

Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno

Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim*

Resumo

Presidente Prudente localiza-se à 22° 07' 04" de latitude Sul e 51° 22' 57" de longitude Oeste, no estado de São Paulo – Brasil e possui população aproximada de 200000 habitantes. A pesquisa teve como objetivo analisar a intensidade e a forma da ilha de calor em Presidente Prudente/SP. A metodologia para a coleta de temperatura consistiu na definição de dois transectos, com medidas móveis, utilizando-se de termômetros digitais, com os sensores presos a uma haste de madeira com 1,5m de comprimento, acoplados na lateral de dois veículos, totalizando 120 pontos de coletas de temperatura do ar. As medições foram efetuadas em julho de 2002 entre 20:00h e 20:45h. Os resultados possibilitaram identificar ilhas de calor de alta magnitude, com intensidade máxima de 9,6°C. As variações espaciais ocorreram de acordo com os tipos de ocupação do solo e características de relevo.

Palavras-chave: Clima urbano, ilhas de calor, medições móveis, intensidade.

Abstract

Presidente Prudente is located at 22° 07' 04" South and 51° 22' 57" West, in the State of São Paulo, Brazil. It has a population of approximately 200,000 inhabitants. This research was aimed at analyzing the intensity and form of the urban heat island in Presidente Prudente/SP. The method to collect temperature

* Profª. Dra. em Geografia da FCT – UNESP – Presidente Prudente/SP (mccta@prudente.unesp.br).

measurements consisted in defining two dynamic measurement transects using digital thermometers with sensors adjusted to a 1.5-m long wooden rod, fitted to the sides of two vehicles, with a total of 120 locations for air temperature collection. The measurements were carried out through July 2002, from 8.00 p.m. to 8.45 p.m. Based on the findings, it was possible to identify heat islands of high magnitude, with a maximum intensity of 9.6°C. Spatial variations took place according to the land uses and the nature of the relief.

Key words: urban climate, heat island, dynamic measurement, intensity.

Introdução

Presidente Prudente (22° 07' 04" Sul, 51° 22' 57" Oeste) forneceu ao estudo do clima urbano uma situação complexa no que diz respeito à ocupação do solo e ao relevo.

Nesta cidade, existe uma diversidade significativa no que se refere à ocupação do solo, pois os bairros mais antigos são densamente construídos e possuem quantidade significativa de vegetação arbórea nas ruas e fundos de quintais.

Os bairros menos antigos (intermediários) e os mais recentes, que são a grande maioria, apresentam-se com construções esparsas com gramado e vegetação arbórea esparsa. Os conjuntos habitacionais, são densamente construídos.

A cidade não possui o uso do solo muito diversificado, havendo o predomínio de domicílios em detrimento de outros usos, tais como o industrial, comercial e de serviços.

As unidades não residenciais (comércio, serviços e indústria), representam 13% do total, ao passo que os residenciais representam 87%.

O uso comercial e de serviços localiza-se predominantemente na área central, com alguns subcentros espalhados na malha urbana, mas com movimentação

relativamente pequena de veículos e pessoas, em comparação com o centro.

A zona rural próxima a Presidente Prudente caracteriza-se pelas pastagens e por vegetação arbórea esparsa, ficando o solo coberto em todas as épocas do ano.

Com aproximadamente 200.000 habitantes, cobrindo uma área de 562 Km², possui um relevo que está inserido no Planalto Ocidental Paulista e é formado basicamente por colinas médias, amplas e morrotes alongados e espigões. A cidade está situada sobre um espigão divisor de águas e o sistema hidrográfico que drena o sítio urbano é constituído por pequenos cursos d'água.

Na porção oeste da cidade, por onde ela mais cresceu, devido a questões políticas, econômicas e de relevo, as superfícies divisoras de água apresentam perfis convexos mais alongados, formando interflúvios mais suaves e separados entre si por vales menos estreitos, representando hoje cerca de 80% do total da malha urbana. A porção leste tem relevo bem movimentado e as ruas traçadas se apresentam com fortes declives, dificultando sobremaneira a expansão da cidade.

O relevo de Presidente Prudente, favorável à área central, pois está sobre o espigão e onde se localiza a maioria das edificações acima de quatro pavimentos, é muito desfavorável à sua periferia, onde as rupturas de declive são mais acentuadas.

O clima de Presidente Prudente e região é consequência de um campo de alternância dos sistemas tropicais e polares, mas dominado por massas de ar Tropical marítima. Entretanto, a participação da Frente Polar Atlântica na gênese das chuvas é significativa, ficando a região sujeita a freqüentes invasões e perturbações frontais, mesmo na primavera e no verão, quando as chuvas são mais freqüentes e intensas.

A invasão das massas polares (Pa) de trajetória continental e de ondas mais rigorosas de aquecimento pré-frontal provoca uma oscilação no ritmo da temperatura, estando a região sujeita, até mesmo a geadas esporádicas. Enquanto que a presença de sistemas estabilizadores de tempo no outono e no inverno provocam uma

diminuição das chuvas, tornando este período ligeiramente mais seco (BARRIOS & SANT'ANNA NETO, 1996, p. 9).

Diversos estudos demonstraram que a atmosfera urbana tem apresentado diferenças em relação à atmosfera rural, principalmente no que se refere à temperatura, ocorrendo a formação de ilhas de calor. Os diferentes tipos de uso e ocupação do solo, associados às características do relevo, provocam mudanças na qualidade ambiental, que se materializam de diversas maneiras e uma dessas diz respeito à atmosfera urbana.

A detecção de ilhas de calor no ambiente urbano pode subsidiar o planejamento urbano, na medida em que a elevação da temperatura provoca o estabelecimento de zonas de menor pressão que por sua vez, facilita a movimentação do ar em direção aos pontos mais quentes e conseqüentemente, o transporte de poluentes para essas áreas.

Estudos dessa natureza em cidades de pequeno e médio porte permitem ações efetivas no reordenamento do território, na medida em que não atingiram níveis insustentáveis de crescimento como nas grandes metrópoles.

O presente estudo teve como objetivo analisar a intensidade e a forma da ilha de calor em Presidente Prudente no período noturno, em dias representativos do inverno.

Procedimentos metodológicos

No estudo do clima urbano em Presidente Prudente considerou-se à estrutura interna do Sistema Clima Urbano integrando o ecológico e o urbano, sem desconsiderar as escalas superiores do clima.

Assim, a pesquisa foi desenvolvida a partir das proposições metodológicas apresentadas por Monteiro (1976 e 1990), considerando-se a análise espacial que resultou de uma análise intra-urbana para explicitar como os diferentes condicionantes geológicas e urbanos respondem à atuação dos sistemas atmosféricos.

A metodologia para a coleta de temperatura do ar em Presidente Prudente consistiu na definição de dois transectos, com medidas móveis, utilizando-se de termômetros digitais, com os sensores presos em haste de madeira com 1,5m de comprimento, acoplados na lateral de dois veículos que saíram da periferia (rural), passando pelo centro, chegando ao extremo oposto da cidade.

As medições foram efetuadas em 5 dias de julho de 2002, entre 20:00h e 20:45h, horário que as temperaturas não experimentam mudanças rápidas, justamente pela diferença de tempo entre a primeira e a última medida (45min.). No transecto 1, realizou-se 42 registros de temperatura e 78 no transecto 2 (Figura 1).

A coleta de dados com veículos requer que o tempo gasto entre a medida do ponto inicial e no ponto final do itinerário não ultrapasse uma hora, com velocidade que deve variar entre 30 e 40Km/h. Esta metodologia foi adaptada, com base nos trabalhos de Oke e Maxwell (1975); Gomez e Garcia (1984); Johnson (1985); Pitton (1997).

O levantamento de campo foi realizado em episódios de inverno, sob condições sinóticas de baixa velocidade do vento, favoráveis à formação de ilhas de calor.

Os sistemas atmosféricos regionais que atuaram nos dias de levantamento de campo foram analisados através de cartas sinóticas de superfície disponibilizadas no *site* da Marinha do Brasil¹ e das imagens de satélite Goes².

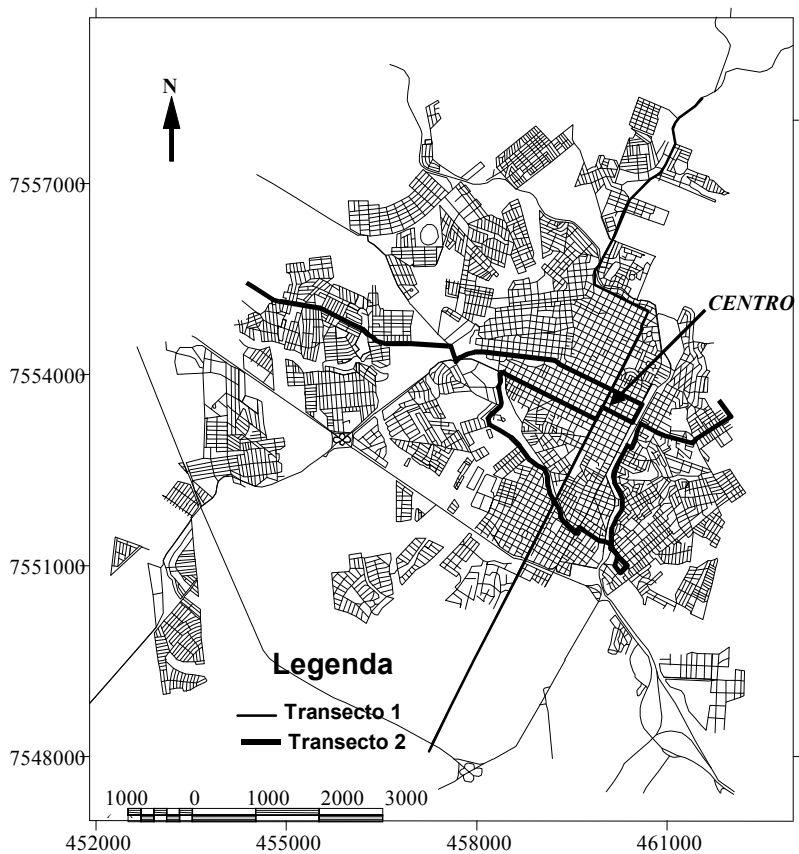
Para a análise dos resultados foram elaboradas cartas de isotermas, através do *Software Surfer for Windows*³, permitindo assim a visualização da variação da temperatura nos diferentes pontos da cidade.

¹ www.mar.mil.br

² <http://satelite.cptec.inpe.br/imagens/>

³ Surfer é marca registrada Golden Software, Inc.

Figura 1: Presidente Prudente - Localização dos transectos - 2002



Fonte: Carta Topográfica da Prefeitura Municipal de Presidente Prudente – 1995.

Ilhas de calor sob condições “ideais”

A análise dos dados de temperatura envolveu a construção de isotermas para cada levantamento. Optou-se por realizar as medições de temperatura, em noites claras com baixa velocidade do vento, por serem favoráveis à formação de ilhas de calor bem desenvolvidas.

No mês de julho de 2002, na região sudeste do Brasil, as frentes frias apresentaram intensidade fraca à moderada e causaram apenas aumento da nebulosidade e chuva leve. Considerando o período de estiagem em grande parte da Região, segundo Climanálise (jul.2002), as poucas chuvas ficaram em torno da média histórica e sete sistemas frontais atuaram no País, ficando este número também dentro da média histórica. Estes sistemas apresentaram um rápido deslocamento pelas Regiões Sul e Sudeste e três atingiram o extremo sul da Bahia. Nos dias do levantamento de campo, a região de Presidente Prudente esteve sob a atuação dos seguintes sistemas atmosféricos:

- no dia 14/07, atuou uma Polar, devido à frente fria localizada no oceano Atlântico e que estava se tropicalizando, permitindo a penetração de um novo sistema frontal no sul do país. A temperatura às 21:00 na Estação Meteorológica de Presidente Prudente foi de 16°C;
- no dia 16/07, a polar estava enfraquecendo e a temperatura aumentou 4,2°C em relação ao mesmo horário do dia 14 (20,2°C) e um novo sistema frontal atingiu o sul do país;
- no dia 17/07, a frente fria avançou sob o litoral brasileiro e a polar que atuava na região de Presidente Prudente recebeu um reforço, provocando ligeira queda na temperatura e vento de sudeste (18,9°C às 21:00h);
- no dia 23/07, a região esteve sob atuação de uma Polar, pois no dia 22, um sistema frontal que se deslocou em direção ao litoral provocou chuvas na região e a estabilidade foi trazida pela polar no dia 23, com ventos

de nordeste (4m/s) e a temperatura às 21:00h se elevou para 21,2°C;

- no dia 25/07 uma frente fria interagiu com um ciclôgênese que se formou sobre o oceano e a região de Presidente Prudente, ficou sob a atuação da Tropical, com ventos fracos de NE e temperatura de 22,6°C às 21:00h.

As figuras 2, 3, 4, 5 e 6 ilustram a distribuição de temperatura em Presidente Prudente nos dias 14, 16, 17, 23 e 25 de julho de 2002. Todas as noites foram caracterizadas por céu claro e baixa velocidade do vento, com predomínio do quadrante leste ou sob condições de calmaria (Tabela 1). Essas informações foram obtidas às 20:00 e 21:00 na Estação Meteorológica localizada na FCT/UNESP de Presidente Prudente, já que os percursos dos transectos, duraram cerca de 33 minutos para o primeiro percurso e 45 minutos para o segundo.

Tabela 1: Dados da temperatura, umidade relativa, direção e velocidade do vento na Estação Meteorológica da FCT/UNESP.

FCT/UNESP						
DIA	H	T (°C)	UR (%)	DV(m/s)	VV	NEB
14/07	20:00	16	77	SE	0,5	0
	21:00	16	77	CL	0,0	0
16/07	20:00	20,0	59	CL	0,0	0
	21:00	20,2	54	CL	0,0	0
17/07	20:00	19,7	43	SE	1,0	0
	21:00	18,9	45	SE	3,0	0
23/07	20:00	21,4	77	NE	0,5	0
	21:00	21,2	78	E	4,0	0
25/07	20:00	23,8	51	NE	0,5	0
	21:00	22,6	53	CL	0,0	0

Fonte: Estação Meteorológica da FCT/UNESP – Julho/2002

O padrão da temperatura revelado pelas figuras 2, 3, 4, 5 e 6, tornou possível distinguir algumas características recorrentes que serão apresentadas a seguir.

As ilhas de calor e seus centros

De maneira geral a cidade gera ilhas de calor com o aumento da temperatura do meio rural e bairros menos densamente construídos em direção aos bairros densamente construídos e o centro.

Em todos os dias foram observadas ilhas de calor de forte magnitude, com amplitudes entre o ponto mais quente e o ponto mais frio que oscilaram entre 4,9°C e 9,6°C, conforme se pode verificar na Tabela 2. As amplitudes foram menores nos dias com ventos um pouco mais fortes (5,4°C no dia 17, com vento de 3,0m/s e 4,9°C no dia 23, com vento de 4,0m/s).

Tabela 2: Temperaturas máximas, mínimas e amplitude térmica entre os pontos.

Temp.(°C)	14/07	16/07	17/07	23/07	25/07
Máxima	17,9	22,3	20,1	22,3	26,7
Mínima	11,9	14,8	14,7	17,4	17,1
Amplitude	6,0	7,5	5,4	4,9	9,6

Fonte: Trabalho de Campo - 2002

Na maioria dos estudos de ilha de calor realizado no período noturno, o centro da ilha é bem definido e freqüentemente está localizado no centro da cidade com maior densidade de construções ou nos bairros industriais.

Em Presidente Prudente, contudo, foi detectado pelo menos duas células separadas da ilha de calor, que podem ser diretamente atribuídas às causas urbanas.

Primeiramente, observou-se uma célula maior de ar mais quente localizada na zona central em direção a porção norte e sul

da cidade, onde estão localizados os bairros mais antigos e densamente construídos.

À medida que a densidade de construções diminui, verificou-se a queda na temperatura em direção ao meio rural.

A segunda célula localizou-se na porção oeste da cidade, onde se encontram dois conjuntos habitacionais densamente construídos. As temperaturas nesta célula, embora também elevadas em comparação a outros pontos da cidade, foram de 1° a 2°C mais baixas em relação ao centro. Assim, além da temperatura ser ligeiramente mais baixa do que no centro da cidade, seu tamanho foi bem menor em relação ao centro e seu entorno.

A localização das temperaturas mais elevadas mostrou-se diretamente relacionada à densidade de construções e o excesso noturno de calor, é atribuído à liberação do calor estocado durante o dia pelas edificações.

A quebra da continuidade da ilha de calor

A diminuição na densidade de construção produz um efeito pronunciado no que se refere à quebra de continuidade da distribuição das temperaturas mais elevadas.

Sob condições de calmaria e velocidade do vento de 0,5m/s, entre as células da porção oeste e a da área central, mesmo estando inserido na malha urbana, foram observadas temperaturas mais baixas.

O intervalo das temperaturas mais baixas entre as duas principais células de temperaturas mais elevadas, foi quebrado no dia 17/07, devido à presença de ventos fracos de sudeste, entre 1m/s às 20:00 horas e 3 m/s às 21:00 horas. O movimento do ar foi suficiente para homogeneizar as temperaturas mais elevadas por toda a porção oeste da cidade, independentemente da densidade de construções. O calor produzido na área mais densamente construída foi distribuído pelo vento predominante de Sudeste e apenas o meio rural e os bairros localizados ao leste do centro da cidade tiveram temperaturas mais baixas neste dia.

Em todos os dias pesquisados os limites das áreas construídas em direção ao rural, definiram claramente o limite da ilha de calor. Porém, as áreas intra-urbanas com menor densidade de construções, estiveram sujeitas a temperaturas mais elevadas, por ocasião de brisas provenientes do quadrante leste, onde se localizaram, habitualmente, no período noturno, as temperaturas mais elevadas.

Os vales reentrantes

Em noites sem nebulosidade, como as observadas neste estudo, no ambiente rural os fundos de vales foram favoráveis às temperaturas mais baixas, como se observou nas porções sul, oeste e leste da mancha urbana.

As isotermas apresentadas nas figuras 2, 3, 4, 5 e 6, explicitam as temperaturas mais baixas nos fundos de vale presentes no meio rural.

Os córregos localizados no ambiente urbano, em sua maioria, foram canalizados. No período noturno, os pontos com altitudes mais baixas, não provocaram a “quebra” da ilha de calor principal encontrada na cidade. Até mesmo o Parque do Povo, onde o Córrego do Veado foi canalizado e a área foi coberta por vegetação rasteira e arbórea, o intenso fluxo de veículos e o uso do solo nas avenidas que margeiam o fundo de vale (comercial e residencial), fizeram com que as temperaturas permanecessem elevadas.

Figura 2: Presidente Prudente: temperatura do ar – 14/07/2002 – 20:00h

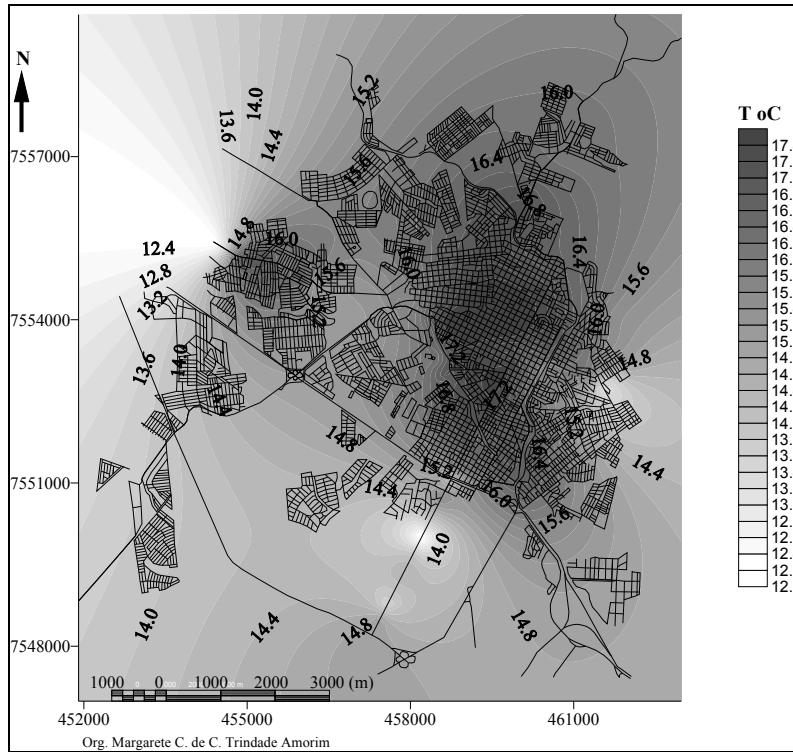


Figura 3: Presidente Prudente: temperatura do ar – 16/07/2002 – 20:00h

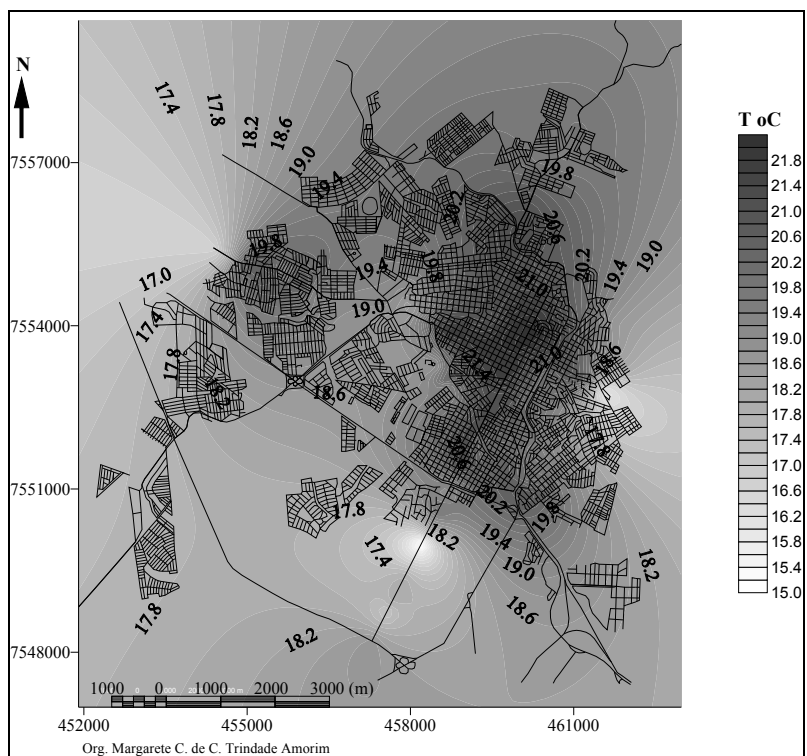


Figura 4: Presidente Prudente: temperatura do ar – 17/07/2002 – 20:00h

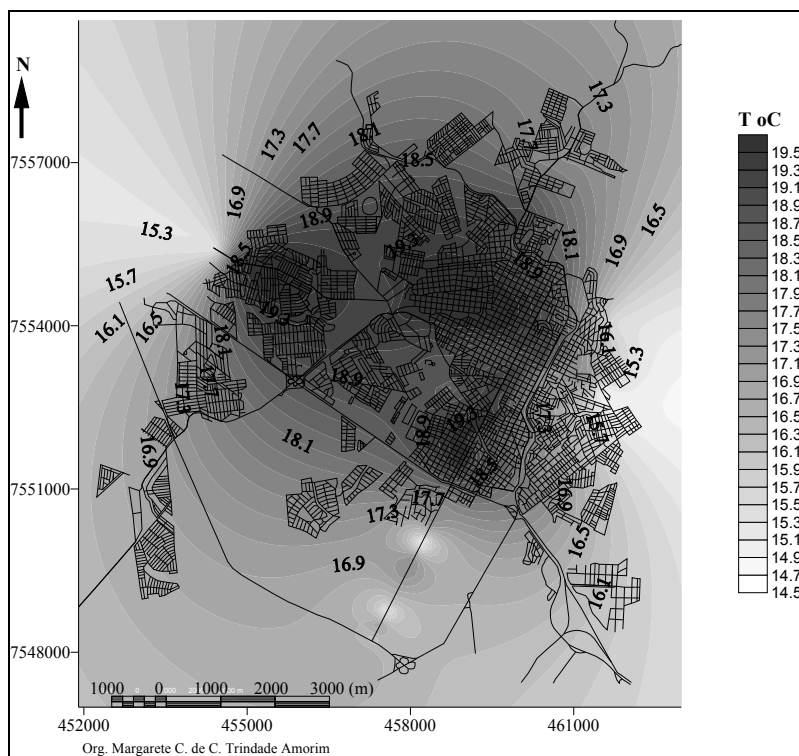


Figura 5: Presidente Prudente: temperatura do ar – 23/07/2002 – 20:00h

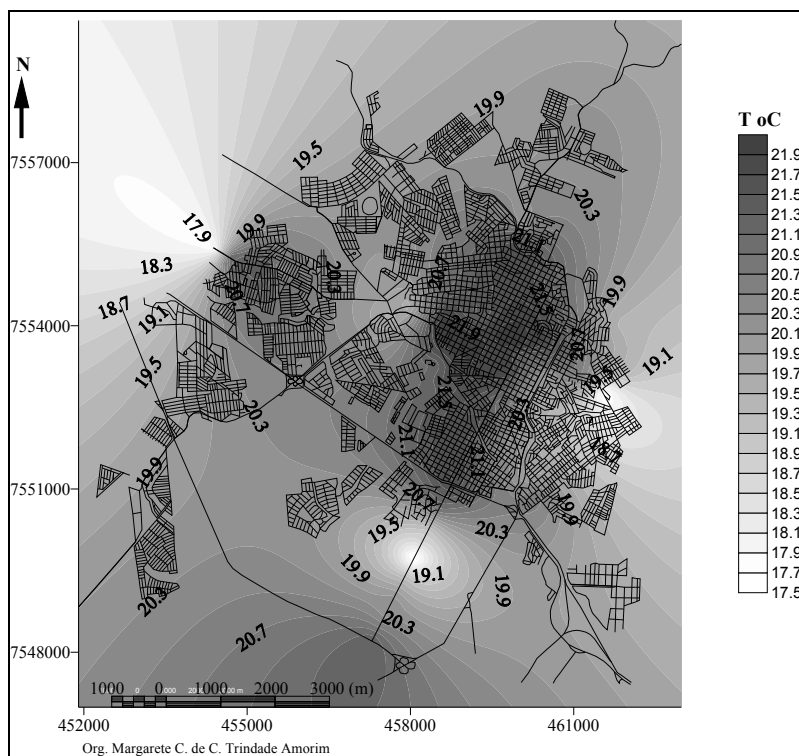
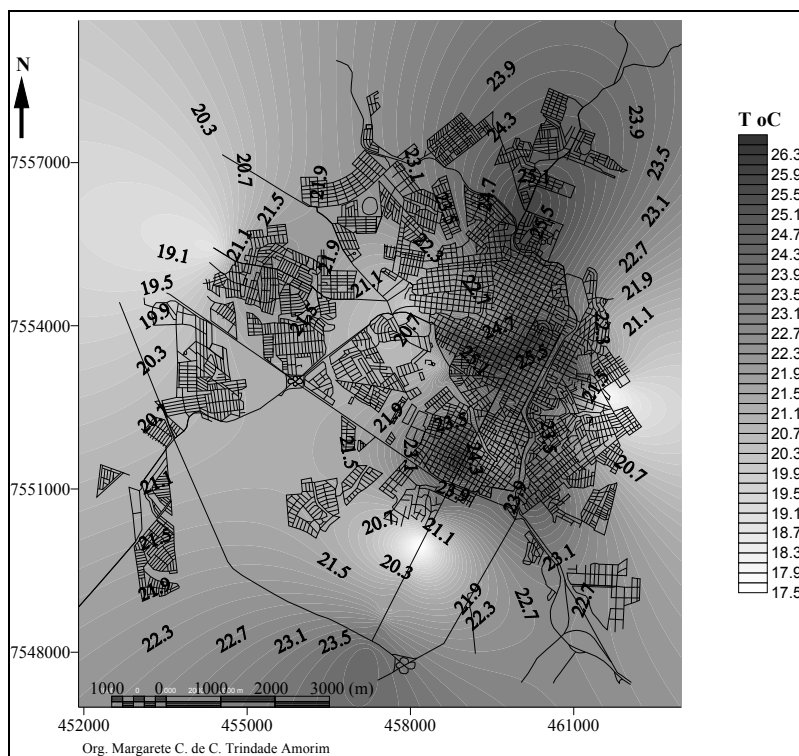


Figura 6: Presidente Prudente: temperatura do ar – 25/07/2002 – 20:00h



Considerações finais

As variações intra-urbana e rural mostradas neste estudo permitem afirmar que a cidade possui um conjunto de microclimas.

Estas diferenças são especialmente pronunciadas sob condições claras e calmas, quando as várias superfícies permitem o desenvolvimento de suas próprias características microclimáticas.

As diferenças de altitude no ambiente rural foram muito representativas, tendo nos fundos de vale as menores temperaturas. No ambiente urbano, as diferenças estiveram associadas à densidade de construções, já que a “ilha de calor” não se desfez em altitudes mais baixas onde se encontram córregos com canalizações fechadas.

Desta forma, recomenda-se que a indiscriminada impermeabilização do solo seja freada nos novos loteamentos, respeitando-se as áreas destinadas ao verde e de proteção de mananciais, para que a geração de temperaturas mais elevadas seja amenizada com o crescimento da cidade.

Naturalmente o ambiente tropical é capaz de gerar desconforto pela grande quantidade de calor, intensificado pelo crescimento das cidades. Assim, ao se implantar novos loteamentos, deve-se considerar as características climáticas, evitando-se a impermeabilização generalizada do solo, a utilização de materiais inadequados nas construções, a derrubada da vegetação original sem a preocupação de deixar áreas que possam contribuir para amenizar as altas temperaturas.

Referências bibliográficas

AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. São Paulo, 2000. 374p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

BARRIOS, N. A. Z., SANT’ANNA NETO, J. L. A circulação atmosférica no extremo oeste paulista. **Boletim climatológico**, Presidente Prudente, v.1, n.1, p.8-9, março 1996.

CLIMANÁLISE. Cachoeira Paulista: INPE/CPTEC, Julho/2002, v.17, n.07.

GOMEZ, A. L., GARCIA, F. F. La isla de calor en Madrid: avance de un estudio de clima urbano. **Estudios Geográficos**, 45, n.174, p.5-34, enero-marzo 1984.

JOHNSON, D. B. Urban modification of diurnal temperature cycles in Birmingham, U. K. **Journal of climatology**. v. 5, p. 221-225, 1985.

MONTEIRO C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano.** São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p. (Série Teses e Monografias, 25).

MONTEIRO C. A. de F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos do clima urbano no Brasil. **Geosul**, Florianópolis, v.5, n.9, p.7-19, 1990.

MONTEIRO C. A. de F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, Florianópolis, v.5, n.9, p. 61-79, 1990.

MONTEIRO C. A. de F. A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de um “clima urbano”. **Geosul**, Florianópolis, v.5, n.9, p. 80-114, 1990.

OKE, T. R., MAXWELL, G.B. Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. **Atmospheric Environment**, v.9, p.191-200, 1975.

PITTON, S. E. C. **As cidades como indicadores de alterações térmicas.** São Paulo, 1997. 272p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

SEZERINO, M. L., MONTEIRO, C. A. F. O campo térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. **Geosul**, Florianópolis, v.5, n.9, p. 20-60, 1990.

Recebido em fevereiro de 2005
Aceito em abril de 2005