

# Condições meteorológicas e diferenças térmicas diárias extremas na cidade de Curitiba

L. Leal; D. Biondi; A. C. Batista

*Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, 80.210-170, Curitiba - PR, Brasil*

*luciana\_paisagem@yahoo.com.br*

*(Recebido em 06 de outubro de 2013; aceito em 27 de janeiro de 2014)*

Para conhecer melhor a variação térmica na cidade de Curitiba, este trabalho teve como objetivo analisar a intensidade das diferenças térmicas intraurbanas e sua relação com as condições meteorológicas nas datas de monitoramento. A coleta de dados da temperatura do ar foi realizada em 44 pontos de monitoramento em locais fixos na malha urbana de Curitiba, em quatro campanhas, cada uma com duração de 22 dias em períodos correspondentes às estações do ano nos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro de 2011. Com os dados coletados foram calculadas as médias e obtidas as máximas e mínimas absolutas e, a partir destes valores, calculadas as diferenças térmicas diárias extremas entre os pontos de monitoramento. Para detectar a relação entre as diferenças térmicas e as condições meteorológicas nas datas de monitoramento foi realizada a análise estatística por meio da correlação de Pearson. Em todas as datas analisadas foram encontradas diferenças térmicas acima de 1°C, indicando a ocorrência de ilhas de calor urbano. A análise estatística mostrou a relação das intensidades de variação térmica com as condições meteorológicas nos períodos de observação, principalmente com a umidade relativa do ar e a nebulosidade.

Palavras-chave: ilhas de calor urbano, umidade relativa do ar, nebulosidade.

## **Meteorology conditions and extreme daily temperature differences in Curitiba city**

To better understand the thermal variation in Curitiba, this study aimed to analyze the intensity of thermal intra-urban differences and its relation to the meteorological conditions on the dates of monitoring. The collection of data on air temperature were gathered in 44 monitoring points at fixed locations in the urban area of Curitiba, in four campaigns, each lasting 22 days in periods corresponding to the seasons of the year in the months of February, May, August and November 2011. With the data collected averages were calculated and obtained the absolute maximum and minimum values and those calculated from the differences between the extreme daily temperature monitoring points. To detect the relationship between the thermal differences and meteorological conditions on the dates of monitoring was carried out statistical analysis using Pearson's correlation. In all dates were found thermal differences above 1°C, indicating the occurrence of urban heat islands. Statistical analysis showed the ratio of the intensities of thermal variation in meteorological conditions during the observation periods, especially with the relative air humidity and cloudiness.

Keywords: urban heat island, relative air humidity, cloud cover.

## **1. INTRODUÇÃO**

Um dos mais conhecidos efeitos da influência do ambiente urbano sobre o clima é o das ilhas de calor, fenômeno no qual a temperatura urbana é mais alta do que os seus arredores rurais. A extensão das diferenças de temperatura varia no tempo e espaço como resultado das condições meteorológicas, localização e características urbanas<sup>1</sup>. Também dentro da cidade, as diferenças térmicas apresentam variabilidade espacial e temporal<sup>2</sup>.

As diferenças de temperatura são geralmente modestas, menores que 1°C na média, mas ocasionalmente podem alcançar diversos graus quando as condições urbanas, topográficas e meteorológicas são favoráveis para o desenvolvimento das ilhas de calor<sup>3</sup>.

As ilhas de calor são reguladas por condições meteorológicas e pelas ações do homem<sup>4</sup>. O efeito das variáveis meteorológicas na criação e desenvolvimento das ilhas de calor tem sido assunto de várias pesquisas. Estas revelam que a velocidade do vento, quantidade de

nebulosidade e principalmente o prevalecimento das condições sinóticas são os mais importantes parâmetros que influenciam o desenvolvimento do fenômeno das ilhas de calor<sup>5</sup>.

Em uma extensa revisão de estudos realizados entre 1980 e 2000 sobre a intensidade da ilha de calor em áreas urbanas, verificou-se que a intensidade da ilha de calor decresce com o aumento da velocidade de vento e o aumento da nebulosidade e tende a aumentar com mais frequência no verão ou nos períodos mais quentes do ano<sup>6</sup>.

O fenômeno das ilhas de calor vem sendo observado em cidades de todo o mundo. Uma das cidades brasileiras que possui informações sobre clima urbano e ilhas de calor é Curitiba. O crescente processo de urbanização da cidade e sua região metropolitana provocaram a ocorrência do aumento da temperatura do ar. Destaca-se a diferenciação de paisagens intraurbanas, que reflete a diversidade da organização do espaço e do uso do solo local-regional e, uma vez associados ao processo radiativo, evidenciam a formação de ilhas de calor alternadas com ilhas de frescor, embora se destaque como uma mancha mais quente e homogênea do que a área rural circunvizinha<sup>7</sup>.

A variabilidade do clima intraurbano em Curitiba reflete a geometria urbana marcada por eixos lineares verticalizados, a urbanização polinucleada, os diferentes graus de densidade urbana e as áreas verdes distribuídas de forma desigual. Ainda assim, a gênese do clima urbano inclui o processo de formação da ilha de calor, com temperaturas, em geral, mais baixas na periferia<sup>8</sup>.

Além dos aspectos relacionados ao clima urbano, resultado do uso do solo e distribuição irregular da vegetação, Curitiba possui características climáticas interessantes para estudos da análise da ocorrência de ilhas de calor em datas com diferentes condições meteorológicas.

Curitiba pode ser considerada uma cidade úmida e fria, com grande amplitude térmica diária e anual e tempo frequentemente instável. A atmosfera curitibana registra algumas vezes a ocorrência de variados tipos de tempo num só dia ou estação, dando a impressão de se vivenciar as quatro estações do ano num mesmo dia ou mês<sup>9</sup>. Comparando as condições térmicas das outras capitais brasileiras com as de Curitiba, observa-se que nesta foram registradas as mais baixas temperaturas do ar no conjunto do país<sup>10</sup>.

De modo a conhecer melhor a variação térmica na cidade de Curitiba, este trabalho teve como objetivo analisar a intensidade das diferenças térmicas intraurbanas e sua relação com as condições meteorológicas nas datas de monitoramento.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada na cidade de Curitiba, localizada na região sul do Brasil, ocupando o espaço geográfico de 432,17 km<sup>2</sup> de área (25°25'40''S e 49°16'23''W; Marco Zero na Praça Tiradentes).

Para a coleta de dados da temperatura do ar foram estabelecidos 44 pontos de monitoramento (Figura 1) com instalação de miniabrigos meteorológicos em locais fixos em quatro transectos na malha urbana da cidade, cruzando um ponto central na Praça Tiradentes<sup>11</sup>.

Na escolha dos locais de instalação dos miniabrigos meteorológicos foram considerados os critérios de padronização, fácil acesso e segurança durante os períodos de coleta de dados. Os miniabrigos foram instalados ao longo das ruas no topo das hastes dos sinaleiros e placas de sinalização (semipórticos), a uma altura média de quatro metros do solo, o que atende aos critérios elencados, com a autorização da Urbanização de Curitiba S.A. - URBS para uso das estruturas urbanas de responsabilidade deste órgão.

Em áreas urbanas há flexibilidade para coletar dados meteorológicos 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, além de assegurar maior diluição do calor de exaustão de veículos e reduzir a contaminação pela poeira<sup>12</sup>.

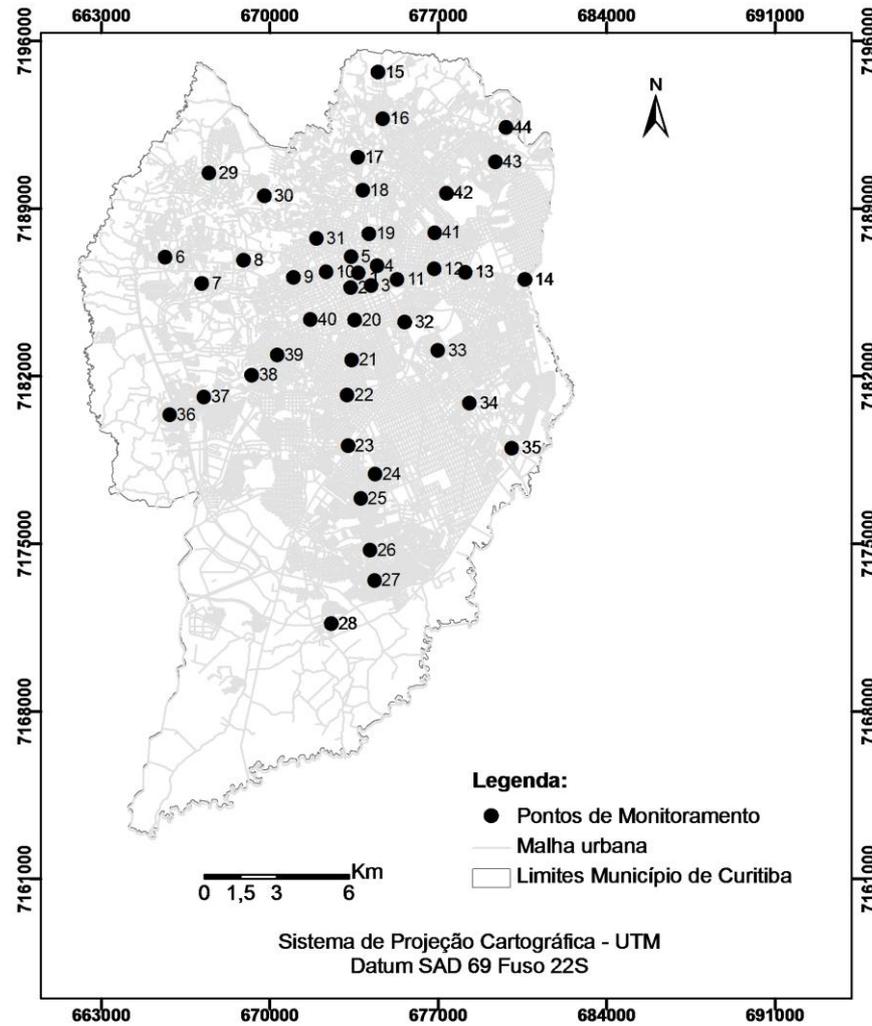


Figura 1: Localização dos pontos de monitoramento meteorológico na área urbana de Curitiba.

Os locais dos pontos de monitoramento, inicialmente distribuídos em um mapa, nos cruzamentos entre ruas, foram definidos em campo de acordo com a presença de sinaleiros e placas de sinalização. Na escolha dos pontos evitou-se estruturas muito próximas a árvores ou obstruções de construções, como prédios e paredes.

Os dados de temperatura do ar foram coletados com registradores modelo Hobo®, marca Onset, previamente aferidos. Em campo os registradores foram colocados em miniabrigos meteorológicos ajustados ao tamanho do sensor, confeccionados com uma seção de tubo de PVC revestida externamente com papel alumínio<sup>11</sup>.

A coleta de dados foi realizada em quatro campanhas, cada uma com duração de 22 dias e em intervalos de 15 minutos, em períodos correspondentes às estações do ano em 2011: verão (07 a 28 de fevereiro), outono (09 a 30 de maio), inverno (04 a 25 de agosto) e primavera (03 a 24 de novembro).

Com os dados coletados, para cada data de monitoramento, foram calculadas as médias e obtidas as máximas e mínimas absolutas. Com os resultados foram calculadas as diferenças térmicas diárias extremas entre os pontos de monitoramento.

As diferenças térmicas encontradas foram comparadas com as condições meteorológicas obtidas das estações meteorológicas oficiais do Instituto SIMEPAR e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no bairro Jardim das Américas nas datas de monitoramento, incluindo: temperatura do ar média (°C), radiação solar máxima (W/m<sup>2</sup>), umidade relativa do ar

média (%), precipitação total acumulada (mm), velocidade do vento (m/s) e nebulosidade (décimos de céu coberto de nuvens no momento da observação).

Considerando a classificação da cobertura de nuvens<sup>13</sup>, as datas de monitoramento foram classificadas em: a) pouca nebulosidade (PN) - 0 a 3/10 partes de céu encoberto; b) nublado parcialmente (NP) - 4 a 6/10 partes de céu encoberto; e c) muita nebulosidade (N) - 7 a 10/10 partes do céu encoberto.

Para detectar a relação entre as diferenças térmicas e as condições meteorológicas nas datas de monitoramento, foi realizada a análise estatística por meio da correlação de Pearson.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todas as datas de monitoramento, nos períodos correspondentes às quatro estações do ano, foram encontradas diferenças térmicas na malha urbana, entre locais com maior densidade de ocupação e calor antropogênico e os bairros periféricos ou residenciais com menor densidade de construção e maior quantidade de áreas permeáveis, concentração de remanescentes florestais ou espaços verdes públicos. Estas diferenças foram acima de 1°C (Figura 2), o que indica a presença de ilhas de calor<sup>14</sup>. Para a temperatura média diária as diferenças térmicas variaram de 1 a 3°C, para a temperatura máxima absoluta diária as diferenças variaram entre 1,2 e 10,1°C e para temperatura mínima absoluta diária, entre 1 e 5,4°C.

Comparando-se as diferenças térmicas (Figura 2) com as condições meteorológicas nas datas de monitoramento (Figuras 3 a 5), verifica-se que para a temperatura média todas as diferenças menores que 1,5°C ocorreram em datas com média de umidade relativa do ar maior do que 90% e céu nublado. As menores intensidades de variação térmica em datas com maior umidade relativa do ar podem ser observadas em todas as estações do ano, principalmente nos seguintes dias: verão - 14 e 15 de fevereiro, outono - 15 e 27 de maio, inverno - 22 e 23 de agosto e primavera - 11 a 15 de novembro. Em outro levantamento de temperatura na cidade de Curitiba, em dois principais eixos estruturantes da circulação viária, os autores observaram alta relação dos valores obtidos com umidade e nebulosidade em períodos de coleta no inverno e verão<sup>15</sup>.

Para a temperatura mínima, as menores diferenças térmicas foram nos dias em que ocorreu precipitação e muita nebulosidade. Os dias chuvosos eliminam o desenvolvimento das ilhas de calor urbano<sup>16</sup>.

A maior diferença térmica para a temperatura média (3°C) foi observada no dia em que ocorreu a menor velocidade do vento e o céu estava parcialmente nublado, para a máxima absoluta (10,1°C) em uma data com umidade relativa de 82,2% e poucas nuvens e para a mínima absoluta (5,4°C) na data de menor umidade relativa do ar (47,7%) e céu com poucas nuvens, sendo todas estas datas sem a ocorrência de precipitação.

De maneira geral, as maiores diferenças térmicas foram encontradas em datas de menor umidade relativa do ar, ausência de precipitação e pouca cobertura de nuvens. Já as menores intensidades de variação térmica foram encontradas nas datas com maior umidade relativa do ar, maior cobertura de nuvens e ocorrência de precipitação.

Os resultados encontrados corroboram com os dados da literatura. Diversos autores citam que a intensidade da ilha de calor é máxima quando o céu está totalmente claro e não há vento e é mínima naquelas situações quando a atmosfera está instável, com vento, nebulosidade ou precipitação<sup>17, 4, 18, 19, 20, 21</sup>. Isto é explicado pelo fato de mais energia solar ser capturada em dias claros e devido os ventos mais brandos removerem o calor de maneira mais vagarosa, fazendo com que a ilha de calor se torne mais intensa<sup>21</sup>. Sob condições de nebulosidade e vento há menor ganho de radiação solar e maior mistura, por isso, as diferenças de temperatura do ar são reduzidas<sup>2</sup>. Nos períodos de maior nebulosidade formam-se barreiras que impedem a perda de calor das ondas longas na atmosfera, que são limitadas ou distorcem a realidade das temperaturas no horário monitorado, homogeneizando-se os contrastes<sup>22</sup>.

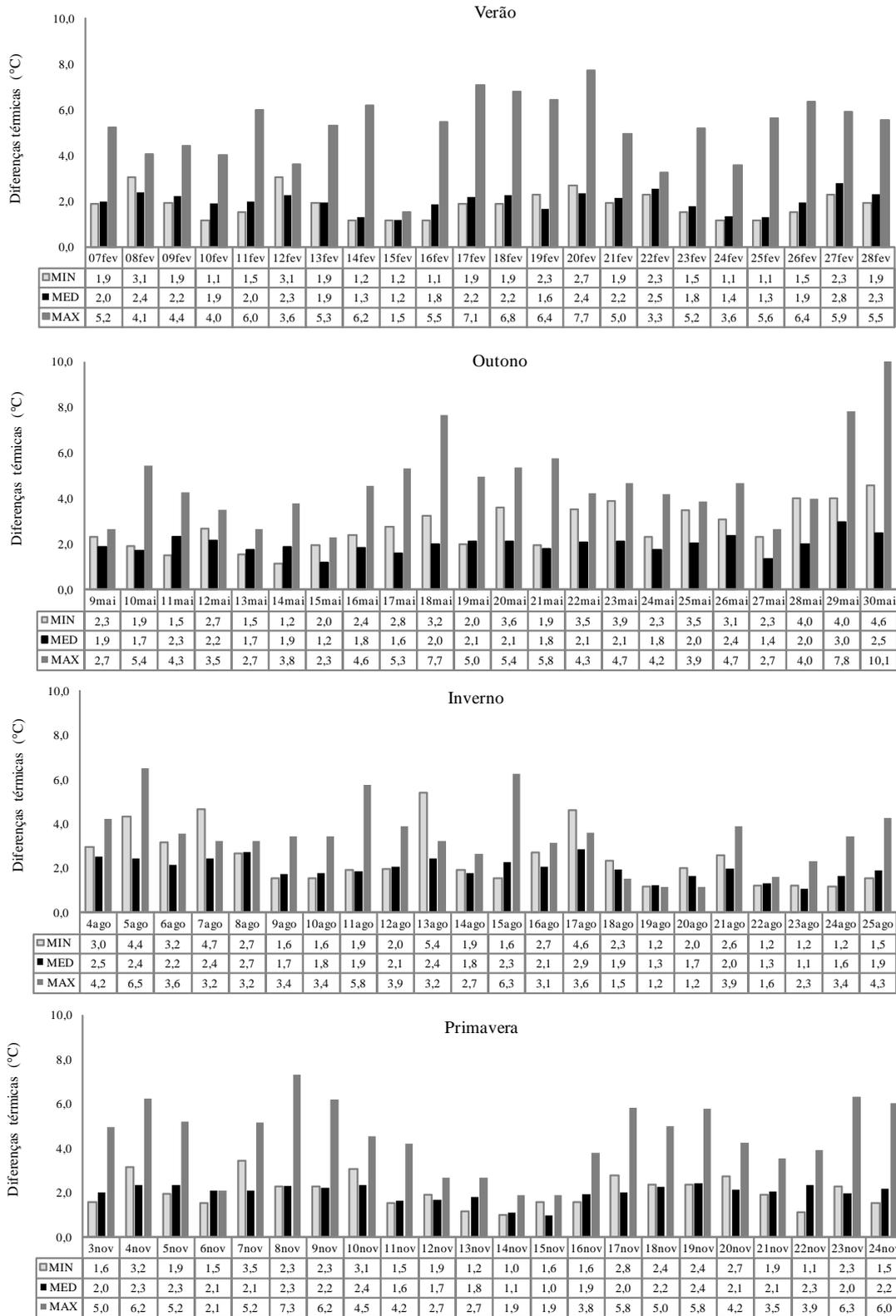


Figura 2: Diferenças diárias térmicas extremas encontradas entre os pontos de monitoramento em períodos correspondentes as estações do ano na cidade de Curitiba.

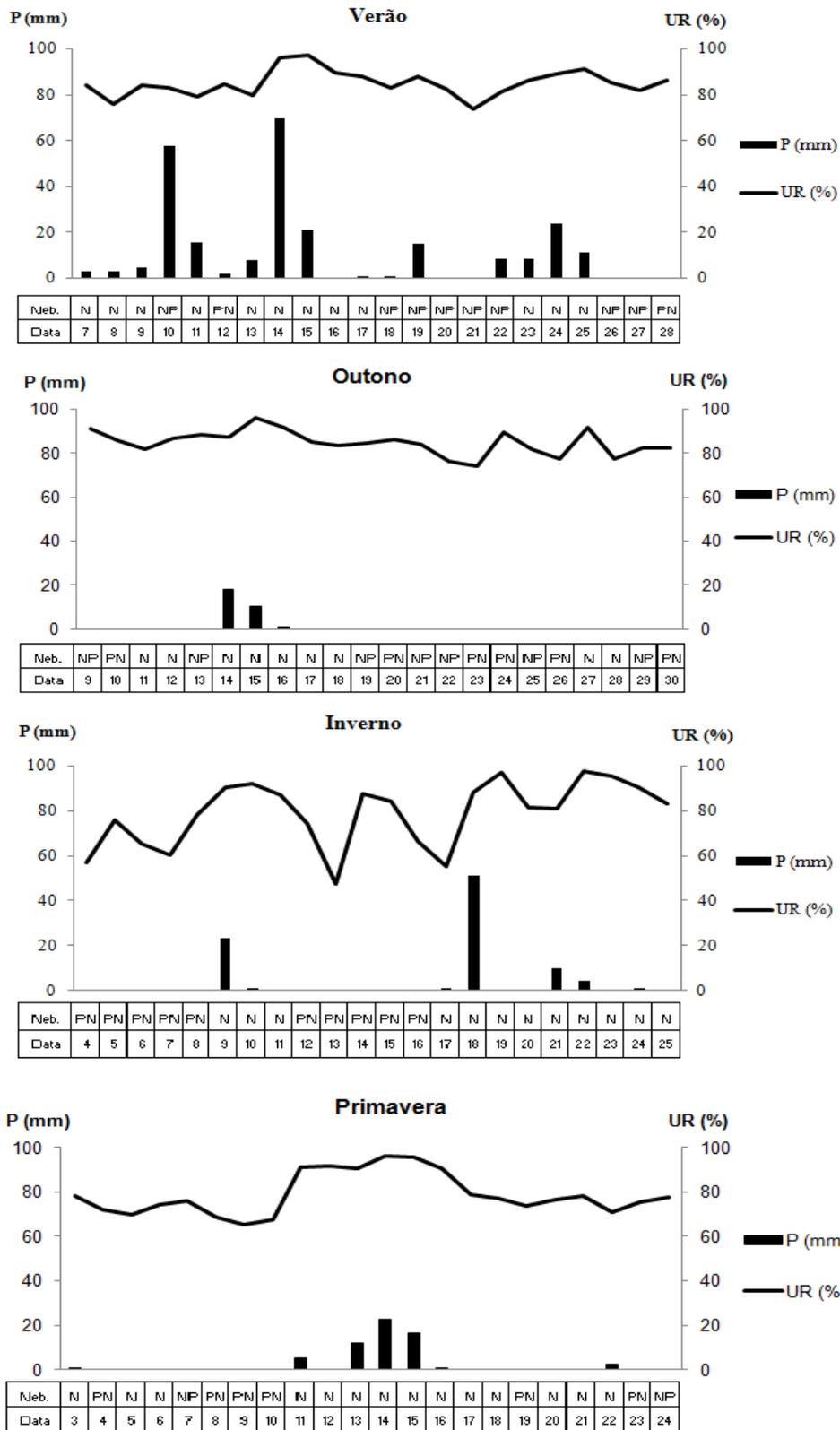


Figura 3: Perfil da umidade relativa do ar média, precipitação e nebulosidade nos períodos de monitoramento na cidade de Curitiba. Legenda: P – precipitação, UR – umidade relativa do ar, Neb. – nebulosidade, PN - pouca nebulosidade, NP - nublado parcialmente e N – muita nebulosidade.

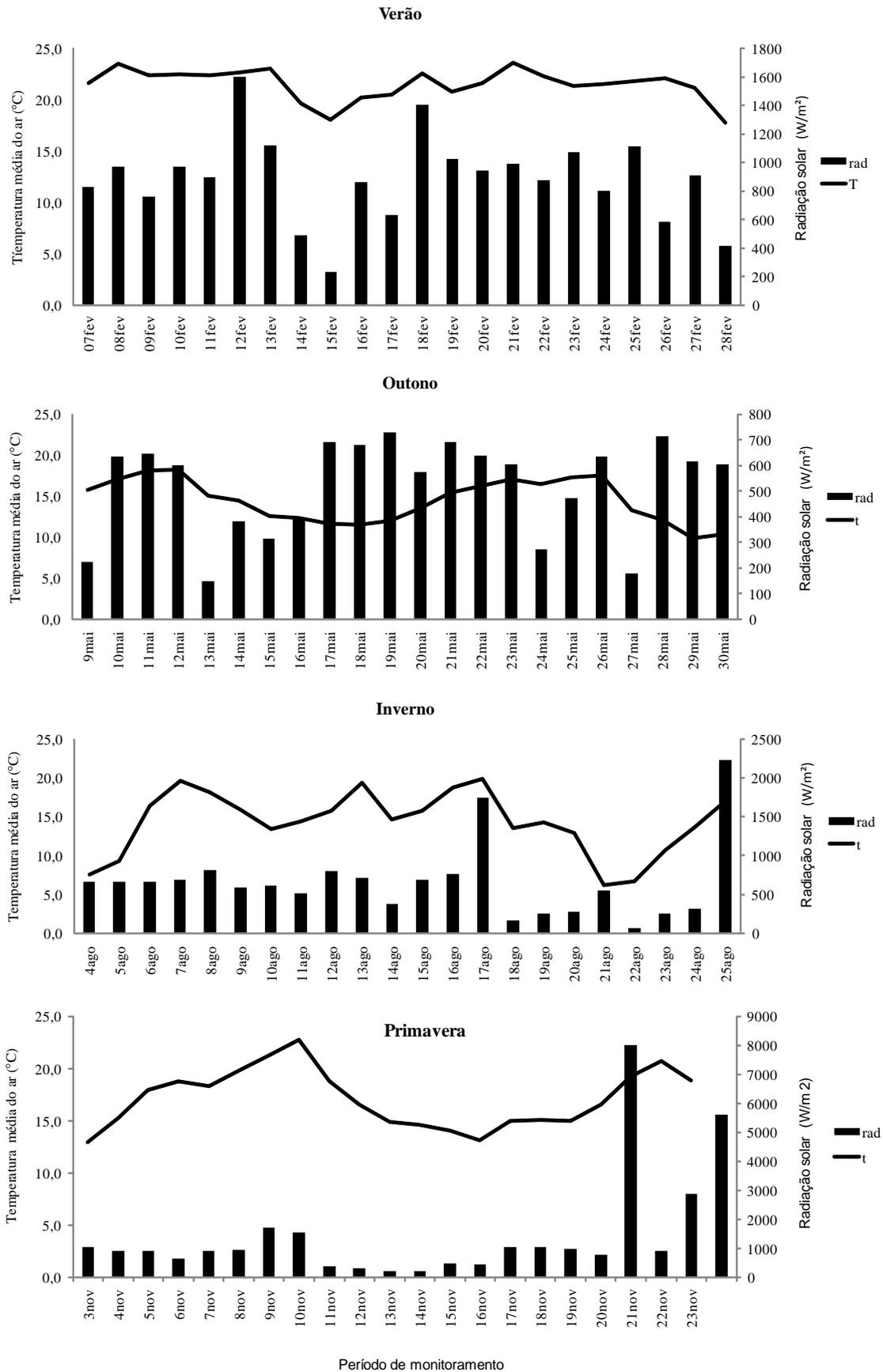


Figura 4: Perfil da temperatura média do ar (°C) e radiação solar máxima (W/m²) nos períodos de monitoramento na cidade de Curitiba.

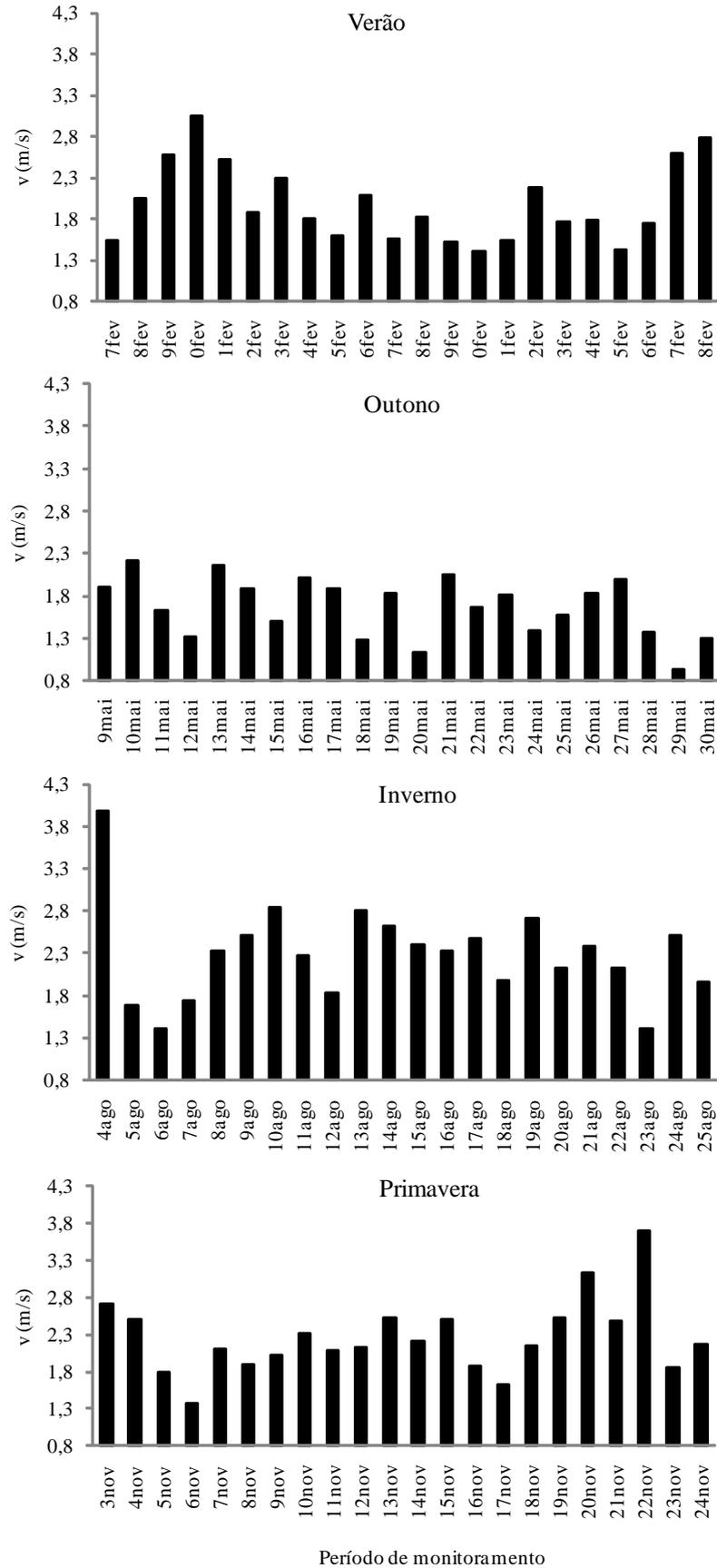


Figura 5: Perfil da velocidade do vento média (m/s) nos períodos de monitoramento na cidade de Curitiba.

As diferenças térmicas ocorreram tanto nas datas com altas temperaturas, principalmente ocorridas no verão, como nas datas de baixas temperaturas, ocorridas no inverno.

Considerando a escala de Beaufort, na maioria das datas de monitoramento, a velocidade do vento foi calma a muito fraca, em geral abaixo de 3 m/s. Isto pode favorecer a ocorrência das diferenças térmicas, que são máximas quando não há vento<sup>4, 18, 19, 21</sup>.

A análise estatística, por meio de correlação, mostrada na Tabela 1, confirma a relação entre as diferentes intensidades de variação térmica com as condições meteorológicas em cada data de monitoramento. Para temperatura média há correlação significativa negativa ( $p < 0,05$ ) entre a intensidade da diferença térmica e a umidade relativa do ar em todas as estações do ano, com forte correlação (acima de 0,7) nos períodos correspondentes ao verão, inverno e primavera.

*Tabela 1: Coeficiente de correlação de Pearson entre a intensidade das diferenças térmicas e as variáveis meteorológicas na cidade de Curitiba.*

Temperatura	Estatística	Umidade relativa do ar média	Nebulosidade	Precipitação	Velocidade do vento	Temperatura média	Radiação solar máxima
Verão							
Média	Corr.	-0,72	-0,48	-0,55	0,38	0,36	0,29
	Signif.	0,0000	0,0214	0,0079	0,0854	0,0101	0,1850
Máxima absoluta	Corr.	-0,13	-0,07	-0,18	-0,20	0,05	0,13
	Signif.	0,5591	0,7678	0,4088	0,3764	0,8147	0,5572
Mínima absoluta	Corr.	-0,54	-0,46	-0,49	-0,04	0,35	0,43
	Signif.	0,0093	0,0322	0,0215	0,8598	0,1085	0,0469
Outono							
Média	Corr.	-0,61	-0,32	-0,28	-0,57	-0,07	0,50
	Signif.	0,0026	0,1486	0,2019	0,0051	0,7647	0,0187
Máxima absoluta	Corr.	-0,38	-0,32	-0,26	-0,45	-0,49	0,57
	Signif.	0,0777	0,1432	0,2470	0,0365	0,0198	0,0052
Mínima absoluta	Corr.	-0,58	-0,29	-0,41	-0,62	-0,32	0,41
	Signif.	0,0049	0,1849	0,0564	0,0023	0,1558	0,0552
Inverno							
Média	Corr.	-0,81	-0,59	-0,13	0,19	0,42	0,52
	Signif.	0,00	0,0038	0,5512	0,3916	0,0511	0,0127
Máxima absoluta	Corr.	-0,23	-0,36	-0,29	0,03	0,01	0,38
	Signif.	0,2934	0,1005	0,1902	0,9015	0,9508	0,0806
Mínima absoluta	Corr.	-0,87	-0,50	-0,11	0,01	0,35	0,29
	Signif.	0,0000	0,0166	0,6248	0,978	0,1077	0,1856
Primavera							
Média	Corr.	-0,89	-0,48	-0,84	0,05	0,46	0,25
	Signif.	0,0000	0,0225	0,0000	0,8274	0,0329	0,2620
Máxima absoluta	Corr.	-0,69	-0,69	-0,62	-0,14	0,27	0,18
	Signif.	0,0004	0,0004	0,0019	0,5197	0,2181	0,4011
Mínima absoluta	Corr.	-0,52	-0,56	-0,52	-0,15	0,16	-0,003
	Signif.	0,0136	0,0071	0,0122	0,5053	0,4740	0,9903

Também para as diferenças térmicas de temperatura média foi verificada correlação significativa negativa entre as diferenças térmicas e a nebulosidade nos períodos correspondentes ao verão, inverno e primavera, com a precipitação no verão e primavera, com a temperatura média no verão e primavera e com a velocidade do vento no outono (Tabela 1).

Para as diferenças térmicas de temperatura máxima absoluta foi encontrada correlação negativa significativa com as variáveis umidade relativa do ar no outono e primavera, velocidade do vento e temperatura média no outono e com nebulosidade e precipitação na primavera, além de correlação significativa positiva com a radiação solar máxima no outono e inverno (Tabela 1).

Ainda na Tabela 1, verifica-se que para as diferenças térmicas de temperatura mínima foi encontrada correlação significativa negativa com a umidade relativa em todas as estações do ano. E em relação às outras variáveis meteorológicas, com a nebulosidade ocorreu no verão, inverno e primavera e com a precipitação no verão, outono e primavera. Para a velocidade do vento foi verificada relação apenas no outono.

Em pesquisa realizada na cidade de Aveiro, Portugal, também foi verificada correlação significativa negativa entre a intensidade da ilha de calor e a cobertura de nuvens e a velocidade do vento<sup>4</sup>.

Na Tabela 1 é mostrado que somente no período correspondente ao outono foi encontrada relação entre as diferenças térmicas e a velocidade do vento, período em que ocorreram datas com menor velocidade dos ventos. As diferenças térmicas tendem a ser independentes da velocidade do vento, embora as mais altas temperaturas geralmente ocorram em ocasiões de calmarias<sup>23</sup>.

A relação entre a intensidade das diferenças térmicas e as temperaturas nas datas de monitoramento só foi verificada nos períodos correspondentes ao verão e à primavera, estações mais quentes do ano.

Os resultados mostraram a relação entre as diferenças térmicas e as condições meteorológicas, porém não é uma relação perfeita. A ilha de calor urbano é um fenômeno complexo. Em grande parte isso se deve à natureza complicada das áreas urbanas e padrões de condições meteorológicas, e também a maneira com que estes fatores interagem. Fatores que aumentam a intensidade da ilha de calor geram altas temperaturas de superfície. Essas temperaturas, por sua vez, geram o calor perdido das superfícies e podem também estimular as brisas nas cidades, e ambos tendem a diminuir a intensidade das ilhas de calor<sup>21</sup>.

#### 4. CONCLUSÃO

As diferenças térmicas encontradas em todas as datas de monitoramento confirmaram a ocorrência de ilhas de calor urbano na cidade de Curitiba. Estas diferenças térmicas têm relação com as condições meteorológicas nos períodos de observação, principalmente a umidade relativa do ar e a nebulosidade.

#### 5. AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná pelo financiamento dessa pesquisa e à Urbanização de Curitiba S.A. - URBS pela permissão da instalação dos miniabrigos meteorológicos nas estruturas urbanas.

- 
1. Kleerekoper L., Van Esch M., Salcedo T.B. How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 64, p. 30–38, 2012.
  2. Grimmond S. Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. *The Royal Geographical Society*, London, p. 83-88, 2007.
  3. Weng Q., Larson R.C. Satellite remote sensing of urban heat islands: current practice and prospects. In: Jensen R.R., Gatrell J.D., McLean D.D. *Geo-spatial Technologies in Urban Environments*. New York: Springer, 2005. p. 91-111.
  4. Pinho O.S., Orgaz M.D.M. The urban heat island in a small city in coastal Portugal. *Int. J. Biometeorol.*, Milwaukee, v. 44, p. 198–203, 2000.
  5. Santamouris M., Paraponiaris K., Mihalakakou G. Estimating the ecological footprint of the heat island effect over Athens, Greece. *Climatic Change*, v. 80, p. 265–276, 2007.
  6. Arnfield A.J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *Int. J. Climatol.*, Malden, v. 23, p. 1–26, 2003.
  7. 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.
  8. 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.
9. Mendonça F.A. *Clima e criminalidade: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência de criminalidade urbana*. Curitiba: UFPR, 2001.
  10. Mendonça F.A., Danni-Oliveira I.M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. v. 1. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.
  11. 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.
  12. 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.
  13. Wollmann C.A., Sartori M.G.B. *Variação mensal e sazonal da nebulosidade em Santa Maria, Rio Grande Do Sul, no período de 1969 a 2005*. *Revista Geografar*, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 32-44, 2010.
  14. Yow D.M., Carbone G.J. *The urban heat island and local temperature variations in Orlando, Florida*. *Southeastern Geographer*, Athens, v. 46, n. 2, p. 297–321, 2006.
  15. Schmitz L.K., Mendonça F. *Reestruturação urbana e conforto térmico: cenários de modelização em Curitiba - PR após a copa de 2014*. *Revista Brasileira de Climatologia*, São Paulo, n. 7, v. 8, p. 61-81, 2011.
  16. Szegedi S., Kircsi A. *Effects of the synoptic conditions on the development of the urban heat island in Debrecen, Hungary*. *Acta Climatologica et Chorologica*, Szeged, v. 36-37, p. 111-120, 2003.
  17. Montavez, J.P.; Rodriguez, A.; Jimenez, J.I. *A study of the urban heat island of Granada*. *Int. J. Climatol.*, v. 20, p. 899–911, 2000.
  18. Runnals K.E., Oke T.R. *Dynamics and control of the near-surface heat island of Vancouver, British Columbia*. *Physical Geography*, Birmingham, v. 21, n. 4, p. 283–304, 2000.
  19. Kim Y., Baik J. *Daily maximum urban heat island intensity in large cities of Korea*. *Theoretical and Applied Climatology*, Viena, v. 79, p. 151–164, 2004.
  20. Kim Y., Baik J. *Spatial and temporal structure of the urban heat island in Seoul*. *J. Appl. Meteorol*, Boston, v. 44, p. 591–605, 2005.
  21. Gartland L. *Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 223 p.
  22. Pertschi S.C. *Aspectos do campo térmico da área urbana de São José dos Pinhais/PR: situação de verão*. 172 f. *Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005*.
  23. Svensson M.K., Eliasson I. *Diurnal air temperatures in built-up areas in relation to urban planning*. *Landscape and Urban Planning*, Amsterdam, v. 61, p. 37-54, 2002.