



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

COMPARAÇÕES MICROCLIMÁTICAS DE DUAS REGIÕES DISTINTAS DE SÃO PAULO

Flávia Osaku Minella (1); Susan Honjo (2); Eduardo Krüger (3)

(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, fcom@hotmail.com

(2) Arquiteta, Mestranda do L'Institut des Sciences de l'Environnement (ISE) da l'Université de Genève, susan.honjo1602@gmail.com

(3) Professor Doutor, PPGTE-UTFPR, ekruger@utfpr.edu.br

RESUMO

A presente pesquisa visa comparar os efeitos microclimáticos produzidos por duas regiões com diferentes processos de urbanização e características morfológicas distintas da cidade de São Paulo, considerada a quarta maior aglomeração urbana do mundo. O estudo é descritivo, apoiado em trabalho de campo. Por meio de imagens de satélite foram selecionadas duas regiões com diferentes características urbanas e condições ambientais particulares, sendo estes o Bairro Belém, antiga região industrial/residencial, com pouca arborização, e o Bairro Jardim Paulista, localizado em uma das regiões mais altas da cidade, com perfil comercial/residencial, alta densidade demográfica e com arborização significativa. Os dados microclimáticos foram obtidos por meio de medições simultâneas in loco no mês de fevereiro de 2010, totalizando 13 horas diurnas de medição em dois dias. A análise das variáveis microclimáticas relacionadas às características urbanas auxilia a explicar as discrepâncias entre os ambientes térmicos de cada região. O ponto no Jardim Paulista apresentou valores de temperatura do ar mais baixos que o ponto no bairro Belém, devido principalmente ao sombreamento decorrente da arborização. No ponto do Belém o estresse térmico foi considerável.

Palavras-chave: clima urbano; morfologia urbana; microclimas urbanos; ilha de calor.

ABSTRACT

The purpose of this research is to compare the microclimatic effects created by two locations in different stages of urbanization and with diverse morphological characteristics in the city of São Paulo, the fourth largest urban centre in the world. This is a descriptive study, supported by a field research. From satellite images, two locations with different urban characteristics and environmental conditions were selected: Belém district, a former industrial/residential area, with sparse vegetation, and the district of Jardim Paulista, located in one of the highest regions of the city, characterized by commercial/residential activities, high building density and significant amount of trees. The climatic data were obtained through simultaneous in situ measurements in February 2010, totalizing 13 daytime hours of measurements in two days. An analysis of microclimatic variables related to urban characteristics allowed to explain the discrepancy between the thermal environments at each region. The point of Jardim Paulista showed values of air temperature lower than the point of Belém district, due mainly by shadow caused by arborisation. At the point of Belém, the thermal stress was significant.

Keywords: Urban climate; urban morphology; urban microclimate, urban heat island.

1. INTRODUÇÃO

São Paulo é considerada a quarta maior aglomeração urbana do mundo, com aproximadamente 20 milhões de habitantes, sendo que 11 milhões vivem na capital. Pela sua complexidade territorial, a cidade possui um excelente campo de pesquisas para vários fenômenos urbanos, considerando impactos socioeconômicos e ambientais. Sobre a história paulistana, Somekh (2002) salienta que esta pode ser vista como um embate contínuo entre as pressões do crescimento e as propostas urbanísticas que pretenderam conduzir, estruturar ou controlar a expansão urbana.

O século XX foi marcado por grandes transformações sociais e econômicas que resultaram em modificações na forma de utilização do espaço urbano. Segundo Brandão (2009), a partir de 1964, a verticalização da cidade antes concentrada na área central se expandiu para os bairros pericentrais, até que gradualmente foram se intensificando em outros bairros da região sudoeste. Já na região sudeste da cidade, observa-se o início do desenvolvimento de uma ocupação periurbana esparsa com inspiração do modelo europeu das cidades-jardins (ANTONUCCI, 2005). Nas décadas seguintes, um intenso processo de ocupação urbana ocorreu devido ao grande fluxo migratório, consolidando a formação de uma periferia pobre. Para Feldman (2005) as propostas de zoneamento urbano para a cidade buscavam, sobretudo, proteger os valores imobiliários de áreas de alto padrão e consolidar a segregação socio-territorial construída desde o século XIX.

Em 1972, criou-se pela primeira vez uma Lei Geral de Zoneamento (7.805/72) para a cidade, abrangendo todas as suas regiões (FELDMAN, 2005). Segundo Macedo (1988), a legislação reforçou o modelo arquitetônico difundido pelo movimento moderno, com a consolidação da torre centralizada isolada no terreno, com grande altura e pouco recuo em relação aos lotes vizinhos. Brandão (2009) salienta que esta tipologia serviu de base para ocupação vertical em diversas cidades brasileiras. De acordo com especialistas, o desenvolvimento da mancha urbana da cidade de São Paulo é típico de algumas metrópoles globais: os núcleos originais apresentam-se verticalizados, com edifícios comerciais e de serviços e as periferias desenvolvem-se de forma geral, com edificações de dois a quatro pavimentos. Em São Paulo, seus maiores edifícios raramente atingem quarenta pavimentos e a média entre os edifícios residenciais é de vinte pavimentos.

Citam-se outros importantes marcos da evolução urbanística da cidade: o Plano das Avenidas de 1930, o relatório Moses de 1950, o Plano Urbanístico Básico (PUB) de 1968 e a proposta para o Plano Diretor de 1985. A história da ocupação urbana da cidade, além dos determinantes socioeconômicos, encontra-se intimamente relacionada aos condicionantes naturais de seu território, pois conforme Antonucci (2005), a ocupação das terras altas e das encostas das colinas do divisor de águas foi um importante fator na determinação da estrutura radial da cidade.

Ressalta-se que o crescimento desordenado e uma política ambiental ausente levaram a uma drástica redução da vegetação em São Paulo. Pode-se observar que a área urbana continua a se expandir para áreas indevidas, como áreas de proteção a mananciais, afetando a qualidade ambiental. Segundo consta em SVMA (2004), entre 1991 a 2000, a cidade de São Paulo reduziu 5,345 hectares de área verde devido à ocupação urbana, sendo que 56% está concentrada em 10 distritos da periferia, onde existe um alto crescimento populacional. Lombardo (1985) salienta que a urbanização desorganizada com redução de áreas verdes e predominância de concreto e asfalto na superfície urbana agrava a formação da ilha de calor urbana.

Conforme Assis (2000), a produção do fenômeno da ilha de calor está associada ao efeito de transformação no balanço de energia da área urbana, influenciada pela sua morfologia, pelas propriedades térmicas dos materiais de superfícies construídas e pela produção antropogênica de calor, tanto em áreas temperadas quanto tropicais. Assim, é possível estimar a amplitude de ilhas de calor em função da morfologia urbana e das características térmicas da superfície. Segundo Lombardo (1985), este fenômeno é também caracterizado pelo aumento da precipitação convectiva (tempestades associadas a nuvens tipo Cumulonimbus ou Cb) sobre a área urbana ou sotavento desta. O contraste de temperatura forma uma circulação convectiva que contribui para a concentração de poluentes sobre as grandes cidades (OKE, 1987). Pode-se constatar que o aumento da temperatura urbana associado à poluição atmosférica tem um impacto negativo na qualidade de vida e saúde da população.

Segundo Freitas e Dias (2005), os maiores gradientes de temperatura do ar encontrados entre a área urbana de São Paulo e as áreas rurais atingiram valores superiores a 10° C no período de inverno, sendo os maiores gradientes térmicos verificados entre as 15 e 21h (hora local). Brandão (2009) procura estabelecer uma metodologia de avaliação da ambiência térmica urbana para orientar as decisões de projeto e gestão nas cidades. Shinzato (2009) salienta que a vegetação torna-se um elemento de suma importância na

caracterização atmosférica de uma área, na medida em que substitui trocas sensíveis (radiação, convecção e condução) por trocas úmidas (evapotranspiração), permitindo-se obter reduções significativas na temperatura do ar.

2. OBJETIVO

Neste artigo o objetivo é comparar as variáveis microclimáticas obtidas in loco em dois pontos de São Paulo com características urbanas distintas (Jardim Paulista e Belém) entre si e em relação à estação meteorológica de referência (Estação Automática Santana do Mirante) situada em terreno aberto.

3. METODOLOGIA

Este estudo é classificado como descritivo, apoiado em trabalho de campo. A metodologia está dividida em três partes. Apresenta-se primeiramente a área de estudo, em seguida a descrição do monitoramento in loco e por ultimo, os procedimentos para análise.

3.1 Área de estudo

O município de São Paulo é cortado pelo Trópico de Capricórnio, localizado a 23°37' latitude sul e 46°39' longitude oeste. Embora se encontre a 802m de altitude, está em média a 45km da costa, em uma região denominada Planalto Atlântico, sendo influenciada pelas condições oceânicas (TARIFA & AZEVEDO, 2001). Localiza-se na bacia do rio Tietê, com sua morfologia estruturada pelo rio e seus afluentes, tais como o rio Pinheiros e o rio Tamanduateí, e pela configuração topográfica resultante (SÃO PAULO, 2002). Conforme descrito em SVMA (2002), este quadro físico define um conjunto de controles climáticos que, em interação com a sucessão habitual dos sistemas atmosféricos, propicia identidade aos climas locais entre clima tropical úmido de altitude do planalto Atlântico, clima tropical úmido serrano e clima tropical sub-ocênico.

A escolha inicial dos pontos de estudo foi baseada no mapa de temperatura aparente da superfície de São Paulo (Figura 1). Este mapa, elaborado a partir de imagens do satélite Landsat 5TM, indica claramente a variação da temperatura de superfície da aglomeração.

A área considerada crítica do ponto de vista térmico se localiza na antiga região industrial da cidade, ao longo da linha férrea e nos vales dos rios Tietê e Tamanduateí. Observa-se que a ausência de espaços verdes e arborização urbana aliada a uma ocupação homogênea nestas regiões podem ser citadas como causas deste comportamento. Conforme descrito em SVMA, a influência dos materiais das coberturas das edificações compostas de telhas de fibrocimento/cimento amianto e metálicas em áreas industriais contribuem no aumento da temperatura nestas regiões. A ocorrência de temperatura de superfície mais amena localiza-se nas áreas com cobertura vegetal significativa, bairros onde predominam uma ocupação residencial horizontal com arborização intralote e urbana/viária, e junto aos corpos d'água. De acordo com dados da SVMA (2002), a formação de algumas zonas frias é provocada pela projeção das sombras das edificações nas áreas com maior padrão de ocupação vertical em conjunto com outras variáveis, como a velocidade do vento.

A fim de analisar duas regiões com temperaturas distintas foram selecionados o bairro Jardim Paulista (Subprefeitura de Pinheiros) e o bairro Belém (Subprefeitura da Mooca), Figura 2. Os pontos de estudo nestas regiões foram dispostos em locais com uma tipologia de edificação similar compostos de prédios de 2 andares sem recuo frontal (Figura 3).

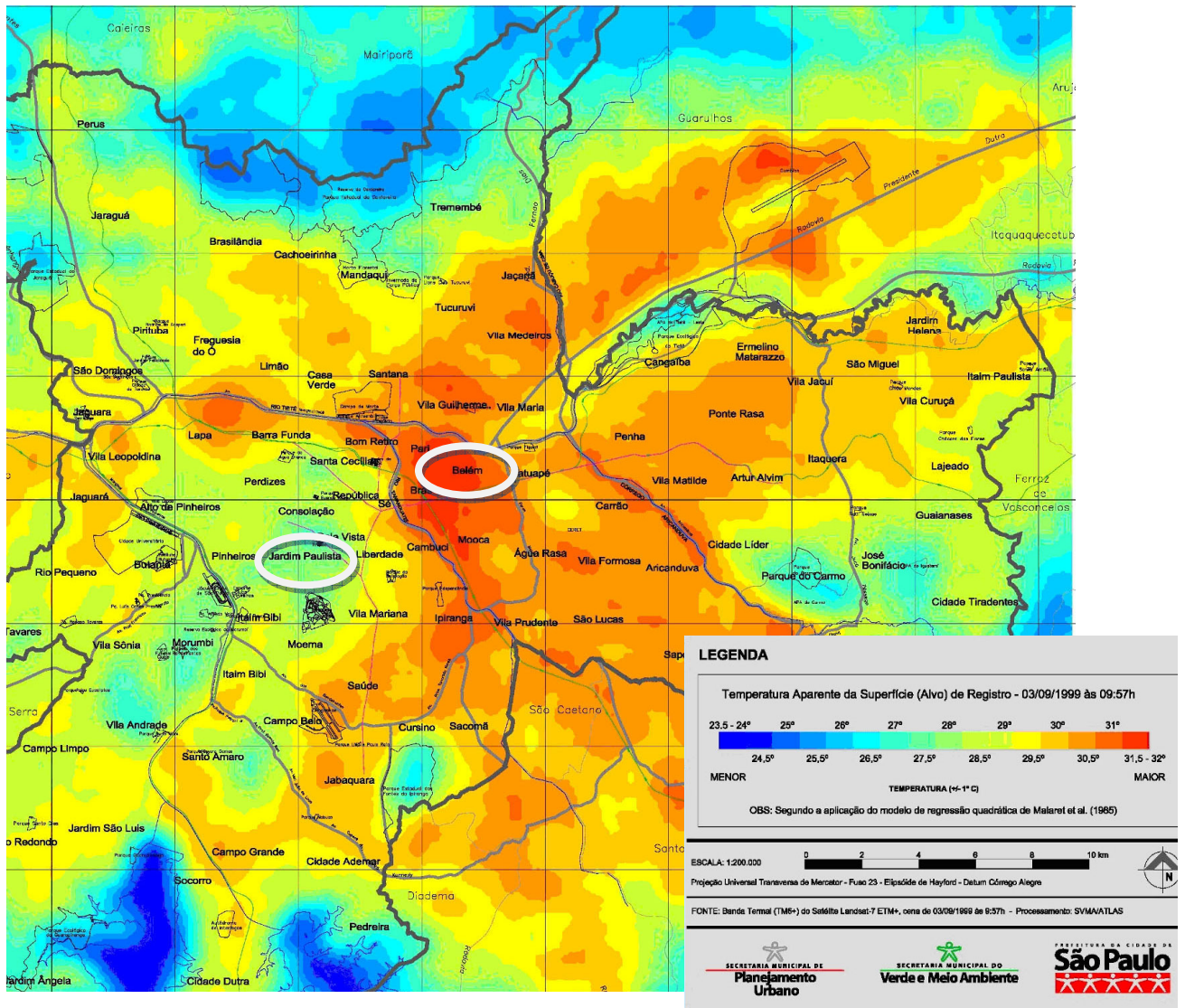


Figura 1 – Mapa da Temperatura aparente da superfície (Base satélite Landsat 5TM).

Fonte: Prefeitura Municipal de São Paulo (1999).

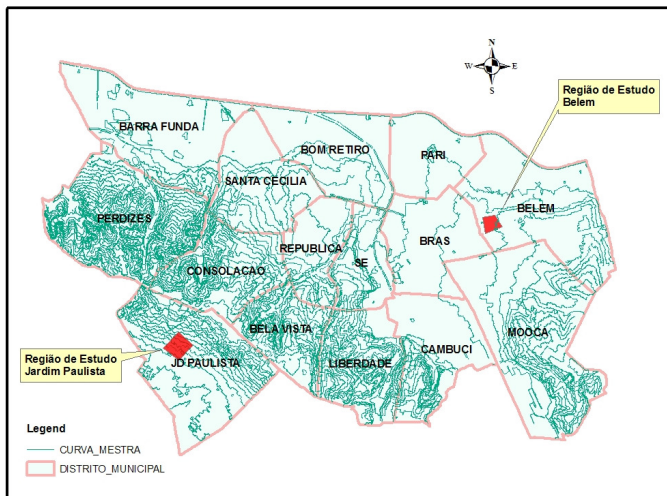


Figura 2 – Mapa de localização da região de estudo

Fonte: DIPRO (2010)



Figura 3 – Áreas de estudo

O Jardim Paulista surgiu da inspiração no modelo urbanístico moderno da cidade-jardim. Contudo ao contrário das sinuosas vias arborizadas dos bairros vizinhos (Jardim Europa e Jardim América) com lotes de 1000m², o Jardim Paulista apresentava ruas retas e perpendiculares. O bairro está localizado em uma das regiões mais altas da cidade, conhecido como Espigão Paulista, com cotas variando de 740-744 metros acima do nível do mar. Seus primeiros moradores eram de classe média alta, principalmente industriais e grandes comerciantes. Após a segunda metade do século XX, o bairro adquiriu características comerciais, verticalizando-se com a construção de prédios de escritórios e comércio, devido à proximidade da Avenida Paulista, a principal ligação que une o centro aos bairros da Zona Sul e ao maior centro financeiro do Brasil. Atualmente o bairro possui um perfil tanto residencial (médio e alto padrão) como comercial, com alta densidade demográfica. Em SVMA (2002) é relatado que apesar de demonstrar uma boa qualidade ambiental, o bairro apresenta grande verticalização e corredores viários com tráfego intenso. A temperatura de superfície conforme Figura 1 demonstra-se favorável nesta região, entretanto deve-se considerar, além da arborização urbana, a influência resultante do sombreamento e da presença de cânions urbanos nesta região.

O Belém é um bairro localizado na região centro-leste da cidade de São Paulo, banhada pelo rio Tietê. O desenvolvimento urbano do distrito está associado à história econômica paulistana, pois foi nesta região que se iniciou, nas décadas finais do século XIX, a industrialização da cidade com a implantação de fábricas de tecido e a primeira vila de operários do Brasil: a Vila Maria Zélia. Segundo São Paulo (2002) um fator importante para a evolução da Zona Leste foi a instalação de duas ferrovias: em 1868 a São Paulo Railway (Estrada de ferro Santos Jundiaí) ligando São Paulo ao porto de Santos e em 1875, a Estrada de ferro do Norte ligando São Paulo ao Rio de Janeiro. As áreas próximas das ferrovias eram privilegiadas pelas indústrias que se beneficiavam do transporte das matérias primas, produção e combustíveis importados. Estas indústrias utilizavam a mão de obra imigrante que aportava em Santos. Os operários se instalavam nas proximidades das indústrias, favorecendo o comércio local. Após a primeira guerra mundial a industrialização de São Paulo foi impulsionada, acarretando na ampliação do parque industrial desta região.

A partir de dados do DIPRO (2010), foram desenvolvidas maquetes virtuais com o programa ArcGIS 9 das duas regiões com o objetivo de evidenciar as diferenças na configuração urbana (Figura 4). Enquanto no bairro Belém a média de T situa-se entre 31,5 - 32°C, no Jardim Paulista a média de T situa-se entre 27 - 27,5°C. A legenda indica a altura das edificações.

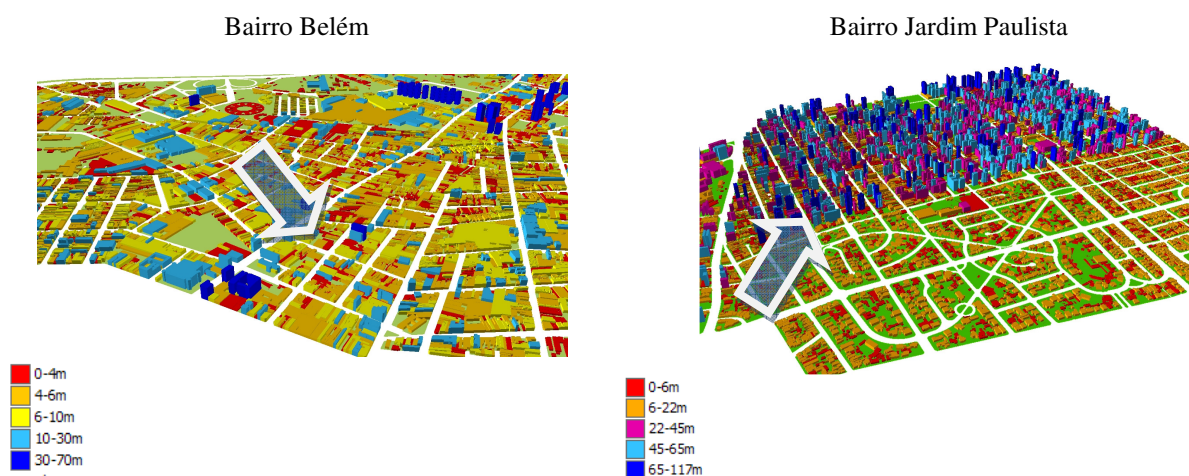


Figura 4 – Perspectiva dos bairros Belém e Jardim Paulista e indicação dos locais de medição

A Tabela 1 contém dados estatísticos das duas regiões.

Tabela 1 – Dados dos bairros Jardim Paulista e Belém

Bairro	Área (ha)	Cobertura Vegetal (m ²)	População (2000)	População (2009)	Densidade Demográfica (pop/ha) (2009)
Jardim Paulista	610	910.800	83.667	76.883	126,04
Belém	600	416.700	39.622	36.505	60,84

Fonte: DIPRO (2010)

3.2 Monitoramento in loco

O monitoramento in loco nos dois pontos ocorreram simultaneamente e os dados microclimáticos foram coletados de 1 em 1 minuto. Em relação ao eixo da rua, a estação meteorológica foi posicionada junto à fachada voltada para o oeste.

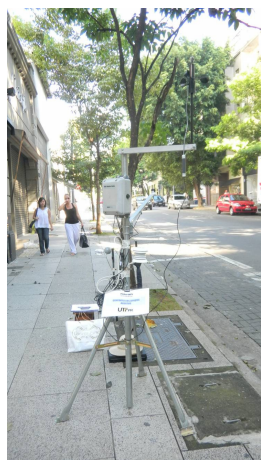


Figura 5 – Estação Meteorológica (Jardim Paulista)

O período de medição no dia 22/02/2011 abrangeu 6 horas de monitoramento (início as 9h01 até as 15h00). No dia 23/02/2011 o período de medição foi de 7 horas (início as 7h01 até as 14h00). Em cada ponto foi utilizada uma estação meteorológica da marca HOBO modelo H21-001 (Figura 5). Cada estação estava equipada com os seguintes instrumentos: sensor de temperatura e umidade (S-THB-M002); piranômetro de silício (S-LIB-M003); sensor de direção e velocidade do vento (S-WCA-M003). As faixas de precisão desses instrumentos satisfazem as recomendações da norma ISO 7726 (1998), que dispõe sobre os instrumentos para a medição de variáveis físicas. Os sensores de temperatura do ar e umidade relativa foram fixados na altura de 110 cm, conforme ISO 7726 (1998). O piranômetro foi fixado a 150 cm, acima dos demais sensores e orientado para o Norte. O anemômetro foi fixado a 210 cm, conforme recomendado por 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 (THORSSON et al., 2007). Em cada estação, fixou-se o termômetro de globo a 110 cm do solo, conforme ISO 7726 (1998). A T_{rm} foi calculada pela fórmula para convecção forçada, definida pela ISO 7726 (1998).

A temperatura de superfície em cada ponto foi obtida com termômetro de infravermelho em forma de pistola da marca RayTemp 38 a uma distância de 1 m do solo. A coleta de dados foi realizada a cada 30 minutos. Embora a condição ideal para medições microclimáticas seja de céu claro, devido à dificuldade desta condição de céu no mês de fevereiro, os dois dias de medição foram realizados em dias de céu claro até as 10 horas e céu parcialmente nublado no restante do dia nos dois pontos monitorados.

3.3 Procedimento para análise

O índice de conforto utilizado neste estudo foi a Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) (HÖPPE, 1999), sendo o cálculo feito por intermédio do RayMan, programa de domínio público desenvolvido por Andreas Matzarakis (<http://www.mif.uni-freiburg.de/RayMan>). As informações pessoais foram baseadas nos dados de um homem padrão segundo a norma ISO 8996 (2004), sendo consideradas as seguintes características: idade 30 anos, altura 1,75m e peso 70 kg. A taxa metabólica utilizada foi de 110W/m², correspondente a caminhada em superfície plana a 2km/h (ISO 7730, 2005) e o valor de isolamento térmico das roupas considerado foi de 0,5 clo. A Tabela 2 se refere calibração do índice PET para a cidade de São Paulo/SP, realizada por Monteiro e Alucci (2007). O índice originalmente não apresenta faixas interpretativas, sendo proposto que a avaliação seja feita em relação ao ambiente de referência.

Tabela 2 – Proposição de calibração para o índice PET por Monteiro e Alucci (2007)

PET	Sensação Humana
>43	muito calor
31 - 43	calor
26 - 31	pouco calor
18 - 26	neutra
12 - 18	pouco frio
4 - 12	frio

A estação automática utilizada para as análises comparativas foi a Santana do Mirante, localizada na região Norte da cidade. Os dados da estação de referência foram obtidos na plataforma disponível online pelo INMET. Foram considerados os dados referentes à hora UTC. O INMET oferece os valores máximos, mínimos e instantâneos das variáveis climáticas. Para comparação com os dados coletados in loco, foram extraídas as médias entre esses extremos.

4. RESULTADOS

A análise preliminar dos dois pontos de medição referente a um período diurno específico é apresentada nesta seção. A Tabela 1 contém as médias horárias de velocidade do vento (v), radiação solar incidente (I), temperatura do ar (T), umidade relativa (UR) e as respectivas correlações (R) destas variáveis com a temperatura do ar, para que se fizesse um primeiro teste de consistência dos dados. Nos dois de medição e nos dois pontos monitorados a variável climática que apresentou maior correlação com a temperatura do ar foi a umidade relativa do ar, numa relação inversa, como se era de esperar. A correlação com a velocidade do vento também foi expressiva em ambos os casos e igualmente inversa: quanto maior a velocidade, mais baixa a temperatura ambiente, com exceção do dia 23/02/2001, quando a velocidade do vento foi mais baixa (considerando a faixa de precisão do equipamento, quando o ar está praticamente parado).

Tabela 3 - Médias horárias de velocidade do vento (v), radiação solar incidente (I), temperatura do ar (T) e umidade relativa (UR) obtidas *in loco*

Data/ Hora	Jardim Paulista				Belém			
	v (m/s)	I (W/m ²)	T (°C)	UR (%)	v (m/s)	I_g (W/m ²)	T (°C)	UR (%)
22/02/2011								
10h00	0,9	1142	26,7	62	1,7	7598	27,3	61
11h00	0,7	593	27,8	57	1,4	7760	30,1	53
12h00	0,7	610	29,0	55	1,1	9526	32,0	47
13h00	0,7	898	30,0	52	1,4	7664	32,3	47
14h00	0,7	988	30,8	48	1,2	7268	32,9	44
15h00	0,6	780	30,9	48	1,4	6485	32,6	44
Média	0,7	835	29,2	54	1,4	7717	31,2	49
R com T	-0,87	-0,10	-	-0,98	-0,82	-0,06	-	-1,00
23/02/2011								
8h00	0,6	309	23,0	80	1,1	1224	23,5	76
9h00	0,6	492	23,7	78	1,1	1708	24,4	74
10h00	0,6	893	25,3	71	1,0	4088	25,9	68
11h00	0,6	871	26,3	66	1,2	8476	29,2	59
12h00	0,7	771	28,2	60	1,1	6499	30,5	54
13h00	0,6	1171	29,3	54	1,2	5890	31,1	49
14h00	0,6	852	29,9	52	1,4	5891	32,2	45
Média	0,6	765	26,5	65,8	1,1	4825	28,1	61
R com T	-0,12	0,79	-	-1,00	0,75	0,83		-0,99

Devido às características urbanas de cada ponto, nos dois dias de monitoramento o ponto situado no Belém apresentou valores de v , I e T mais elevados que o ponto no Jardim Paulista. Para uma análise mais detalhada dos resultados, foi selecionado o dia 23/02/2011 por haver 1 hora de medição a mais que o primeiro dia. Neste estudo, os valores de PET calibrados para São Paulo por Monteiro e Alucci (2007) indicam a sensação de conforto em cada ponto, sendo as sensações representadas por faixas coloridas (18 a 26°C: neutralidade; 26 a 31°C: pouco calor; 31 a 43°C: calor e maior que 43°C muito calor), ver Gráfico 1.

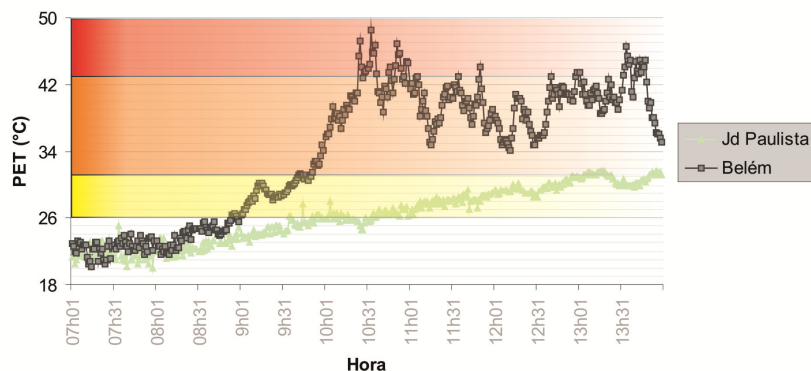


Gráfico 1 – Comparações dos valores de PET de cada ponto

Observa-se no ponto do Jardim Paulista o desconforto para calor tende a se elevar de forma mais gradual, sendo a sensação térmica de neutralidade até as 10h30 e de pouco calor após este horário. No Belém o desconforto térmico é visivelmente mais significativo do que no Jardim Paulista. No início das medições até as 9h00 a sensação era de neutralidade, elevando-se para pouco calor até as 9h30. Após este horário o desconforto térmico aumenta, havendo variações entre as sensações de calor e muito calor. A análise das variáveis climáticas relacionadas às características urbanas de cada região auxiliam a explicar as discrepâncias entre os ambientes térmicos de cada área.

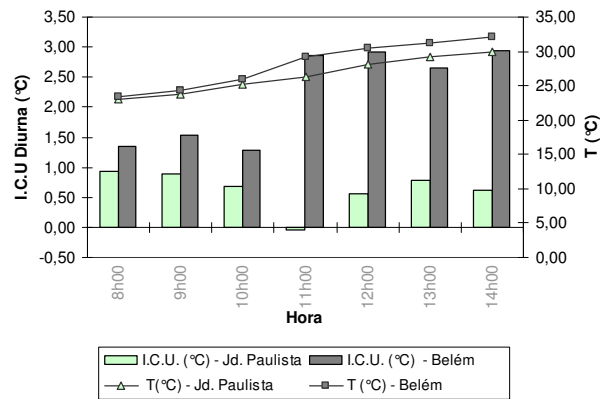


Gráfico 2 – Comparações de ilha de calor diurna e dos valores médios de temperatura do ar (T) coletados in loco.

O Gráfico 2 apresenta as comparações entre as médias de T coletadas in loco e as diferenças destas com a estação de referência (ilhas de calor urbana, ICU diurna). Durante as sete horas de monitoramento, o ponto situado no Belém apresentou valores de temperatura do ar mais altos que o ponto no Jardim Paulista. Nos dois pontos ocorreu a formação de ilha de calor diurna. No entanto, nota-se uma ilha de calor mais intensa na região do Belém, principalmente após as 11h00. Neste período, no ponto do Jardim Paulista a média de T foi mais baixa que a média de T na estação de referência, embora a diferença tenha sido pouco significativa, resultando, também, na diferença máxima de temperatura do ar entre os pontos no Belém e no Jardim Paulista (2,91 °C). Os valores máximos de T foram registrados às 14h00 (32,19 °C no Belém e 30,89 °C no Jardim Paulista). A ilha de calor menos intensa no Jardim Paulista em relação ao ponto do Belém é justificada principalmente pela presença de árvores, que formam uma obstrução (parcial) à radiação solar.

Percebe-se no Gráfico 3 a discrepância entre os valores de radiação solar em cada ponto medido. Para o período de medição, a média de radiação solar foi de 4825 W/m² no Belém e de 765 W/m² no Jardim Paulista; no Belém há, também, maior variação nos valores de radiação solar incidente em comparação ao Jardim Paulista. Em relação à estação de referência, o ponto no Jardim Paulista apresentou valores de radiação solar incidente inferiores. Novamente, a arborização do Jardim Paulista parece favorecer um maior conforto térmico em dias com temperaturas altas do que áreas mais abertas ou sem obstruções.

O fato de haver árvores no Jardim Paulista e a quase escassez de vegetação no Belém influenciam os valores mais baixos de umidade relativa no Belém, inclusive em relação a estação de referência, conforme visualizado no Gráfico 4. Considerando as diferenças de UR e T (Gráficos 2 e 4), percebe-se a tendência inversa entre as variáveis.

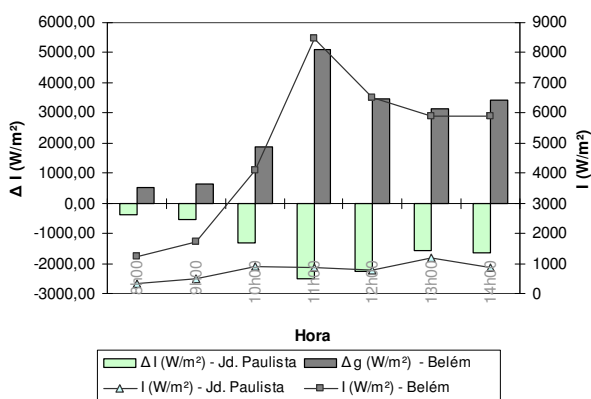


Gráfico 3 – Comparações dos valores médios de Radiação Solar Incidente (I) coletados in loco e as diferenças destes em relação à estação de referência.

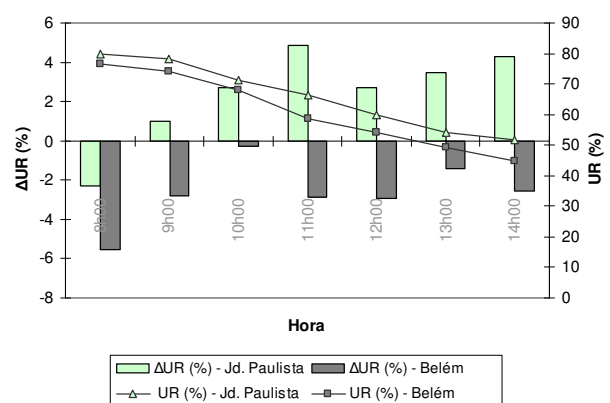


Gráfico 4 – Comparações dos valores médios de Umidade Relativa (UR) coletados in loco e as diferenças destes em relação à estação de referência.

A presença de vegetação parece ser determinante também para uma menor velocidade do vento na região do Jardim Paulista. A velocidade média do vento neste ponto foi de 0,6 m/s, com rajadas de 1,1 m/s, enquanto no Belém foi de 1,1 m/s, com rajadas de 1,9 m/s; a predominância de ventos foi do quadrante Noroeste. No Gráfico 5 estão relacionados os dados de velocidade do vento e de Ilha de Calor Urbana. Nota-

se que há uma correspondência entre os dados e que a velocidade do vento mais alta no Belém não mostrou ser eficiente na redução dos valores de temperatura do ar.

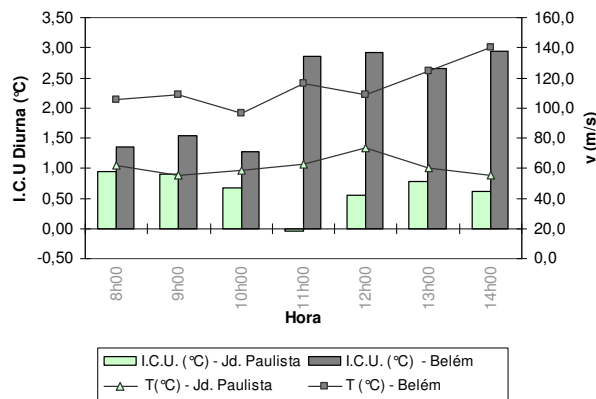


Gráfico 5 – Comparações de ilha de calor diurna e dos valores médios de velocidade do vento (v) coletados *in loco*.

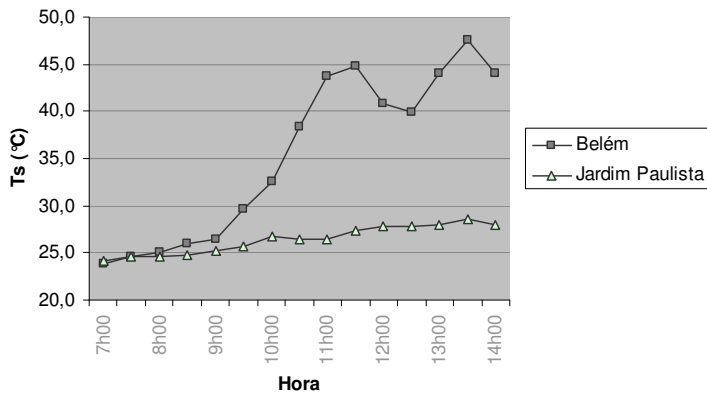


Gráfico 6 – Comparações entre valores de temperatura de superfície (Ts).

Por meio da análise dos gráficos acima nota-se a importância do sombreamento e da presença de vegetação para a formação do campo térmico local. No Gráfico 6 encontram-se os valores de temperatura de superfície (Ts).

Novamente a região do Belém apresenta valores mais altos de Ts, com pico de 47,6 °C as 13h30 e média de 35,41 °C. Os valores de Ts no Jardim Paulista se mantiveram mais constantes, com pico de 28,6 °C e média de 26,40 °C.

No mapa da temperatura aparente da superfície (Figura 1) é possível perceber que, durante o período próximo das 10h00, a diferença aproximada de Ts para a região do Belém e a região do Jardim Paulista era cerca de 4 °C (31,5 °C e 27,5°C respectivamente). Durante as medições foram encontrados valores semelhantes a estes, com diferença de Ts de 5,8 °C entre os pontos (32,5°C no Belém e 26,7°C no Jardim Paulista). A diferença de Ts se acentua ao longo do dia, atingindo a diferença máxima de 19,0 °C as 13h30.

5. CONCLUSÕES

A análise dos resultados corroborou a premissa inicial de que a região do Belém apresentaria ilha de calor mais intensa que a região no Jardim Paulista devido às características urbanas de cada bairro, corroborando, assim, o mapa termal apresentado no início do artigo (Figura 1). Entre os fatores que influenciam para valores de temperatura do ar mais baixo no Jardim Paulista citam-se: maior altitude, menor valor de fator de visão do céu e arborização significativa. Destaca-se este último fator, que além do aspecto psicológico atrelado a ambientes externos arborizados, torna a rua monitorada (Rua Oscar Freire) mais confortável termicamente, favorecendo o uso por parte dos transeuntes.

Faz-se a ressalva de que pelo fato da região concentrar lojas de alto padrão, estas em sua maioria possuem ar condicionado, com temperatura em geral regulada para 22°C, e ao deixar a porta aberta em todo o período comercial, afetam (em parte) as condições térmicas externas. O ar resfriado ao passar do ambiente interno para o externo, por meio das aberturas (porta/vitrine) se mistura a temperatura ambiente, sendo perceptível a mudança de temperatura ao pedestre quando próximo as fachadas dos edifícios. No trecho de 3 quadras, verificou-se a ocorrência desta situação em 50 das 65 lojas com ar condicionado.

Na região do Belém, considerando o período monitorado, o conforto térmico é prejudicado em decorrência de não haver sombreamento, acarretando em valores altos de radiação solar incidente e de temperatura de superfície e conseqüentemente, em maior estresse térmico.

Medições em campo auxiliam a traçar um diagnóstico do campo térmico das cidades e desta maneira contribuem para medidas de planejamento urbano que visem à qualidade dos espaços citadinos. Neste estudo não foram realizadas séries longas de medição que poderiam caracterizar efetivamente regiões tão distintas. No entanto, esta caracterização preliminar do campo térmico destas regiões, parte de duas pesquisas em andamento, irá auxiliar nas etapas futuras de simulações numéricas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTONUCCI, D. **Morfologia urbana e legislação urbanística**: estudo de setores de bairros na cidade de São Paulo. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Estruturas Ambientais Urbanas). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- ASSIS, E.S. **Impactos da forma urbana na mudança climática**: método para a previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano, 2000. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- BRANDÃO, R. **As interações espaciais urbanas e o clima**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- CAMPBELL, S. **Application Note**: Weather Station Siting and Installation Tools. 1997.
- DIPRO (Departamento de Estatística e Produção de Informação). CD ROM. 2011
- DUARTE, D. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental**: método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Estruturas Ambientais Urbanas). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- FELDMAN, S. **Planejamento e Zoneamento**: São Paulo 1947/1972. São Paulo: EDUSP, FAPEST, 2005.
- FREITAS, E. ;DIAS,P. **Alguns efeitos de áreas urbanas na geração de uma ilha de calor**. In: Revista Brasileira de Meteorologia, v.20, n.3, 355-366, 2005.
- HÖPPE, P. The Physiological Equivalent Temperature: a index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **Intern. J. of Biometeorology**. n.43. p. 71-75, 1999.
- ISO 7726 Ergonomics of the Thermal Environment**: Instruments of measuring physical quantities. Switzerland: 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. Switzerland: ISO, 2005.
- ISO 8896 Ergonomics of the Thermal Environment**: Determination of metabolic rate. Switzerland: ISO, 2004.
- LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: HUCITEC, 1985.
- MACEDO, S. **São Paulo, paisagem e habitação verticalizada**: os espaços livres como elementos de desenho urbano. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Estruturas Ambientais Urbanas). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. (2007). Conforto térmico em espaços abertos com diferentes abrangências microclimáticas. Parte 2: proposição de calibração de modelos preditivos. In: VIII Encontro Nacional e V Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto. **Anais...** ANTAC.
- OKE, T.R. **Boundary layer climates**. Second Edition. Routledge London & New York, 1987.
- SÃO PAULO (Cidade). Secretaria Municipal de Planejamento Urbano. **Atlas ambiental do município de São Paulo**. São Paulo: SEMPLA, 2002.
- SHINZATO, P. **Impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- SOMEKH, N. **A cidade que não pode parar**: Planos urbanísticos de São Paulo no século XX. Fundo Mackenzie de Pesquisa, 2002.
- SVMA (Secretaria do Verde e Meio Ambiente); SMPU (Secretaria Municipal de Planejamento Urbano). **Atlas ambiental de São Paulo**. Fase I: Diagnóstico e bases para a definição de políticas públicas para as áreas verdes do Município de São Paulo. Prefeitura do Município de São Paulo, 2002.
- SVMA (Secretaria do Verde e Meio Ambiente). **Atlas ambiental de São Paulo**. São Paulo, 2004.
- TARIFA, J. ;AZEVEDO,T. **Os climas na cidade de São Paulo :teoria e prática**. São Paulo: FFLCH-USP, 2001.
- THORSSON,S. et al. Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. *International Journal of Climatology*.n.27.p.1983-1993,2007.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pela concessão da bolsa de Doutorado, ao PPGTE/UTFPR e ao Marcos e Nelson pela ajuda na coleta de dados.