

ERGONOMIA DE QUADRAS URBANAS: CONDIÇÃO TÉRMICA DO PEDESTRE

Elisangela Cristina Sorano¹

Léa Cristina Lucas de Souza²

Resumo

Este trabalho teve como objetivo verificar o comportamento térmico de um bairro residencial na cidade de Bauru-SP, e estabelecer relações entre as tendências térmicas e o conforto térmico do pedestre que desenvolve atividades na área estudada. Para tanto, delimitou-se e caracterizou-se a área de estudo e elegeu-se os pontos de medição. Em seguida ocorreu a coleta de dados com medições fixas da temperatura, assim como a aplicação simultânea de questionários aos pedestres e monitoramento microclimático. Finalmente foi feito o cruzamento de dados e as análises dos resultados obtidos, buscando-se determinar o comportamento térmico da malha urbana e as possíveis relações com o conforto térmico humano para algumas atividades desenvolvidas em áreas externas. Os resultados finais apontaram para a clara diferença entre o comportamento térmico urbano e o rural, demonstrando haver estreita relação entre a urbanização e a formação dos ambientes térmicos urbanos e, por conseguinte, da sensação térmica experimentada pelo pedestre.

Palavras chave: Conforto térmico urbano, ergonomia ambiental, clima urbano, conforto ambiental.

Abstract

This study aimed to verify the thermal behavior of a residential neighborhood in the city of Bauru, SP, stabilizing the relation between thermal tendencies and thermal comfort of the pedestrian that develop their activities in the studied area to. To achieve this purpose, it was delimited and characterized the study area electing specific points. Afterwards, a data collection of the temperature was carried out by the installation of fixed instruments, as well as simultaneous questionnaires to pedestrians were applied and instantaneous microclimatic monitoring was promoted. Finally the data were cross-examined and the results were analyzed, determining the thermal behavior of the urban

¹ Mestre em Design, zanzita@bol.com.br

² Doutora em Engenharia Ambiental, UNESP, Av Eng Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01- Bauru-SP, leacrist@faac.unesp.br

network and the possible relationships with the human thermal comfort for some activities developed in outside areas. The final results pointed out to the differences between the urban and rural thermal behavior, which demonstrated to have the close relationship between urbanization and the formation of urban thermal environments, and consequently the thermal sensation experienced by pedestrians.

Keywords: Urban thermal comfort; environmental ergonomics, urban climate, environmental comfort.

1. Introdução

A Ergonomia Ambiental, estudando a interface homem-ambiente, engloba estudos do ambiente construído, utilizando vários aspectos para avaliar a relação humana com suas atividades. Segundo Martins (2003), seu objeto de estudo é a relação entre as interações do homem com o espaço modificado, e sua adequação a partir de técnicas e métodos do design universal, acessibilidade, arquitetura, desenho urbano, entre outros.

O processo de urbanização sem planejamento resulta em profunda manipulação do ambiente, causando sérias transformações que recaem sobre a paisagem da cidade, afetando o estado psicológico e fisiológico dos habitantes. A substituição da paisagem natural pelo ambiente construído causa modificações no balanço de energia, trazendo mudanças no conforto térmico, na qualidade do ar e impactos meteorológicos (Monteiro & Mendonça, 2004).

Um dos fatores mais preocupantes no ambiente das cidades que contribui para a qualidade de vida da população residente relaciona-se com as transformações no clima local. Ao se considerar o clima urbano na escala das edificações e dos elementos de seu entorno (camada intra-urbana) estuda-se o microclima, que apresenta características diferentes em diversas regiões de uma mesma cidade, e resulta dos impactos causados pelo ambiente urbano no clima local.

É neste ambiente, com inúmeras modificações climáticas sofridas ao longo de seu desenvolvimento, que acontece a maior parte das atividades humanas. Tais alterações climáticas exercem influência na sensação térmica do usuário tanto de espaço externos como do interior das edificações. De acordo com Iida (2005), quando o ser humano é submetido a temperaturas mais altas, o seu rendimento cai, a velocidade de trabalho diminui, as pausas se tornam maiores e mais freqüentes, a concentração diminui, e a seqüência de acidentes e erros tende a aumentar significativamente.

Os estudos de conforto térmico visam analisar e estabelecer as condições necessárias para a avaliação e concepção de um ambiente térmico adequado às atividades e ocupação humanas, bem como estabelecer métodos e princípios para uma detalhada análise térmica de um ambiente. Segundo Lamberts & Xavier (2002) a importância do estudo de conforto térmico está

baseada principalmente em três fatores: a satisfação do homem, o desempenho humano e a conservação de energia.

As condições climáticas intra-urbanas têm muita importância para o pedestre, pois o conforto físico está diretamente ligado à sensação térmica, especialmente em países tropicais. Portanto, visando o projeto de ambientes urbanos confortáveis, faz-se necessário o estudo do conforto térmico e suas variáveis, bem como da percepção térmica do usuário de ambientes externos.

Diversos estudos recentes sobre a climatologia urbana têm demonstrado haver intrínseca relação entre o comportamento térmico urbano e a sensação térmica do pedestre. Pezzuto (2007) realizou um estudo de caso na região central da cidade de Campinas SP, onde foram feitas medições fixas e móveis da temperatura e umidade do ar e aplicados questionários aos pedestres. Por meio do cruzamento dos atributos climáticos com as características da malha urbana, verificou-se que o uso do solo interfere tanto na temperatura do ar como na sensação térmica do pedestre. Também em Campinas-SP, Borges e Labaki (2006), por meio de medições e entrevistas, estudaram três espaços externos, comparando o índice PMV e as sensações e preferências dos usuários dessas áreas. Concluem que há diversidade térmica em relação às três áreas analisadas, indicando a existência de microclimas diferenciados e de variações de efeito psicológico nas sensações térmicas.

Nesta mesma linha Katzschner et al (2002) avaliaram como o comportamento das pessoas em espaços abertos depende das condições de conforto térmico. A pesquisa foi aplicada em uma praça da cidade de Kassel, centro da Alemanha, e utilizou-se de medidas das condições climáticas, combinadas com entrevistas e observações do comportamento das pessoas, em espaços abertos. As condições de conforto térmico foram avaliadas através de PMV (Predicted Mean Vote). O resultado mostrou que o comportamento e a percepção das pessoas são fortemente afetados pelo conforto térmico, mas não somente pela correlação com o PMV. As pessoas, nos espaços abertos, procuram lugares com diferentes características térmicas, de acordo com suas necessidades (lazer, relaxar, esperar pelo transporte público, entre outros).

Portanto, faz-se necessário conhecer a interação entre ambientes térmicos urbanos e o conforto térmico dos habitantes, buscando-se fornecer subsídio às propostas de planejamento urbano, que proporcionem ambientes externos adequados ao uso a que se destinam, com melhor qualidade climática às cidades e maior bem-estar aos moradores.

2. Objetivo

Este trabalho se propõe a verificar o comportamento térmico de um bairro residencial na cidade de Bauru-SP, e estabelecer relações entre as tendências térmicas, alguns parâmetros urbanos de uso e ocupação do solo da área, e o conforto térmico do pedestre que desenvolve atividades no local estudado.

3. Materiais e Métodos

Esta pesquisa foi realizada na cidade de Bauru, que localiza-se no centro-oeste do estado de São Paulo, distante 352 km da capital. Segundo o Censo de 2007 (IBGE, 2007), sua população total é de 347.601 habitantes, sendo que a grande maioria vive em área urbana. Tem como coordenadas geográficas a latitude compreendida entre 21,15'S e 21,50'S e longitude entre 49W e 49,10'W. Sua altitude varia entre 500 a 630m, sendo predominantemente planáltica e topograficamente pouco acidentada. Tem o solo predominantemente arenoso e a vegetação dominante é o cerrado.

A área delimitada para estudo refere-se a um bairro residencial, Bairro Vila Cidade Universitária, com tendência ao adensamento. A região possui infraestrutura de grande porte, sendo privilegiada por sua localização, adjacente a uma das principais entradas de Bauru, à margem da Avenida Nações Unidas, um dos mais importantes eixos da cidade e próxima às principais Universidades.

Adotando-se como critérios de seleção, a existência de diferentes configurações e ocupação do solo, a uniformidade na distribuição espacial e a ocorrência de maior fluxo de pedestres, foram identificados 10 pontos para a aquisição de dados considerados importantes para a determinação do comportamento térmico da região (Figura 1).



Fonte: Adaptado de Google Earth (2008)

Figura 1: Fotografia aérea com os pontos de medição selecionados.

Esses pontos foram caracterizados quanto à taxa de ocupação (razão entre a projeção da área construída e a área total da quadra), índice e aproveitamento (razão entre a área total construída e a área da quadra),

altura média das edificações e áreas livres, baseado nos trabalhos de Souza (2009), Giunta (2008) e Tente (2008). Nesses mesmos pontos, foram distribuídos data-loggers para o registro de temperaturas do ar. Os equipamentos foram instalados em locais à sombra, voltados para a face sul e protegidos da radiação solar direta com blindagem protetora, a uma altura aproximada de 2 m. A coleta foi realizada em condições de tempo com céu claro e ventos regionais fracos. As temperaturas foram registradas no verão, entre os meses de dezembro e janeiro, durante dezoito dias consecutivos com intervalo de uma hora entre as medições. Simultaneamente foram obtidos dados climáticos registrados pelo Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMET) da UNESP-Bauru.

Os dados coletados nos 10 pontos foram armazenados em um SIG e inseridos na malha urbana para a criação de mapas temáticos que relacionam as temperaturas máximas, temperaturas mínimas, amplitudes térmicas e diferenças térmicas entre área urbana e rural aos seguintes parâmetros urbanos.

Durante a realização das medições fixas da temperatura, foi feito também um monitoramento microclimático através de dados de temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, em locais onde foram aplicados questionários para avaliação da percepção do pedestre. Para isso foram utilizados um termo-higrômetro de leitura direta e um termo-anemômetro digital. Escolheu-se o período do dia em que há maior fluxo de pedestres no bairro (das 10h e às 18h). Esse monitoramento microclimático ocorreu à sombra e bem próximo aos locais das entrevistas.

Os questionários aplicados aos transeuntes buscaram uma escala de avaliação, por meio da verbalização do usuário, abordando questões a respeito da percepção do usuário em relação ao conforto térmico naquele momento. O questionário foi elaborado com base em estudos de Lamberts e Xavier (2002), Ornstein (1992) e Pezzuto (2007). As recomendações da Norma Internacional – ISO 10551 (1995), que disponibiliza auxílio para avaliação da influência do ambiente térmico utilizando escalas de julgamento subjetivo, também foram consideradas.

Inicialmente o questionário apresentou questões relativas aos dados pessoais do entrevistado, tais como: faixa etária, gênero, residente ou não no bairro, vestimenta, uso de acessórios e atividade no momento da entrevista. A segunda parte abordou questões relativas à sensação de conforto térmico do entrevistado. A sensação térmica e as preferências do pedestre foram avaliadas em três questões, conforme apontado na Tabela 1.



Tabela 1: Questões do questionário sobre conforto térmico e variável relacionada.

Pergunta	Variável
Com relação à sua sensação térmica, como você está se sentindo nesse momento?	Sensação Térmica
Nesse momento como você prefere estar se sentido?	Preferência Térmica
De que maneira você se encontra nesse momento?	Grau de Satisfação

Depois de armazenados e tratados, os dados coletados na área urbana foram comparados com os registrados pela estação meteorológica do IPMET, buscando-se a determinação do comportamento térmico da malha urbana estudada. Em seguida, por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), foi feito o cruzamento das características urbanas com os dados climáticos coletados, procurando a existência de relações térmicas entre eles. Por fim, os dados do monitoramento microclimático foram relacionados aos resultados obtidos pela aplicação de questionários, buscando a avaliação do conforto térmico do pedestre e sua relação com o microclima da região.

4. Análise dos dados climáticos

Com base nas temperaturas registradas durante todo o período, foram calculadas as médias das temperaturas média, máxima e mínima atmosférica, bem como a amplitude térmica, correspondendo a valores horários, diários e médios dos dias de medição em cada um dos pontos. Tais dados foram comparados com os obtidos pelo IPMET (Tabela 2).

Tabela 2: Médias das Temperaturas Atmosféricas (°C) e Amplitudes Térmicas (°C).*

Ponto	Temperaturas (°C) Média			Amplitude Térmica** (°C)
	Média (°C)	Mínima (°C)	Máxima (°C)	
01	25,95	21,19	33,99	12,8
02	26,64	22,62	31,19	8,57
03	26,18	22,10	29,78	7,68
04	26,97	23,16	32,70	9,54
05	26,33	22,94	30,34	7,40
06	26,77	23,05	31,31	8,26
07	26,57	23,13	30,51	7,38
08	26,64	22,54	33,33	10,79
10	28,09	23,27	35,14	11,87
IPMET	22,69	18,86	27,88	9,02

*O ponto 9 foi excluído da análise por verificação de erros no aparelho

** Amplitude térmica é a diferença entre a temperatura máxima e a temperatura mínima de determinado local

Observaram-se as maiores diferenças de temperaturas entre a estação meteorológica e a área urbana em relação às temperaturas máximas. A maior diferença ($7,26^{\circ}\text{C}$) foi entre o Ponto 10 ($35,14^{\circ}\text{C}$) e o IPMET ($27,88^{\circ}\text{C}$). O Ponto 03 ($29,78^{\circ}\text{C}$) apresentou a menor diferença, de $1,90^{\circ}\text{C}$, com relação à estação do IPMET. Mesmo para os pontos urbanos entre si ocorreu diferença entre as temperaturas médias máximas variando de $1,15^{\circ}\text{C}$ a $5,36^{\circ}\text{C}$.

Para as temperaturas médias mínimas, embora as variações sejam menores, novamente o Ponto 10 ($23,27^{\circ}\text{C}$) foi o que mais se diferenciou do IPMET ($18,66^{\circ}\text{C}$), variação de $4,41^{\circ}\text{C}$, e o que menos se diferenciou da estação foi o Ponto 01 ($21,19^{\circ}\text{C}$). Entre os pontos urbanos, a variação foi menor, sendo $2,08^{\circ}\text{C}$ o valor da diferença. A maior amplitude térmica aconteceu no Ponto 01, que mesmo tendo a menor temperatura mínima, apresentou a segunda maior temperatura máxima ($33,99^{\circ}\text{C}$).

A Figura 2 mostra a diferença entre as temperaturas mínimas e máximas por meio da comparação da temperatura média horária do período. Nota-se que toda a área urbana, em todos os horários, apresentou temperaturas mais altas que a área rural (IPMET).

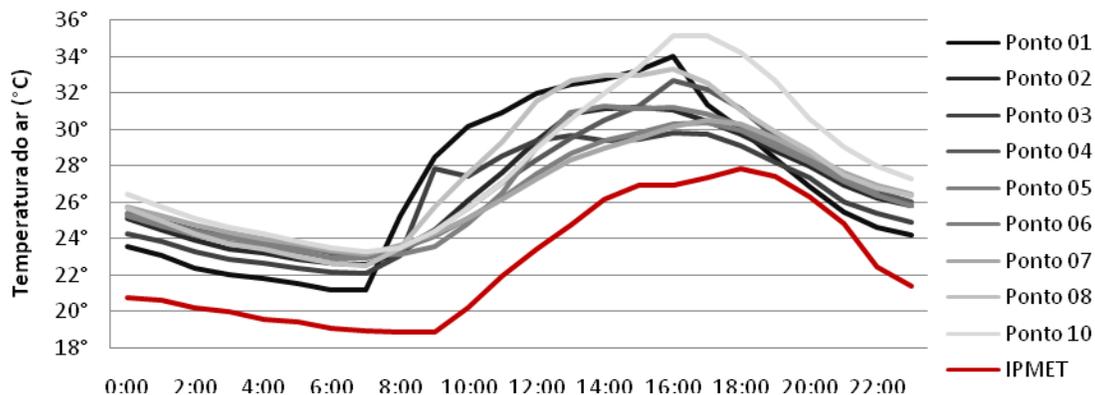


Figura 2: Temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$) em função do horário.

A área de estudo urbanizada provoca a redução da evaporação, maior rugosidade e a influência das propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais de construção, contribuindo para o armazenamento térmico durante o dia e impedindo o rápido resfriamento noturno. Em contrapartida, na área onde está localizado o IPMET, constatou-se o rápido resfriamento noturno proveniente de uma ocupação menos densa e urbanizada. Tais observações sugerem o desenvolvimento de ilhas de calor na área urbana, durante a noite.

Comparando-se as temperaturas médias diurnas (7h-19h) e noturnas (20h-6h) é perceptível a diferença no comportamento térmico de cada ponto nos dois períodos do dia (Figuras 3 e 4). Além das médias das temperaturas diurnas serem mais altas, também foi durante o dia que elas atingiram seu valor máximo. À noite há perda de calor para o meio, assim a temperatura de

todos os pontos diminuí, atingindo os menores valores do dia. No entanto, cada ponto se resfriou numa proporção devido à diferente configuração do seu entorno.

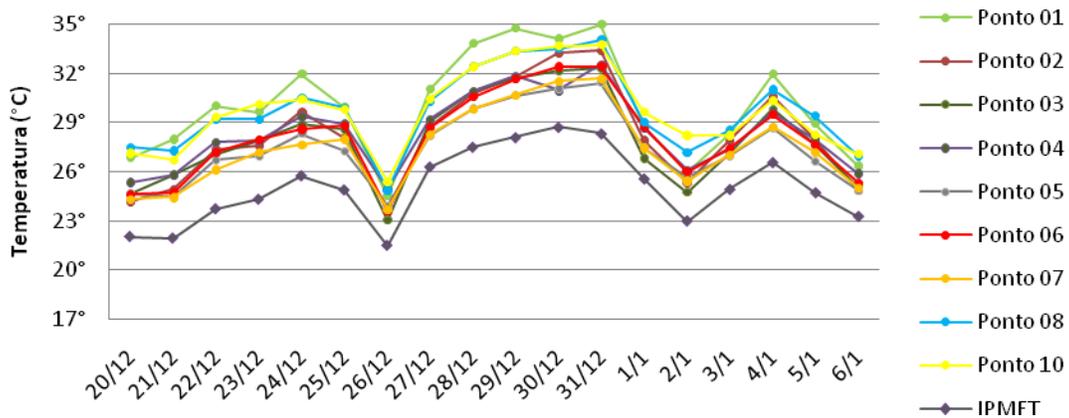


Figura 3: Temperatura média diurna (°C) – das 7h às 19h.

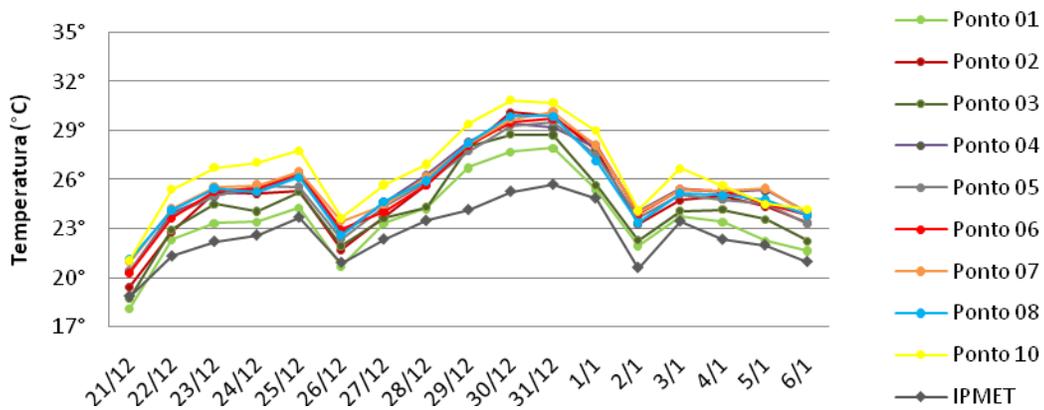


Figura 4: Temperatura média Noturna (°C) – das 20h às 6h.

Comparando-se as diferenças diárias, diurnas e noturnas (figura 5), percebe-se que cada ponto apresentou maiores diferenças num período do dia. O Ponto 10 obteve a maior diferença diária e noturna em relação ao o IPMET, porém, foi no Ponto 01 que ocorreu a maior variação de temperatura diurna e nele também foram registradas as menores diferenciações noturnas.

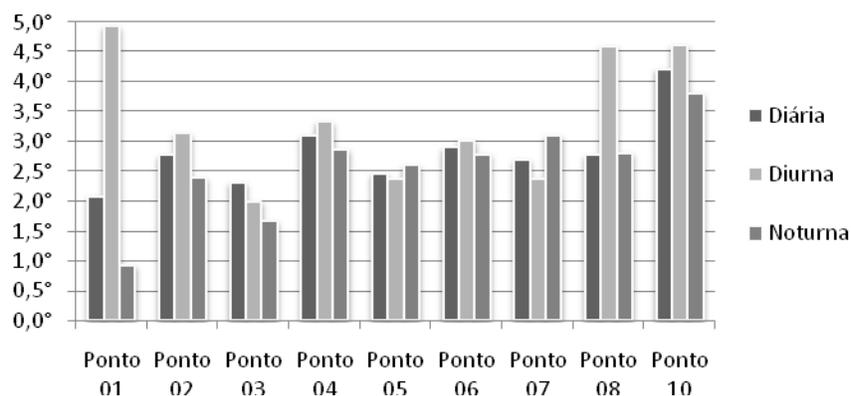


Figura 5: Diferença entre Temperatura (°C) média diária, diurna e noturna dos pontos urbanos e do IPMET.

Com o intuito de classificar a intensidade das ilhas de calor na área urbana, com base nos estudos de Pezzuto (2007), foram analisadas as diferenças térmicas relativas entre cada ponto e o IPMET. Utilizou-se uma escala de intensidade de ilhas de calor, com as seguintes categorias: Fraca= diferença térmica entre 0 e 2°C; Moderada= diferença térmica entre 2 e 4°C; Forte= diferença térmica entre 4 e 6°C; Muito Forte= diferença térmica acima de 6°C. A Tabela 3 mostra a média das diferenças térmicas após o pôr-do-sol e a intensidade das ilhas de calor desenvolvidas em cada um dos pontos.

Tabela 3: Diferença média entre as temperaturas noturnas do ar (°C) dos 10 Pontos e do IPMET e intensidade das ilhas de calor.

Diferença Térmica em relação ao IPMET (°C)									
	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	Ponto 04	Ponto 05	Ponto 06	Ponto 07	Ponto 08	Ponto 10
Média	2,00	3,47	2,76	3,96	3,70	3,88	4,20	3,91	4,89
Intensidade	Fraca	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Forte	Moderada	Forte

O Ponto 10 apresentou-se como o de desenvolvimento mais intenso das ilhas de calor seguido do Ponto 07. O Ponto 01 foi o único que nas médias da noite alcançou a classificação de ilhas de calor de fraca intensidade, os demais apresentaram intensidade moderada das ilhas de calor.

5. Cruzamento de Dados, Análise e Avaliação

Cruzando-se os dados de temperaturas máximas com a taxa de ocupação (figura 6) notou-se que nos pontos 02, 03, 05, 06 e 07, com temperaturas máximas abaixo da média (32°C), a taxa de ocupação média da quadra foi de 0,19 e para os demais, com temperaturas máximas acima da média, a taxa de ocupação média foi de 0,21. Apesar da diferença entre as médias da taxa de ocupação ser pequena, analisando-se as taxas ponto a ponto, percebe-se que dentre os pontos que apresentam temperaturas acima da média, com exceção do ponto 01, os demais têm taxa de ocupação acima de 0,24, o que sugere que quadras com maiores taxas de ocupação tendem a atingir temperaturas máximas acima da média.

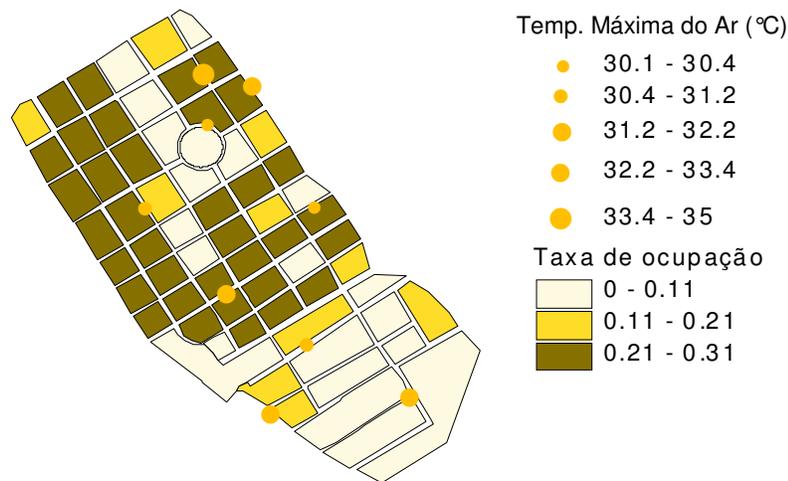


Figura 6: Cruzamento entre taxa de ocupação e Temperatura Máxima ($^{\circ}\text{C}$) do ar.

Elaborando um mesmo tipo de análise para as temperaturas mínimas os resultados apontaram que os pontos acima da média ($22,6^{\circ}\text{C}$) da temperatura mínima corresponderam a quadras com taxa de ocupação média de 0,23. Por outro lado, apenas os pontos 01 e 03 alcançou temperatura mínima abaixo da média, com taxa de ocupação média de 0,11, sendo que o ponto 01 apresentou a menor taxa de ocupação (0,09) e a menor temperatura mínima ($21,19^{\circ}\text{C}$) dentre todos os outros. Neste caso, quanto menor taxa de ocupação menor a temperatura mínima.

Em relação à amplitude térmica, os pontos com amplitudes abaixo da média (9°C) têm taxa de ocupação média de 0,19, enquanto que aqueles com amplitude acima da média têm taxa de ocupação média de 0,21. Portanto, como a diferença entre as taxas de ocupação foi pequena, não foi possível determinar se há influência desse parâmetro sobre as amplitudes térmicas.

Com o cruzamento das taxas de ocupação com os valores da diferença térmica entre o IPMET e cada ponto de coleta, notou-se que para os pontos 01,

02, 03, 05, 07 e 08, cujas diferenças de temperatura são abaixo da média ($2,8^{\circ}\text{C}$), a taxa de ocupação média foi de 0,18, enquanto os demais pontos, com diferenças acima da média, têm quadras com taxa média de ocupação de 0,24. Como as taxas de ocupação são bem maiores nos pontos onde as temperaturas atingem valores bem acima daquelas do IPMET, associa-se a ocorrência de maiores temperaturas urbanas a maiores taxas de ocupação.

Para o parâmetro de índice de aproveitamento (IA), as maiores relações térmicas foram encontradas para as temperaturas mínimas (figura 7). Observou-se que nos pontos 01 e 03, com mínimas abaixo da média ($22,6^{\circ}\text{C}$), o IA médio é de 4,3, por outro lado, nos demais pontos cujas mínimas ficaram acima da média seu valor médio de 1,9. Por ter havido grande diferença entre os IA médio para mínimas maiores e menores que a média, supõe-se que os maiores índices de aproveitamento contribuíram para a ocorrência de temperaturas mínimas mais baixas, provavelmente devido ao maior sombreamento durante o dia.

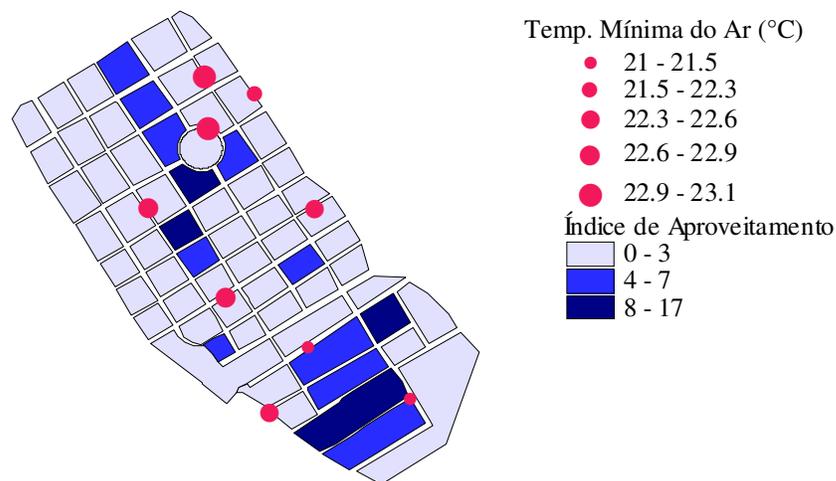


Figura 7: Cruzamento entre I.A e temperatura mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$).

Para as temperaturas máximas, as amplitudes térmicas e as diferenças térmicas entre os pontos urbanos e área rural, não foi possível constatar uma influência direta, uma vez que as diferenças encontradas foram muito pequenas.

Com relação à altura média das edificações e o seu cruzamento com as temperaturas máximas, mostrou que os pontos cujas alturas médias são menores corresponderam aos maiores valores de temperaturas máximas, provavelmente por maior incidência solar nestas regiões, devido à menor obstrução por parte das superfícies verticais.

Relacionando as alturas médias com as temperaturas mínimas nota-se que para temperaturas mínimas abaixo da média ($22,60^{\circ}\text{C}$), os pontos apresentam altura média de 10,67 m, enquanto os pontos cujas temperaturas mínimas ficam acima da média têm altura média de 4,8 m.

Normalmente, a verticalização contribui para o acúmulo de calor durante a noite, pois o maior número de superfícies verticais dificulta a perda de calor por ondas longas, enquanto áreas edificações mais baixas tendem a perder mais calor durante a noite. No entanto, não foi isso o que se verificou na área estudada. Como apenas os pontos 01 e 03 têm a altura das edificações acima da média dos demais, o mais provável é que esses locais sofram alguma influência dos ventos regionais ou até mesmo haja um aumento na ventilação devido à diferença entre a altura das edificações nessas quadras.

A associação entre as alturas médias e as amplitudes térmicas demonstrou que a média das alturas, tanto para amplitudes menores que a média (9°C), como para as maiores que a média, foi de aproximadamente 6m, não evidenciando, portanto se há influência da altura média das edificações na amplitude térmica atingida pelos respectivos pontos.

No entanto, analisando-se o cruzamento desses dados na figura 8, é possível notar que com exceção do ponto 01, todos os outros com amplitude térmica acima da média estão em áreas com menores alturas médias. Isto apóia o conceito de que maiores amplitudes térmicas estão associadas a menores alturas médias, o que ocorre em consequência do maior acesso solar e pela facilitada eliminação do calor armazenado pelos materiais durante o dia. Ao mesmo tempo isso representa maior instabilidade da temperatura nas áreas com essa configuração.

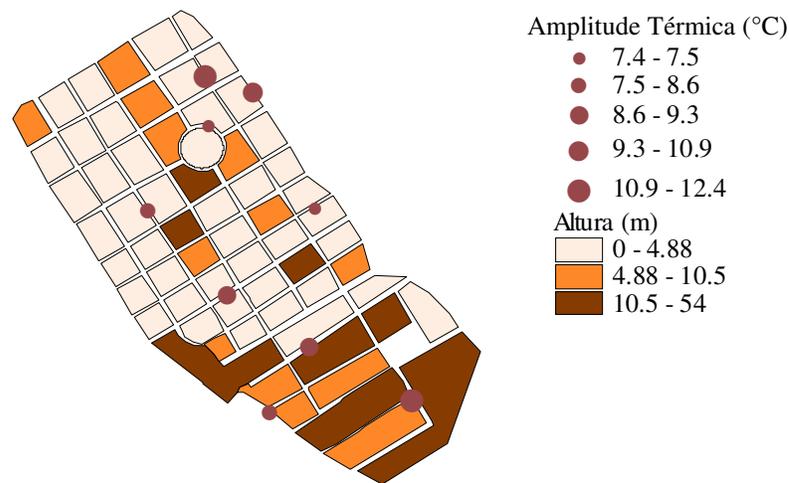


Figura 8: Cruzamento entre Altura Média das Edificações e Amplitude Térmica (°C).

Cruzando-se as alturas médias com a diferença térmica urbana e rural (IPMET), tem-se que, para diferenças abaixo da média (2,8°C), a altura média foi de 7,05 m, enquanto nos pontos com diferenças acima da média, a altura média foi de 4,12 metros, havendo maior diferença entre as temperaturas urbana e rural onde a altura média é menor. É importante ressaltar que os pontos que apresentaram maiores diferenças na média diária também

indicaram diferença mais significativa durante o dia, pois regiões com edificações mais baixas têm maior acesso solar devido à menor obstrução das superfícies verticais, ganham mais calor durante o dia e apresentam maiores diferenças de temperatura em relação à área rural.

No que diz respeito ao parâmetro de áreas livres, não foi possível encontrar qualquer influência nas temperaturas máximas alcançadas pela área de estudo. No entanto, para as mínimas a análise revelou que, para temperaturas mínimas abaixo da média (22,60°C), a média das áreas livres é 4.990 m², e de 2.955 m² para temperaturas acima da média. Percebe-se, portanto, que quanto maior a área livre, menores são as temperaturas mínimas atingidas.

Devido à falta de edificações e menor adensamento, as áreas livres têm maior acesso solar e podem atingir maiores temperaturas máximas, porém, em consequência dos mesmos fatores, à noite dissipam ao meio todo o calor armazenado durante o dia, contribuindo para o maior resfriamento do ar.

Confrontando-se os dados das áreas livres e os valores das amplitudes térmicas nota-se que as maiores amplitudes médias correspondem a locais com maior área livre. Entretanto, pela proximidade de valores das áreas livres não se pôde considerar esse parâmetro adequado para confirmar uma tendência, pois para as amplitudes abaixo da média (9°C), a área livre média é de 3.655 m², sendo de 3.100 m² para amplitudes acima da média.

Por meio da associação de dados de áreas livres e das diferenças térmicas urbana e rural, pode-se inferir que quanto maior a área livre menor a diferença entre tais temperaturas, por serem mais semelhantes à área rural. Segundo GIVONI (1998), a maior parte da radiação emitida por paredes e pelo solo é reabsorvida por outras superfícies. Quanto menos superfícies existirem e quanto maior o espaço entre elas, mais trocas térmicas ocorrerão e maior será o resfriamento.

5.1 Avaliação do Conforto Térmico

Buscando-se encontrar uma escala de avaliação do conforto térmico por meio da verbalização do usuário, foram aplicados questionários aos transeuntes nas imediações de cada um dos pontos de coleta de temperaturas por medições fixas. Estes abordaram questões a respeito da percepção térmica e da sensação de conforto ou desconforto experimentada pelo pedestre no momento da entrevista.

Foram entrevistados 30 pedestres e observada grande dificuldade em se encontrar pedestres dispostos a responder aos questionários. Enquanto os questionários eram aplicados pelo pesquisador, um colaborador devidamente treinado realizava um monitoramento microclimático à sombra, incluindo a medição de variáveis físicas como a temperatura do ar, a velocidade do vento e a umidade relativa do ar.

Na Tabela 4 são apresentados alguns dados microclimáticos coletados durante aplicação dos questionários. Foram calculadas, para cada ponto, as médias da temperatura e da umidade relativa do ar e da velocidade do vento.

Tabela 4: Dados microclimáticos coletados durante a aplicação dos questionários.

Ponto	Data	Horário	Temp. Média do Ar(°C)	Umidade Relativa Média (°C)
01	21/12	11:30 às 12:30	32,6	59,0%
02	21/12	16:30 às 17:30	30,9	47,0%
03	21/12	10:00 às 11:00	27,63	71,7%
04	21/12	10:30 às 11:30	25,3	80,3%
05	22/12	14:00 às 15:00	34,97	43,7%
06	22/12	12:00 às 13:00	31,53	55,3%
07	22/12	11:00 às 12:00	29,73	65,7%
08	21/12	16:30 às 17:30	31,23	42,3%
09	22/12	12:30 às 13:30	33,03	43,7%
10	22/12	14:00 às 15:00	35,17	42,0%

A Figura 9 mostra a distribuição da frequência da variável sensação térmica. As respostas são apresentadas em porcentagem e são suprimidas as opções que não foram escolhidas (Levemente com frio; Com frio; Com muito frio). Para o cálculo das respostas dos pedestres para a sensação térmica foi utilizado o seguinte critério: **Confortável**= levemente com calor + neutro + levemente com frio; **Desconfortável**= com calor + com muito calor + com frio + com muito.

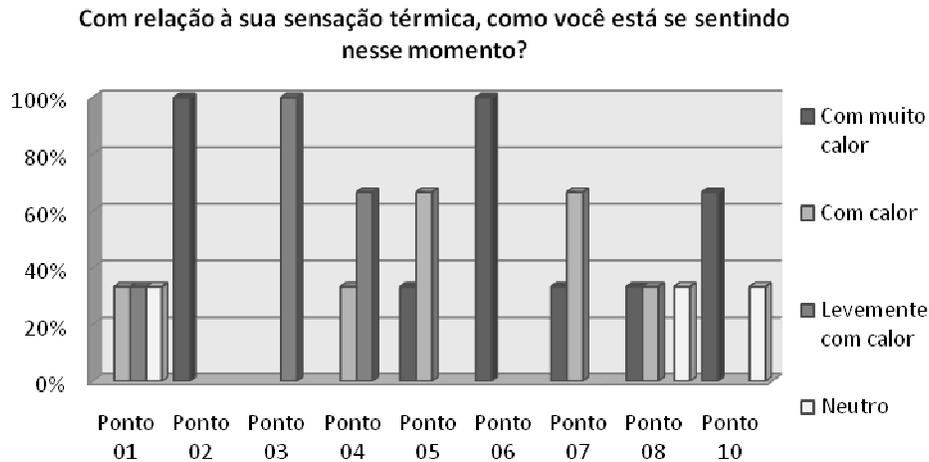


Figura 9: Comparativo das respostas sobre a sensação térmica.

Nota-se que a variável sensação térmica apresentou grande variação entre os 10 pontos de coleta. Destacando-se os pontos 02 e 06 como os menos confortáveis, onde 100% dos entrevistados responderam estar com muito calor. Nos pontos 05, 07, 08 e 10, um total de 77% das respostas indicou desconforto do pedestre. O ponto 03 apresentou elevado grau de conforto (levemente com calor), seguido pelos pontos 01 e 04, com 77% dos entrevistados alegando sentirem-se em conforto. Portanto, na maioria dos pontos os pedestres se sentiram desconfortáveis.

As respostas à segunda pergunta são apresentadas na Figura 10, que mostra a frequência da variável preferência térmica. As respostas são apresentadas em porcentagem e são suprimidas as opções que não foram escolhidas nenhuma vez, neste caso: Um pouco mais aquecido; Mais aquecido; Bem mais aquecido. Para a distribuição da frequência das respostas para preferência térmica foi feito o seguinte cálculo: **Confortável**= assim mesmo + um pouco mais refrescado + um pouco mais aquecido; **Desconfortável**= mais refrescado + bem mais refrescado + mais aquecido + bem mais aquecido.

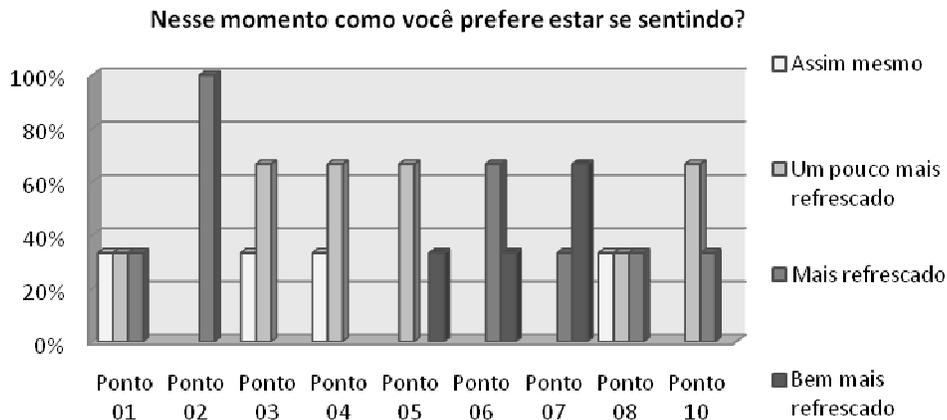


Figura 10: Comparativo das respostas sobre a preferência térmica.

Observa-se que a variável preferência térmica sofreu grande variação entre os pontos de coleta, considerando as escalas para confortável e desconfortável, no entanto essa diferença foi menos acentuada que para a variável sensação térmica. Os pontos 03 e 04 apresentaram-se mais confortáveis (100%) em relação à preferência térmica, seguidos dos pontos 01, 05, 08 e 10 com 77% das respostas apontando para a escala confortável. Por outro lado, os pontos 02, 06 e 07 mostraram-se 100% desconfortáveis para os pedestres. A maior parte dos pontos foi considerada confortável.

Para o cálculo das respostas dos entrevistados sobre o grau de satisfação foi utilizado o seguinte critério: **Confortável**= confortável + razoavelmente confortável; **Desconfortável**= desconfortável. Na Figura 11 observa-se a distribuição desta variável. Os resultados são apresentados em porcentagem.

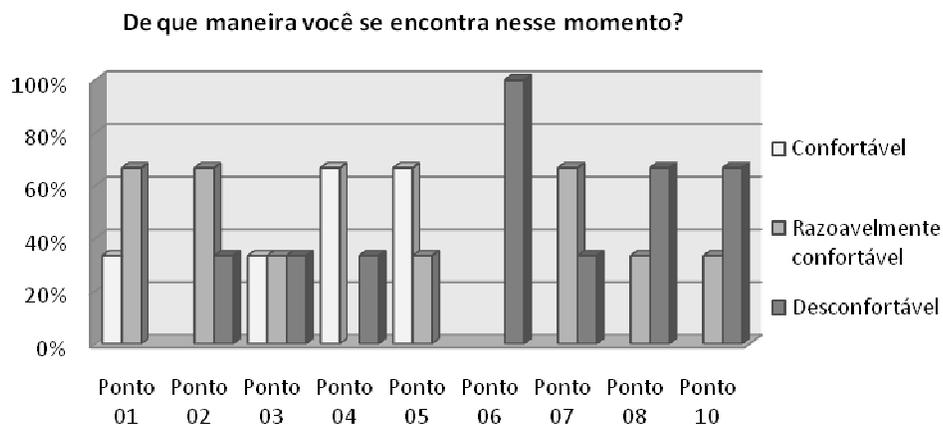


Figura 11: Comparativo das respostas sobre o grau de satisfação dos pedestres.

Ao avaliar o próprio grau de satisfação, o pedestre declarou-se confortável em 100% das respostas nos pontos 01 e 05. Em seguida, nos pontos 02, 03, 04 e 07, 77% das pessoas alegaram estar confortáveis. Por outro lado, no ponto 06 os pedestres demonstraram o menor grau de satisfação (100% desconfortável), enquanto nos pontos 08 e 10, 77% não estavam satisfeitos, sentindo-se desconfortáveis. Assim como na variável preferência térmica, na maioria dos pontos o usuário estava em desconforto.

Percebe-se que há variação entre as respostas às três variáveis, sendo que nem sempre um ponto recebe a mesma classificação em todas as variáveis. Os únicos pontos que obtiveram a mesma classificação em todas as variáveis foram: o ponto 03 (confortável), o ponto 04 (confortável) e o ponto 06 (desconfortável).

5.2 Cruzamento dos dados climáticos com as variáveis: sensação térmica, preferência térmica e grau de satisfação.

Apesar de serem limitados os resultados aos dias de medições e suas respectivas situações climáticas, eles já apresentam indicações significativas das condições de desconforto vivenciadas pelo usuário do ambiente externo urbano.

No ponto 04 foi registrada a menor média de temperatura (25,30°C) e a maior porcentagem de umidade relativa do ar (80,3%). Nele todas as variáveis receberam a classificação confortável por parte dos pedestres. Em seguida encontra-se o ponto 03, com a segunda menor temperatura média (27,63 °C) e umidade relativa do ar (71,7%). A classificação das três variáveis estudadas também foi confortável. Houve, nos dois pontos, coerência nos resultados da correlação entre os dados microclimáticos e as variáveis de resposta.

O ponto 07 apresentou os valores de temperatura média e umidade relativa do ar logo em seguida aos pontos 03 e 04, no entanto os pedestres somente o classificaram como confortável em relação ao grau de satisfação, alegando desconforto quando se tratava da sensação térmica e da preferência térmica. O ponto 10 atingiu a maior temperatura média do ar (35,17°C) e a menor umidade relativa do ar (42%). Em relação às variáveis de resposta, os usuários classificaram como desconfortável a variável sensação térmica e grau de satisfação.

No ponto 06 a temperatura média registrada foi de 31,53 °C e a umidade relativa do ar 55, 3%, ambos ficaram próximos ao valor médio calculado entre todos os pontos para esses dados. Para todas as variáveis de resposta a classificação dos pedestres foi de desconforto, isso pode ser um reflexo do próprio horário da entrevista que ocorreu entre 12h e 13h.

Os pontos 05 e 09 têm a mesma umidade relativa do ar (43,7%), uma das mais baixas dentre os demais pontos. A temperatura média do ponto 05 é de 34,97°C e a do ponto 09 é 33,03°C, sendo das mais altas temperaturas médias registradas. Ainda assim duas das variáveis foram avaliadas pelos pedestres como confortáveis. Aqui é levantada a questão de influência das características do entorno sobre a percepção dos usuários, podendo ser ainda mais evidenciada em pesquisas futuras, desde que seja obtida uma amostra maior de entrevistados.

5.3 Cruzamento entre o comportamento térmico da malha urbana e a avaliação do conforto térmico.

Durante a aplicação dos questionários, o ponto 10 apresentou a maior temperatura média (35,17 °C) dentre os demais. Nas medições fixas de temperatura, também foi no ponto 10 onde se obteve a maiores médias para temperatura mínima (23,27°C), média (28,09°C) e máxima (35,14°C). A diferença térmica média diária (4,22°C) em relação ao IPMET foi a maior registrada nas medições fixas. A ilha de calor noturna foi classificada como forte, com o maior valor médio (4,89°C). Como já exposto anteriormente, os

pedestres se declararam em desconforto em relação às variáveis de sensação térmica e grau de satisfação, tendo havido, portanto, relação entre o comportamento térmico da malha urbana e a avaliação do conforto térmico.

O ponto 03 apresentou a segunda menor temperatura atmosférica obtida pelo monitoramento dos dados microclimáticos. Em relação ao comportamento térmico da área estudada, nesse ponto foi encontrada a menor temperatura média diurna e as segundas menores médias de temperatura noturna e diária. A ilha de calor noturna foi classificada como moderada e a diferença térmica em relação ao IPMET foi a menor durante o dia. Condizente com tais resultados, foi a avaliação dos pedestres expressa por meio das respostas às variáveis sensação térmica, preferência térmica e grau de satisfação, que foram classificadas por estes como confortáveis. Verifica-se que os dados microclimáticos conferem com as respostas dos pedestres, e ambos são coerentes com o comportamento térmico da área urbana estudada.

6. Considerações Finais

Os resultados derivados do estudo do comportamento térmico da malha urbana de um bairro na cidade de Bauru- SP demonstraram que há estreita relação entre a formação dos ambientes térmicos urbanos, o conforto do pedestre e as características da morfologia do seu entorno.

A análise das temperaturas registradas nos dez pontos urbanos demonstrou que os maiores contrastes ocorreram entre as temperaturas máximas. Os valores máximos de temperatura do ar sofreram uma variação de 5,36°C entre os pontos urbanos. A variação da amplitude térmica também foi significativa. Constatou-se que a temperatura do ar dos pontos urbanos foram, em todos os períodos do dia, superiores às temperaturas da área rural (IPMET), evidenciando a influência da urbanização no clima local. No período noturno essas diferenças caracterizaram o desenvolvimento do fenômeno da ilha de calor, que ocorreu em todos os pontos. Elas foram classificadas de acordo com sua intensidade, que variou bastante de acordo com o ponto de medição. O local onde houve maior intensidade da ilha de calor apresentou as maiores temperaturas do ar e a maior amplitude térmica.

Verificou-se que os atributos urbanos que mais influenciaram o ambiente térmico estudado foram: a taxa de ocupação, a altura média das edificações (verticalidade) e as áreas livres. Sendo que os que mais contribuíram para a diminuição da temperatura do ar foram taxas de ocupação menores e maiores áreas livres. Pode-se afirmar que são expressivas as alterações climáticas decorrentes da urbanização e que essas são conseqüências de uma série de fatores associados entre si. Portanto, o comportamento térmico da malha urbana sofre influência direta do conjunto complexo da estrutura urbana.

A análise do conforto térmico na área estudada demonstrou que altas temperaturas acompanhadas de baixa umidade relativa do ar, para os casos estudados, provocam a sensação de desconforto no pedestre. Este, por sua vez, expressa claramente sua insatisfação com o ambiente térmico por meio

das respostas ao questionário aplicado. Por outro lado, nos pontos onde foram registradas as menores temperaturas e as maiores porcentagens de umidade relativa do ar, as variáveis de sensação térmica, preferência térmica e grau de satisfação, foram classificados pelos pedestres como confortáveis. Sabe-se que a sensação de conforto térmico é condicionada pela relação entre a temperatura do ar, a umidade relativa e a velocidade do ar, existindo, portanto, uma zona de conforto ideal que varia conforme o clima. Nos casos estudados a menor umidade significou sensação de desconforto térmico, porém normalmente o aumento de umidade dificulta as trocas por convecção e conseqüentemente significa, usualmente, desconforto para o usuário.

A associação entre as repostas dos pedestres e o comportamento térmico da área urbana demonstrou haver relação entre as características das quadras urbanas e a sensação de conforto térmico experimentada pelo pedestre. Logo, o ambiente térmico atua sobre a qualidade de vida do usuário do ambiente externo.

Portanto, o planejamento urbano que leve em consideração os aspectos climáticos de um local pode reduzir os efeitos indesejáveis causados pela urbanização e realçar características do clima regional que promovam o conforto térmico humano, melhorando, desta forma, a relação entre o homem e o ambiente em que vive.

Referências

BORGES, M.; LABAKI, L. **Conforto térmico em espaços externos: preferência dos usuários e índices de conforto.** In: COTEDI 2005. Memórias... México: UAM, 2006

GIUNTA, M.B. **Influência de Características Urbanas No Consumo De Energia Elétrica.** Relatório final, PIBIC-CNPq-UNESP, 2008/2009.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Base de informações por setor censitário: censo demográfico 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em: 22/06/2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO DIS 10551: 1995, Assesment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales.

KATZSCHNER, L.; BOSCH, U.; RÖTTGEN, M. **Behaviour of people in open spaces independency of termal comfort conditions.** In: PLEA Anais...France, 2002, pp. 411-415.

LAMBERTS, R; XAVIER, A. A. P. **Apostila didática: Conforto Térmico e Stress Térmico.** Florianópolis, 2002. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/Apconf.pdf>.

ORNSTEIN, S. **Avaliação pós-ocupação (APO) do ambiente construído.** Editora da Universidade de São Paulo-Studio Nobel, São Paulo, 1992.

PEZZUTO, C.C. **Avaliação do ambiente térmico nos espaços abertos. Estudos de caso em Campinas, SP.** (Tese de Doutorado na FECA – UNICAMP) UNICAMP, 2007.

SOUZA, L. C. L. **A quadra como condicionante do consumo de energia elétrica.** Bauru, 2009. (Projeto de Produtividade em Pesquisa - CNPq 2006-2009).

TENTE, C. M. **Influência de Características Urbanas na Temperatura do Ar.** Relatório final, PIBIC-CNPq-UNESP, 2008/2009.

Agradecimentos

Agradecimentos especiais são dedicados aos alunos de Iniciação Científica do Curso de Arquitetura e Urbanismo da FAAC, Mariene Benutti Giunta e Cezar Mecozzi Tente, que colaboram com o projeto maior ao qual esta pesquisa faz parte, e que contribuíram para a aquisição e determinação de muitos dados aqui apresentados. As autoras agradecem também à FAPESP e ao CNPq pelos diversos auxílios concedidos durante a realização dessa pesquisa.