



## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

# MICROCLIMA NOS ESPAÇOS URBANOS ABERTOS: UM ESTUDO COMPARATIVO DE MEDIÇÕES EM CAMPO ABERTO x REGISTROS DE ESTAÇÃO METEOROLÓGICA<sup>1</sup>

ZANLORENZI, Helena C.P. (1); SILVA FILHO, Demóstenes F. da (2)

(1) ESALQ - USP, e-mail: helepadovani@gmail.com; (2) ESALQ - USP, e-mail: dfilho@usp.br

### RESUMO

Conhecer o microclima dos espaços urbanos abertos é ponto chave na escolha de intervenções para o conforto higrotérmico dos usuários. O objetivo deste trabalho foi comparar resultados de medições em campo aberto com registros da estação meteorológica local buscando validar resultados medidos; são dados parciais de dissertação em Clima Urbano sobre desempenho de espécies vegetais como barreira aos ventos para o conforto térmico. Mediú-se temperatura e umidade relativa do ar e velocidade dos ventos, em três pontos de campo aberto, a 1,5 m do piso, das 9 às 21 horas, a cada 3 minutos (ventos) e 5 minutos (temperatura e umidade relativa do ar), durante três dias de tempo estável em agosto e setembro de 2014. Os resultados foram comparados aos registrados a cada 15 minutos na estação meteorológica. Constatou-se considerável correspondência nos valores de temperatura do ar, bem como na umidade relativa do ar e na velocidade dos ventos. Os resultados sugerem que os valores obtidos na estação meteorológica podem ser adotados em outros sítios abertos da cidade, ponderando-se as diferenças do entorno imediato. Este resultado é significativo por haver um vasto banco de dados do clima local e de espécies vegetais para estudos do clima urbano regional.

**Palavras-chave:** Clima urbano. Conforto térmico. Ventos.

### ABSTRACT

*Understanding the microclimate of urban open spaces is a key point to choose interventions for hygrothermal comfort of users. The objective of this research was to compare the open field measurements data with those recorded at the local weather station seeking to validate the measured results; they are partial data dissertation in Urban Climate about the performance of plant species as barrier to winds for thermal comfort. Air temperature, relative humidity and wind speed were measured at three points in open field, 1.5 m from the floor, from 9 to 21 o'clock, at 3-minute (winds) and 5-minute (temperature and relative humidity air) intervals, for three days by species, in August and September 2014. The measured results were compared to those recorded at 15-minute intervals at weather station. A considerable correspondence was obtained in air temperature, as well as the relative humidity and wind speed values. The results suggest that the data obtained at weather station can be adopted in other open sites in the city, by pondering the differences of immediate surroundings. This result is significant because there is a vast local climate and plant species database for regional urban climate studies.*

<sup>1</sup> ZANLORENZI, Helena C.P.; SILVA FILHO, Demóstenes F. da. Microclima nos espaços urbanos abertos: um estudo comparativo de medições em campo aberto x registros de estação meteorológica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

**Keywords:** Urban climate. Thermal comfort. Winds.

## 1 INTRODUÇÃO

A adequação dos espaços abertos ao conforto de seus usuários contribui significativamente para a qualidade de vida em áreas urbanas. Desta maneira, conhecer as relações entre as variáveis microclimáticas e as implicações de conforto térmico nos espaços abertos é de suma importância.

O conhecimento dessas relações fornece instrumental para planejamento e projetos de grande escala, possibilitando melhor acomodação das pessoas nos espaços urbanos. Possibilita ainda o desenvolvimento de atividades econômico-culturais específicas, em áreas abertas ou semi-confinadas, como eventos esportivos, espetáculos artísticos, grandes exposições e atividades turísticas (MONTEIRO L., 2008, p. 29).

Um dos fatores que mais interferem nas condições de conforto dos pedestres em espaços abertos é o vento (NIKOLOPOULOU, 2004). Dependendo das condições climáticas, uma determinada intensidade de vento pode ser considerada desejável ou indesejável. O conhecimento do regime de ventos permite aproveitar suas vantagens e defender-se de seus efeitos desfavoráveis, segundo Rivero (1986).

O tipo de solo afeta o gradiente de velocidade do vento (KOENIGSBERGER, 1977). A velocidade do vento é sempre menor próximo ao solo do que em alturas maiores. Segundo Bonan (2002), perto da superfície os ventos encontram árvores, edifícios, colinas e outros objetos. O aumento do atrito resultante retarda a velocidade do vento e desvia a direção do seu movimento.

Os fenômenos que caracterizam a Atmosfera abrangem escalas de tempo e espaço muito amplas (OKE, 1987). Embora trate-se de eventos contínuos, há um consenso razoável na divisão em escalas para estes estudos.

Ainda conforme Oke (1987), o tamanho do "efeito urbano" muitas vezes torna-se difícil de estimar. O ideal seria a obtenção de um conjunto amplo de dados do clima de uma região antes da urbanização para posterior comparação com os resultados no espaço urbanizado. Como isso raramente é possível, o mais comum é comparar os dados climáticos do centro de uma área urbana com aqueles medidos nas zonas rurais ou na área suburbana circundante. Na seleção dos dados para comparação é particularmente importante tentar eliminar os efeitos devidos a outros fatores como topografia, corpos d'água e os efeitos do vento pertinentes à própria área urbana.

Para estudar-se um espaço aberto com permanência de pessoas é recomendável efetuar medições in loco, com repetições, em diversos períodos do ano, porém isto nem sempre é possível; além disso, é fundamental tomar conhecimento das normas climatológicas dos dados obtidos em estações meteorológicas próximas, por serem mais estáveis, sem

relevar resultados de períodos eventualmente atípicos.

O objetivo deste trabalho foi comparar os resultados de medições em campo aberto com os registrados na estação meteorológica local buscando validar os resultados medidos; são dados parciais de dissertação em Clima Urbano sobre avaliação do desempenho de espécies vegetais como barreira aos ventos para o conforto térmico em espaços abertos. As maiores variações ocorreram na velocidade dos ventos, que sofrem mais interferências do entorno imediato. Esta correspondência mostra-se importante também para avaliar a utilização dos dados da estação meteorológica em casos de impossibilidade de medições in loco. Na cidade de Piracicaba há diversos espaços abertos em processo de urbanização próximos ao local de medição, além de outros com características morfológicas semelhantes, que podem vir a utilizar os dados medidos associados aos dados da estação meteorológica, uma vez feita validação dos dados medidos.

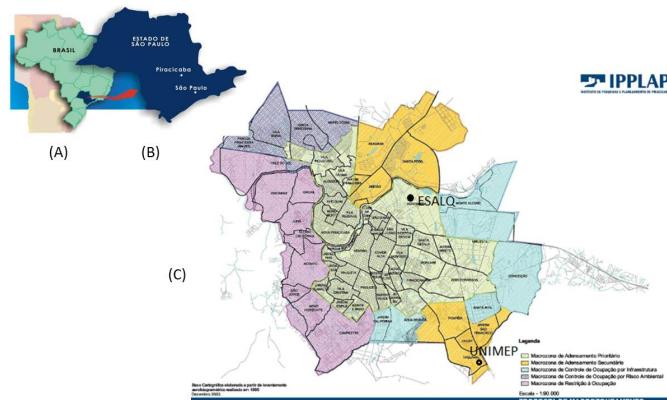
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo utilizou como cenário para as medições de campo a área externa do Campus Taquaral da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), situado na cidade de Piracicaba/SP.

### 2.1 Caracterização geográfica e climática local

A cidade de Piracicaba está localizada na região centro-leste do Estado de São Paulo ( $22^{\circ}43'30"S$ ;  $47^{\circ}38'56"W$ ) conforme Figura 1; ocupa área de 1376,9 Km<sup>2</sup>, com 364.571 habitantes, sendo 356.743 na área urbana e 7.828 na área rural (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010). O clima local é do tipo Cwa (classificação de Köppen-Geiger), com temperaturas máximas e mínimas médias anuais de 28,2°C e 15,1°C respectivamente, e precipitação média anual de 1.274 mm (LEB – ESALQ – USP).

Figura 1 – Situação da área de estudo: (A) a localização do Estado de São Paulo no Brasil; (B) a cidade de Piracicaba no centro-leste do Estado de São Paulo; (C) o perímetro urbano com localização da área de estudo

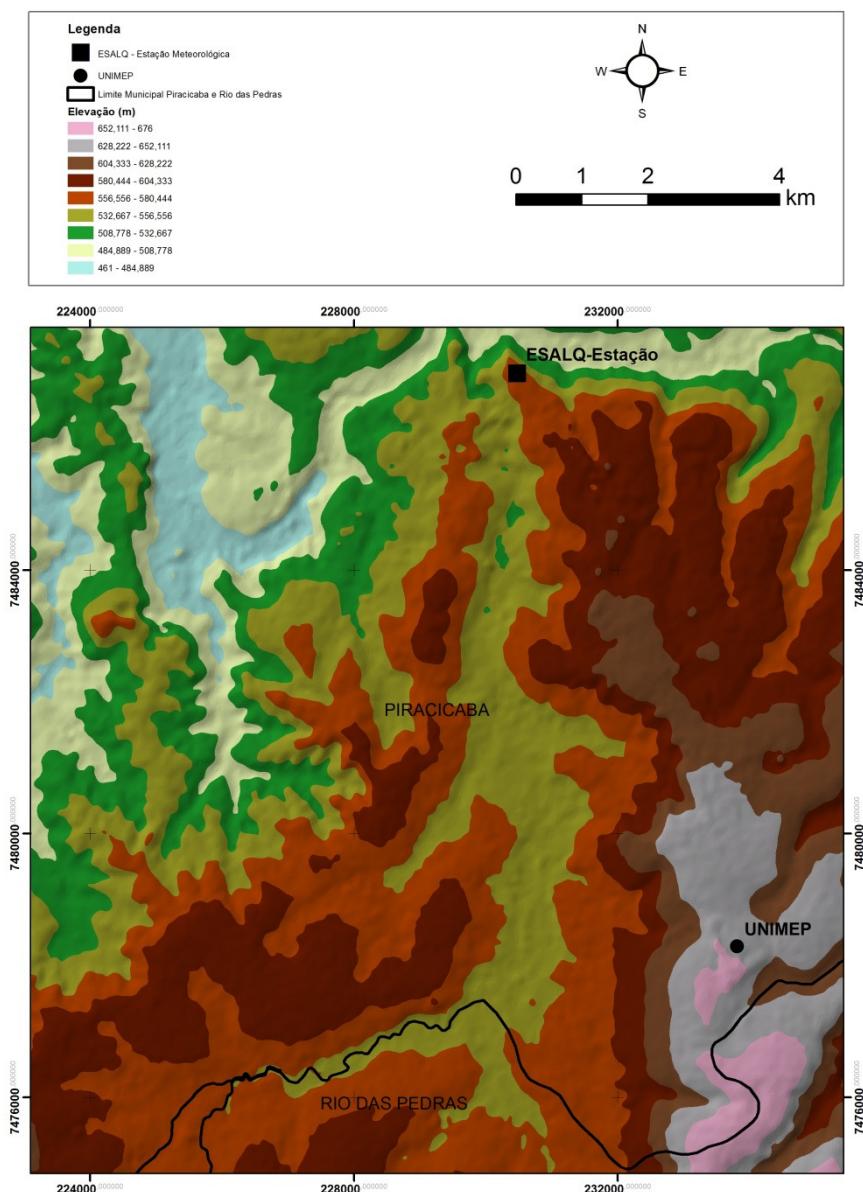


Fonte: Google imagens (2015)

Segundo Barretto (2006), o município de Piracicaba apresenta uma depressão na parte central de seu território que segue o sentido leste-oeste do curso do Rio Piracicaba. A declividade média foi calculada em 7,8%, com predominância de valores baixos: 42% da área apresenta declives menores do que 5%. A amplitude da altitude é de 360m: as regiões mais baixas estão a 420 m do nível do mar e as mais altas a 780 m, com altitude média de 528m.

No presente estudo, os pontos de interesse estão a uma altitude da ordem de 650m na Unimep (local de coleta dos dados em campo) e de 570 m na Esalq (local dos registros da estação meteorológica), conforme indicado na Figura 2.

Figura 2 – Caracterização topográfica da área de estudo



Fonte: TOPODATA – Variáveis geomorfométricas derivadas de dados SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), INPE, 2008

Barreto et al. (2006) retrata que a área rural do município, considerada aquela em que ainda não houve a consolidação urbana, é de aproximadamente 138.500 ha. Neste espaço, 46% é ocupado pela cana-de-açúcar e 25% por pastagens, atividades que resistem a mudanças há décadas. O clima regional também é favorável ao plantio de culturas anuais como o milho, soja e algodão, entre outros. O passivo ambiental é de no mínimo 11.000 ha, considerando áreas com ausência de cobertura florestal em Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL), que são as áreas de reserva potencial fora de APP.

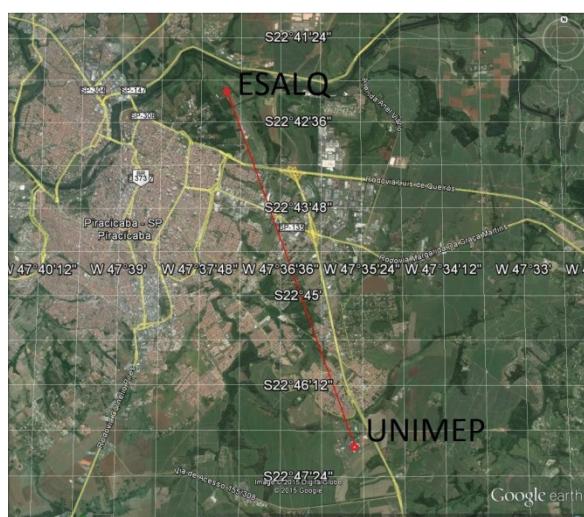
A área urbana consolidada de Piracicaba vem se expandindo nas últimas duas décadas numa taxa média de 150 a 200 m por ano a partir de seu perímetro, principalmente nas direções sudeste e noroeste. Essa expansão se dá sobre áreas que já se apresentam alteradas em relação à região mais caracteristicamente agrícola e que foi denominada de Região do Entorno Imediato (REI). A fragmentação fundiária, o maior impacto sobre os recursos florestais e o adensamento da malha viária são indicadores desse processo de conversão (BARRETTO, 2006, p.7).

Ainda conforme Barreto (2006), Piracicaba é atualmente uma cidade-polo de uma região com quase 3 milhões de habitantes, que representa 8% da população do estado, distribuída em 50 municípios dentro de uma bacia que abrange uma área de 12.400 Km<sup>2</sup>.

## 2.2 Relação entre os locais de medição

Na figura 3 é possível localizar o Campus Taquaral e a Estação Meteorológica de Piracicaba da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- LEB –ESALQ, distantes entre si em cerca de 9,4 Km. Ambos são campus universitários com ampla área verde, localizados em área periférica no perímetro urbano, com entorno de perfil predominantemente horizontal e vegetado. A vegetação do Campus da ESALQ é um pouco mais densa que a existente no Campus Taquaral.

Figura 3 – Sítios de coleta de dados: UNIMEP Taquaral e ESALQ



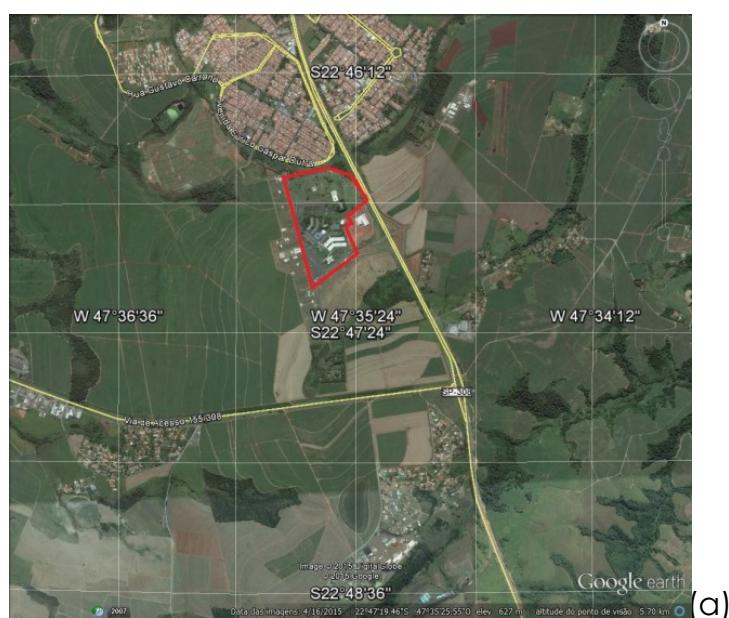
Fonte: Google Earth, imagem de 26 maio 2015

### 2.3 Coleta de dados UNIMEP

Os levantamentos de campo foram realizados no Campus Taquaral da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP. Localizado no bairro Taquaral da cidade e ocupando área de mais de 360 mil metros quadrados, recebe diariamente cerca de 10 mil pessoas entre alunos, professores e funcionários; possui amplos espaços livres, alguns deles acompanhados por espécies distintas de árvores, flores e pássaros. Há muitas queixas de seus usuários por desconforto nos dias frios devido ao excesso de ventos, embora seja uma região com clima predominantemente quente ao longo do ano.

O Campus Taquaral localiza-se na divisa dos municípios de Piracicaba e Rio das Pedras, em uma área com entorno descampado, baixa ocupação territorial e distante da área adensada da cidade (Figura 4). O bairro com moradias próximo ao Campus é de padrão horizontal.

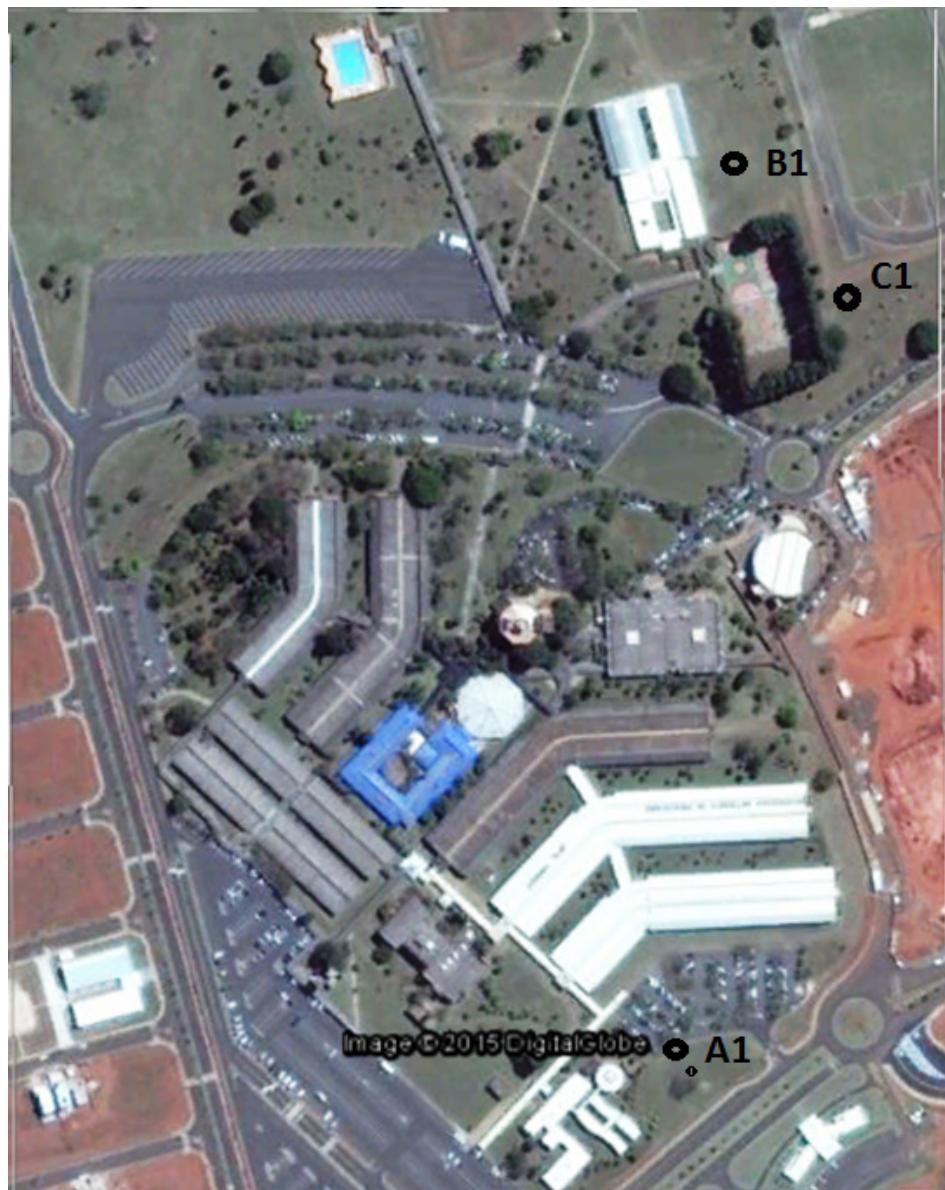
Figura 4 – UNIMEP Taquaral e entorno: (a) em destaque e (b) foto do local



Fontes: (a) Google Earth, imagem de 16 abril 2015 e (b) Acervo da autora

A Figura 5 comprehende uma vista aérea do Campus Taquaral com a localização dos pontos de medição em campo aberto próximos às três espécies arbóreas A1 (Jasmim), B1 (Bambu) e C1 (Pinus).

Figura 5 – UNIMEP Taquaral – Pontos de medição em campo aberto: próximo ao Jasmim (A1), próximo ao Bambu (B1) e próximo ao Pinus (C1)

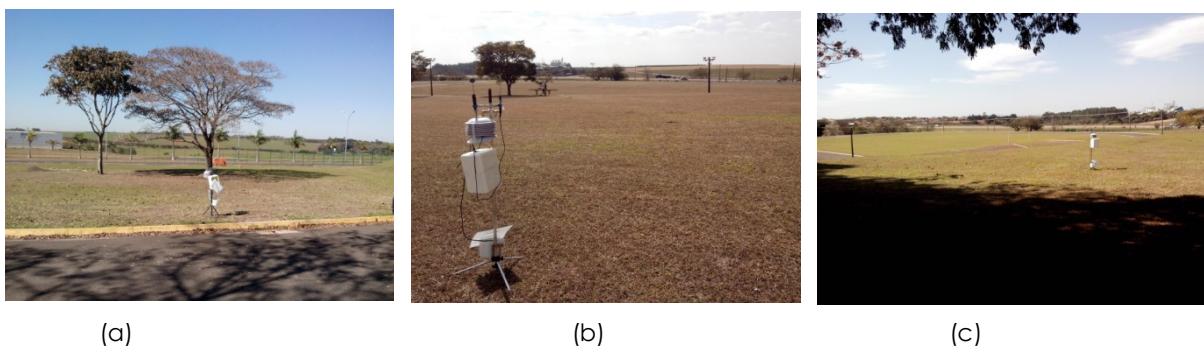


Fonte: Google Earth, imagem de 09 ago. 2014, data de coleta de dados desta pesquisa

As três espécies arbustivo-arbóreas - Jasmim, Bambu e Pinus - foram escolhidas por serem as espécies que foram inseridas no campus com o objetivo específico de servirem como barreiras aos ventos. No presente trabalho estão avaliadas apenas as medições em campo livre, distantes das espécies, e portanto não sofrem influência direta deste efeito de barreira, sendo apenas indicativas dos pontos de medição dentro do campus.

As Figuras 6(a) a (c) trazem as imagens das medições em campo aberto nos pontos A1, B1 e C1 respectivamente.

Figura 6 – UNIMEP Taquaral – Imagens dos pontos de medição em campo aberto: próximo ao Jasmim (A1), próximo ao Bambu (B1) e próximo ao Pinus (C1)



Fonte: Acervo da autora

Cada espécie estudada teve os dados do monitoramento microclimático colhidos durante três dias, das 9 às 21 horas. As medições foram feitas em agosto e setembro de 2014.

Foram monitoradas as seguintes variáveis: temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e umidade do ar (%) a cada 5 minutos, e velocidade do ar (m/s) a cada 3 minutos.

Os equipamentos foram fixados em tripés a 1,5 m de altura. Cada estação de medição foi composta dos seguintes equipamentos devidamente calibrados (Figura 7):

- Um medidor de temperatura e umidade relativa do ar, modelo Logger Type ThermaData, protegido da radiação direta em caixa ventilada, registrando a cada 5 minutos;
- Um anemômetro / termômetro digital Testo 445 com sensor registrando a cada 3 minutos; registrador alimentado por bateria externa e protegido por caixa de isopor.

Figura 7 – UNIMEP Taquaral – Estações de medição



Fonte: Acervo da autora

## 2.4 Estação meteorológica ESALQ

A Base de Dados da Estação Meteorológica Automática – Área de Física e

Meteorologia da LEB está situada dentro do Campus da ESALQ – USP (Figura 8). Os registros foram efetuados a cada 15 minutos e os equipamentos situam-se à mesma altura do solo das medições efetuadas na UNIMEP (1,5 m do piso).

Foram comparados os dados de temperatura do ar, umidade do ar e velocidade do vento, obtidos no mesmo período.

Figura 8 – ESALQ – Localização da Estação Meteorológica - LEB



Fonte: Google Earth, imagem de 16 abril 2015

### 3 RESULTADOS

Foram feitos os comparativos entre os dados registrados na UNIMEP e na ESALQ nos dias correspondentes às medições em campo, a cada 15 minutos. Os resultados estão apresentados a seguir.

#### 3.1 Temperatura do ar

Os valores de temperatura do ar registrados nos dois sítios estão nas Figuras 9 a 11.

Figura 9 – Temperatura do ar UNIMEP x ESALQ – Ponto A1 (Série JASMIM) - Dias 06, 07

e 08 ago. 2014

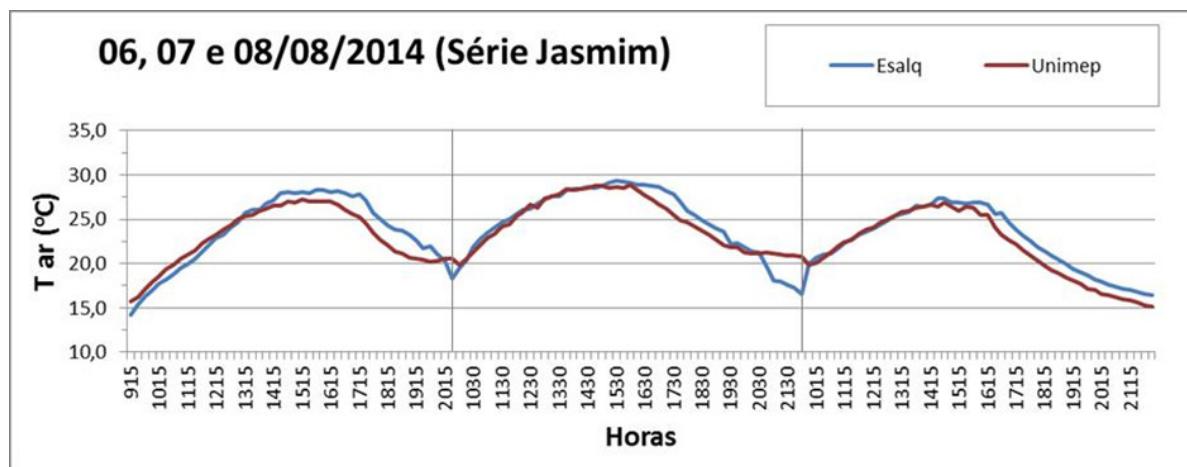


Figura 10 – Temperatura do ar UNIMEP x ESALQ – Ponto A2 (Série BAMBU) - Dias 09, 11 e 15 ago. 2014

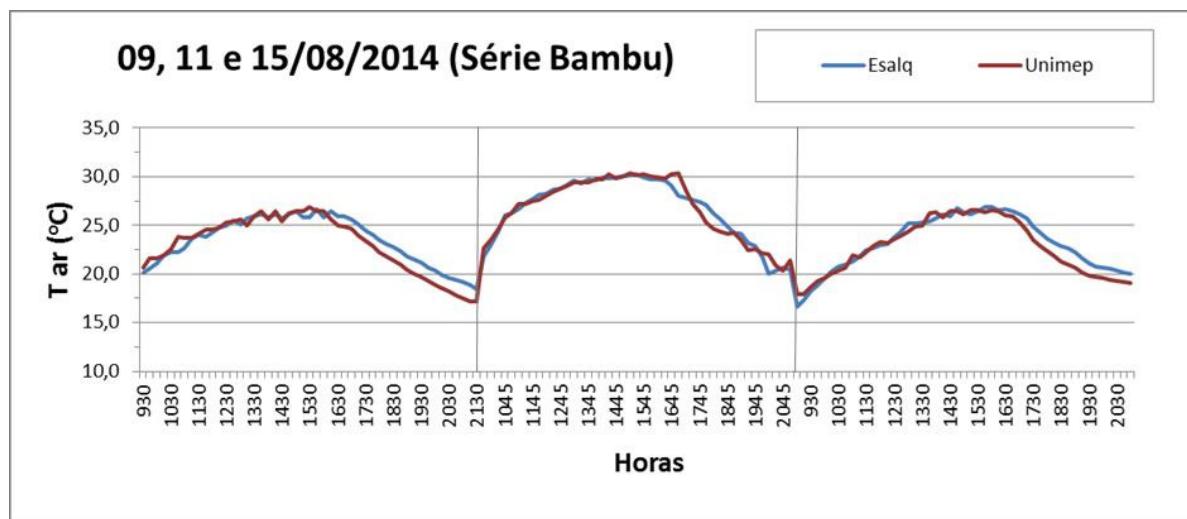
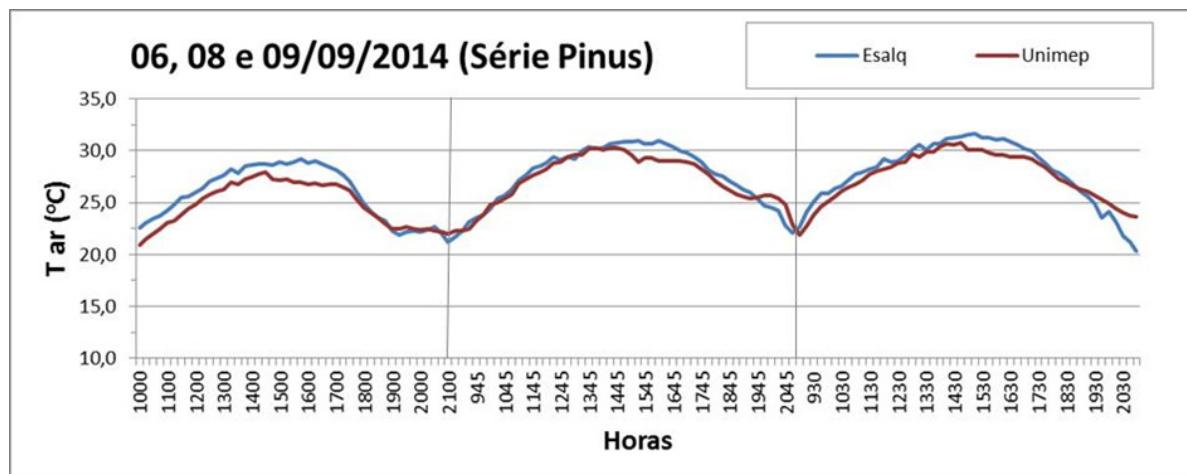


Figura 11 – Temperatura do ar UNIMEP x ESALQ – Ponto A3 ( Série PINUS) - Dias 06, 08 e 09 set. 2014



Constata-se considerável correspondência entre os valores obtidos.

### 3.2 Umidade relativa do ar

A seguir estão as Figuras 12 a 14 com os resultados das medições de umidade relativa do ar nos dois sítios.

Figura 12 – Umidade relativa do ar UNIMEP x ESALQ – Ponto A1 (Série JASMIM) - Dias 06, 07 e 08 ago. 2014

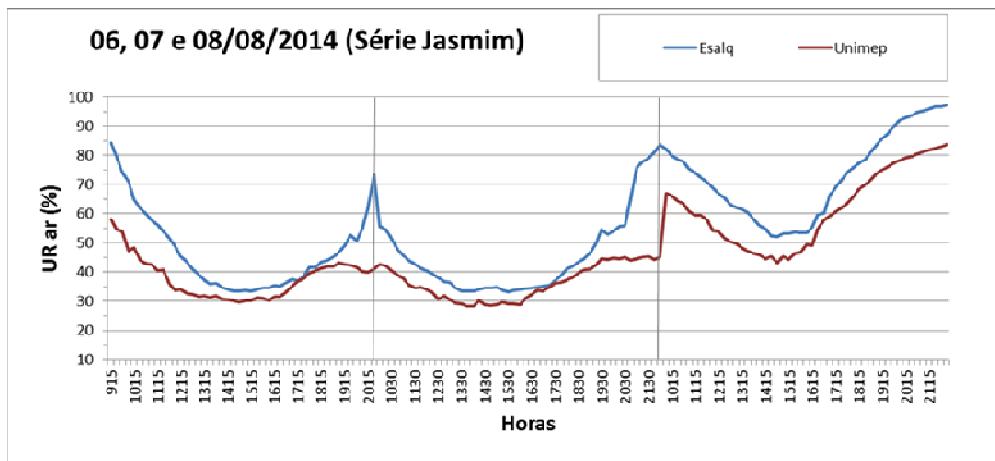


Figura 13 – Umidade relativa do ar UNIMEP x ESALQ – Ponto A2 (Série BAMBU) - Dias 09, 11 e 15 ago. 2014

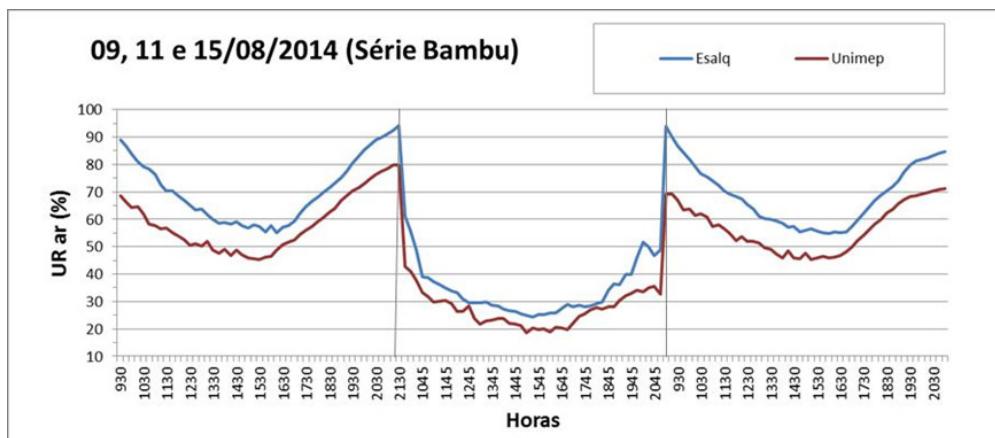
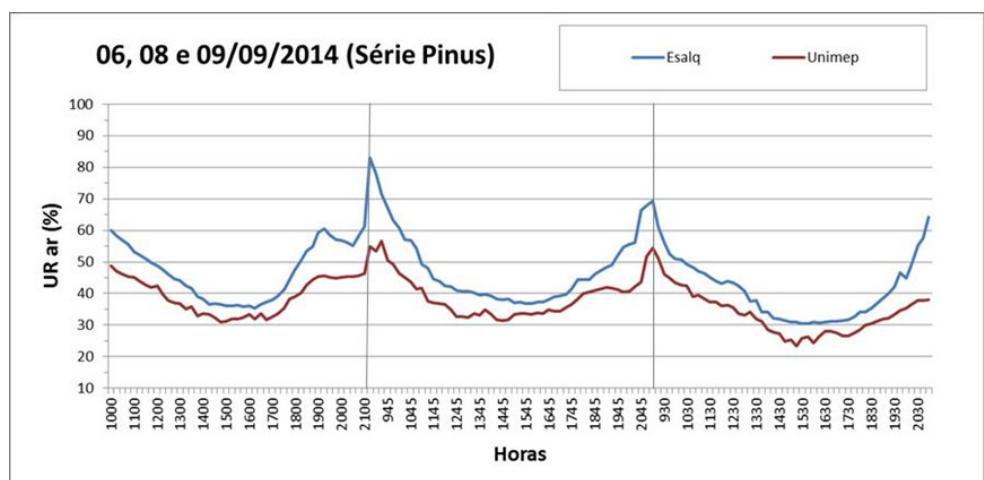


Figura 14 – Umidade relativa do ar UNIMEP x ESALQ –Ponto A3 ( Série PINUS) - Dias 06, 08 e 09 set. 2014



Os resultados de umidade relativa do ar obtidos na ESALQ são um pouco mais altos que os encontrados na UNIMEP, possivelmente devido ao fato de haver na ESALQ maior massa de vegetação no entorno do ponto de medição.

### 3.3 Ventos

As seguir estão as Figuras 15 a 17 com os resultados das medições de ventos nos dois campus.

Figura 15 – Ventos UNIMEP x ESALQ – Ponto A1 (Série JASMIM) - Dias 06, 07 e 08 ago. 2014

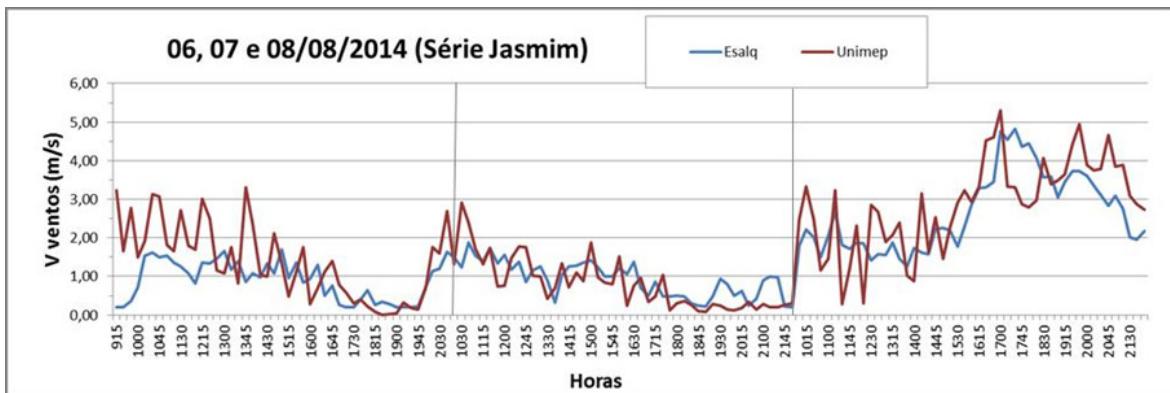


Figura 16 – Ventos UNIMEP x ESALQ – Ponto A2 (Série BAMBU) - Dias 09, 11 e 15 ago. 2014

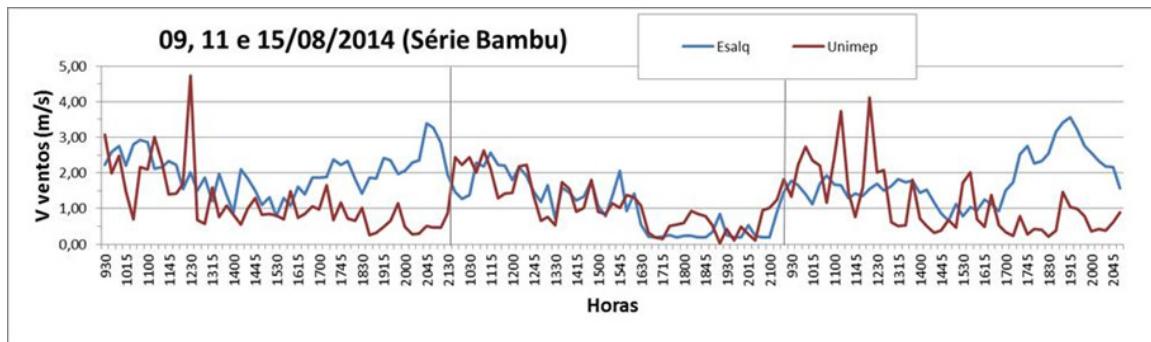
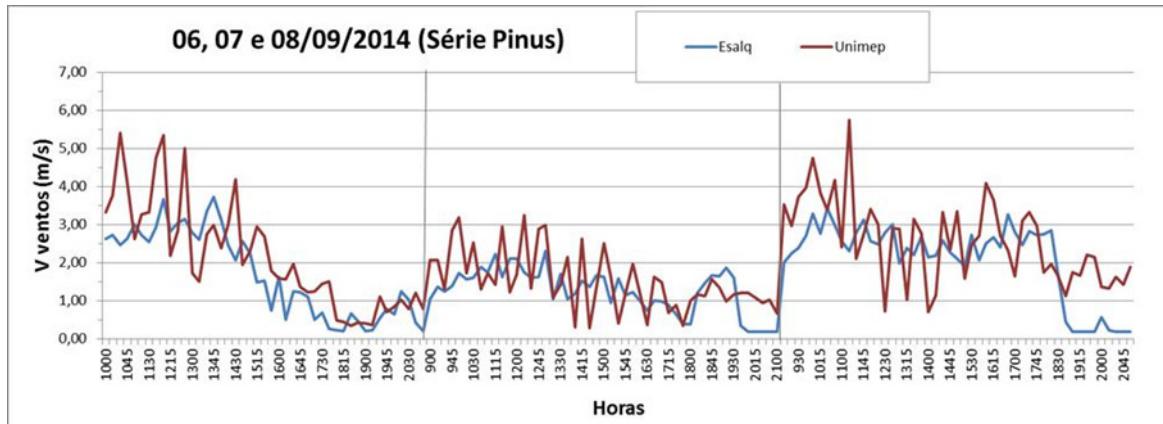


Figura 17 – Ventos UNIMEP x ESALQ – Ponto A3 ( Série PINUS) - Dias 06, 08 e 09 set. 2014



Observa-se que os valores registrados nas duas localidades têm configurações semelhantes; na UNIMEP as rajadas são mais intensas, possivelmente por ser área mais descampada e abrigar menos elementos arbóreos de maior porte do que a ESALQ.

Na Série Bambu as diferenças obtidas entre as duas localidades resultaram mais acentuadas; com base em medições concomitantes efetuadas em pontos próximos ao Ponto A2, concluiu-se que essas diferenças decorreram de mudanças na direção dos ventos ao longo das medições.

## 4 CONCLUSÕES

Com relação à temperatura do ar, constata-se considerável correspondência entre os valores obtidos. Mesmo levando-se em conta as diferenças de altitude e de densidade da massa vegetada do entorno, os resultados são bastante próximos, indicando que os dados da estação meteorológica podem ser utilizados em outros espaços urbanos abertos da cidade com precisão satisfatória para estudos de clima urbano.

Quanto à umidade relativa do ar, os resultados obtidos na ESALQ são um pouco maiores que os encontrados na UNIMEP, possivelmente por haver na ESALQ maior massa de vegetação no entorno do ponto de medição. Estes resultados sugerem uma margem de variação um pouco maior entre os dados a serem considerados para a umidade relativa, em função da configuração e da densidade da vegetação do entorno imediato.

Nos resultados dos ventos, observa-se que os valores registrados nos dois campus têm configurações semelhantes, porém na UNIMEP as rajadas são mais intensas por ser área mais descampada e abrigar menos elementos arbóreos de maior porte do que a ESALQ. As amplitudes são maiores com notada coincidência nos períodos de ocorrência das rajadas. Pode-se concluir que as intensidades dos ventos variam em função das características morfológicas do entorno imediato, porém as configurações dos resultados são significativamente correspondentes.

Os resultados sugerem que os valores obtidos na estação meteorológica podem ser adotados em outros sítios abertos da cidade, ponderando-se as diferenças do entorno imediato. Este resultado é significativo por haver um vasto banco de dados do clima local e de espécies vegetais que podem ser utilizados para estudos do clima urbano regional.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por limitações na disponibilidade dos equipamentos de medição, especialmente anemômetros, não foi possível a medição simultânea nos pontos, o que limitou também a quantidade de repetições. No entanto, as datas de correspondência entre os dois pontos de medição foram conciliadas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de estudos para esta pesquisa, bem como agradecem a todos os colaboradores.

## REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002a.

BARRETO, A. G. O. P.; SPAROVEK, G.; GIANNOTTI, M. **Atlas Rural de Piracicaba**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF, 2006, 76 p.

BONAN, G. **Ecological climatology**: concepts and applications. Cambridge: Cambridge University Press, 2002, 690 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo\\_Demografico\\_2010/Resultados\\_do\\_Universo/tabelas\\_pdf/tab1.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Resultados_do_Universo/tabelas_pdf/tab1.pdf)>. Acesso em: 19 maio 2015.

KOENIGSBERGER, O.H.; INGERSOLL, T.G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S.V. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. London; Madrid: Paraninfo, 1977. 328 p.

MONTEIRO, L.M. **Modelos preditivos de conforto térmico**: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos. 2008. 379 p. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

NIKOLOPOULOU, M. **Designing open spaces in the urban environment**: a bioclimatic approach; RUROS: Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces. Greece: Centre for Energy Resources, Department of Buildings, 2004. 53 p.

OKE, T.R. **Boundary layer climates**. 2nd ed. London; New York: Routledge; John Wiley, 1987. 435 p.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima**: acondicionamento térmico natural. 2. ed. Porto Alegre: D.C. Luzzatto Editores, 1986. 240 p.