INFLUÊNCIA MICROCLIMÁTICA DE FLORESTA URBANA AO SEU ENTORNO IMEDIATO: BOSQUE DA COMUNIDADE EM BAURU-SP[1]

LIMA, J.V.S., Universidade Estadual Paulista (Unesp), email: arq.jvlima@gmail.com; TONON, B.F., Universidade Estadual Paulista (Unesp), email: beatriztonon@gmail.com; ONETO, M.S.M., Arquiteta e Urbanista, email: onetoarq@gmail.com; FARIA, J.R.G., Universidade Estadual Paulista (Unesp), email: joaofari@faac.unesp.br; FONTES, M.S.G.C., Universidade Estadual Paulista (Unesp), email: sgfontes@faac.unesp.br

ABSTRACT

The expansion of cities changes the morphology of urban space and, consequently, its urban microclimates. In Bauru downtown, a remnant densely wooded park, the Bosque da Comunidade, attenuates the microclimatic rigors of its surroundings. The objective of this research was to evaluate the microclimatic influence of this urban forest on its immediate surroundings, enriching the knowledge obtained by previous works on that area. Data was collected at a fixed point in the interior of the forest, synchronized with data collection on 24 mobile points in its immediate surroundings, succeeded by correlations and comparative analysis. It was verified the effective contribution of the woodland to its immediate surroundings, regarding the mitigation of the thermal loads by shading, evaporative cooling, and the creation of negative pressure zones that allow natural ventilation.

***Keywords**: Urban microclimate. Microclimatic influence. Urban forest. Morphological conditions.*

1 INTRODUÇÃO

A expansão das cidades altera a morfologia do espaço urbano e, consequentemente, seus microclimas (MARTINS *et al.*, 2011), ao suprimir a vegetação existente para a implantação de equipamentos urbanos (NETO *et al*., 2010). Neste sentido, as florestas urbanas, enquanto reserva de vegetação, assumem importante papel na mitigação dos rigores microclimáticos (LEAL, 2012).

Em Bauru, cidade de médio porte situada no Centro Oeste Paulista, com população estimada em 371.690 habitantes (IBGE, 2017), está o Bosque da Comunidade (Figura 1-A), uma grande área intensamente arborizada, destinada a área verde na década de 70 pelo parcelamento do solo (FONTES; DELBIN, 2001), que até hoje ameniza os impactos antrópicos que seu entorno sofreu no decorrer dos anos.

Fontes e Delbin (2001) analisaram o microclima do Bosque da Comunidade em relação ao da Praça José dos Santos, área verde residual situada em suas proximidades (Figura 1-B). Como resultado, observaram a maior influência microclimática do bosque no seu entorno imediato em comparação à praça,

[1] LIMA, J. V. S.; TONON, B. F.; ONETO, M. S. M.; FARIA, J. R. G.; FONTES, M. S. G. C. Influência microclimática de floresta urbana ao seu entorno imediato: Bosque da Comunidade em Bauru-SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17, 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

constatando a importância de uma maior densidade arbórea dentro da malha urbana.

Figura 1 – Foto aérea de Bauru/SP: (A) Bosque da Comunidade; (B) Praça José dos Santos



Fonte: Google Maps (2016)

Após 15 anos da investigação realizada por Fontes e Delbin (2001), o presente trabalho teve por objetivo avaliar a extensão da influência do Bosque da Comunidade no microclima de seu entorno imediato nos dias atuais, enriquecendo os conhecimentos obtidos pelas autoras, e atualizando-os para uma diferente sazonalidade e às diferentes condições morfológicas encontradas atualmente.

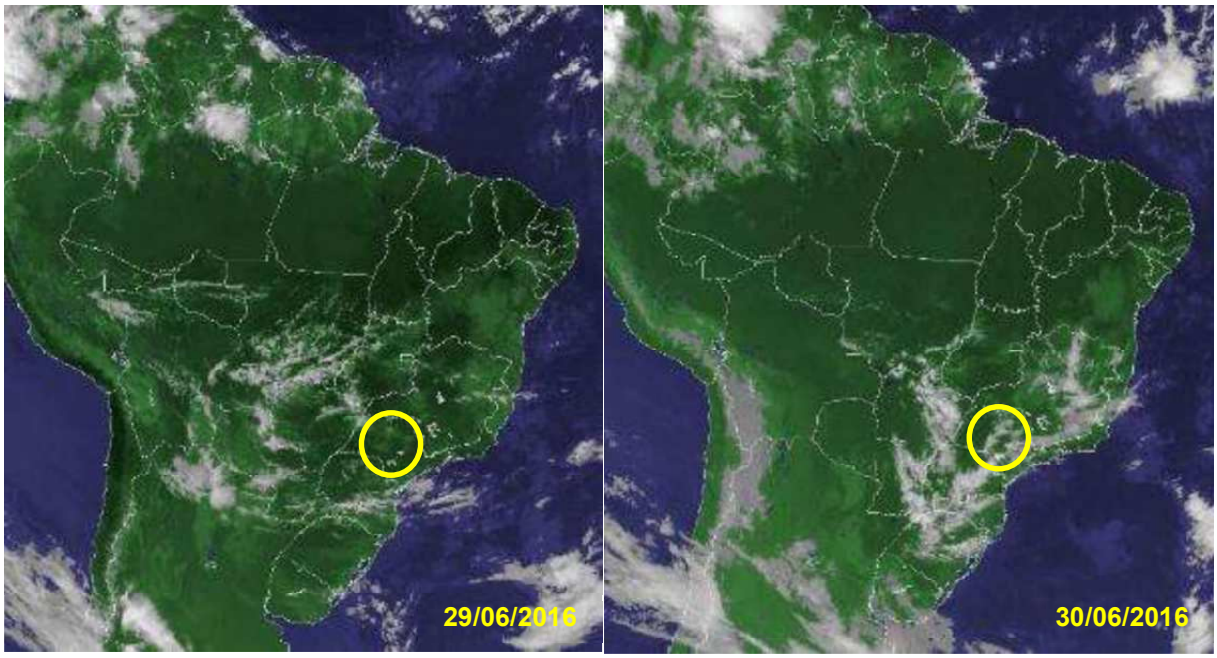
2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Levantamento de dados

Para atingir o objetivo, foram levantadas as variáveis temperatura do ar, umidade absoluta e velocidade do ar, em um ponto fixo dentro do bosque, e em 24 pontos móveis ao seu redor.

Os levantamentos foram feitos das 9 h às 15 h, nos dias 28, 29 e 30 de Junho de 2016, simultaneamente nos pontos externos e interno. Entretanto, ocorreu um problema técnico com um dos anemômetros no dia 28, e um avanço de nebulosidade no dia 30 (Figura 2), o que poderia interferir nos resultados de sombreamento. Desta forma, apenas os dados do dia 29, caracterizado por um dia de céu limpo e sem condições atípicas, foram considerados nesta pesquisa.

Figura 2 – Imagens meteorológicas para os dias 29 e 30 de Junho de 2016.



Fonte: DSA (2016), editado pelos autores.

Os levantamentos no ponto fixo foram feitos com um aparelho *Testo* 171-H1, acoplado a uma miniestação meteorológica, o qual registrou, de 1 em 1 min, as variáveis temperatura e umidade relativa do ar. Na miniestação foi acoplado também um anemômetro, para o registro, de 5 em 5 min, da velocidade do ar.

Os dados dos pontos móveis foram levantados por dois integrantes, os quais se pontuaram em 12 centros de quadras no entorno do bosque, nas calçadas opostas de cada rua, conforme o mapeamento da Figura 3. Cada integrante utilizou um anemômetro e um termohigrômetro suspensos a aproximadamente 1,50 m do solo. Os instrumentos (termohigrômetros e Testo) foram previamente intercalibrados através de equações de regressão linear.

Os dados levantados manualmente foram registrados apenas em horários múltiplos de 5 minutos, para haver sincronia com o levantamento manual do anemômetro no ponto interno.

Figura 3 – Mapeamento dos pontos de análise.



Fonte: Os autores (2016), editado do Google Maps (2016).

2.2 Tratamento dos dados

Os dados de umidade absoluta foram calculados através de equações psicrométricas de ASHRAE expostas por Moreira (1995) a partir dos valores medidos com os instrumentos.

Os dados de temperatura do ar e umidade absoluta medidos em cada ponto foram correlacionados com os levantados dentro do bosque. Equações de regressão linear foram usadas para o cálculo das variáveis em horários comuns para todos os pontos (das 9 h 10 min às 14 h 40 min, em intervalos de 30 min).

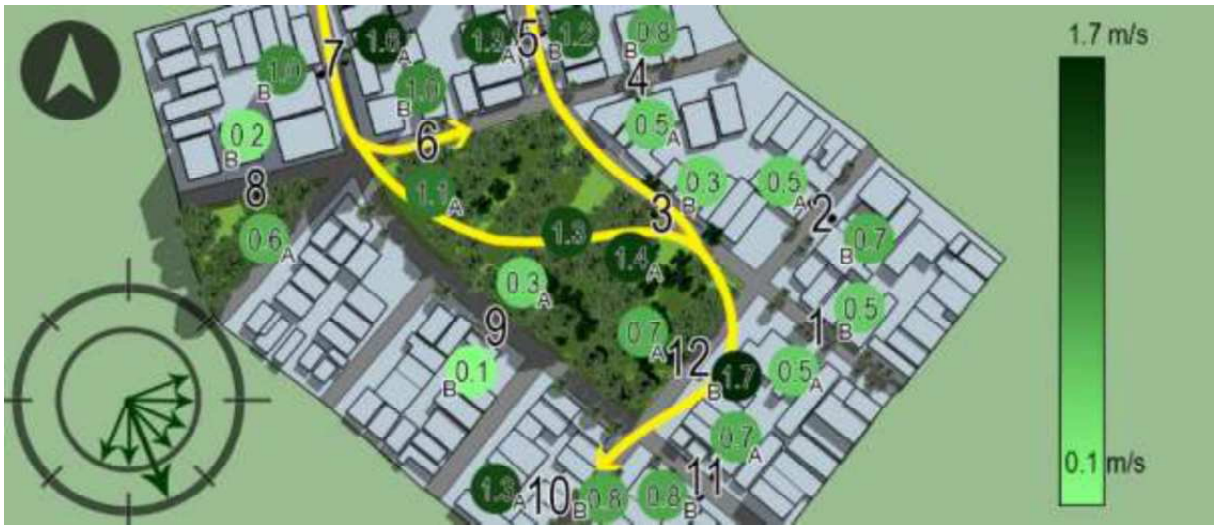
Foram geradas médias dos dados de temperatura do ar e de umidade absoluta de todos os pontos nos mesmos horários pré-estabelecidos, para o dia inteiro, e para os períodos da manhã e da tarde, separadamente. As médias de velocidade do ar em cada ponto foram geradas apenas para o dia inteiro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Velocidade do ar

Embora as velocidades do ar registradas no período sejam baixas, observa-se que os pontos cujas velocidades médias foram as mais altas tiveram influência de três efeitos combinados: canalização, de canto, e de esteira de vento (OLGYAY, 2002; GIVONI, 1998; GANDEMER, 1978; MASCARÓ, 1991), como é possível observar na Figura 4.

Figura 4 – Médias de velocidade do ar dispostas na implantação, e possível fluxo de ventilação resultante dos efeitos combinados.



Fonte: Os autores (2016)

A disposição linear de altas edificações em uma das ruas paralelas ao fluxo de ar no dia 29/06/2016 (pontos 5 e 7), incidente predominantemente de noroeste (INMET, 2016), ocasionou o efeito de canalização, o qual, somado ao efeito de canto da última edificação alta disposta na esquina, gerou uma intensificação da velocidade do ar no ponto A7 (1,6 m/s).

O efeito de canto do ponto A7, somado à maior possibilidade de vazão dentro do bosque, em comparação com a outra esquina composta por barreiras de edificações, trouxe reflexos nas velocidades de ar dos pontos A6 (1,1 m/s) e B6 (1,0 m/s), e, principalmente para o interior do bosque (1,3 m/s).

Os pontos da outra rua paralela ao fluxo predominante, A5 (1,3 m/s) e B5 (1,2m/s) também tiveram velocidades médias mais elevadas. A soma dos fluxos advindos dos pontos A5, B5, e A7 (este último desviado para o interior do bosque), paralelamente à alta temperatura do ponto A3, proporcionaram uma velocidade média elevada neste último (1,4 m/s).

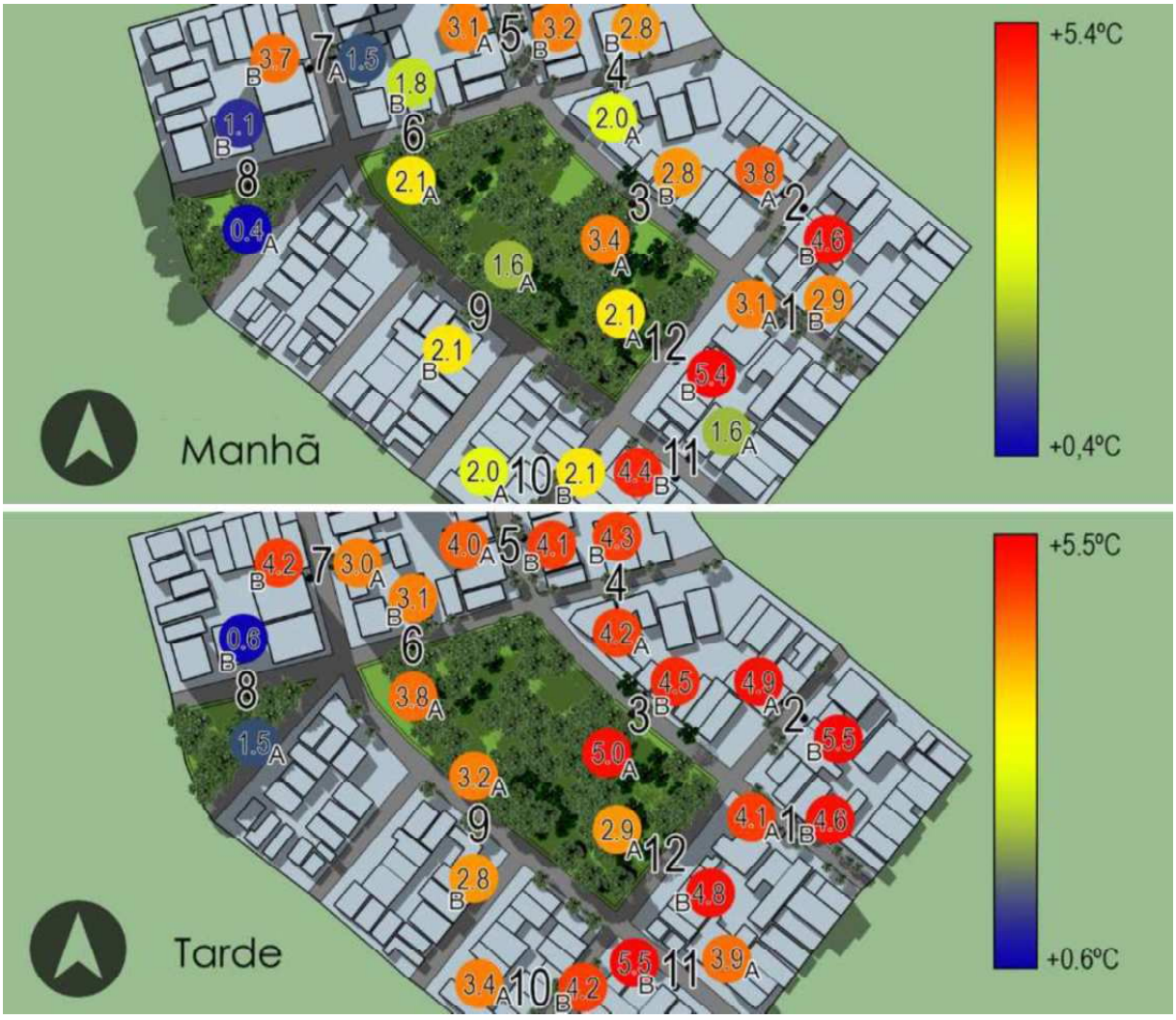
A continuidade do fluxo é desviada pela próxima barreira edificada em junção com a maior temperatura na rua dos pontos 12 e 10, o que possibilita o escoamento do fluxo na esteira de vento resultante, sem colisão com zonas de pressão positiva (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2010). Este fenômeno faz com que os pontos B12 (1,7 m/s) e A10 (1,3 m/s) também apresentem improváveis altas médias de velocidade do ar, neste dia.

Conclui-se, então, que as densidades arbóreas podem cumprir o papel de potenciais zonas de pressão negativa para a sucção e convergência dos fluxos baixos advindos das configurações morfológicas do seu entorno.

3.2 Temperatura do ar

Conforme pode ser observado na Figura 5, todos os pontos móveis apresentaram temperaturas do ar maiores do que as do interior do bosque já no período da manhã, mesmo com pouca diferença, em alguns casos. Os pontos A8 e B8 apresentaram as menores diferenças, provavelmente pela influência do resfriamento evaporativo proporcionado pela Praça José dos Santos, e pelo sombreamento constante proporcionado pelos edifícios nesta época do ano, tanto no período da manhã, quanto da tarde.

Figura 5 – Diferenças entre as médias de temperatura dos pontos externos e as médias do interior do bosque, por período.



Fonte: Os autores (2016)

Observa-se que, apesar da menor ascendência do gráfico de temperaturas no período da tarde, é nesse período que se concentram as maiores diferenças de temperatura entre o bosque e o seu entorno imediato. Isso confirma a influência positiva da vegetação densa, pelo sombreamento com baixo albedo e pela maior taxa de resfriamento evaporativo (GIVONI, 1998). A influência de seu resfriamento evaporativo também fica clara nos pontos adjacentes ao bosque (A6, A9 e A12), os quais também apresentam menores acréscimos em comparação a outros pontos, mesmo que não totalmente

sombreados durante todo o dia. Entretanto, o ponto A3, também adjacente ao bosque, apresentou altos acréscimos de temperatura, não apenas pelo fato de estar totalmente exposto ao sol durante o dia todo, mas também por não receber grande influência da vegetação do bosque que, neste caso, se abre em grandes vazios.

Constatou-se que, além do A3, os pontos mais quentes (B2, B11 e B12) são aqueles sem influência direta do resfriamento evaporativo do bosque, e que, ao mesmo tempo, receberam insolação direta, sem sombreamento, durante a maior parte do dia.

3.3 Umidade absoluta

Não foi possível chegar a conclusões sobre a distribuição da umidade absoluta. A maioria dos pontos apresentou baixas correlações com os levantamentos realizados no interior do bosque, e os demais apresentaram valores díspares entre si. Isso pode ter acontecido por fatores ambientais, como a direção do vento oscilante ou o alto volume pluviométrico dos últimos dias. Contudo, foi possível perceber a influência da umidade advinda do bosque no resfriamento evaporativo do seu entorno imediato, assim como seu pico de ascendência ao meio dia, em todos os pontos, acompanhando o pico de temperatura do ar no bosque.

4 CONCLUSÕES

Verificou-se a efetiva contribuição do bosque ao seu entorno imediato em relação à mitigação do acúmulo de cargas térmicas por meio do sombreamento com baixo albedo, resfriamento evaporativo e criação de zonas de pressão negativa que permitem a ventilação natural.

A morfologia do entorno, em conjunto com a morfologia do bosque, se mostrou extremamente necessária para melhor compreensão dos efeitos de ventilação e da influência do sombreamento nos pontos de análise.

Por fim, evidencia-se a necessidade de novas análises microclimáticas do conjunto morfológico atual, em diferentes períodos do ano e com levantamentos de dados mais extensos.

REFERÊNCIAS

BITTENCOURT, Leonardo; CÂNDIDO, Chisthina. **Ventilação Natural em Edificações**. Rio de Janeiro: PROCEL EDIFICA, 2010.

FONTES, Maria Solange Gurgel de Castro; DELBIN, Simone. A qualidade climática dos espaços públicos urbanos: um estudo de caso na cidade de Bauru-SP. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6, 2001, São Paulo. **Anais...** São Pedro: ENCAC, 2001.

GANDEMER, J. **Discomfort due to wind near buildings aerodynamic concepts.** Washington: U.S. Govt. Print. Of, 1978.

GIVONI, Baruch. **Climate Considerations in building and urban design**. Canada: Copyright by John Wiley &Sons, 1998.

IBGE. **Estatísticas por Cidade e Estado**, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html?t=destaques&c=3506003>. Acesso em: 26.06.2018.

INMET. **Rede de Estações Climatológicas**, 2016. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/index>. Acesso em: 27.08.2018.

LEAL, L. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR**. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MARTINS, Larissa Fernanda Vieira; ANDRADE, Helisson Henrique Borsato de; HANISCH, Rogério Fernandes; DE ANGELIS, Bruno Luiz Domingos; CAXAMBU, Marcelo Galeazi. Análise da compatibilidade da arborização viária com o ambiente construído na cidade de Luiziana, Paraná, Brasil. **Revista da Sciedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 6, n. 3, p. 103 - 127, 2011.

MASCARÓ, Lúcia. **Energia na edificação: Estratégias para minimizar seu consumo.** 2ª ed. São Paulo: Projeto Editores Associados Ltda., 1991.

MOREIRA, J. R. S. Programa simplificado para cálculos psicrométricos. In: Seminário Modelos de Simulação de Ambientes. São Paulo, NUTAU/FAUUSP, 1995. **Anais....** São Paulo, NUTAU/FAUUSP, 1995. p. 101-115.

NETO, E. M. L. de; BARDELLI-DA-SILVA, M. Y.; SILVA, A. R. da; BIONDI, D. Arborização de ruas e acessibilidade no bairro Centro de Curitiba - PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 4, p. 40 - 56, 2010.

OLGYAY, Victor. **Arquitectura y clima: Manual de diseño para arquitectos y urbanistas.** 2ª ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2002.