

# VARIAÇÃO TÉRMICA NA ÁREA INTRA-URBANA DA CIDADE DE CURITIBA, PARANÁ, BRASIL NO VERÃO

Antonio Carlos Batista<sup>1</sup>, Luciana Leal<sup>2</sup>, Daniela Biondi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Professor Dr., Departamento de Ciências Florestais – UFPR, Pesquisador Bolsista CNPq, e-mail - batistaufpr@ufpr.br.

Rua Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba, Paraná, Brasil;

<sup>2</sup> Professora Dra., Departamento de Ciências Florestais – UFPR, Pesquisadora Bolsista CNPq, email - dbiondi@ufpr.br

<sup>3</sup> Doutoranda em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná – UFPR; e-mail: Luciana\_paisagem@yahoo.com.br

## Resumo

O uso e a ocupação do solo influenciam de maneira considerável no clima das cidades, porém a cobertura vegetal presente nas áreas urbanas atua no controle da temperatura. Este trabalho teve como objetivo analisar a variação térmica na área intra-urbana da cidade de Curitiba, Paraná, Brasil, no período do verão, por meio de perfis longitudinais. Esta cidade ocupa o espaço geográfico de 432,17 km<sup>2</sup> de área, na latitude 25°25'40"S e longitude 49°16'23"W. Para a coleta dos dados de temperatura do ar foram definidos dois transectos nas direções norte – sul (com 15 pontos de monitoramento) e leste – oeste (12 pontos), com distância aproximada entre os pontos de 1,5 km, por meio da instalação de registradores modelo Hobo® colocados em mini-abrigos meteorológicos no topo das colunas de sinalizadores e placas de sinalização. O monitoramento meteorológico foi realizado no período de 07 a 28 de fevereiro de 2011, com dados coletados em intervalos de 15 minutos, totalizando 2112 leituras. Para cada transecto foram calculadas as médias das temperaturas médias, máximas e mínimas e a variação térmica entre os pontos monitorados, para todo o período e nos turnos madrugada, manhã, tarde e noite. A variação térmica encontrada, respectivamente nos transectos norte-sul e leste-oeste, foi de até 1,19 °C e 1,24 °C para a temperatura média em todo o período e de 3,31 °C e 4,96 °C para as temperaturas máximas no turno da tarde, período do dia com maior diferença de temperatura entre os pontos monitorados. Pela análise do perfil longitudinal das temperaturas, observou-se curva semelhante ao perfil clássico das ilhas de calor urbano descrito na literatura específica sobre esse tema, com as maiores temperaturas nos locais com maior intensidade de ocupação e as menores temperaturas em bairros residenciais e periféricos, além de se evidenciar o efeito do resfriamento das áreas verdes presentes na área intra-urbana de Curitiba.

## Introdução

O crescimento das cidades tem contribuído bastante para que ocorram transformações significativas do clima, especialmente o aumento de temperatura,

mudança da direção e velocidade dos ventos e na diminuição da umidade relativa do ar (ALMEIDA, 2006).

Segundo Coltri (2006), as alterações climáticas podem ser percebidas no clima das cidades, caracterizado por apresentar temperaturas mais elevadas quando comparadas às áreas rurais. Essa anomalia térmica causa a formação de ilhas de calor, que podem ser observadas em várias escalas, como em pequenas áreas (arredores de um edifício ou no meio de uma avenida), áreas maiores (bairro) ou regiões (muitos bairros ou uma zona) e até mesmo na cidade inteira.

Dentro de uma cidade, locais com similar uso do solo e cobertura, possuem distinto clima local. Isto ocorre devido a morfologia urbana, superfícies pavimentadas e construídas e a quantidade de vegetação remanescente (GRIMMOND et al., 2010).

De acordo com Eliasson (2000), as cidades frequentemente compreendem um mosaico de áreas com temperaturas mais elevadas e mais reduzidas, conforme a variação do uso do solo urbano. Para Kjelgren e Montague (1998), a superfície urbana é como uma “colcha de retalhos” de elementos com propriedades radiativas, termais, aerodinâmicas e de umidade diferentes.

Conforme Gomes e Lamberts (2009), geralmente, as regiões intra-urbanas com temperaturas mais elevadas correspondem àquelas onde se concentram os usos industriais e comerciais, o que normalmente significa maior concentração de pessoas; aquelas com temperaturas mais amenas correspondem aos bairros residenciais ou locais com elevada presença de cobertura vegetal.

Uma das metrópoles brasileiras que carece de estudos sobre clima urbano é a cidade de Curitiba. Segundo Rossi (2004), apesar de Curitiba ser vista como uma cidade modelo, principalmente nas questões ambientais, aspectos como estudos das alterações climáticas ainda não foram abordados de forma incisiva dentro do planejamento urbano e legislação vigente.

Mendonça e Dubreuil (2005), por análise de termografia de superfície, verificaram que a diferenciação de paisagens intra-urbanas na região de Curitiba reflete a diversidade da organização do espaço e do uso do solo local-regional e, uma vez associados ao processo radiativo, evidenciam diferenças térmicas na área intra-urbana, embora se destaque como uma mancha mais quente e homogênea do que a área rural circunvizinha.

Para contribuir com o entendimento de como o uso do solo influencia na distribuição de temperaturas na cidade de Curitiba, este trabalho teve como objetivo analisar a variação térmica na área intra-urbana desta cidade no período do verão, por meio de perfis longitudinais.

## **Material e métodos**

A cidade de Curitiba, capital do Estado do Paraná, está localizada na região sul do Brasil. Fundada em 1693, ocupa o espaço geográfico de 432,17 km<sup>2</sup> de área, na latitude 25°25'40”S e longitude 49°16'23”W (Marco Zero na Praça Tiradentes).

Para a caracterização térmica da área intra-urbana de Curitiba, a coleta de dados constou da seleção e caracterização dos pontos de monitoramento e a obtenção dos dados meteorológicos.

Para a coleta dos dados de temperatura do ar foram definidos dois transectos nas direções norte – sul (com 15 pontos de monitoramento) e leste –

oeste (12 pontos), com distância aproximada entre os pontos de 1,5 km (Figura 1), por meio da instalação de registradores modelo Hobo®, marca Onset, colocados em mini-abrigos meteorológicos no topo das colunas de sinaleiros e placas de sinalização, a uma altura aproximada de 4,00 m (Figura 2).

Na escolha destas estruturas para a instalação dos equipamentos considerou-se os critérios de padronização, fácil acesso e segurança durante o período de permanência dos equipamentos para coleta de dados. Segundo WMO (2008), há flexibilidade para coletar dados meteorológicos nas áreas urbanas, em alturas maiores (3 a 5 m) daquelas coletadas na altura padrão (1,25 a 2,00 m), sem necessidade de correção de dados, tendo maior cobertura “footprints” e localizando o sensor em área de difícil alcance, prevenindo danos por vandalismo. Isto também assegura maior diluição do calor de exaustão de veículos e reduz a contaminação pela poeira.

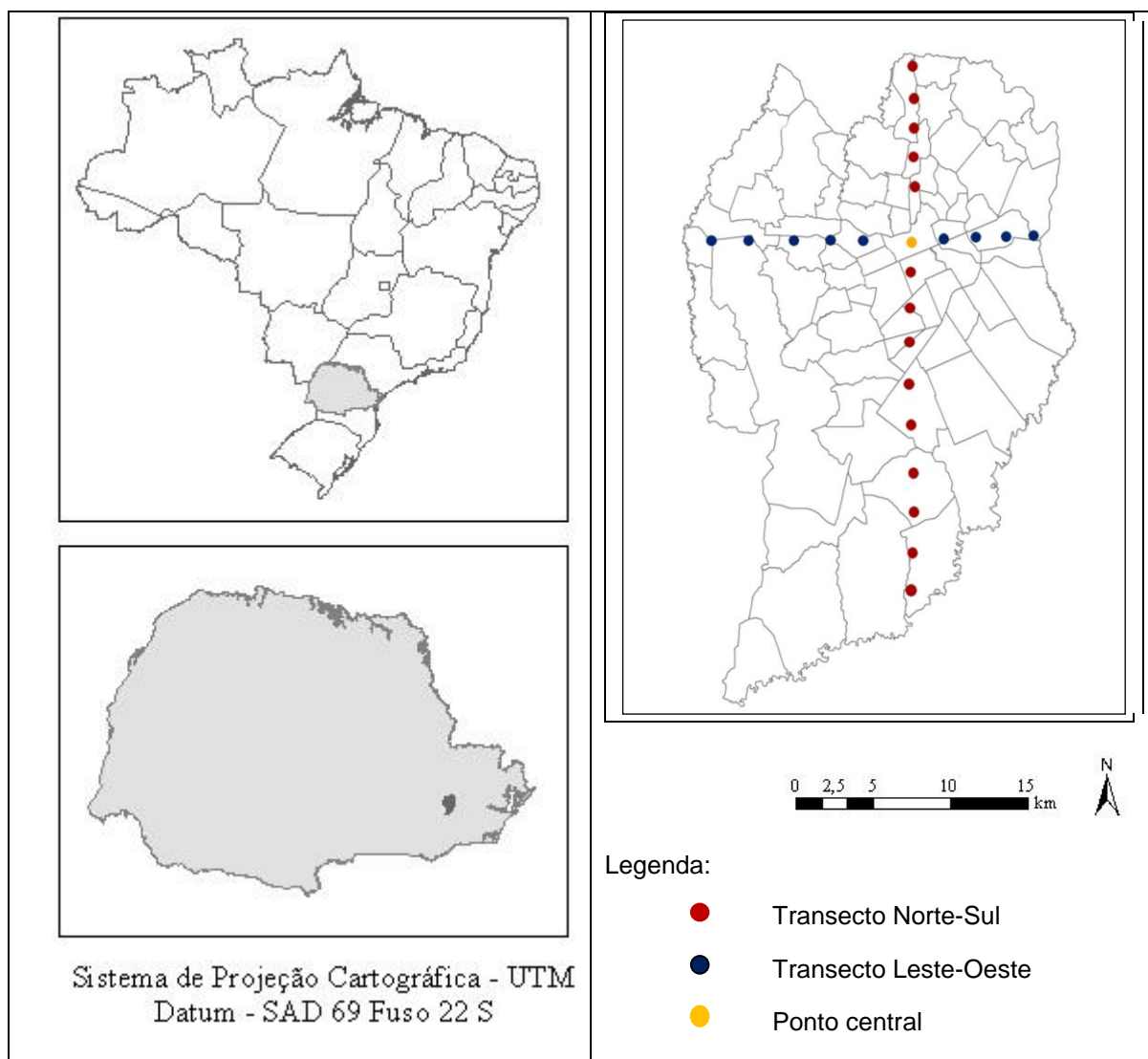


Figura 1. Localização da cidade de Curitiba e dos pontos de monitoramento da temperatura do ar



Figura 2. Exemplo de ponto de monitoramento e detalhe do mini-abrigo meteorológico utilizado

Para seleção dos pontos de monitoramento, inicialmente estes foram distribuídos por meio de uma grade sob o mapa da cidade de Curitiba, localizando-os nos cruzamentos entre ruas, com os dois transectos cruzando o ponto central na Praça Tiradentes (ponto comum entre eles), de modo a cobrir a maior parte da cidade. Em campo os locais identificados no mapa foram checados e adequados de acordo com a presença de estruturas urbanas (sinaleiros e placas de sinalização) para a instalação dos mini-abrigos meteorológicos. Na escolha dos pontos evitou-se estruturas muito próximas a árvores ou construções.

Os mini-abrigos meteorológicos foram confeccionados em tubos de PVC, com tamanho de 150 mm de comprimento e 100 mm de diâmetro, com aberturas nas laterais e revestidos externamente com papel alumínio (Figura 2), conforme recomendados por Erell; Leal; Maldonado (2005). Segundo WMO (2008), protetores (mini-abrigos) contra os efeitos da radiação, ajustados ao tamanho do sensor, são largamente usados em substituição ao abrigo meteorológico padrão para a coleta de dados no meio urbano.

Os mini-abrigos meteorológicos foram instalados na posição vertical, com o uso de escada e os equipamentos de segurança necessários, na parte superior da haste dos sinaleiros e placas de sinalização, fixados com fita abraçadeira de *nylon*, como mostrado no detalhe da Figura 2.

Os registradores Hobo®, após aferidos, foram programados para coleta de dados continuamente a cada 15 minutos, utilizando-se o respectivo software, BoxCar Pro 4. O monitoramento meteorológico foi realizado no período de 07 a 28 de fevereiro de 2011, correspondente a estação do ano verão, período do ano em que a intensidade da ilha de calor tende a aumentar, conforme Arnfield (2003).

Para os dados coletados em cada transecto foram calculadas as médias das temperaturas médias, máximas e mínimas e a variação térmica entre os pontos monitorados, em todo o período de monitoramento e para os turnos

madrugada, manhã, tarde e noite. Os resultados foram analisados por meio de perfis longitudinais e comparados com o uso do solo nos pontos de monitoramento.

## Resultados e discussão

A variação térmica encontrada na área intra-urbana da cidade de Curitiba, no período de monitoramento durante o verão, respectivamente nos transectos norte-sul e leste-oeste, foi de até 1,19 °C e 1,24 °C para a temperatura média no período todo e de 3,31 °C e 4,96 °C para as temperaturas máximas à tarde, turno do dia com maior diferença de temperatura entre os pontos monitorados (Tabela 1).

Tabela 1. Dados meteorológicos de temperatura do ar (°C) na área intra-urbana da cidade de Curitiba no verão

Variável	Observações	Transecto Norte - Sul			Transecto Leste Oeste		
		Maior valor	Menor valor	Diferença	Maior valor	Menor valor	Diferença
Temperatura média (°C)	Período todo	21,96	20,77	1,19	22,48	21,24	1,24
	Madrugada	19,32	17,96	1,36	19,61	18,51	1,10
	Manhã	22,50	21,12	1,38	22,95	21,42	1,53
	Tarde	25,87	23,96	1,91	26,38	24,78	1,60
	Noite	20,74	19,20	1,54	21,01	19,92	1,09
Temperatura máxima (°C)	Período todo	34,43	31,12	3,31	35,27	30,31	4,96
	Madrugada	22,09	20,57	1,52	22,48	21,33	1,15
	Manhã	31,12	27,91	3,21	31,52	28,31	3,21
	Tarde	34,43	31,12	3,31	35,27	30,31	4,96
	Noite	29,1	25,95	3,15	28,7	26,34	2,36
Temperatura mínima (°C)	Período todo	16,38	14,85	1,53	16,38	15,23	1,15
	Madrugada	16,38	15,23	1,15	16,38	15,23	1,15
	Manhã	16,76	15,23	1,53	17,14	16	1,14
	Tarde	18,28	16,38	1,9	18,28	16,76	1,52
	Noite	16,38	14,85	1,53	16,38	15,23	1,15

Pela análise do perfil longitudinal das temperaturas médias nos transectos norte-sul (Figura 3) e leste-oeste (Figura 4), observaram-se curvas semelhantes ao perfil clássico das ilhas de calor urbano, descritas por Oke (1979). Este autor traçou o perfil das ilhas de calor dos grandes centros urbanos, descrevendo que o local da cidade com maior atividade antrópica, normalmente o centro, se caracteriza por ser mais quente que os bairros residenciais e periféricos. O centro da cidade destaca-se como o “pico” da ilha de calor. A temperatura vai diminuindo gradativamente conforme aumenta a distância do centro chegando ao que o autor caracteriza como “plateau”. O limite entre a área urbana e a área rural é representada pela queda brusca de temperatura, que o autor conceitua como “penhasco”.

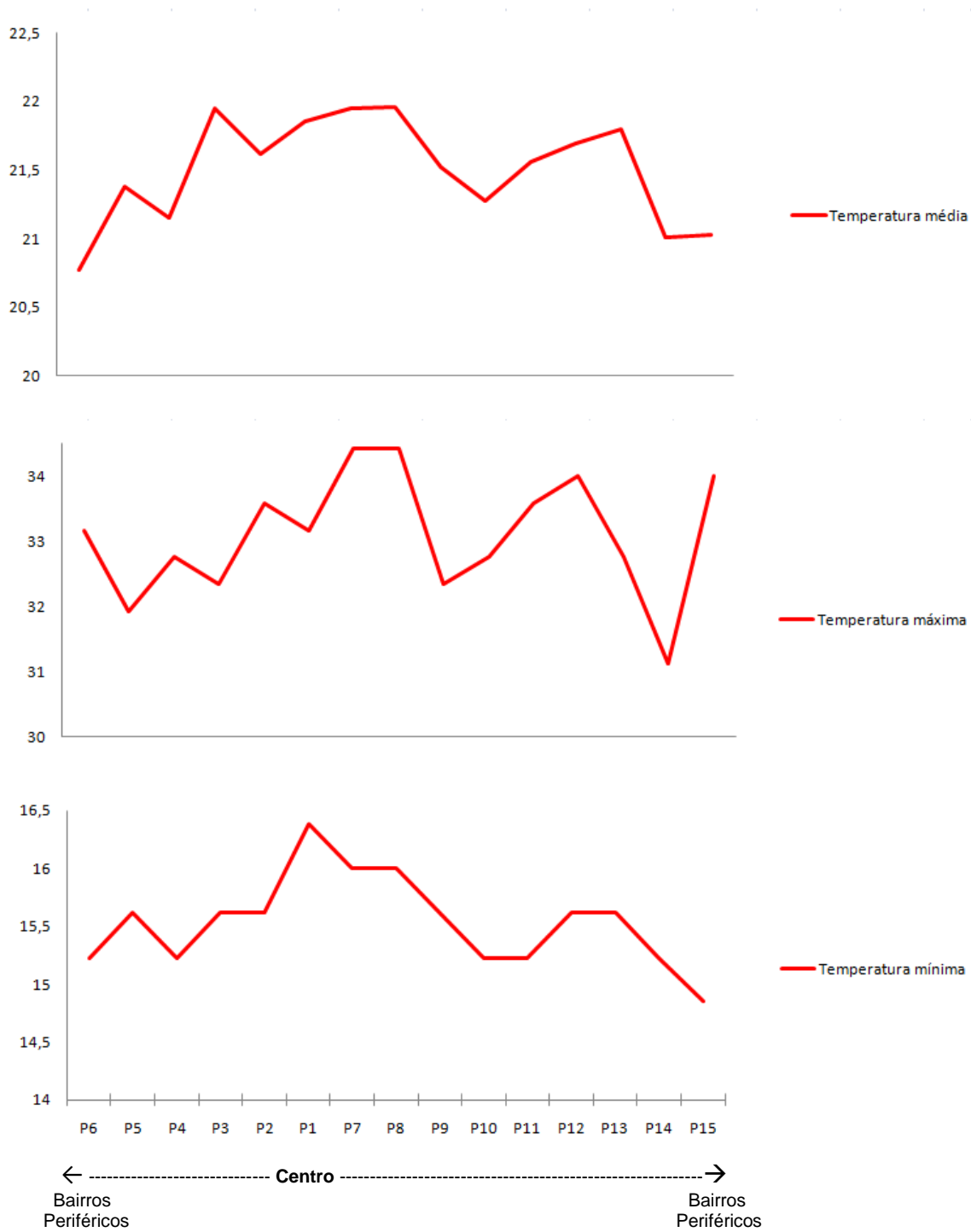


Figura 3. Variação de temperatura do ar durante o verão em transecto no sentido norte-sul em Curitiba

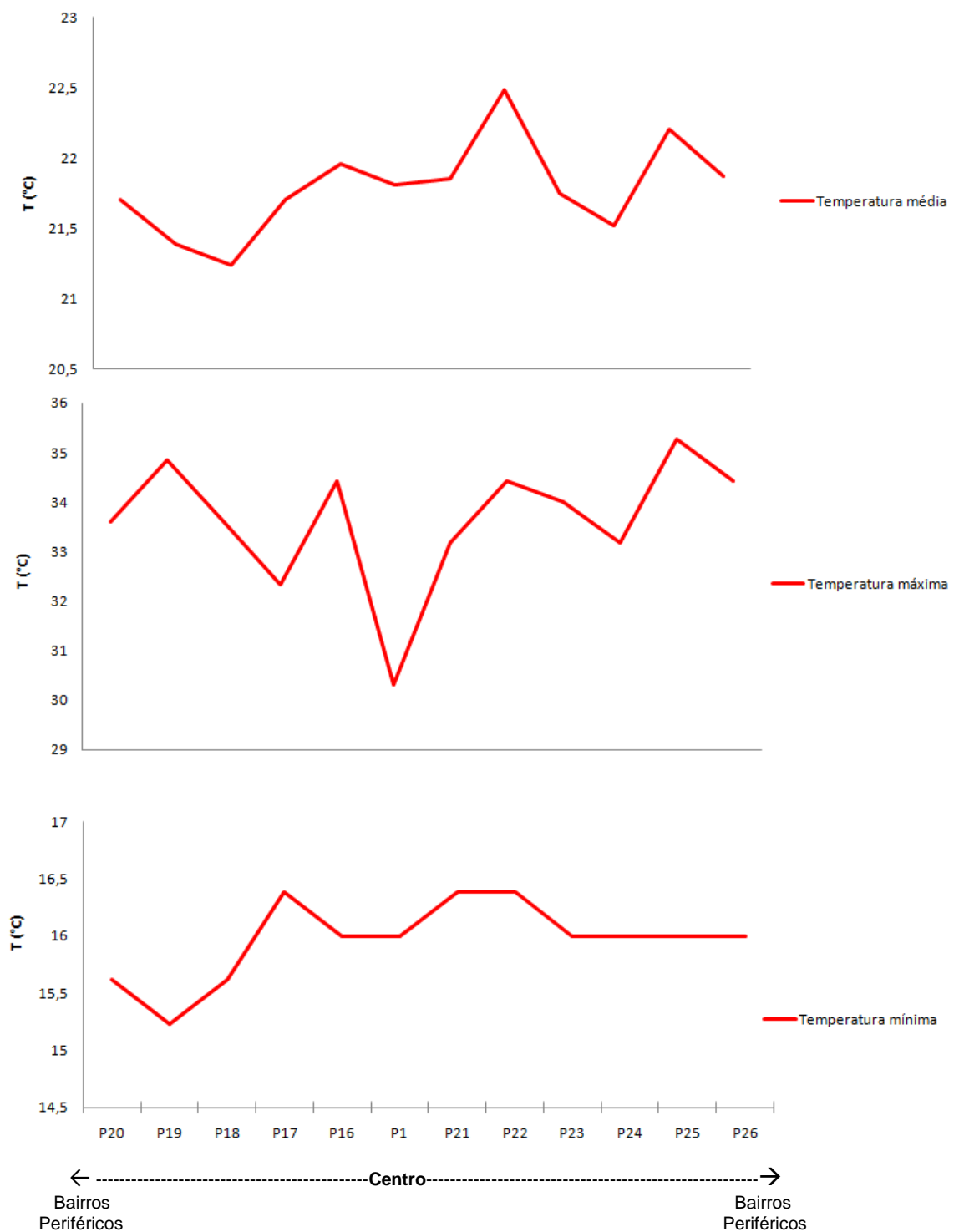


Figura 4. Variação de temperatura do ar no período do verão no sentido transecto leste-oeste em Curitiba

Em ambos os transectos as variações térmicas ocorrem principalmente entre os espaços livres e os vegetados e as áreas construídas. As maiores temperaturas médias foram observadas na área central da cidade e nos bairros de maior concentração de edificações e vias pavimentadas, e as menores

temperaturas nos bairros periféricos e próximos a áreas verdes. Os resultados encontrados corroboram com os trabalhos de Danni-Oliveira et al. (2000), Blanchet (2004), Rossi (2004), Mendonça e Dubreuil (2005) e Dumke (2007) que também constataram diferenças térmicas semelhantes em outros pontos na área urbana de Curitiba.

A forte influência das áreas verdes foi verificada principalmente no transecto leste-oeste, no ponto de monitoramento próximo ao Parque Municipal Barigui, área verde com 1.400.000 m<sup>2</sup>, que inclui área com cobertura florestal e lago, que apresentou a menor temperatura. Isto mostra o papel significativo das áreas verdes na regulação do clima urbano, assim como verificado por Yu e Hien (2006) e Martinez-Arroyo e Jauregui (2000).

## **Conclusões**

Pela análise do perfil longitudinal das temperaturas, observou-se curva semelhante ao perfil clássico das ilhas de calor urbano descrito na literatura específica sobre esse tema, com as maiores temperaturas nos locais com maior intensidade de ocupação e as menores temperaturas em bairros residenciais e periféricos, além de se evidenciar o efeito do resfriamento das áreas verdes presentes na área intra-urbana de Curitiba.

## **Agradecimentos**

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná pelo financiamento dessa pesquisa.

## **Referências**

ALMEIDA, E.M.A. A configuração urbana e a sua relação com os microclimas: estudo de frações urbanas na cidade de Maceió. 117 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2006.

ARNFIELD, A. John. Review: two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology*, n. 23, p.1-26, 2003.

BLANCHET, I. V. R. P. Análise bioclimática dos parâmetros de conforto térmico humano e sua relação com os índices termo-higrométricos e a forma urbana do bairro Bigorriho em Curitiba. 128 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

COLTRI, P. Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, São Paulo: análise de séries históricas, ilhas de calor e técnicas de sensoriamento remoto. 166 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.



DANNI-OLIVEIRA, I.M.; BAKOPNYIL, S.M.C.; BRITTO, D.M.; DANI, I.; IURK, J.N.; LOPES, E.A.; MARQUES, A.C.; PINHEIRO, C.F.; SANTIS, D.G.D.; TELES, M.A.A.; VESTENA, L.R.; WATANABE, B. Implicações da verticalização no perfil térmico urbano: exemplo de Curitiba - PR. Anais do IV SBCG, Rio de Janeiro, 2000.

DUMKE, E. M. S. Clima urbano / conforto térmico e condições de vida na cidade – uma perspectiva a partir do aglomerado urbano da região metropolitana de Curitiba (AU-RMC). 417 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

ELIASSON, I. The use of climate knowledge in urban planning. *Landscape and Urban Planning*, Amsterdam, n.48, p. 31-44, 2000.

ERELL, E.; LEAL, V.; MALDONADO, E. Measurement of air temperature in the presence of a large radiant flux: an assessment of passively ventilated thermometer screens. *Boundary Layer Meteorology*, Kluwer, v.114, n.1, p.205-231, 2005.

GOMES, P.S.; LAMBERTS, R. O estudo do clima urbano e a legislação urbanística: considerações a partir do caso Montes Claros, MG. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 73-91, jan./mar. 2009.

GRIMMOND, C.S.B.; ROTH, M.; OKE, T.R.; AU, Y.C.; BEST, M.; BETTS, R.; CARMICHAEL, G.; CLEUGH, H.; DABBERDT, W.; EMMANUEL, R.; FREITAS, E.; FORTUNIAK, K.; HANNA, S.; KLEIN, P.; KALKSTEIN, L.S.; LIU, C.H.; NICKSON, A.; PEARLMUTTER, D.; SAILOR, D.; VOOGT, J. Climate and More Sustainable Cities: Climate Information for Improved Planning and Management of Cities (Producers/Capabilities Perspective). *Procedia Environmental Sciences*, Netherlands, v.1, p.247–274, 2010.

KJELGREN, R, MONTAGUE, T. Urban tree transpiration over turf and asphalt surfaces. *Atmospheric Environment*, New York, v.32, n.1, p.35–41, 1997.

MARTINEZ-ARROYO, A.; JAUREGUI, E. On the environmental role of urban lakes in Mexico City. *Urban Ecosystems*, Duluth, v.4, p.145–166, 2000.

MENDONÇA, F. A.; DUBREUIL, V. Termografia de superfície e temperatura do ar na RMC (região metropolitana de Curitiba / PR). *R. Ra'ega*, Curitiba, n.9, p.25-35, 2005.

OKE, T.R. Review of urban climatology: 1973-1976. WMO Technical Note, Geneve, n.169, 1979. 100 p.

ROSSI, F.A. Análise da influência da ocupação do solo na variação de temperatura em diferentes localidades da cidade de Curitiba. 166 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2004.

WMO – World Meteorological Organization. Guide to meteorological instruments and methods of observation. 7.nd. Geneva: WMO, 2008. Disponível em: <[http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/CIMO\\_Guide-7th\\_Edition-2008.html](http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/CIMO_Guide-7th_Edition-2008.html)> Acesso em: 31 julho 2009.

YU, C.; HIEN, W. N. Thermal benefits of city parks. Energy and Buildings, Lausanne, v.38, p.105-120, 2006.