió, **Anais...** ENTAC. p. 1211-1220, 2005b.
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Índices de Conforto Térmico para Espaços Abertos Parte 2: estado da arte. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., Maceió, **Anais...** ENTAC. p. 1221-1230, 2005c.
- SAITOH, T. S.; YAMADA, N. Evaluation of Effective Temperature Scale under Urban Heat Island Formation. In: **JSME International Journal**. Series B, v.44, n.1, 2001.
- THORSSON, S.; LINDBERG, F.; ELIASSON, I.; HOLMER, B. Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. In: **International Journal of Climatology**. n.27. p.1983-1993, 2007.
- UNIVERSITY OF FREIBURG. Meteorological Institute. **RayMan: modelling of mean radiant temperature in urban structure, calculation of thermal indices**. version 2.0, 2007.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro (Projeto Universal 474358/2007-0, Universal 2007 Faixa B), CAPES e CNPq pela concessão das bolsas de Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado. E às pessoas que nos ajudaram respondendo ao questionário.