

CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS URBANOS ABERTOS: AVALIAÇÃO EM ÁREAS DE FLUXO DE PEDESTRES.

Pezzuto, Claudia Cotrim; Labaki, Lucila Chebel

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

UNICAMP, Caixa Postal 6021

CEP 13083-970, Campinas, São Paulo, Brasil, FAX +55 (19) 3788-2422

e-mail: cpezzuto@fec.unicamp.com.br; lucila@fec.unicamp.br

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é avaliar o conforto térmico em espaços urbanos abertos. Para estudo de caso foi escolhida uma região central da cidade de Campinas – SP. Para a avaliação do conforto térmico, foram realizadas simultaneamente a coleta dos parâmetros climáticos e a avaliação da percepção climática dos usuários da cidade, através de aplicação de formulários. A pesquisa foi realizada durante o período de verão e inverno, em cinco pontos, com características bem diferenciadas quanto à altura das edificações do entorno, configuração de uso do solo, proximidade de vegetação e corpo d'água, densidade construída. Os formulários têm o objetivo de analisar a sensação de conforto térmico das pessoas observadas e relacionar com as variáveis ambientais. Após a análise físico-ambiental da área e a partir da análise estatística dos dados, foi feita a interpolação e a discussão de todos os aspectos analisados. Desta forma, os resultados dessa pesquisa poderão fornecer subsídios para o planejamento, visando a melhoria do ambiente urbano.

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate thermal comfort in open urban spaces. For case study it was chosen a central area of the city of Campinas - SP. Climatic parameters were collected simultaneously with the evaluation of city users thermal perception through application of questionnaires. The research was accomplished during the summer and winter periods, in five points, with characteristics well differentiated as the nearby buildings height, urban land use, proximity of vegetation and waterbody, built density. The questionnaires have the objective to analyze the thermal sensation of the observed people and to relate them with the environmental variables. After the physical-environmental analysis of the area and starting from the statistical analysis and interpolation of the data, a discussion of all analyzed aspects is presented. So the results of this research offer subsidies for the planning, looking for the improvement of the urban environment.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a norma da ISO 7730 (1994), o conforto térmico é “...aquele estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico.” Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico. Sabe-se, ainda que o conforto térmico depende do grau de atuação do sistema termorregulador para manutenção da temperatura interna no corpo. Neste sentido, tem-se que diversas variáveis influenciam os processos de troca de calor do corpo com o meio ambiente; conseqüentemente influenciam no mecanismo termorregulador, bem como na sensação de conforto térmico.

De acordo com Lois e Labaki (2001) o conforto térmico nos espaços externos envolve situações complexas, uma vez que dependem de diversos fatores ambientais, principalmente a velocidade do vento e a radiação solar incidente.

Vários pesquisadores procuraram definir, objetivamente, como as diversas características do elemento de estrutura urbana e as condições climáticas do espaço urbano influenciam na sensação de conforto térmico dos indivíduos nos espaços urbanos abertos (NAGARA SHIMODA E MIZUNO (1996); GIVONI E NOGUCHI (2000); RAJA E VIRK (2001); KATZSCHNER (2006); STATHOPOULOS, WU e ZACHARIAS (2004); GAITANI, et. al. (2005)

Este trabalho é proposto como contribuição para análise climática do espaço urbano aberto, o que por sua vez contribuirá para o estudo do conforto térmico dos mesmos. Para estudo de caso foi escolhida uma região central da cidade de Campinas, uma vez que se caracteriza com grande concentração de área construída, adensamento populacional e complexidade de uso do solo.

2. METODOLOGIA

A coleta de dados foi feita com os usuários da cidade, através da aplicação de formulários, com o objetivo de avaliar o conforto térmico em espaços abertos. A pesquisa foi realizada durante 5 (cinco) dias do mês de fevereiro de 2005, período de verão, e 5 dias do mês de julho de 2005, período de inverno.

O formulário apresentava questões relativas à sensação de conforto térmico dos entrevistados e dados pessoais tais como: sexo, idade, atividade no momento da entrevista, vestimenta e peso. A sensação térmica e as preferências das pessoas foram avaliadas em duas questões, em uma escala de 7 (sete) pontos. A primeira questão avaliou a sensação térmica com as seguintes opções: muito calor, calor, pouco calor, nem calor nem frio, pouco frio, frio ou muito frio. Já a segunda questão, avaliou a preferência do entrevistado na seguinte escala: muito mais quente, mais quente, pouco mais quente, nem mais quente nem mais frio, pouco mais frio, mais frio ou muito mais frio.

Para a coleta dos dados, foram escolhidos períodos do dia nos quais os usuários mais utilizam o espaço urbano aberto. Assim, os formulários foram aplicados em dois períodos:

- a primeira sessão ocorreu durante o horário do almoço, entre às 12:30h e 13:30h;
- a segunda sessão foi feita no final da tarde, entre às 16:30h e 17:30h.

Os pontos de coletas possuem características bem diferenciadas quanto à altura das edificações do entorno, configuração de uso do solo, proximidade de vegetação e corpo d'água, densidade construída. Outro aspecto que também foi levado em consideração na escolha dos pontos foi o o fluxo de pedestres na área, já que os questionários seriam aplicados

com os mesmos. O número reduzido de pontos justifica-se tanto pela dificuldade de encontrar lugares com alto fluxo de pedestre, quanto pela dificuldade de encontrar locais que expressavam a situação típica da área de influência. A tabela 1 ilustra a característica do entorno da área de estudo.

Tabela 1: Caracterização e localização dos pontos de coleta dos formulários

Pontos	Característica do entorno
01	Área de uso misto, pouca vegetação, edificações predominantemente de 1 a 2 pavimentos, com exceção de algumas áreas acima de 08 pavimentos
02	Área predominantemente residencial, edificações de 1 a 2 pavimentos e proximidade a parque urbano
03	Área de uso misto, edificações de 1 a 3 pavimentos, pouca vegetação
04 /05	Área de uso misto, predominantemente com edificações acima de 08 pavimentos, intercalada com edificações baixas, pouca vegetação

2.1 Instrumentação utilizada

A coleta de dados dos parâmetros climáticos para a avaliação do conforto térmico foi feita com uma mini estação portátil. A estação era instalada em lugares à sombra, próximas aos locais da aplicação dos questionários. Os equipamentos utilizados na estação foram: um termohigroanemômetro para medição da umidade relativa do ar, um termo – anemômetro digital par medição da velocidade do ar e temperatura do ar e um termômetro digital acoplado a um globo, através de um sensor de par termoelétrico tipo K, para medição da temperatura de globo. O pesquisador anotava os dados climáticos no horário de aplicação dos formulários.

2.2 Características gerais da amostra

O tratamento dos dados visou identificar, em todos os questionários utilizados, as questões respondidas de forma inadequada e as questões não respondidas, e utilizar para as análises somente os questionários preenchidos corretamente. A tabela 2 descreve o tamanho da amostra nos dois períodos de coleta, verão e inverno.

Tabela 2 – Tamanho da amostra. Período de verão e inverno.

Período	Total
Verão	401
Inverno	377
Total	778

Quanto às variáveis, em todos os questionários aplicados foram anotadas as variáveis ambientais, vestimentas e atividade executada no momento da entrevista, posteriormente calculando-se a média para cada período de coleta. As tabelas 3 e 4 mostram a caracterização destas variáveis em todos os períodos de coleta.

Tabela 3: Caracterização das variáveis pessoais e ambientais. Período de verão.

	Ponto	1	2	3	4	5	Almoço	Tarde	Verão
Vestimenta (clo)	média	0,44	0,35	0,44	0,47	0,43	0,43	0,42	0,43
Taxa de Metabolismo (Met)	média	1,66	1,94	1,78	1,86	1,87	1,77	1,85	1,81
Temp. de Bulbo Seco (°C)	média	28,78	28,18	29,48	29,19	30,10	29,45	28,83	29,13
Temp. Radiante Média (°C)	média	30,06	30,11	33,47	29,55	31,88	30,42	31,56	30,99
Velocidade do ar (m/s)	média	0,64	0,53	0,73	0,46	0,65	0,51	0,70	0,60
Umidade Relativa (%)	média	33,21	50,89	50,32	35,52	35,83	40,41	41,38	40,90

Tabela 4: Caracterização das variáveis pessoais e ambientais. Período de inverno.

	Ponto	1	2	3	4	5	Almoço	Tarde	Verão
Vestimenta (clo)	média	0,84	0,66	0,84	0,69	0,73	0,76	0,75	0,76
Taxa de Metabolismo (Met)	média	1,74	1,68	1,76	1,82	1,73	1,74	1,75	1,75
Temp. de Bulbo Seco (°C)	média	18,21	19,63	15,54	23,38	20,01	19,76	18,81	19,28
Temp. Radiante Média (°C)	média	21,20	21,00	18,43	24,36	22,90	22,82	20,27	21,55
Velocidade do ar (m/s)	média	1,90	0,23	0,68	0,05	0,32	0,63	0,69	0,66
Umidade Relativa (%)	média	55,31	50,06	58,15	48,12	63,57	54,84	55,62	55,23

Nota-se que no período de verão tanto a vestimenta (clo), quanto a taxa de metabolismo apresentaram pouca diferença na média entre os pontos de coleta. A temperatura de bulbo seco também não apresentou muita variação neste período, aproximadamente uma diferença de 1,92 °C, entre o ponto de menor temperatura (ponto 2; 28,18 °C) e o ponto mais quente (ponto 5; 30,10 °C). Vale ressaltar, que o ponto 3 caracterizou-se por ser o ponto com maior valor de velocidade do vento, média aproximada de 0,73 m/s. Com relação a umidade relativa os pontos 2 e 3 foram os mais úmidos;

No período de inverno a vestimenta e taxa de metabolismo também apresentaram médias próximas. Já a variação de temperatura de bulbo seco apresentou uma alta variação, aproximadamente 7,84 °C, entre o ponto 3 (15,54 °C), menor temperatura do ar, e o ponto 4 (23,38 °C), maior temperatura do ar. Neste período a umidade relativa apresentou pouca variação entre os pontos.

2.3 Características gerais das variáveis repostas: sensação térmica e grau de satisfação.

Como um dos objetivos do trabalho é avaliar o conforto térmico dos usuários em espaços urbanos abertos, para esta análise será consideradas duas questões do questionário sobre este assunto. O quadro 1 mostra as questões direcionadas ao conforto térmico e suas variáveis relacionadas.

Quadro 1: Questões do formulário sobre conforto térmico e variável relacionada.

N	PERGUNTA	VARIÁVEL
1	No momento, você acha que está?	SENSAÇÃO TÉRMICA
2	Em relação a temperatura. Você está se sentindo?	GRAU DE SATISFAÇÃO

Desta forma, nestas questões os entrevistados expressaram sua opinião através de uma escala de 7 pontos. A tabela 5 mostra a escala utilizada, bem como os valores correspondentes a cada resposta.

Tabela 5. Escala utilizada no formulário. Variável sensação térmica

VARIÁVEL		VALOR
ESCALA UTILIZADA	SENSAÇÃO TÉRMICA	
	Muito frio	-3
	Frio	-2
	Pouco frio	-1
	Nem calor nem frio	0
	Pouco calor	1
	Calor	2
Muito calor	3	

Assim, ao analisar as respostas dos usuários pode-se afirmar que o entrevistado afirmou que há presença de desconforto devido ao calor quando escolheram as respostas calor ou muito calor, e desconforto ao frio quando responderam muito frio ou frio. Assim, para as análises foram somadas as diversas categorias de acordo com a seguinte codificação:

- **Desconfortável:** -3, -2, 2, 3
- **Confortável:** -1, 0, 1

Para o cálculo das respostas dos entrevistados sobre o grau de satisfação foi utilizado o seguinte critério:

- **Desconfortável:** desconfortável
- **Confortável:** confortável + razoavelmente confortável

As figuras 1 e 2 mostram a distribuição da frequência da variável sensação térmica no período de verão e inverno, respectivamente. Para esta análise foi feita a união dos dois períodos de aplicação do formulário, horário do almoço e final da tarde.

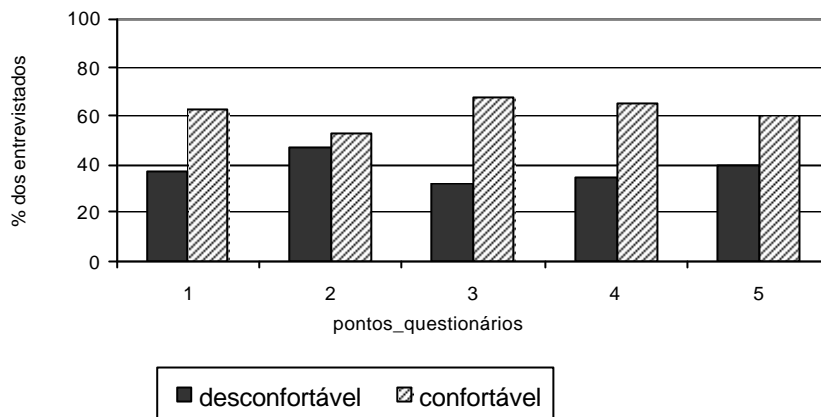


Figura 1: Distribuição da variável sensação térmica no período de verão

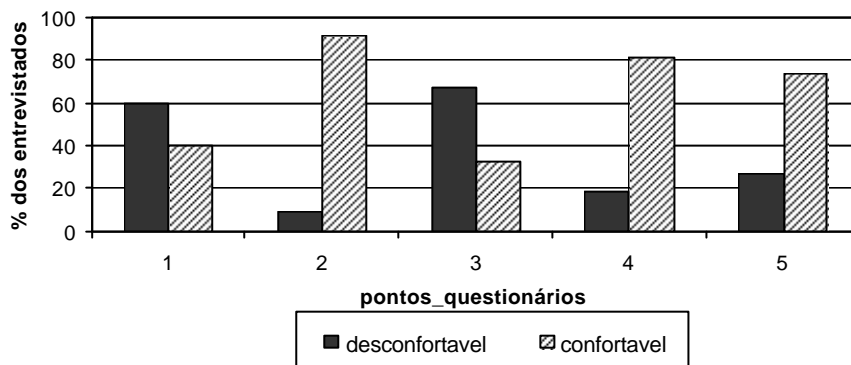


Figura 2: Distribuição da variável sensação térmica no período de inverno

Nota-se que a variável sensação térmica no verão não apresentou muita variação entre os 5 pontos de coleta. Já no período de inverno observa-se que o ponto 2 apresentou um índice mais elevado de conforto (nem calor nem frio, pouco frio, pouco calor) seguido dos pontos 4 e 5. O ponto menos confortável foi o ponto 3, o qual apresentou uma grande incidência de respostas em relação ao frio e muito frio.

É interessante observar a variável grau de satisfação nos períodos de inverno e verão, figuras 3 e 4. Neste caso, o ponto 2 foi o que apresentou o menor índice de desconforto nos dois períodos. Em contrapartida, o ponto 3 apresentou os maiores valores com relação ao índice de desconforto.

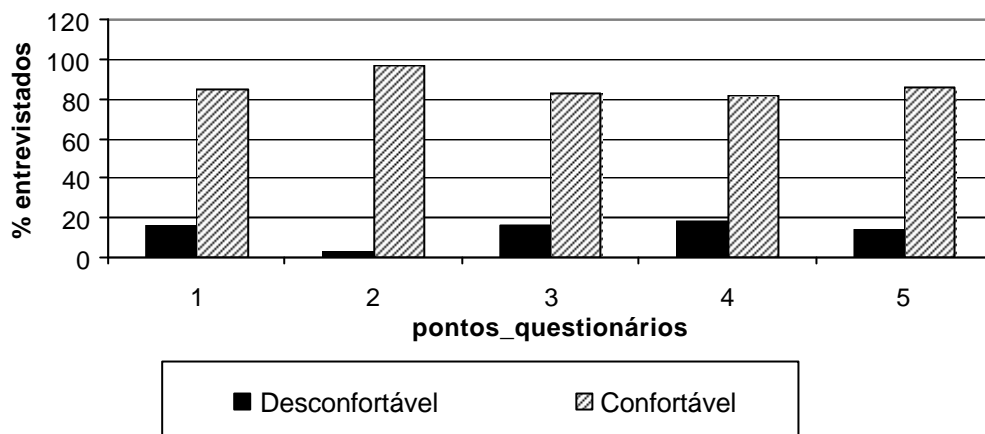


Figura 3: Distribuição da variável grau de satisfação, período de verão

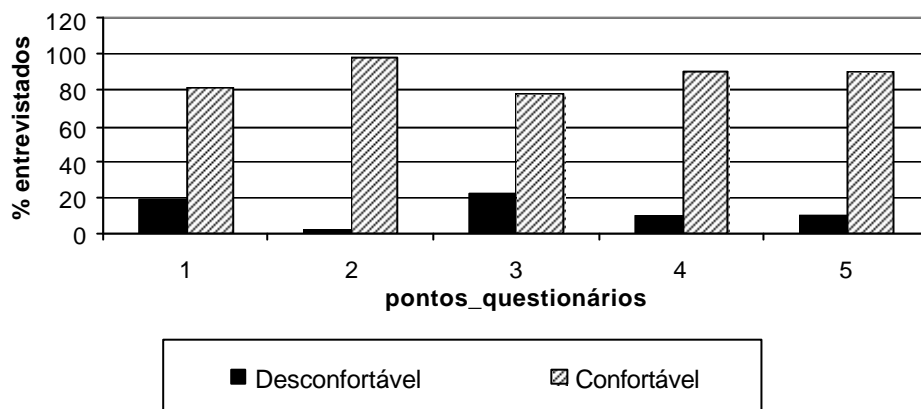


Figura 4: Distribuição da variável grau de satisfação, período de inverno

3. RESULTADOS

Para as análises foi verificado se existe diferença de sensação térmica entre os 5 (cinco) pontos de coleta de dados. Para avaliar a consistência das diferenças entre as repostas de cada ponto de coleta foi utilizado o teste qui-quadrado de verossimilhança, a um nível de significância 5%.

As análises foram feitas tanto para o período de inverno como de verão. As hipóteses são:

- **Ho (Hipótese nula):** todos os pontos são iguais
- **H (Hipótese alternativa):** pelos menos um dos pontos é diferente dos demais pontos

Sendo:

- Desconfortável = 0
- Confortável = 1

Como já comentado anteriormente, para a codificação da variável sensação térmica foi utilizado o seguinte critério: desconfortável para as repostas referentes aos valores -3, -2, 2, 3; e confortável para -1, 0, 1. A tabela 4 descreve os resultados do teste.

Tabela 4: Teste qui-quadrado. Comparação entre os pontos de coleta. Período de inverno e verão

		Sensação térmica			
		Inverno		Verão	
Pontos		0	1	0	1
	1	48 60,00%	32 40,00%	58 63,04%	34 36,96%
	2	6 9,09%	60 90,91%	38 52,78%	34 47,22%
	3	54 67,50%	26 32,50%	57 67,86%	27 32,14%
	4	14 18,67%	61 81,33%	51 61,45%	32 38,55%
	5	20 26,32%	56 73,68%	45 62,29%	25 35,71%
		<i>p-valor = 0,000</i>		<i>p-valor = 0,407</i>	

De acordo com p-valor 0,407 para o período de verão, a um nível de significância 5%, não rejeita-se a hipótese nula. Assim, ao analisar as respostas dos usuários sobre a sensação térmica no período de verão tem-se que todos os pontos de coleta são estatisticamente iguais. No entanto, no período de inverno o p-valor 0,000 indica que pelo menos um dos pontos é diferente dos demais (evidência a favor da hipótese alternativa).

Ao analisar as proporções das repostas no período de inverno observa-se que o ponto 2 (localizado próximo a um parque urbano) é o mais confortável. E os pontos 1 e 3 menos confortáveis, ambos localizados em regiões de uso misto com edificações de 1 a 2 pavimentos, com exceção com algumas edificações acima de 8 pavimentos. Estes resultados podem ser confirmados através da análise de frequência da variável sensação térmica nas figuras 1 (período de verão) e 2 (período de inverno), como comentado anteriormente.

Assim, para verificar detalhadamente a diferença entre os pontos no período de inverno foi feita uma análise através da técnica do teste e intervalo de confiança para duas proporções. Esta técnica avalia se duas proporções, ou seja, dois pontos são estatisticamente diferentes ou não. Para tanto, cria um intervalo de confiança para a diferença entre as duas proporções de interesse. Se o valor zero pertencer ao intervalo, significa que, neste caso, os pontos não são estatisticamente diferentes. Para tal análise foi novamente utilizada a variável sensação térmica (declarada através do formulário).

As hipóteses para esta análise são:

- **Ho (Hipótese nula):** os pontos são iguais
- **H (Hipótese alternativa):** os pontos são estatisticamente diferentes

A tabela 5 mostra o resultado do teste e intervalo de confiança para duas proporções.

Tabela 5: Teste e intervalo de confiança para duas proporções. Todos os pontos, período de inverno

TESTES	RESULTADOS	RESULTADOS
	1 e 2	2 e 3
Diferença = p (1)- p (2)	0,509091	-0,584091
IC 95% para a diferença	(0,381284; 0,636898)	(-0,707963; -0,460219)
Teste para a diferença	p-valor = 0,000	p-valor = 0,000
	1 e 3	2 e 4
Diferença = p (1)- p (2)	-0,075	-0,0957576
IC 95% para a diferença	(-0,223521; 0,0735206)	(-0,207947; 0,0164320)
Teste para a diferença	p-valor = 0,324	p-valor = 0,104
	1 e 4	2 e 5
Diferença = p (1)- p (2)	0,413333	-0,172249
IC 95% para a diferença	(0,274407; 0,552260)	(-0,293126; -0,0513716)
Teste para a diferença	p-valor = 0,000	p-valor = 0,008
	1 e 5	3 e 5
Diferença = p (1)- p (2)	0,336842	0,411842
IC 95% para a diferença	(0,190810; 0,482874)	(0,269241; 0,554443)
Teste para a diferença	p-valor = 0,000	p-valor = 0,000
	3 e 4	4 e 5
Diferença = p (1)- p (2)	0,488333	-0,0764912
IC 95% para a diferença	(0,353018; 0,623649)	(-0,209071; 0,0560883)
Teste para a diferença	p-valor = 0,000	p-valor = 0,261

Nota-se que os pontos 1 e 3 são estatisticamente iguais (p-valor 0,324). Vale ressaltar que os dois pontos estão localizados em áreas de uso misto, com edificações predominantemente de 1 a 3 pavimentos e pouca vegetação. Os pontos 4 e 5 também são semelhantes (p-valor 0,261), neste caso estão localizados em regiões de uso misto, com edificações predominantemente acima de 8 pavimentos. Porém, o ponto 4 têm uma tendência a ser igual ao ponto 2 (p-valor 0,104). sendo importante salientar que é só uma tendência.

Assim, o ponto 2 é estatisticamente diferente de todos os pontos, com exceção desta tendência de semelhança com relação ao ponto 4. É interessante notar que os pontos localizados em regiões de uso do solo semelhante apresentaram valores estatisticamente iguais. Se analisarmos as proporções das respostas (tabela 4) nota-se que os pontos 1 e 3 são os menos confortáveis ou seja, 60,00% e 67,50% respectivamente dos usuários responderam que sentem-se desconfortáveis. Em contrapartida, apenas 9,09% dos usuários do ponto 2 indicaram desconforto.

4. CONCLUSÃO

Neste estudo, constatou-se que a sensação térmica do usuário no período de verão, em espaços urbanos abertos com diferentes configurações, não mostra grandes variações. Através da análise estatística das respostas dos usuários sobre a sensação térmica no período de verão tem-se que todos os pontos de coleta são estatisticamente iguais. Porém, mesmo apresentando respostas estatisticamente iguais, nota-se que o ponto localizado próximo ao parque urbano (ponto 2) apresentou o maior índice de conforto (47,22%).

Em contrapartida, no período de inverno os pedestres apresentaram sensação térmica diferente nos diversos pontos de coleta. Neste caso, é interessante ressaltar que os pontos localizados em regiões de uso do solo semelhantes apresentaram valores estatisticamente iguais. Mais uma vez o ponto 2, localizado próximo ao parque, destacou-se como a região mais confortável, pois 90,91% dos usuários relataram sensação de conforto.

Nota-se que o uso do solo urbano interfere na sensação térmica do usuário da cidade. E que pontos localizados em regiões de uso do solo semelhantes apresentaram valores estatisticamente iguais. É importante ressaltar que, de acordo com a sensação térmica dos pedestres, a região mais confortável localiza-se próxima ao parque urbano. Neste contexto, demonstra-se que o profissional tem a possibilidade de interferir sobre as variáveis do meio para melhorar a habitabilidade térmica dos espaços urbanos abertos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GAITANI, N., SANTAMOURIS, M., MIHALAKAKOU, G. (2005). Thermal comfort conditions in outdoor spaces. In: International Conference “ Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, Santamouris Greece.

GIVONI, B.; NOGUCHI, M. (2000) Issues in outdoor comfort research. In: PLEA, Anais... Cambridge, p. 562-564.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO 7730 (1994). Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva.

KATZSCHNER, L. (2006) Behaviour of People in Open Spaces in Dependence of Thermal Comfort Conditions. In PLEA 2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture. Geneva, Switzerland.

LOIS, E.; LABAKI, L.C. (2001) Conforto térmico em espaços externos: uma revisão. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino Americano Sobre Conforto No Ambiente Construído, Anais... São Pedro, SP.

NAGARA, K.; SHIMODA, Y.; MIZUNO, M. (1996) Evaluation of the thermal environment in an outdoor pedestrian space. Atmospheric Environment. v. 30. n.3, p. 497- 505.

RAJA, I. A.; VIRK, G. S. (2001) Thermal comfort in urban spaces: A review. In: Moving Thermal Comfort Standards into the XXI Century, Proceedings: Windsor., p. 342-352.

STATHOPOULOS, T.; WU, H.; ZACHARIAS, J., (2004). Outdoor human comfort in an urban climate, Building and Environment 39, p.297 –305