

## **Espacialização da Ilha de Calor do Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba (AU-RMC) em agosto de 2006 a partir de termografia de superfície**

Jacqueline de Souza Lemos <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná – Centro Politécnico  
Curitiba – PR, Brasil  
jacque-lemos@bol.com.br

**Abstract.** The transformation of the natural environment by man in an urbanized environment produces interactions between the built space with and atmosphere changing climatic characteristics of the region and producing a specific climate - the urban climate. Between climate changes resulting from urbanization is the most significant climatic phenomenon of Heat Island, whose formation is the direct result of anthropogenic changes in the creation of urban space, is directly related to the morphology of urban centers and consists in the increase of surface temperature. By means of infrared thermography surface, which is the evaluation of soil temperature through remote sensing, from the values of gray levels of an image captured in wavelength thermal infrared gives the value of surface temperature in a given region, it is possible to investigate the formation of Heat Island, as well as analyze their spatial relationship and with the use and occupation. Analysis of Heat Island of urban sprawl in the metropolitan region of Curitiba (AU-RMC), aiming to identify the spaciousness, calculate the area and assess the intensity of Heat Island of the AU-RMC in August 2006 through geoprocessing from their identification by surface thermography, showed that the region shows the formation of Heat Island intensity of which varies up to 6°C compared with temperatures in the regions and undeveloped stretches over an area of approximately 469, 56 kilometers squared.

**Palavras chave:** geoprocessing, remote sensing, thermal comfort, urban, climate, geoprocessamento, sensoriamento remoto, conforto térmico, clima urbano.

## 1 Introdução

A criação de condições climáticas distintas entre as áreas urbanas e não urbanas, o clima urbano, é consequência de modificações importantes nas propriedades físico-químicas da atmosfera, através de alterações nos balanços de energia, térmico e hídrico, provocando alterações na temperatura, umidade do ar e comportamento dos ventos, pelas reações que as propriedades morfológicas da cidade e as atividades antrópicas que a urbanização acarreta (Mendonça, 2003). O clima urbano é resultante da interferência de inúmeros fatores, áreas construídas, pavimentação asfáltica, concentração de parques industriais, adensamento populacional e suas atividades, que se processam sobre a camada de limite urbano e agem no sentido de alterar o clima em escala local (Brandão, 2003).

Entre as alterações climáticas mais significativas decorrentes da urbanização se encontra o fenômeno climático Ilha de Calor (IC), sua formação depende da existência de fatores, tais como: grandes áreas urbanizadas sem planejamento ambiental, característica mineralógica dos materiais da superfície urbanizada com alta capacidade de reter a radiação solar, ausência de superfície hídrica exposta, escassez de vegetação no ambiente urbano, alta concentração de poluentes atmosféricos, entre outros (Amorim, *et. al.* 2002). O incremento da temperatura nos centros urbanos determina um menor ou maior grau de o conforto térmico aos habitantes. Em função da taxa de calor retido na superfície durante o dia e liberado para a atmosfera à noite, pode não ocorrer o resfriamento da mesma, impedindo a redução das atividades metabólicas do indivíduo, gerando um estresse térmico que atrapalha o descanso.

A busca por monitorar, identificar processos condicionantes à formação e a compreensão dos fatores que intervêm no clima urbano, como também dos fenômenos climáticos a ele relacionados, tem sido ampla e empregando as mais variadas técnicas de pesquisa. A análise do clima, por meio de termografia de superfície possibilita um maior grau de detalhamento e uma visão espacial das temperaturas de superfície de uma determinada região com o seu entorno. Permite identificar a formação das Ilhas de Calor, assim como investigar suas características espaciais e relação com o uso e ocupação do solo.

Mesmo com todos os planos de urbanização que foram desenvolvidos para Curitiba ao longo do seu desenvolvimento urbano (Danni-Oliveira, 2000) e apesar de manter um dos melhores índices de áreas verdes do país: aproximadamente 82 milhões de metros quadrados, (Curitiba, 2009), a cidade apresenta condições favoráveis à produção de um clima próprio, diferente do clima das regiões menos urbanizadas do entorno, pois muitos dos fatores condicionantes à mudança do clima local não foram considerados ao longo do seu desenvolvimento.

A partir de estudos climáticos por termografia de superfície, Mendonça e Dubreuil (2005) identificaram a formação de Ilhas de Calor na Região Metropolitana de Curitiba (RMC). Mostrando que a aglomeração urbana como um todo se destaca por formar uma mancha continua mais quente que o entorno menos denso e com característica rural. Dumke (2007) também observou ocorrência de Ilhas de Calor no Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba (AU-RMC) ao avaliar a relação clima urbano, conforto térmico e condições de vida na cidade.

Considerando a existência de Ilha de Calor na RMC, objetivou-se estudar a espacialidade, calcular a área e avaliar a intensidade da Ilha de Calor do AU-RMC em agosto de 2006, cuja área total de 751,53km<sup>2</sup> possui 571,78km<sup>2</sup> de área urbanizada, através de geoprocessamento a partir de sua identificação por termografia de superfície.

## 2 Metodologia

No desenvolvimento desta pesquisa foi utilizado dados de temperatura de superfície, para obtenção destes foi utilizada uma imagem do canal infravermelho termal (banda 6) do sensor *Thematic Mapper* do satélite LANDSAT 5, órbita ponto 220/78, tomada em 20 de agosto de

2006, às 13:04:49 horas no *Greenwich Mean Time* 10:04:49 horas no Brasil, cedida pelo INPE. Os níveis de cinza foram transformados em valores de temperatura, com metodologia semelhante à descrita por Cunha *et. al.* (2009), utilizados na pesquisa de Dumke (2007) e nesta pesquisa. Para avaliar a influência da urbanização na temperatura da superfície foi utilizado um *shapefile*, proveniente do IPARDES (2004) com dados espaciais da área urbanizada do Paraná e ortofotos da bacia do Alto Iguaçu na escala de 1:10.000 disponibilizadas pela SUDERHSA (2000).

O AU – RMC foi delimitado a partir do *shapefile* de área urbanizada do Paraná, extraindo deste as áreas da RMC que apresenta maior integração na dinâmica metropolitana e que se sobrepunha à imagem termal. Sobre a região delimitada foi aplicada uma generalização, para a área de estudo contemplar elementos da urbanização como: parques, aterro sanitário, entre outras.

A imagem foi georeferenciada e realizou-se a classificação da região em três zonas termais: Zona de Temperatura Baixa (ZMB), Zona de Temperatura Média (ZTM) e Zona de Temperatura Alta (ZTA). Estimou-se a área de cada zona e a intensidade da IC.

Para definir a temperatura máxima da Zona de Temperatura Baixa, partiu-se da análise da temperatura média do bairro da Lamenha Pequena, localizado ao norte do AU-RMC que apresenta o menor índice de urbanização de Curitiba, da região sul de Almirante Tamandaré e do centro-oeste de Colombo, onde apresenta ausência de áreas urbanizadas. Com base no estudo de Ilha de Calor e Segregação Espacial (Andrade *et. al.*, 2009) foi definido uma variação de 3°C para delimitar a diferença de temperatura entre a Zona de Baixa Temperatura e a Zona de Alta Temperatura.

De modo a identificar melhor as estruturas do AU-RMC que interagem com a atmosfera no processo de incremento da temperatura, foram selecionados seis pontos na imagem termal entre os maiores valores de temperatura de superfície e relacionados com as Ortofotos por meio de suas localizações geográficas.

O tratamento dos dados foi realizado através de Sistema de Informação Geográfica, com o *software* ArcGis 9.3, o qual permitiu no processo de dimensionamento da Ilha de Calor, análise da variabilidade térmica entre o núcleo da Ilha de Calor e suas porções periféricas.

### 3 Resultados e Discussão

O AU-RMC abrange os municípios de Almirante Tamandaré, Araucária, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Colombo, Curitiba, Fazenda Rio Grande, Mandirituba, Pinhais, Piraquara, Quatro Barras e São José dos Pinhais, não na totalidade de suas áreas, exceto Curitiba, ver Figura 1. Na região predomina o clima subtropical úmido com inverno frio, a precipitação média varia de 1.501 a 1.750 mm. A temperatura média varia entre 18,1 - 20 °C, a média das temperaturas máximas varia entre 24,1 a 26°C e a média das temperaturas mínimas varia entre 12,1 a 14°C (Danni-Oliveira e Mendonça, 2007).

Em agosto de 2006 o AU - RMC apresentou características divergentes das séries históricas do período, em função das variações dos elementos climáticos que vinham ocorrendo no ano.

O período do imageamento, final de inverno - característico de baixa temperatura, umidade relativa do ar e precipitação, apresentava bruscas variações dos elementos do clima. A variação da temperatura do ar em Curitiba foi de 30,3°C a 1,9°C (SIMEPAR, 2007), para um intervalo de nove dias, e ocorreram as menores precipitações para o período de janeiro a setembro, aproximadamente 27 mm. No dia 20 de agosto de 2006 as 10 horas a temperatura do ar foi de 12,4°C, a umidade relativa do ar de 63,5%, a velocidade dos ventos de 3,1 m/s, pressão atmosférica de 912,9hPa, radiação de 392 W/m<sup>2</sup> e sem precipitação (Dumke, 2007).

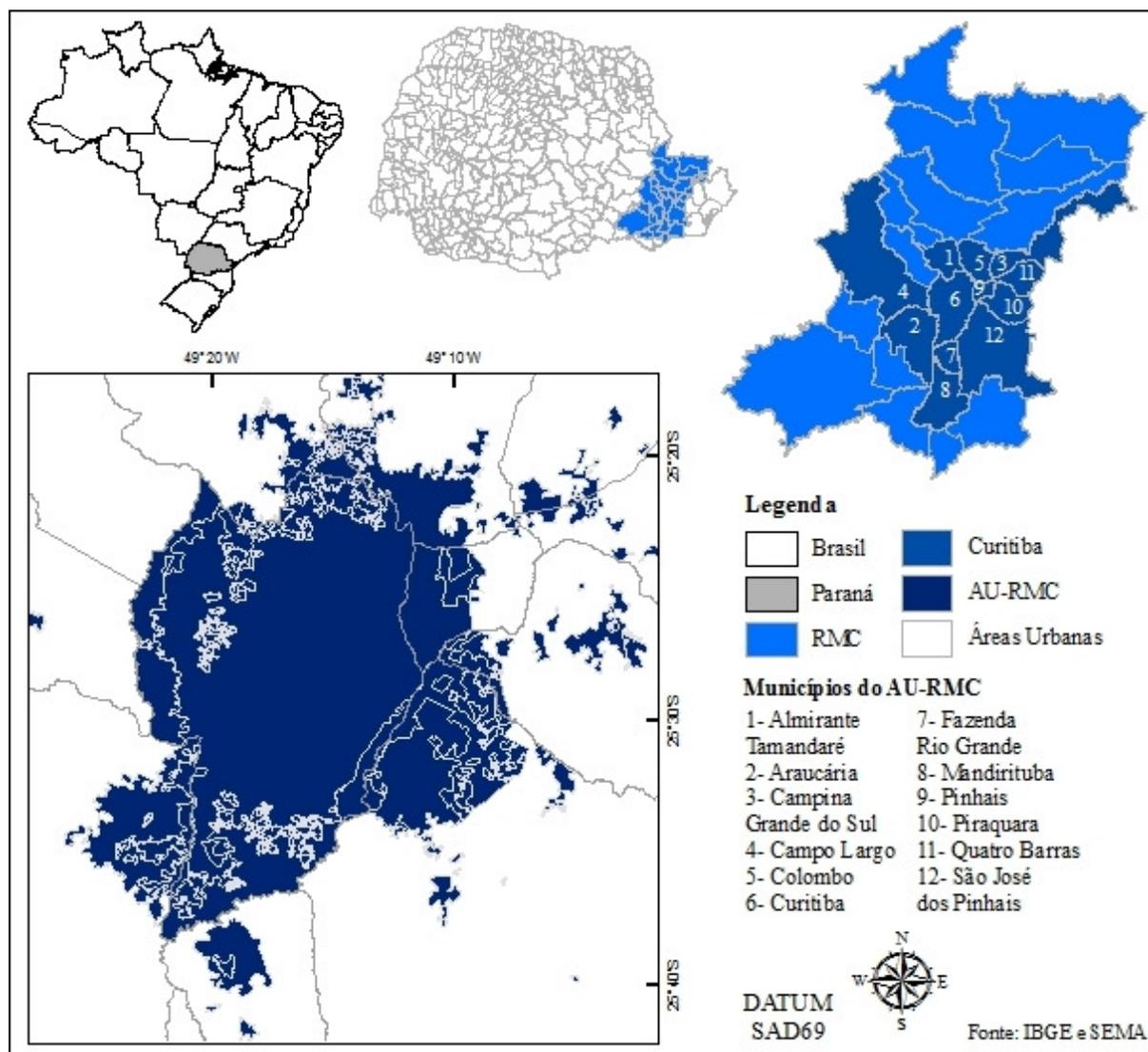


Figura 1 – Localização do AU – RMC.

A Figura 2A mostra a imagem com dados de temperatura de superfície que varia de 8°C até 26°C, é possível visualizar a espacialidade da temperatura na região de estudo e das circunvizinhas que não foram contempladas na pesquisa, destacando o contraste da variação de temperatura das áreas urbanizadas em relação às intraurbanas.

As três zonas termiais, classificadas com base na variação de temperatura da região, são apresentadas na Tabela 1 com o valor das respectivas áreas. A ZTA, identificada como a Ilha de Calor do AU-RMC, apresentou variações de temperatura entre 17° e 26°C, sua área calculada em aproximadamente 469,56km<sup>2</sup> corresponde a 62,5% do AU-RMC (ver Figura 2B). A intensidade da IC varia na ordem de 2°C em relação à ZTM, (Figura 2C), e na ordem de 6°C em relação à ZTB (Figura 2D). A ZTM com área de 219,35km<sup>2</sup>, apresentou variação de temperatura na ordem de 15 a 16°C, com intensidade de 2°C quando comparada a ZTB, esta identificada como Ilha de Frescor apresentou temperaturas variando de 8 a 14°C e possui área de aproximadamente 62,6256km<sup>2</sup>.

**Tabela 1 – Classificação das zonas termiais e cálculo da área física**

Temperatura (°C)	Zona Termial	Área (km <sup>2</sup> )
0 – 14	Zona de Temperatura Baixa (ZTB)	62,6172
15 – 16	Zona de Temperatura Média (ZTM)	219,3504
17 – 26	Zona de Temperatura Alta (ZTA)	469,5587

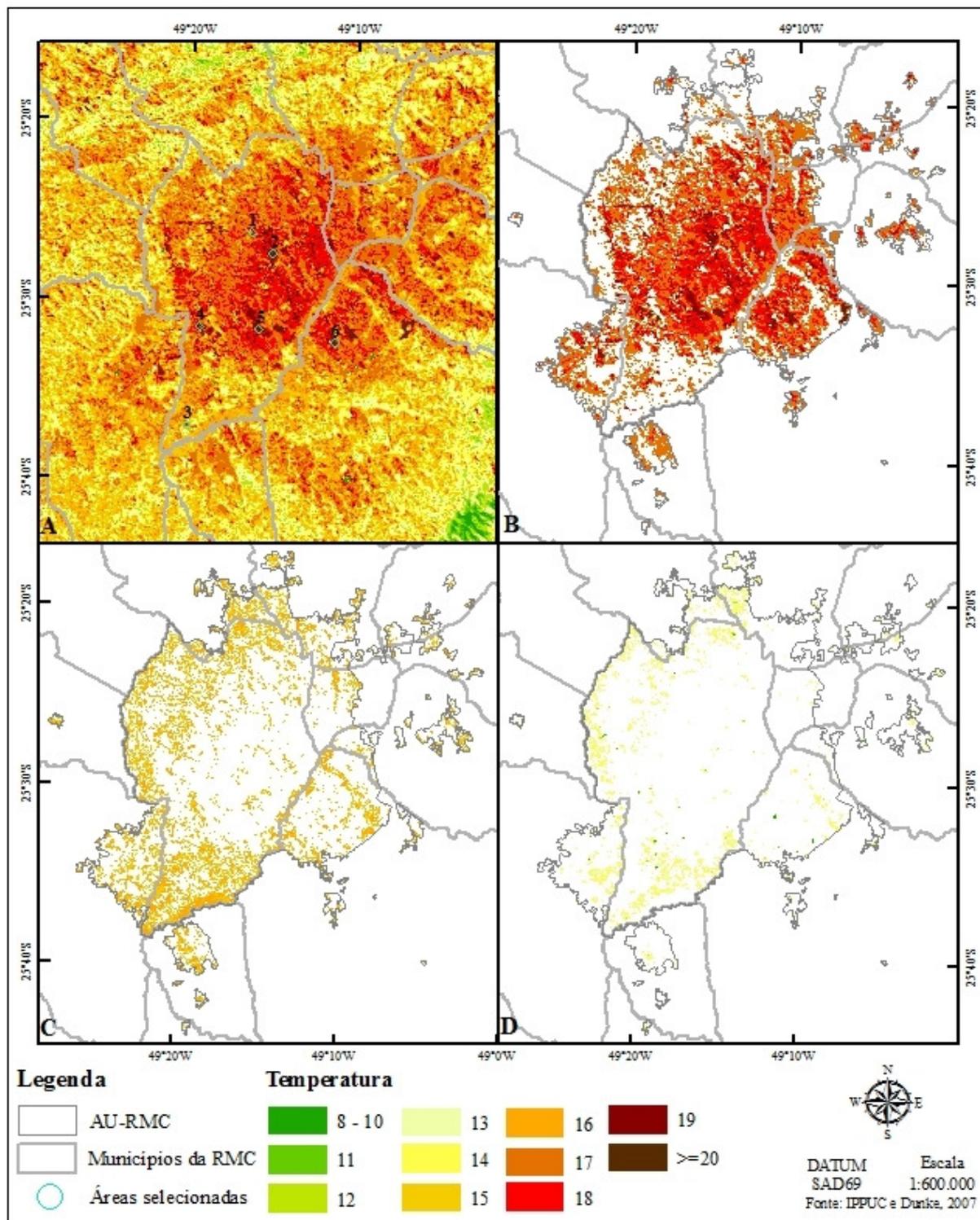


Figura 2 – A- Temperatura de superfície e áreas selecionadas; B- ZTA e áreas urbanizadas; C- ZTM; D- ZTB.

Pode ser observado na Figura 2B a IC como uma mancha contínua sobre os municípios de Colombo, Curitiba, Pinhais, Piraquara e São José dos Pinhais, dividida entre os municípios de Curitiba e São José dos Pinhais, São José dos Pinhais e Piraquara, devido a presença de corpos hídricos confirmando a importância das superfícies hídricas como termorreguladores. Os demais municípios do AU-RMC apresentam também IC com intensidade de temperatura variando entre 17 e 18°C e de forma mais isolada. A IC das áreas urbanizadas do AU-RMC

apresenta dimensão igual a 414,68km<sup>2</sup>, equivalente a 72,52% das áreas urbanizadas (Figura 3), percebe-se assim a relação direta das áreas urbanas no processo de incremento da temperatura.

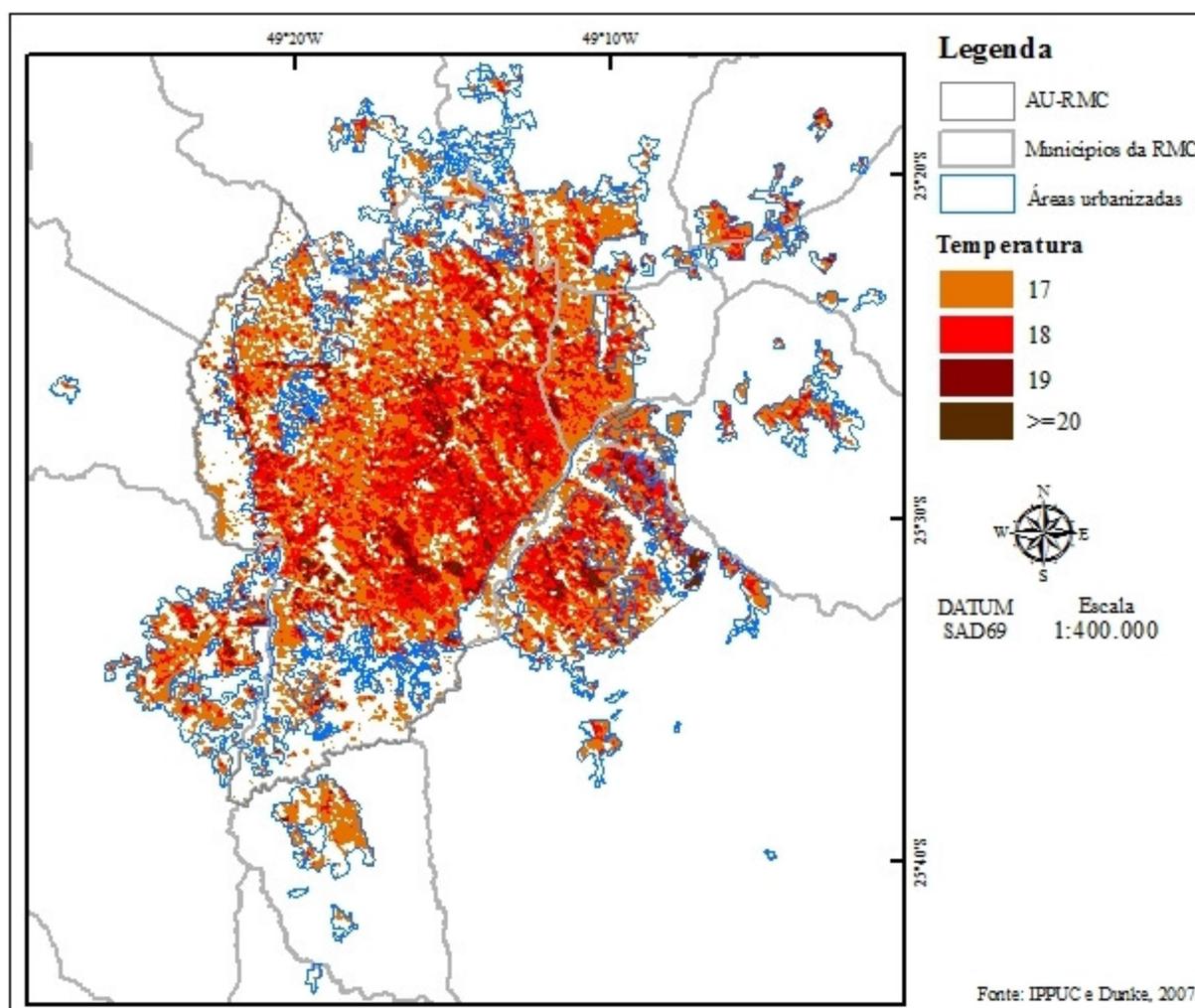


Figura 3 – Ilha de Calor e áreas urbanizadas.

A partir das áreas selecionadas na ZTA (ver Figura 2A) foram identificadas as variações de temperatura para cada ponto e para o entorno próximo, conforme apresenta a Tabela 2. As seis áreas apresentam temperatura média de superfície variando entre 17 a 19°C e todas elas são estruturas características dos centros urbanizados, como rodovias, áreas densamente ocupadas e outras (ver Figura 4).

**Tabela 2 – Temperatura média das áreas urbanas selecionadas e entorno próximo**

Nº	Área	Temperatura Núcleo (°C)	Temperatura Entorno (°C)
1	Centro de Curitiba	18	17
2	Bairro do Prado Velho	19	18
3	Aterro Sanitário Municipal de Curitiba	17	15
4	Cidade Industrial de Curitiba	19	18
5	Bairro do Sitio Cercado	19	18
6	São José dos Pinhais – BR 376	19	18

A intensidade da temperatura varia, em geral, na ordem de 1°C, exceto o ponto do aterro municipal que tem maior amplitude térmica, variando em torno de 2°C, fato que se dá devido

ao aterro se encontrar ao lado de uma extensa área de vegetação e em região pouco urbanizada, fato que confirma a relação entre as estruturas e elementos da urbanização com o processo de incremento da temperatura de superfície.

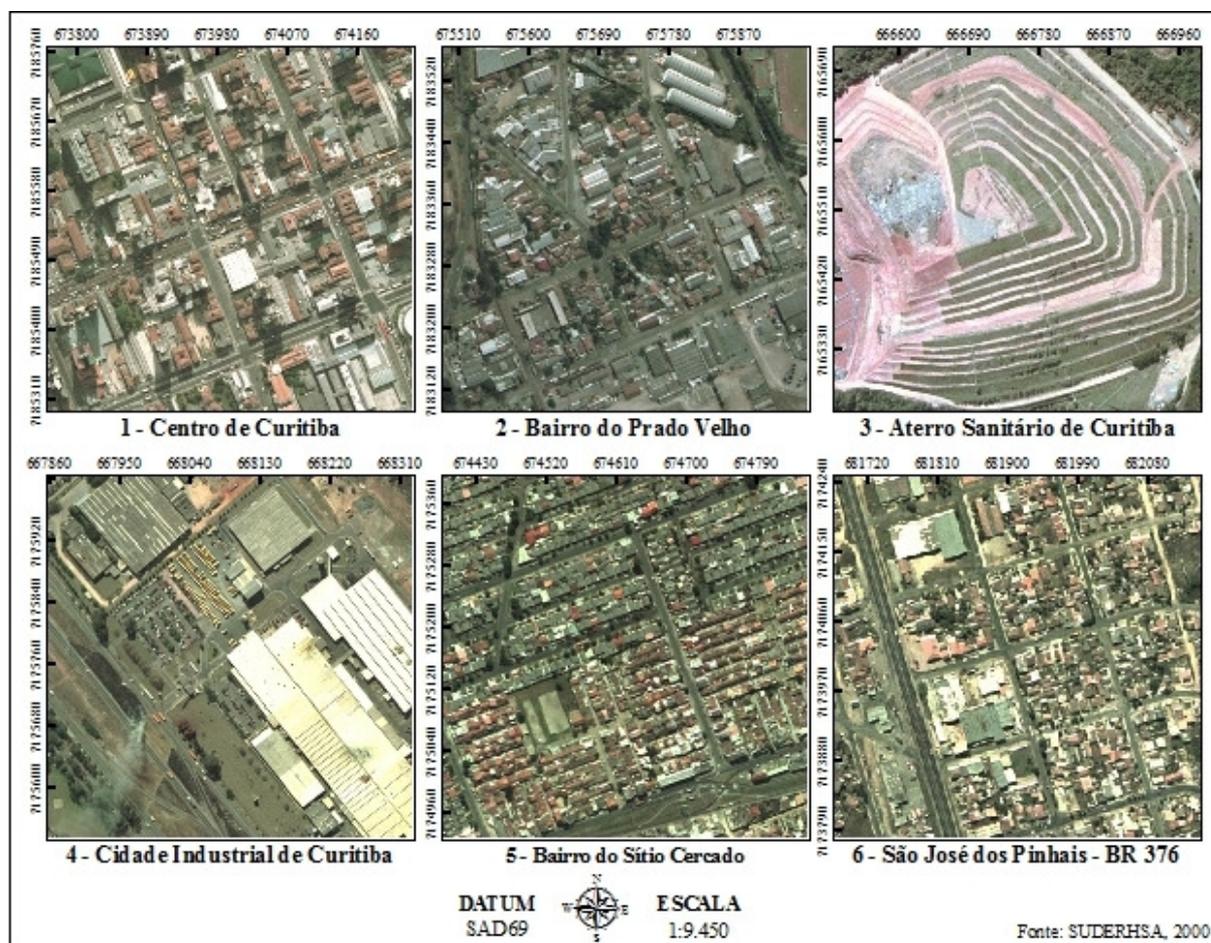


Figura 4 – Estruturas das áreas selecionadas na ZTA.

#### 4 Conclusões

O processo de formação do fenômeno Ilha de Calor está diretamente ligado à morfologia dos centros urbanos, ou seja, é decorrente da forma e características das estruturas que compõem a cidade, pois estas possibilitam a retenção da radiação solar nos centros urbanos, assim como diminuem a velocidade do vento, dificultam a dispersão da poluição e não retém umidade.

O AU – RMC, no dia 20 de agosto de 2006, apresentou a existência de uma IC com área de aproximadamente 469,56 quilômetros quadrados, distribuída por todos os municípios integrantes da região e de forma mais homogênea sobre os municípios de Colombo, Curitiba, Pinhais, Piraquara, Quatro Barras e São José dos Pinhais, onde se verifica uma extensa área urbanizada, intenso uso do solo e atividades, quando comparada a dos outros municípios.

Ao analisar as seis áreas selecionadas na Zona de Temperatura Alta, foi possível observar que bairros mais densamente habitados, áreas industriais, vias estruturais e aterros sanitários, participam do incremento da temperatura nos centros urbanos.

#### Referências

Amorim, M. C. C. T.; Tommaselli, J.T.G.; Vicente, A. K. Conforto Térmico em Presidente Prudente – SP, *in*: Neto, J. L. S.. **Os Climas das Cidades Brasileiras**. 1º ed. Presidente Prudente: UNESP, 2002.

Andrade, L. L.; Costa, S. M. F.; Castro, R. M.; Moreira, R. C.. Ilha de Calor e Segregação Espacial: estudo de caso - sítio da Macrozona Sul do município de São José dos Campos/SP, *in: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal: INPE, 2009, p 1063-1070. On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em <<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/banon/2003/12.10.19.30.54/>>. Acesso em: 25 ago. 2009.

Brandão, A. M.P. M. O Clima Urbano da Cidade do Rio de Janeiro, *in: Monteiro, C. A. F.; Mendonça, F.. Clima Urbano*. 1º Ed. São Paulo: Contexto, 2003. p 121-154

Cunha, J. E. B. L.; Rufino, I. A. A.; Ideião, S. M. A.. Determinação da Temperatura de Superfície na Cidade de Campina Grande-PB a Partir de Imagens de LANDSAT 5 – TM, *in: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal: INPE, 2009, p 5717-5724. On-line. ISBN 978-85-17-00044-7 Disponível em: <<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2009/03.02.18.19/>>. Acesso em: 2 out. 2009.

**Curitiba, Prefeitura.** Meio Ambiente. Disponível em:< <http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/perfil-da-cidade-de-curitiba/174>>. Acesso em: 04 jun. 2009.

Danni-Oliveira, I. M. Considerações Sobre a Poluição do Ar em Curitiba-PR Face a Seus Aspectos de Urbanização, *in: RA’EGA – O Espaço Geográfico em Análise*, nº 4, ano IV, Curitiba, 2000. p 101-110.

Danni-Oliveira, I. M.; Mendonça, F.. **Climatologia: Noções Básicas e Climas do Brasil**. 1º ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

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)**. 418 p. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

Mendonça, F.. Estudo do Clima Urbano no Brasil: Evolução, tendência e alguns desafios, *in: Monteiro, C.A. F.; Mendonça, F.. Clima Urbano*. 1ºed. São Paulo: Contexto, 2003. p 175-193

Mendonça, F.; Dubreuil, V.. Termografia de Superfície e Temperatura do Ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba/PR), *in: RA’EGA – O Espaço Geográfico em Análise*, nº 9, ano IX, Curitiba, 2005. p 25-35.