



DISTRIBUIÇÃO HORIZONTAL DA TEMPERATURA DO AR EM UMA REGIÃO CENTRAL NA CIDADE DE CAMPINAS, SP

Pezzuto, Claudia Cotrim; Labaki, Lucila Chebel; Francisco Filho, Lauro L.

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

UNICAMP, Caixa Postal 6021

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

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

RESUMO

O presente estudo avalia a distribuição horizontal da temperatura do ar em uma região central na cidade de Campinas, SP, durante o período de inverno. A área de estudo caracteriza-se com grande concentração de área construída, adensamento populacional e complexidade de uso do solo. A metodologia utilizada para esta pesquisa foi a coleta de dados climáticos com medidas móveis e fixas de temperatura do ar. O método de medidas móveis foi o escolhido para esta pesquisa, pois possibilita a caracterização do campo térmico através de um baixo custo e uma densidade muito maior de pontos. Ao longo da área de estudo também foram distribuídas algumas estações fixas, através de registradores de temperatura, para complementação das medições móveis. Constatou-se através das análises que as áreas com alta densidade construída apresentaram temperaturas superiores, em comparação com as áreas com proximidade de áreas verdes. A diferença térmica entre a região altamente edificada e a região com proximidade de área verde foi de aproximadamente 2 °C. Também se verificou que o método de medidas móveis ao ser comparado com as medições fixas apresentou uma boa correlação dos dados.

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the horizontal air temperature distribution in a central area in the city of Campinas, SP, during the winter period. The area was chosen due to its meaningful urban concentration, high population density and complexity of land use. The methodology used for this research was the collection of climatic data with mobile and fixed measurements of air temperature. The method of mobile measurements was chosen for this research, because it makes possible the characterization of the thermal field through a low cost and a very larger density of points. Along the study area some fixed stations were also distributed, through temperature recorder, for complementation of the mobile measurements. It was verified through the analyses that the areas with high built density presented higher temperatures, in comparison with the areas with proximity of vegetation. The thermal difference between the area with higher concentration and the one near green area was of approximately 2° C. It could be also verified a good correlation between the results with the mobile measurements and those with the fixed stations.

1. INTRODUÇÃO

O intenso processo de urbanização vem gerando bruscas mudanças nas características do meio natural, causando, muitas vezes, alterações prejudiciais ao ambiente e ao próprio homem. Com relação ao clima urbano, observa-se significativa alteração climática resultante do processo de urbanização. A urbanização afeta diferentes variáveis climáticas, tais como radiação solar visível, infravermelha e ultravioleta, umidade relativa, ventos, nebulosidade, precipitação; e favorece a ocorrência de ilhas de calor, neblina, domus de poeira e inversão térmica.

Tendo em vista as consequências desse processo, este trabalho é proposto como contribuição para análise climática dos espaços urbanos abertos, o que por sua vez servirá de subsídio para o estudo do conforto térmico dos mesmos. Para estudo de caso foi escolhida uma região central da cidade de Campinas, uma vez que se caracteriza com grande concentração de área construída, adensamento populacional e complexidade de uso do solo.

Diversas metodologias são aplicadas para realizar estudos sobre as variações climáticas urbanas. Nesse sentido utilizam-se dados das estações meteorológicas ou medidas em pontos fixos, medidas móveis em transectos, sensoriamento remoto e modelos matemáticos.

As medidas fixas correlacionadas com diversos parâmetros urbanos foram analisadas por diversos autores em cidades brasileiras, dentre os quais destaca-se: Santana e Lombardo (1997) em Fortaleza – CE; Souza (1996) em São Carlos – SP; Duarte e Maitelli (1999) em Cuiabá – MT; □atzschner et al. (1999) em Salvador; Corbella, Cörner e Yannas (2001) no Rio de Janeiro e Pezzuto, Labaki e Francisco Filho (2004) em Campinas – SP.

O uso de imagens de satélite obtidas por sensoriamento remoto vem sendo também uma técnica muito utilizada em trabalhos recentes (LOMBARDO, 1985, DOUSSET e GOURMELON, 2003). A interpretação de imagens permite estabelecer relações dinâmicas sobre a ocupação do solo e o campo térmico, servindo de subsídio e ferramenta para o planejamento urbano.

As medidas móveis são usualmente utilizadas para detalhar a distribuição horizontal das variáveis do clima. Neste método, os sensores são montados em um veículo ou carregados por uma pessoa ao longo de um trajeto específico do recinto urbano. Juntamente com as medidas móveis devem ser combinados registros contínuos de medidas fixas, com a finalidade de correlacionar os resultados e obter índices de correções confiáveis. Em trajetos longos, a diferença de tempo entre a primeira e a última medida pode ser significativa. Nestas condições, é necessário utilizar métodos de interpolação para ajustar as medidas climáticas com as diferenças de horários de medição. Existem diversas pesquisas que utilizam o método de medidas móveis, porém muitos autores criticam o método, devido a esta diferença de horários e outros utilizam métodos de interpolação. □aiser e Faria (2001), através de um estudo de caso na cidade de Bauru –SP avaliam a correção do tempo tardio em decorrência da utilização das medidas móveis.

Diversos autores utilizam o método de medições móveis em transectos para detalhar a distribuição horizontal de temperatura do ar em áreas urbanas. Alguns estudos utilizam os instrumentos acoplados em veículos, um automóvel ou outro tipo (YAMASHITA, 1996; FONTES, 1998; LINDBERG, ELIASSON E HOLMER, 2003; SAARONI et al, 2000), outros realizam medições a pé (NAGARA, SHIMODA e MIZUNO, 1996). Esse método foi utilizado, entre outros, na pesquisa dos autores sobre as variações climáticas em Campinas e é objeto desse trabalho.

2. ÁREA DE ESTUDO: CAMPINAS, SP

O estudo foi feito no município de Campinas – SP, Brasil, situada a sudoeste do estado de São Paulo, a 100 km da capital, nas coordenadas geográficas: Latitude S 22°53'20", Longitude O 47°04'40", ocupando um área total de 796,40 □m² (perímetro urbano 388,90 □m² e perímetro rural de 407,50 □m²) e altitude média de 680 metros. Estima-se uma população de 962.996 habitantes (SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, DESEN□OL□IMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE, 2003).

Com relação aos dados climáticos da cidade de Campinas o mês de fevereiro apresenta a maior média das máximas (29,9 °C) e o mês de julho, a menor média das mínimas (12,2 °C). Em relação à umidade do ar, o índice varia de 64,3% (agosto) a 77,7% (janeiro e fevereiro). As maiores amplitudes térmicas são indicadas no inverno, período mais seco, chegando a 12,9°C em agosto, e apresentando uma média

para esses meses de 12,3 °C. Já no verão, mais úmido que o inverno, apresenta amplitudes menores, em torno de 10,4 °C (média entre os meses de verão), segundo Chvatal, Labaki, □owaltowski (1999).

3. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foi delimitada uma área na região central da cidade, uma vez que ela se apresenta com uma realidade urbana complexa, com diferentes configurações de uso e ocupação do solo. Esta região é suficientemente diversificada em termos de ocupação e uso do solo, sendo, portanto, apropriada ao estudo da escala climática abordada neste trabalho.

A primeira etapa do trabalho de campo foi fundamentada através do levantamento da base cartográfica e de sua análise, complementada com o reconhecimento do local. Combinando dados da base cartográfica, fotos aéreas e pesquisa de campo, foram identificados os diferentes padrões de ocupação urbana na região de estudo. Também foi feito um levantamento de vegetação e corpos d'água.

A partir da definição das características da área de estudo, do uso do solo e com os dados levantados em campo, foi feita a eleição dos pontos para o levantamento dos dados climáticos. As escolhas dos pontos foram feitas através do levantamento de campo, análise de mapas, foto aérea, identificações de uso do solo, entre outros. Assim, os pontos foram localizados em diferentes configurações de uso e ocupação do solo com o objetivo de avaliar a ocorrência de ilhas de calor em diferentes regiões da cidade.

Após a delimitação da área de estudo e eleição dos pontos de medição foi realizada a coleta de dados climáticos com medidas móveis e fixas.

O método de medidas móveis e sua instrumentação foram baseados no trabalho realizado por □aiser e Faria (2001), aplicado na cidade de Bauru (SP). A delimitação do transecto foi estruturada a partir do trabalho de Saaroni et al (2000), o qual define vários eixos paralelos para realizar as medições móveis.

O trajeto definido foi estabelecido em função da trajetória mais racional do trânsito local. Assim, procurou-se escolher o trajeto concomitantemente com a escolha dos pontos de medições que, além de coincidirem com a rota estabelecida, dessem uma boa cobertura da área com um todo; boa representação dos seus limites e boa representatividade de uso e ocupação do solo. Desta forma, o transecto percorreu toda a área de estudo, com 18 pontos de medições e aproximadamente 20 km, cobrindo uma faixa bem diversificada de uso do solo.

As medições ocorreram em três turnos: 9:00, 15:00 e 21:00 horas. Estes horários foram estabelecidos de acordo com padrões internacionais da Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization -WMO), a qual estabelece que os principais horários para as observações meteorológicas são 00:00 h, 06:00 h, 12:00 h e 18:00 h (GMT – “Greenwich Meridian Time”), correspondentes a 21:00 h, 03:00h, 09:00 h e 15:00 h., horário de Brasília. Apenas o horário das 03:00 h não foi incluído nestas medições.

Cada circuito foi iniciado aproximadamente quarenta minutos antes do horário pesquisado (por exemplo, o circuito das 15:00 h iniciava-se às 14:20 h), sendo a hora da leitura e a referida temperatura do ar anotada em todos os pontos estabelecidos no circuito. A antecipação do início do transecto foi necessária para que os horários estabelecidos em cada turno ocorressem aproximadamente na metade do transecto. Para a anotação das medições foi realizada uma parada rápida, de aproximadamente um minuto, em todos os pontos. Deste modo, o circuito foi completado em cerca 1:15h, dependendo da variação do trânsito local e do período. A tabela 1 ilustra a caracterização dos pontos e sua respectiva localização e a figura 1 mostra a localização dos pontos no mapa base.

Tabela 1: Caracterização e localização dos pontos de coleta de medidas móveis

Característica do entorno	Pontos
Área de uso misto, pouca vegetação, edificações predominantemente de 1 a 2 pavimentos, com exceção de algumas áreas acima de pavimentos.	01 02 09 10
Área residencial, edificações de 1 a 2 pavimentos, próxima a região de fundo de vale	03
Corredor de tráfego com edificações acima de 10 pavimentos, intercalada com edificações baixas e uso misto.	04 05 06
Corredor de tráfego intenso com edificações de 8 a 12 pavimentos, intercalada com edificações baixas e uso predominantemente comercial.	07 08
Área predominantemente residencial, edificações de 1 a 2 pavimentos e proximidade de área verde e corpo d'água	11 12 13
Corredor de tráfego intenso, uso predominantemente comercial, edificações de 1 a 4 pavimentos, com exceções de áreas com edificações acima de 10 pavimentos, proximidade a região de fundo de vale	14 15 16 17 18

Os pontos fixos foram localizados próximos aos locais de medições móveis, com o objetivo de sincronizar os dados fixos e móveis. Desta forma, foram selecionados 06 pontos fixos de medidas de temperatura, em diferentes locais da área escolhida (figura 1).

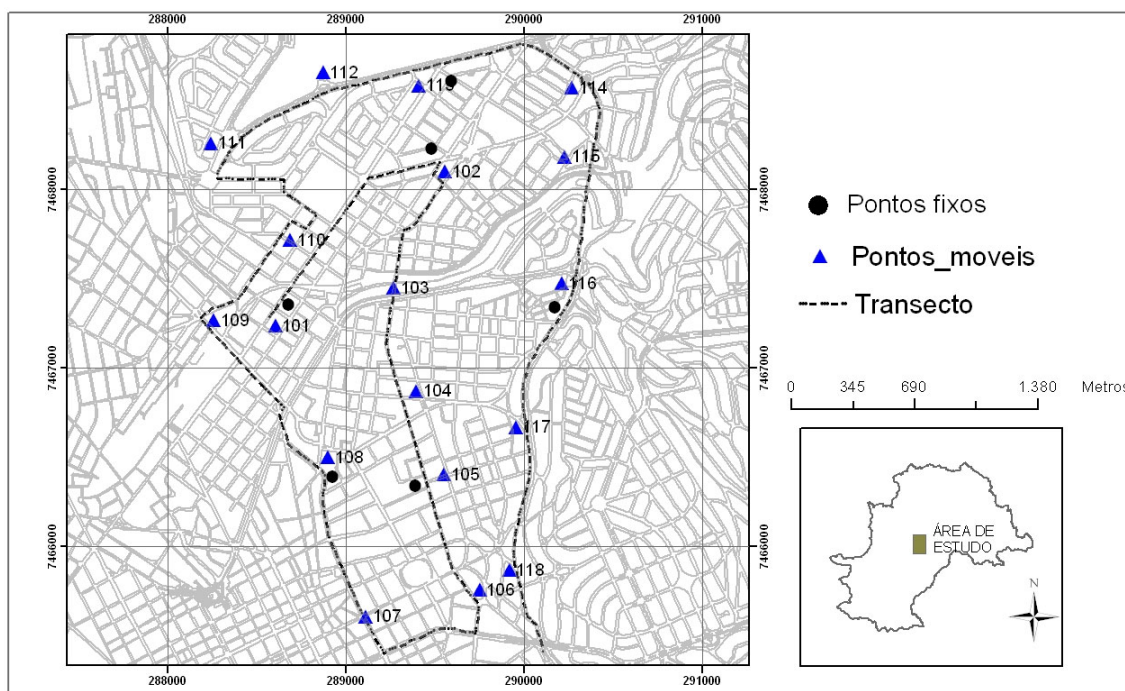


Figura 1: Mapa de localização dos pontos móveis, fixos e transecto - Área de estudo

Foram feitas medições durante o mês de junho e julho de 2004 (28, 29 e 30 de junho e 01, 02, 03 e 08 de julho), em dias de céu claro e sem ocorrência de precipitações.

Para a coleta de dados das medidas móveis foi empregado um termômetro digital (Termômetro digital tipo □/J, Modelo TH - 090) com sensor de par termoeletrico tipo □. O sensor foi montado no interior de um tubo de P□C, ventilado mecanicamente para padronização das condições de ventilação, e revestido de isolante térmico para proteção da radiação solar. O conjunto foi instalado na lateral do veículo, através de uma haste acoplada na porta do mesmo, a uma altura aproximada de 1,50 m do solo. A leitura de temperatura do ar foi registrada pelo próprio motorista/pesquisador, através do visor do termômetro, localizado em local próximo ao motorista do veículo.

As coletas de dados com medidas fixas foram feitas por registros contínuos de temperatura e umidade, através de loggers (Testostor 175-1, Modelo 0577 1751 e HOBO H8, Onset Technical Support) instalados em locais à sombra, evitando-se o efeito de incidência direta da radiação solar, em uma altura aproximada de 1,50m a 2,00 m. Os equipamentos foram instalados em uma caixa de isopor ventilada, confeccionada para a pesquisa, com a finalidade de proteção da radiação solar.

4. ANÁLISES DOS DADOS

De acordo com Centro de Previsão de Tempo e Estudo Climático (CPTEC, 2004) o clima da região sudeste no mês de julho de 2004 sofreu influencia de duas massas de ar frio observadas, a segunda, que atuou a partir do dia 16, foi a que permaneceu por mais tempo sobre o continente. Com isso na segunda quinzena esta massa provocou uma onda de frio que atingiu inicialmente o sul e oeste do País, e, posteriormente, atuou na faixa leste, desde a Região Sudeste até o norte do Nordeste, onde as temperaturas ficaram abaixo da média histórica, em até 4 °C, em algumas áreas. No início do mês de agosto, persistiram condições semelhantes às observadas na segunda quinzena de julho. As temperaturas continuaram abaixo da média e as chuvas escassas em grande parte do Brasil.

As medições ocorreram na segunda quinzena do mês de julho e início do mês de agosto, durante 7 dias de medições (28, 29, 30 de julho e 02, 03 e 08 de agosto). No período de coleta de dados não ocorreu nenhum registro de precipitações e os dias foram estáveis.

Os dados climáticos levantados em diferentes pontos de medição no ambiente urbano possibilitaram a identificação de algumas variações térmicas entre os locais de coleta. Para a análise dos resultados foram consideradas bases de dados de temperaturas médias. Uma observação detalhada dos dados referentes às medições móveis é mostrada na figura 02.

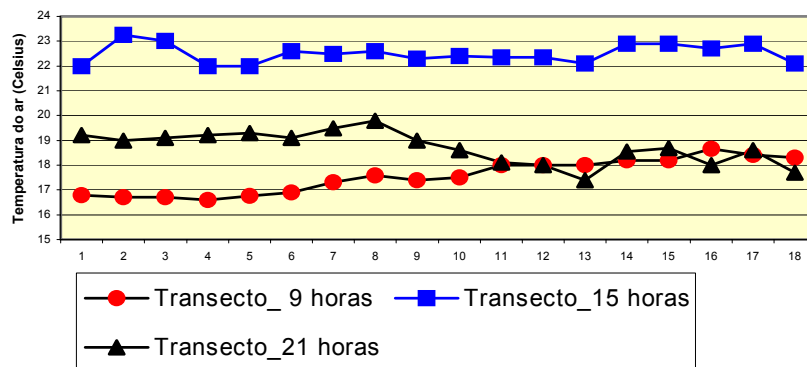


Figura 02: Relação entre a média de temperatura do ar e os pontos de medições

No período da manhã nota-se que a partir do ponto 11 tem-se um acréscimo da temperatura do ar. Este ponto até o ponto 13 está localizado em região com proximidade de área verde e corpo d'água; já a partir do ponto 14 até o ponto 18 tem-se uma região de fundo de vale. Pode-se inferir que este fato ocorreu devido a um lento aquecimento da região central (pontos 1 a 10), ocasionado pelo sombreamento causado pelos edifícios, enquanto que na região de fundo de vale (pontos 14 a 18) é maior a exposição à radiação direta durante este período.

O período da tarde (15 h) não apresentou variações significativas, com diferenças em torno de 1 °C ao longo da rota.

Durante o período de resfriamento noturno (21h) observa-se que mais uma vez ocorreu no ponto 11 uma mudança significativa na temperatura do ar. Porém, desta vez com um decréscimo da temperatura do ar. Esta diminuição da temperatura do ar pode ser justificada pela alta presença de vegetação no local.

A partir destes dados, pode-se verificar também que o ponto 8, área altamente edificada e densa, apresentou o maior valor de temperatura média, comparado com o ponto 13, área localizada em região com proximidade de área verde, com o menor valor de temperatura média. A diferença térmica entre os dois pontos foi de aproximadamente 2 °C.

Uma comparação dos resultados obtidos com medidas fixas e móveis, em pontos próximos, é apresentada na figura 3. Médias dos sete dias de medições foram calculadas para cada ponto e cada horário.

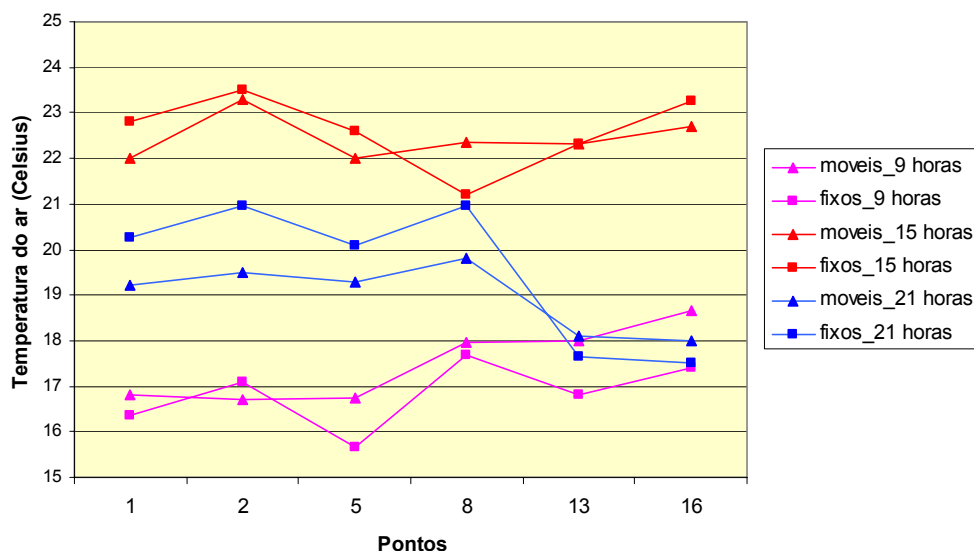


Figura 03: Temperaturas do ar médias, pontos fixos e móveis

Durante o período da manhã (9 horas) as temperaturas apresentaram grande semelhança variando entre 0,5°C e 1 °C. O ponto que apresentou maior variação de temperatura do ar foi o ponto 13, com valores superiores nas medidas móveis. Este resultado justifica-se pela sua localização numa região aberta e exposta à radiação direta.

No período da tarde (15 horas), mais uma vez observa-se que o ponto móvel está sendo influenciado pela radiação direta, desta vez no ponto 5.

Os mais expressivos valores de diferença de temperatura do ar entre os pontos fixos e móveis foram observados no período noturno (21 horas). Porém, diferentemente do período diurno, os pontos fixos apresentaram temperaturas mais elevadas. Durante este período observa-se que as medições fixas mostraram valores de aproximadamente 1°C mais elevados que as medições móveis. Este resultado pode ser explicado pela maior influência de variáveis externas nos pontos móveis, ou seja, a influência dos ventos e a localização dos pontos móveis em áreas mais abertas. Já a localização das estações automáticas não sofre influência direta dos ventos. Em contrapartida, é influenciada pela emissão de calor das superfícies próximas aos equipamentos.

Considera-se que estas diferenças entre os pontos fixos e móveis de aproximadamente 1 °C são aceitáveis, uma vez que as estações automáticas estão localizadas em locais mais protegidos e sofrem menos influências de variáveis externas.

5. CONCLUSÃO

Ao analisar a distribuição horizontal de temperatura do ar pelo método de medidas móveis pode-se constatar que a temperatura está relacionada com o uso do solo urbano. Observa-se que os pontos localizados em regiões altamente edificadas comparados a áreas com proximidade de vegetação apresentaram temperaturas médias maiores no período de resfriamento noturno e menores no horário do aquecimento solar. A diferença térmica entre a região altamente edificada e a região com proximidade de área verde foi de aproximadamente 2 °C. Assim, a distribuição horizontal da temperatura do ar na área de estudo sofreu influência do conjunto complexo da estrutura urbana: características geométricas dos edifícios, propriedades dos materiais de construção, densidade da área construída, uso do solo urbano, os efeitos dos parques e outras áreas verdes, entre outros.

Ao comparar o método de medidas móveis e fixas observou-se uma boa proximidade dos dados. A temperatura do ar de um ponto no interior de uma área edificada pode ser equivalente à temperatura do ar de um ponto próximo a esta área, em região mais aberta.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHATAL, M. S.; LABAIE, L. C.; OWALTOWSKI, D. C. C. Caracterização de climas compostos e proposição e diretrizes para o projeto bioclimático: o caso e Campinas. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Fortaleza - CE, 1999.
- CORBELLA, O. D.; CÖRNER, N.; YANNAS, S. Outdoor spaces and urban design case studies of two plazas in Rio de Janeiro. In: PLEA, Anais...Brasil, 2001, p.655-660.
- CPTEC – Boletim de Prognóstico Climático CPTEC / INPE e INMET, ano 1, n.9, ago. Disponível em http://www.cptec.inp.br/infoclima/2004/ago_2004.shtml. Consultado em 16/11/2004.
- DOUSSET, B.; GOURMELON, F. Surface temperatures of the Paris basin during summertime, using satellite remote sensing data. In FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, Anais...Poland, 2003.
- DUARTE, D. ; MAITELLI, G. Clima urbano e planejamento em regiões continentais. . In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Fortaleza - CE, 1999.
- FONTES, M. S. G. C. **Efeito climático das áreas de fundo de vale no ambiente urbano: o caso de São Carlos – SP.** 1998. 122 f . Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- AISSER, I. M.; FARIA, J. R. G. Validation of transects for air temperature and moisture profiles measurements in urban areas under high diurnal air temperatures variation. In: PLEA, Anais... Florianópolis- PR, 2001, pp. 571-575
- ATZSCHNER L. et al., Urban climate study of Salvador: thermal comfort pattern. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Fortaleza - CE, 1999.

- LINDBERG, F. ; ELIASSON, I.; HOLMER, B. Urban geometry and temperature variations, In FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, Anais...Poland, 2003.
- LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles. O exemplo de São Paulo.** São Paulo: Hucitec. 1985. 244 p.
- NAGARA, □.; SHIMODA, Y.; MIZUNO, M. Evaluation of the thermal environment in an outdoor pedestrian space. **Atmospheric Environment.** v. 30. n.3, p. 497- 505, 1996.
- PEZZUTO, C. P; LABA□I, L.C.; FRANCISCO FILHO, L. L. Air temperature and urban form studies in open spaces. The case of Campinas, In: PLEA – Conference on Passive and Low Energy Architecture, Anais...Netherlands, 2004.
- SANTANA, A.M. S.; LOMBARDO, M. A. O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza. In: I□ ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Salvador, BA, pp. 140-143, 1997.
- SAARONI, H.; BEN-DOR, E.; BITAN, A.; POTCHTER, O., Spatial distribution and microscale characteristics of the urban heat island in Tel-Aviv, Israel. *Landscape and Urban Planning.* n. 48, p. 1-18, 2000.
- SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE – Prefeitura Municipal de Campinas, 2003, Disponível em <http://www.pmc.sp.gov.br/seplan/index.htm> Acesso em 10 set 2003
- SOUZA, L. C. L. **Influência da geometria urbana na temperatura do ar ao nível do pedestre.** 1996. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação da Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.
- YAMASHITA, S. Detailed structure of head island phenomena from moving observations from electric tram-cars in metropolitan Tokyo. **Atmospheric Environment.** v. 30. n.3, p. 429-435, 1996.