

ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE BAURU (SP): AS DIFERENÇAS DE TEMPERATURA E A CONFIGURAÇÃO DO SOLO LOCAL

Maria Letícia Bertacchi (1); João Roberto Gomes de Faria (2)

(1) Aluna do curso de Arquitetura e Urbanismo – FAAC/UNESP

E-mail: mlbertacchi@yahoo.com.br

(2) NUCAM/DAUP/FAAC/UNESP

Tel.: +55 14 221-6059 E-mail: joaofari@faac.unesp.br

RESUMO

Na bibliografia especializada pode ser encontrada uma série de trabalhos que relacionam a distribuição espacial da temperatura do ar na camada intra-urbana às características de uso e ocupação do solo. Dessa forma, surge ao longo daquela camada uma série de ilhas de calor e de ilhas de frio, ou seja, de regiões cuja temperatura do ar ficam acima ou abaixo da temperatura do ar fora da cidade. Este artigo relata uma análise de distribuição da temperatura do ar na camada intra-urbana da cidade de Bauru (SP). Foram empregados dados de um levantamento preliminar de temperatura do ar realizado em três horários (9, 15 e 21 horas) em uma série de pontos distribuídos pela cidade. Desses pontos, foram selecionados aqueles cujos dados apresentavam valores acima e abaixo da temperatura do ar fora da área urbana. Os dados foram analisados conjuntamente com características de uso e ocupação do solo das áreas selecionadas, e as relações entre as variáveis foram estabelecidas. O estudo mostra mais uma vez a importância das áreas urbanas verdes no controle da variação diurna da temperatura do ar na camada intra-urbana.

ABSTRACT

Several works describe the relations of the spatial air temperature distribution in the urban canopy layer and the use and occupation soil characteristics. There is in that layer a distribution of heat and cool islands, or areas where the air temperature is bigger or lower than the rural area air temperature. This paper relates an analysis of the urban canopy layer air temperature distribution in Bauru (SP) downtown. The data were selected from a preliminary measurement on a set of downtown points in three periods (9:00 AM, 3:00 PM and 9:00 PM) during winter and summer. They were selected the points with air temperature bigger and lower than the rural air temperature. The data were analyzed in association with the urban use and occupation in the selected areas, and their relations were set up. This research shows again the importance of vegetation in urban areas to control the excessive air temperature diurnal variations in the urban canopy layer.

1. INTRODUÇÃO

MASCARÓ (1996) define a cidade como sendo local de maior concentração de energia, sendo esta consumida ou desperdiçada, dependendo do local onde se produz essa energia e o local onde ela é consumida, como a estrutura espacial e os hábitos de consumo da população se organizam. A necessidade de consumo energético em vista de um melhor conforto ambiental não se deve apenas às condições climáticas locais, mas, muitas vezes ocorrem devido ao desconforto gerado pela forma urbana

e arquitetônica em que o meio está organizado. No caso de cidades maiores, o estilo de vida da população leva a um consumo mais intenso devido aos grandes deslocamentos necessários, à verticalidade e adensamento das áreas, ao gasto despendido ao proporcionar uma infra-estrutura e conforto ambiental adequados. Conforme GIVONI (1988), é na camada intra-urbana que ocorrem as trocas de energia que afetam diretamente os moradores da cidade, trocas essas altamente dependentes da natureza da superfície e da forma das diversas estruturas urbanas. Segundo GOLANY (1996), diferenças nas formas físicas da cidade, que envolvem orientação, composição, alturas, conglomerados de edifícios, densidades, proximidades ao centro da cidade ou à sua periferia, assim como a intensidade das atividades humanas, criam pacotes de microclimas urbanos na cidade. Logo, cada parte da cidade possui características térmicas diferentes. MASCARÓ (1996) demonstra como a vegetação influi no controle da radiação solar, temperatura e umidade do ar, ação dos ventos e da chuva e para amenizar a poluição do ar. Esses fatores irão variar de acordo com as diversas morfologias das plantas, através da associação do seu porte, idade, período do ano e outros. Atualmente os autores estão realizando uma caracterização térmica da camada intra-urbana de toda a cidade de Bauru-SP. O trabalho aqui relatado foi uma etapa preliminar da pesquisa, através do qual procurou-se analisar, de forma geral, o peso de algumas variáveis no comportamento térmico de uma determinada área. As próximas etapas, em andamento, prevêem a divisão da mancha urbana em áreas segundo atributos urbanísticos comuns e a associação com seus comportamentos térmicos.

Bauru, localizada no interior do estado de São Paulo, possui clima Cwa, marcado principalmente por uma estação seca e uma chuvosa, com temperatura média mensal da ordem de 21°C, estável durante o ano, mas com amplitudes térmicas diárias da ordem de 15°C. Esses valores caracterizam dias quentes, durante os quais a população sai às ruas para as mais diversas atividades.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As áreas de estudo foram selecionadas a partir de um levantamento realizado por LEAL (2002), que mediu, com 42 termo-higrômetros dispostos em áreas externas de residências, durante os meses de janeiro e julho de 1989, a temperatura e a umidade relativa do ar às 9, 15 e 21 horas locais em uma grande área da cidade. Desse levantamento foram selecionados os pontos correspondentes a quatro áreas de ocorrência de picos ou de fundos de depressão de temperatura naqueles horários. Tomou-se o cuidado também de escolher áreas onde não tivessem ocorrido alterações significativas no uso e ocupação do solo entre os períodos de levantamento dos dados e de realização deste trabalho. A região que delimita as áreas estudadas é mostrada na Figura 1.

Para a análise dos dados de temperatura foram construídos gráficos de temperaturas acumuladas por horário de medição para cada ponto, para as situações de inverno e verão. Com esse artifício, é possível analisar o conjunto todo de dados, intensificando-se a tendência do comportamento da variável em cada ponto e acentuando-se as diferenças entre os diversos pontos, o que facilita a análise.

A caracterização do uso do solo foi feita a partir do levantamento aerofotogramétrico realizado pela Prefeitura Municipal de Bauru em 1996, complementado por visitas a campo para possíveis atualizações da ocupação e verificação da estrutura vertical. Utilizando-se dos recursos do aplicativo Corel Draw, foi feita uma sobreposição de uma malha de linhas sobre a foto da área, que possibilitou a diferenciação das quadriculas resultantes (Figura 2). Essa classificação foi confirmada com auxílio de levantamento fotográfico de solo e por novas visitas ao local. A confirmação foi necessária principalmente na diferenciação de manchas que poderiam corresponder à uma árvore, edificação ou simplesmente uma sombra qualquer, e na identificação do número de pavimentos de um prédio. Após a identificação das quadriculas, realizou-se sua contagem, classificando-as em área construída (até 3 pavimentos), área construída (acima de 3 pavimentos), área não construída, área pavimentada, área de estacionamento descoberto e área verde. Obteve-se então a porcentagem de cada item em relação à área estudada. O conjunto das características de ocupação permitiu um paralelo com a classificação de uso e ocupação do solo realizada por LOMBARDO (1985).

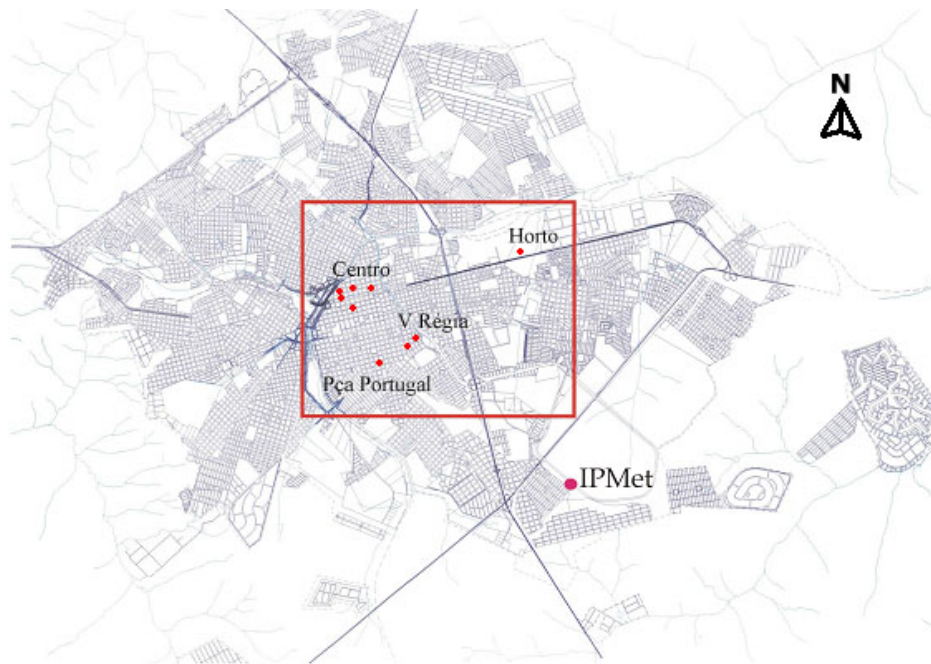


Figura 1. Área urbana de Bauru, mostrando em destaque a região compreendida pelo estudo, as áreas de características térmicas diferenciadas com os respectivos pontos de amostragem e o Instituto de Pesquisas da UNESP – IPMet, cujos dados foram usados como referência.



Figura 2. Exemplo de levantamento de uso e ocupação das áreas de estudo. Acima, parte da foto aérea ampliada correspondente à área do Parque Vitória Régia, apresentando sobreposição da malha de linhas para caracterização da área. Abaixo, a mesma foto, apontando as manchas identificadas e a posição correspondente a uma das fotos de superfície (em azul)

3. RESULTADOS

As Tabelas 1 e 2 apresentam as características de uso e ocupação do solo e a Figura 3 as temperaturas acumuladas nos horários de medição (9, 15 e 21 horas) nas situações de verão e inverno, nos pontos selecionados.

Inicialmente, verifica-se um comportamento muito semelhante na distribuição espacial das temperaturas quando são comparadas as situações de inverno e verão: de forma geral, notam-se em ambos os casos temperaturas mais elevadas nas áreas densamente ocupadas (pontos 25, 29, 31, 33 e 35) e mais baixas nas áreas com grandes proporções de recobrimento vegetal (pontos 9, 14, 16 e 19), tomando-se como referência as temperaturas registradas num ponto externo à área urbana, o Instituto de Pesquisas Meteorológicas da UNESP – IPMet (ponto 3). As diferenças de temperaturas do ar entre as áreas com características superficiais distintas se intensificam no período noturno (medição das 21 horas) e em especial no inverno, fato já constatado na bibliografia especializada.

As temperaturas acumuladas registradas no IPMet (ponto 3) e no Horto Florestal (ponto 9) às 21 horas são maiores que as registradas nos demais pontos. Isso se deve às maiores quantidades de massa arbórea presentes no entorno desses pontos, em contraponto aos materiais de grande inércia térmica presentes na área central (pontos 25, 29, 31, 33 e 35). Pela manhã, a vegetação lança ao ar uma grande quantidade de calor latente, retardando o aquecimento da área; à tarde, o sombreamento, aliado à umidade, mantém a temperatura mais baixa; finalmente, no início da noite, a baixa inércia térmica da vegetação em relação à área construída causa um resfriamento mais rápido das áreas não edificadas. A inversão de valores entre o IPMet e o Horto Florestal nas situações de inverno e verão ocorre devido à localização do segundo ponto, que fica num fundo de vale, enquanto o primeiro fica no ponto mais elevado da cidade.

Tabela 1. Proporções médias de tipos de uso e ocupação do solo e relação altura média das edificações (H) / largura média das vias (L) para as áreas estudadas

	Área Central	Parque Vitória Régia	Praça Portugal	Horto Florestal
Área construída (até 3 pavimentos)	71,98%	65,98%	44,70%	0,96%
Área construída (acima de 3 pavimentos)	3,78%	4,59%	0,66%	0,00%
Área não construída	3,35%	7,20%	25,58%	13,20%
Área pavimentada	17,12%	8,10%	6,03%	0,00%
Área de estacionamento descoberto	0,76%	0,00%	0,00%	0,00%
Área verde	2,90%	14,00%	20,00%	85,84%
H / L	0,5 a 4,0	0,3 a 3,5	0,3 a 2,3	-

Tabela 2. Classificação de usos e ocupações do solo para as áreas estudadas

Área	Classificação
Área central	Ocupação horizontal com ocupação vertical intercalada; área densamente construída, com ausência quase total de cobertura vegetal (menos de 3% da área)
Parque Vitória Régia	Ocupação horizontal com ocupação vertical intercalada; área densamente construída, com cobertura vegetal (gramíneas) de 10 a 20% da área
Praça Portugal	Ocupação horizontal com ocupação vertical intercalada; área densamente construída, com cobertura vegetal (arbórea) de 10 a 20% da área
Horto Florestal	Áreas desocupadas e parques, com 70 a 100% de cobertura vegetal (arbórea)

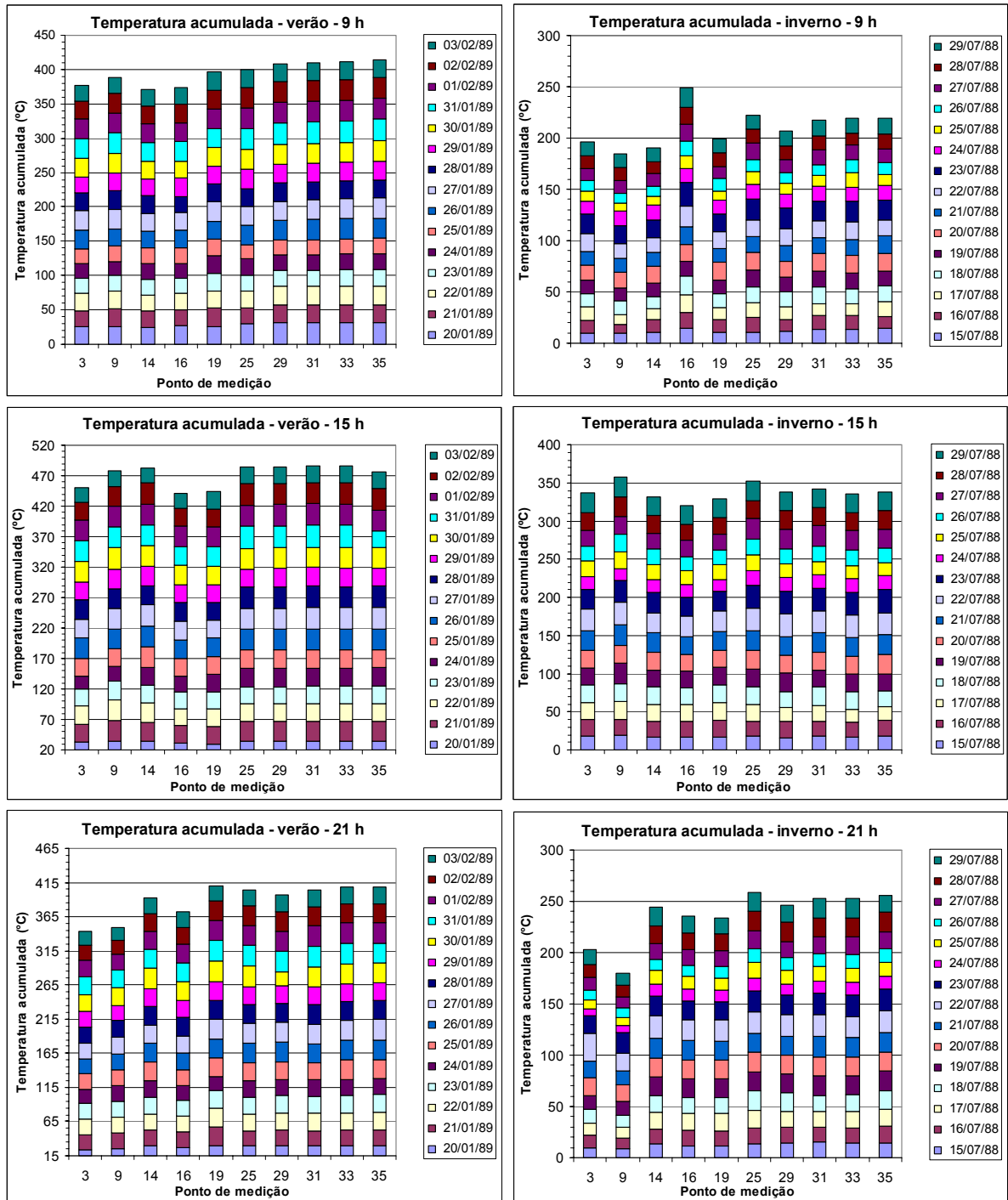


Figura 3. Gráficos de temperatura acumulada do ar nos pontos de medição das áreas estudadas.

As temperaturas das áreas do Parque Vitória Régia (pontos 14 e 16) e da Praça Portugal (ponto 19), ficam numa situação de transição entre o IPMet e a área urbana mais densa (pontos 25, 29, 31 e 35). Pode-se dizer também que as proporções de cobertura vegetal dessas áreas ficam numa situação de transição entre aquelas duas áreas. O ponto 16 apresenta no período inverno uma temperatura mais elevada que a área central, pela manhã. Isso pode ser explicado pela posição isolada do ponto, que permite um aquecimento mais rápido, uma vez que não existem obstáculos à incidência dos raios solares (maior SVF). No verão, pela mudança de trajetória solar, esse fenômeno não se manifesta.

As temperaturas mais elevadas registradas na área central (pontos 25, 29, 31, 33 e 35), ficam por conta das maiores porcentagens de área construída e de área pavimentada. Os materiais que compõem

essas áreas apresentam alta inércia térmica, e a pequena presença de cobertura vegetal implica em pequenas quantidades de calor latente. Dessa forma, elas se aquecem mais rapidamente no período da manhã e se resfriam mais lentamente no início da noite.

Finalmente, podem ser observadas na Figura 3 diferenças de temperaturas em pontos localizados em áreas com recobrimento superficial semelhante. A explicação desse fenômeno está na localização dos instrumentos: como por razões de segurança eles não foram dispostos em locais abertos, mas próximos a superfícies de edificações, sofreram interferência do microclima do entorno imediato. Essa interferência se manifesta na alteração do comportamento do movimento do ar, da reflexão da radiação solar e da emissão da radiação infravermelha, que variam de local para local.

A relação H/W é ligeiramente maior na área central (0,5 a 4,0) em relação à do Parque Vitória Régia (0,3 a 3,5), o que confirma que a quantidade de radiação incidindo no volume construído e aquecendo o ar é maior, porém não se apresenta como um fator de grande relevância.

A produção de calor gerada pela atividade dos habitantes, de indústrias locais e do tráfego (calor antropogênico), aparentemente ainda não tem influência significativa no aquecimento da camada intra-urbana de forma localizada.

Da mesma forma, a verticalização da cidade ainda não é um fator importante nas trocas térmicas da cidade como um todo, uma vez que os edifícios ainda são esparsos. No entanto, seu efeito localizado (formação de microclimas) é pronunciado, pela interferência no movimento do ar e pelo sombreamento do entorno.

4. CONCLUSÕES

Estudou-se nessa pesquisa alguns fatores que causam o aparecimento de gradientes térmicos horizontais no interior da camada intra-urbana. Através de análises sobre os dados de temperatura levantados no inverno e no verão, observou-se que as diferenças de temperatura entre as áreas ocorrem devido ao conjunto de diversos fatores.

A diferença de temperatura entre o IPMet e a área urbana confirmou o aquecimento gerado pela cidade. A área central, ao apresentar maior aquecimento que as demais áreas, confirmou a influência do uso de solo, do adensamento de construções e da configuração do desenho urbano. Os edifícios acima de três pavimentos apresentam-se dispersos pela malha urbana e, dessa maneira não interferiram nas diferenças de temperatura da área como um todo. A densidade da ocupação horizontal, medida através da área construída até três pavimentos, juntamente com a área pavimentada, são os fatores predominantes nas trocas térmicas das áreas edificadas.

A presença de vegetação foi o aspecto mais importante na análise das diferenças de temperatura entre as diversas áreas, o que se refletiu nas maiores diferenças de temperatura, principalmente quando observadas as temperaturas do IPMet e do Horto Florestal em relação às demais regiões da cidade.

É importante salientar que o presente estudo abrangeu apenas três tipos de áreas, com vegetação predominante, com presença de vegetação e ocupação horizontal permeada por edifícios e com ausência de vegetação e ocupação horizontal permeada por edifícios. Dessa maneira, foi possível realizar uma análise qualitativa do fenômeno que ocorre na cidade de Bauru, mas não uma conclusão quantitativa e geral.

De forma geral, a distribuição espacial de temperaturas a partir dos pontos de levantamento apresentou bastante semelhança nas situações de verão e inverno, ou seja, os efeitos de aquecimento e resfriamento ocorrem de forma semelhante nas duas estações. Assim, a opção por adotar soluções que incrementem o aquecimento, privilegiando o bem-estar no inverno, ou que limitem o aquecimento urbano, privilegiando o bem-estar no verão, depende das características climáticas da região. No caso,

o clima de Bauru é predominantemente quente; além disso, os espaços externos urbanos são geralmente ocupados no período diurno, quando prevalecem as temperaturas mais elevadas. Por esse motivo, em Bauru devem ser adotadas soluções que limitem o desenvolvimento de ilhas de calor na camada intra-urbana.

Ao observar os fatores que influenciam na formação de Ilhas de Calor na cidade de Bauru, pode-se afirmar que as diretrizes que guiam o planejamento urbano são de extrema importância, ao passo que podem ser responsáveis pelas mudanças climáticas de uma cidade no decorrer de seu crescimento. Num primeiro momento, a modificação da região central, no sentido de se construir mais áreas verdes, não seria possível, já que esta se apresenta consolidada. Seria interessante aplicar os conhecimentos relacionados ao conforto térmico no planejamento de novas diretrizes urbanas para a cidade de Bauru, em especial aos novos bairros, uma vez que poderiam definir usos do solo que considerassem o conforto térmico de seus habitantes. A valorização das áreas verdes, através da definição de uma área mínima para cada terreno construído, seria uma forma de amenizar as diferenças de temperatura na cidade, tornando-a mais agradável aos transeuntes, evitando que se configurem áreas conflitantes em relação às suas temperaturas. Em termos de desenho urbano, poderia prever-se a substituição de algumas áreas pavimentadas por pisos alternativos, que apresentassem maior permeabilidade à penetração de chuvas, e que não contribuíssem para o aquecimento da superfície urbana. Em relação à altura e à densidade dos edifícios, faz-se necessário regulamentar as novas áreas a fim de evitar que se formem grandes aglomerados de prédios.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GIVONI, B. *Urban design in different climates*. Geneva, WMO, December. 1989
- GOLANY, G. S. Urban design morphology and thermal performance. *Atmospheric Environment*, v. 30, n° 3, p. 455-165, 1996.
- LEAL, M. T. Dados levantados como parte de sua pesquisa de mestrado em Geografia, não concluída. Comunicação pessoal, 2002.
- LOMBARDO, M. A. *Ilha de calor nas metrópoles*, o exemplo de São Paulo. São Paulo: LALEKLA, 1985.
- MASCARÓ, L. R. *Ambiência urbana*. Porto Alegre: Faculdade de Arquitetura – UFRGS, SAGRA – D. C. LUZZATO, 1996.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, que financiou a realização da pesquisa através de uma Bolsa de Iniciação Científica. Ao Geógrafo Maurício Tadeu Leal, pela cessão de seu levantamento de temperatura do ar realizado na cidade. Ao Instituto de Pesquisas Meteorológicas da UNESP – IPMet, pela cessão dos dados meteorológicos de referência.