

ESTUDO DO CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE TROPICAL

Profa. Dra. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade Estadual Paulista - UNESP
Campus de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil
Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq
mccta@fct.unesp.br

Resumen

Este artigo tem por objetivo verificar as temperaturas da superfície intraurbana por meio de imagens térmicas do satélite Landsat 7 em cidade de médio porte e avaliar o conforto térmico no interior de moradias com diferentes padrões construtivos.

Presidente Prudente, cidade escolhida para estudo, localiza-se no oeste do Estado de São Paulo/Brasil, próxima ao trópico de Capricórnio, entre os paralelos de 22° 07' de latitude sul e entre os meridianos de 51° 23' de longitude oeste.

Para verificar a temperatura da superfície intraurbana foram utilizadas imagens do canal do infravermelho termal (canal 6) do satélite Landsat-7, com resolução espacial de 60 metros.

Para a análise do conforto térmico foram registradas a temperatura e a umidade relativa do ar em ambientes internos, de moradias com diferentes padrões construtivos em dois pontos localizados na área urbana e um na área rural do município.

Os resultados mostraram que as imagens de satélite são importantes para se verificar as diferenças de temperaturas da superfície intraurbana e o desconforto térmico foi significativo no interior da moradia que se utilizou de materiais construtivos inadequados coincidindo com as áreas de maior temperatura dos alvos detectadas por meio da imagem de satélite.

Palavras chave: clima urbano, conforto térmico, sensoriamento remoto

Eixo Temático: Aplicaciones, fenómenos y ambientes biofísicos

Introdução

Nas últimas décadas as cidades brasileiras tiveram a cobertura natural do solo substituída por uma combinação de materiais impermeáveis, com cores, volumetrias e características físico-químicas, distintas das originais, sem que os potenciais impactos provocados, especialmente no que diz respeito ao conforto térmico, tenham sido avaliados.

Este artigo tem por objetivo verificar as temperaturas da superfície intraurbana por meio de imagens térmicas do satélite Landsat 7 em Presidente Prudente, cidade de médio porte, e avaliar o conforto térmico interno e externo em moradias com diferentes padrões construtivos, comparando-as com o entorno rural próximo, em episódios de verão.

Presidente Prudente localiza-se no oeste do Estado de São Paulo/Brasil, próxima ao trópico de Capricórnio e segundo a Malha Municipal IBGE/Atlas Brasil INPE, o município está compreendido no quadrilátero entre as latitudes 22°09'54''S e 22°04'41''S e entre as longitudes 51°27'24''W e 51°21'49''W (Figura 1).



Figura 1 – Localização de Presidente Prudente no oeste do Estado de São Paulo/Brasil
Fonte: BRASIL, (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) - IBGE.

Fundada em 1917 é a capital regional de uma extensa área agropastoril, de aproximadamente 20.000km². Tem cerca de 210.000 habitantes e localiza-se no planalto ocidental paulista. Seu relevo formado basicamente por colinas médias, amplas e morrotes alongados e espigões. A altitude média é de 472m acima do nível do mar.

Presidente Prudente apresenta um clima tropical, com duas estações definidas, sendo um período de primavera/verão, mais quente (temperaturas médias das máximas entre os 27°C e 29°C) e chuvoso (entre 150 e 200 mm mensais) e o outro período,

outono/inverno, mais ameno (com temperaturas médias das mínimas entre os 16°C e 18°C) e menos úmido (chuvas mensais entre os 20 e 50 mm).

Em estudo realizado por Silva e Amorim (2010), verificou-se que naturalmente Presidente Prudente apresenta situações de desconforto térmico, utilizando-se para a análise dados registrados na Estação Meteorológica localizada na Faculdade de Ciências e Tecnologia.

A presente pesquisa visa, portanto, mostrar como as características dos bairros e das edificações escolhidas para estudo, aumentam as situações de desconforto, quando se compara ao ambiente rural. Considera-se como conforto térmico “a zona delimitada por valores térmicos em que o maior número de pessoas manifeste sentir-se bem” (García, 1996, p. 198).

As imagens de satélite utilizadas nessa pesquisa, mesmo sendo tomadas em períodos diferentes dos dados meteorológicos registrados pelas estações automáticas, foram importantes para se verificar as diferenças de temperaturas da superfície intraurbana que puderam ser relacionadas com as áreas de desconforto térmico.

Procedimentos de pesquisa

Para se verificar as temperaturas da superfície intraurbana na cidade e Presidente Prudente, foram utilizadas imagens do canal do infravermelho termal (canal 6) do satélite Landsat-7, com resolução espacial de 60 metros.

O satélite Landsat 7 foi lançado em abril de 1999 pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), mas o sensor ETM+ funciona com problemas a partir de maio de 2003 por uma falha no equipamento. As imagens utilizadas nesse trabalho foram adquiridas no site da *United States Geological Survey* (USGS: <http://www.usgs.gov/>) e referem-se aos dias 21 de março de 2001, 15 de agosto de 2002, e 23 de fevereiro de 2003.

Os procedimentos para a obtenção das temperaturas em grau Celsius (°C) foram realizados no software IDRISI Andes versão 15.0, com a utilização de parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, depois para temperatura Kelvin e finalmente para graus Celsius obtidos no site do satélite Landsat (NASA) – (Disponível em: http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook_htmls/chapter11/chapter11.htm)

Após a criação de um projeto para importar a imagem do canal térmico (banda 6) no Idrisi, foi realizada a conversão dos níveis de cinza para informações de radiância com a aplicação da seguinte fórmula:

$$L_{\lambda} = ((L_{max \lambda} - L_{min}) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCALMIN - QCAL) + L_{min \lambda}$$

Pode-se visualizar o significado e os valores dos elementos que compõe esta fórmula na Tabela 1.

Tabela 1 – Elementos da fórmula de conversão para radiância

L_{λ}	Radiância espectral em sensor de abertura de em Watts
QCAL	Valor quantizado calibrado pixel em DN
$L_{min \lambda}$	Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMIN em Watts =
LMax	Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMAX = 17.040
QCALMIN	O mínimo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a $L_{min \lambda}$).
QCALMAX	Máximo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a $L_{Max \lambda}$).

Fonte: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov> (acesso, setembro de 2010)

Os valores de $L_{i \max}$ e $L_{i \min}$ podem se alterar em função da data do imageamento e do tipo de sensor. Para as imagens do sensor ETM+ devem-se utilizar os parâmetros apresentados na Tabela 2. Nesse destacam-se os valores incorporados nos procedimentos para a elaboração das cartas de temperatura da superfície da cidade de Presidente Prudente.

Tabela 2 - ETM + Faixa de radiância espectral Watts / (metro quadrado ster * * mm)

Número da banda	Processada antes de 01 de julho de 2000				Processada depois de 01 de julho de 2000			
	Baixo ganho		Alto Ganho		Baixo ganho		Alto Ganho	
	Lmin	LMax	Lmin	LMax	Lmin	LMax	Lmin	LMax
6	0,0	17,04	3,2	12,65	0,0	17,04	3,2	12,65

Fonte: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov> (acesso, setembro de 2010)

Após a conversão dos níveis de cinza em radiância, foi aplicada a seguinte fórmula para converter os valores em temperatura Kelvin:

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1\right)}$$

Considerando que:

T = Temperatura efetiva no satélite em Kelvin;

K2 = Constante de calibração 2, conforme valores da Tabela 3;

K1 = Constante de calibração de 1, conforme valores da Tabela 3;

L = Radiância espectral, em Watts / (metro quadrado ster * * mm)

A tabela 3 apresenta os valores que foram substituídos na fórmula para conversão em temperatura Kelvin.

Tabela 3 - ETM + térmica constantes de calibração

	Constant 1 - K1 Watts / (metro quadrado ster * * mm)	Constant 2 - K2 Kelvin
Landsat 7	666,09	1.282,71

Fonte: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov> (acesso, setembro de 2010)

Depois desses procedimentos, no IDRIDI, aplicou-se a fórmula para converter graus Kelvin em graus Celsius. Para gerar a grade de temperatura da superfície em graus Celsius (°C), os valores de temperatura foram subtraídos de 273,15.

Para a seleção da área que contempla a cidade, foi importada a malha urbana georreferenciada para que fosse possível selecionar apenas a malha urbana com o entorno rural próximo e assim analisar a distribuição das temperaturas da superfície na cidade estudada.

Para a análise do conforto térmico, em áreas específicas, foram registradas a temperatura e a umidade relativa do ar em ambientes internos e externos, em moradias com diferentes padrões construtivos em dois pontos localizados na área urbana e um na área rural do município.

Os dados meteorológicos (internos e externos) foram registrados por meio da instalação de estações meteorológicas automáticas do tipo “Vantage PRO 2” da marca “Davis Instruments”.

Os pontos foram escolhidos a partir das cartas de temperatura da superfície geradas por imagens do satélite Landsat 7. Calculou-se a Temperatura Efetiva a partir da fórmula elaborada por Thom (1959), que utiliza a temperatura do termômetro de bulbo úmido e a temperatura do termômetro de bulbo seco em janeiro de 2011. Considera valores de TE de 18,9°C ou menos, como indicador de condições desconfortáveis que surge estresse ao frio, enquanto um valor de TE de 25,6°C ou superior indicará estresse ao calor. Esse índice foi proposto para o ambiente tropical e tem sido usado por diversos países, já que seus resultados são similares aos da temperatura do ar, mostrando maiores alterações quando a umidade do ar se encontra mais elevada.

A sensação de bem estar térmico dos seres humanos depende do grau de atuação do sistema termorregulador para a manutenção do equilíbrio térmico. Assim, o conforto e o equilíbrio térmico do corpo humano estão relacionados e isso significa que quanto maior for o trabalho para acionar os mecanismos de termorregulação do organismo para manter a temperatura interna do corpo, maior será a sensação de desconforto (RUAS, 1999, p. 3).

Os horários escolhidos para estudo foram às 10h, 16h e 22h, que representam as características da atmosfera no período da manhã, próximo ao horário de passagem do satélite, à tarde, no horário representativo do maior aquecimento diurno e à noite, evidenciando-se a capacidade das edificações e do entorno de armazenarem o calor depois que o sol se põe.

A temperatura da superfície e o desconforto térmico em Presidente Prudente/São Paulo/Brasil

As imagens de satélite ajudaram a compreender a distribuição das temperaturas da superfície intraurbanas resultantes da distribuição das fontes de calor que contribuem para a geração das ilhas de calor.

A estrutura térmica da área urbana interpretada nas imagens tratadas do Landsat 7, traduzem a ocupação atual, a densidade de construções, o tipo de material construtivo e a arborização na cidade. Nas Figuras 2, 3 e 4, são apresentadas as cartas térmicas de Presidente Prudente em episódios de verão e de inverno.

Nos dias das tomadas das imagens, a cidade de Presidente Prudente apresentou as seguintes características térmicas registradas na estação meteorológica localizada na Faculdade de Ciências e Tecnologia: no dia 21/03/2001, a temperatura do ar máxima diária registrada foi de 31,5°C e a mínima de 22,1°C; no dia 15/08/2002, a máxima foi de 31,2 °C e a mínima de 17,7°C e no dia 23/02/2003, a máxima foi de 32,6°C e a mínima de 22,1°C. Os três dias estavam sob condições atmosféricas estáveis no momento da tomada da imagem, com baixa velocidade do vento e ocorreram apenas 0,4mm de precipitação no decorrer do dia 23/02/2003.

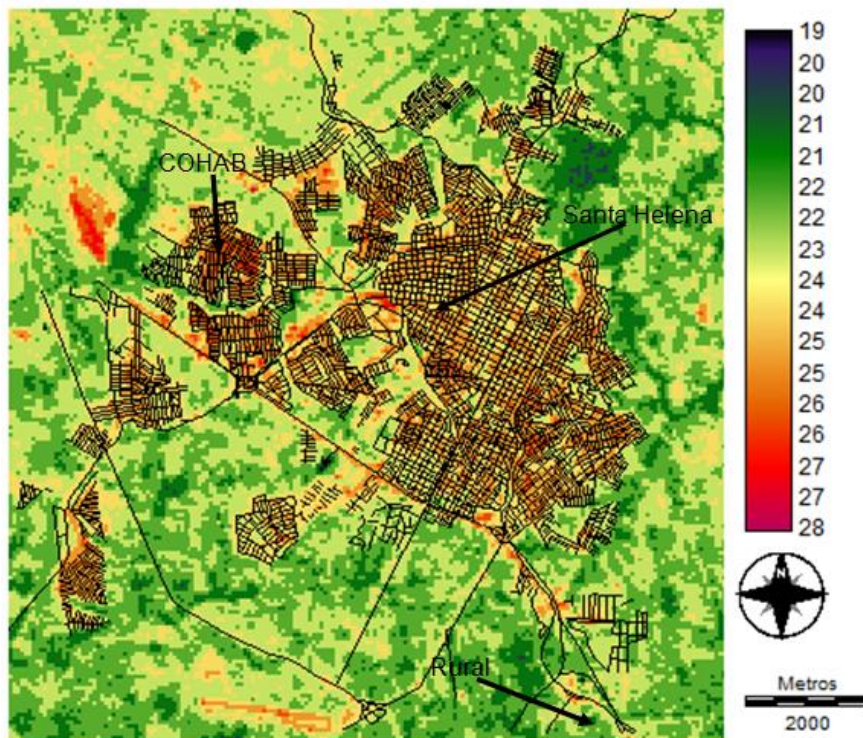


Figura 2 – Presidente Prudente: Carta de temperatura da superfície gerada a partir da imagem do infravermelho termal (banda 6) do sensor ETM+ do Landsat 7 de 21/03/2001. Fonte da imagem original: <http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/WRS 222-075>

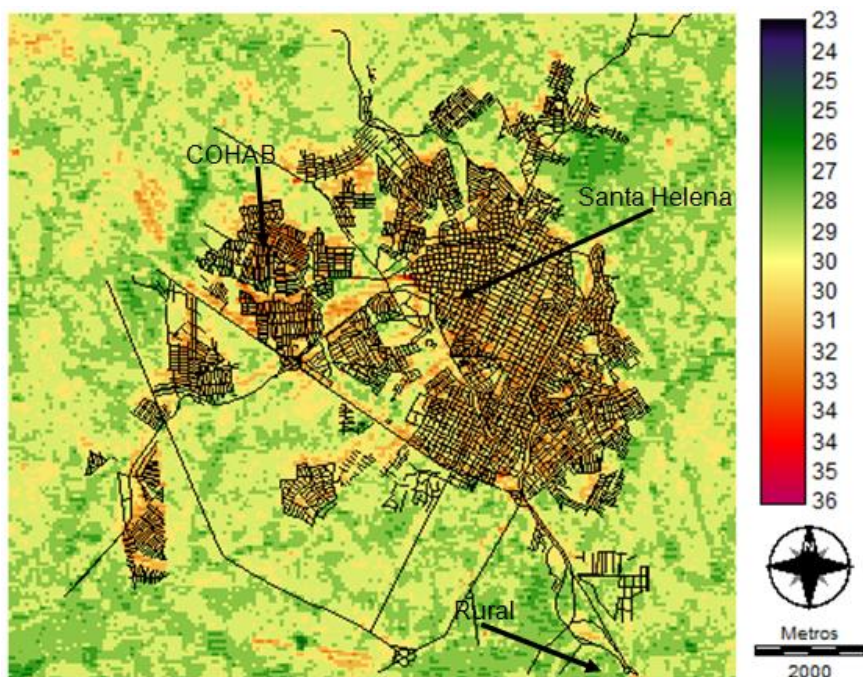


Figura 3 – Presidente Prudente: Carta de temperatura da superfície gerada a partir da imagem do infravermelho termal (banda 6) do sensor ETM+ do Landsat 7 de 23/02/2003. Fonte da imagem original: <http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/WRS 222-075>

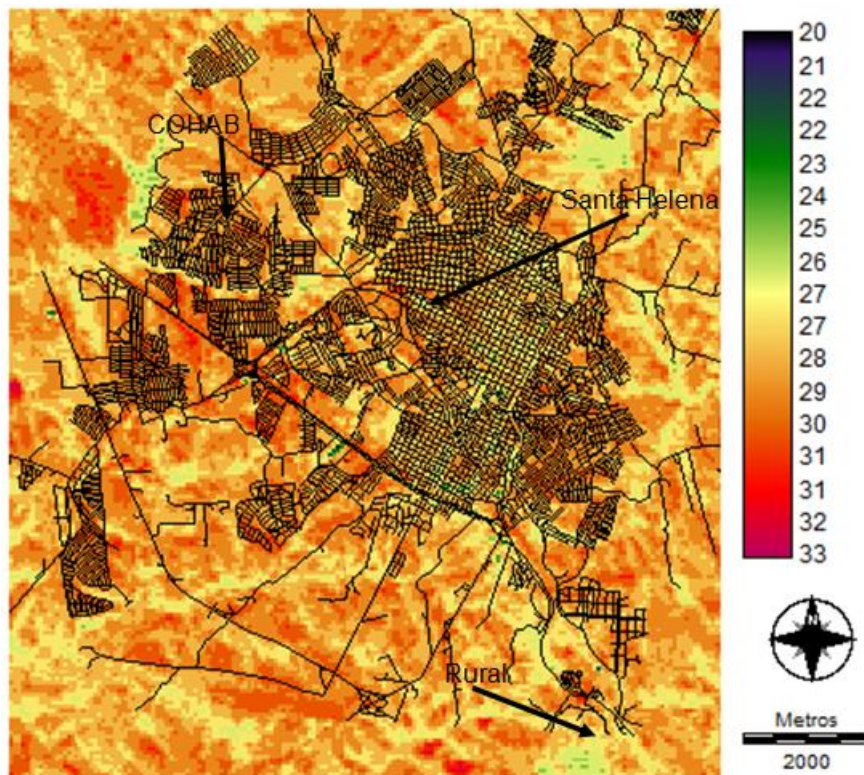


Figura 4 – Presidente Prudente: Carta de temperatura da superfície gerada a partir da imagem do infravermelho termal (banda 6) do sensor ETM+ do Landsat 7 de 15/08/2002. Fonte da imagem original: [http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/WRS 222-075](http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/WRS_222-075)

A cidade apresenta paisagens diversificadas, sendo que possui em seu entorno, um ambiente rural com o predomínio de pastagens. A imagem representativa da estação de inverno (15/08/2002 – Figura 4) mostra temperaturas elevadas também no ambiente rural devido à ausência de precipitação nos 10 dias anteriores à tomada da imagem e, conseqüentemente, pouca água armazenada no solo para diminuir a temperatura dos alvos. Já as duas imagens representativas do verão (21/03/2001 e 23/02/2003 – Figuras 2 e 3) evidenciam maior contraste entre o campo e a cidade, devido à ocorrência de precipitação nos dias anteriores, típicos da estação de verão e início do outono.

Cabe destacar que as temperaturas intraurbana, seja com a presença ou ausência de precipitação nos dias anteriores à tomada das imagens, apresentaram diferenças significativas relacionadas com as características de cada superfície (tipos de materiais construtivos, presença de vegetação arbórea, densidade de edificações).

Verificou-se, portanto, o estabelecimento de um padrão de temperaturas dos alvos e foram escolhidos, de acordo com as características térmicas das imagens, dois pontos intraurbanos, com características diferentes e um ponto rural para se avaliar o conforto ou o desconforto térmico interno e externo das edificações.

As características dos pontos escolhidos são as seguintes:

COHAB – trata-se de um conjunto habitacional, na zona oeste da cidade, que apresentou as maiores temperaturas da superfície registradas nas três imagens de satélite analisadas (Figuras 2, 3, 4). Esse bairro caracteriza-se pelos lotes pequenos e densamente construídos, com pouca presença de vegetação arbórea. As construções caracterizam-se por um pavimento, de alvenaria, e com telhados de fibrocimento (Figura 5).

Vila Santa Helena - localiza-se na área próxima ao centro da cidade, em um bairro residencial, com média cobertura vegetal arbórea nas calçadas e quintais, característico dos bairros mais antigos da cidade e apresentou temperaturas intermediárias entre os bairros com as maiores temperaturas e a zona rural observadas nas imagens de satélite. A maioria das edificações é de alvenaria com telhados de cerâmica. (Figura 6)

Rural – localiza-se fora da malha urbana, possui no entorno cobertura vegetal rasteira e arbórea e quando se observa as imagens térmicas, verifica-se que as temperaturas da superfície são menores que as áreas densamente edificadas (Figura 7). As diferenças são especialmente maiores nas imagens do verão, quando foram registradas precipitações nos dias que antecederam a tomada da imagem (Figuras 2 e 3).

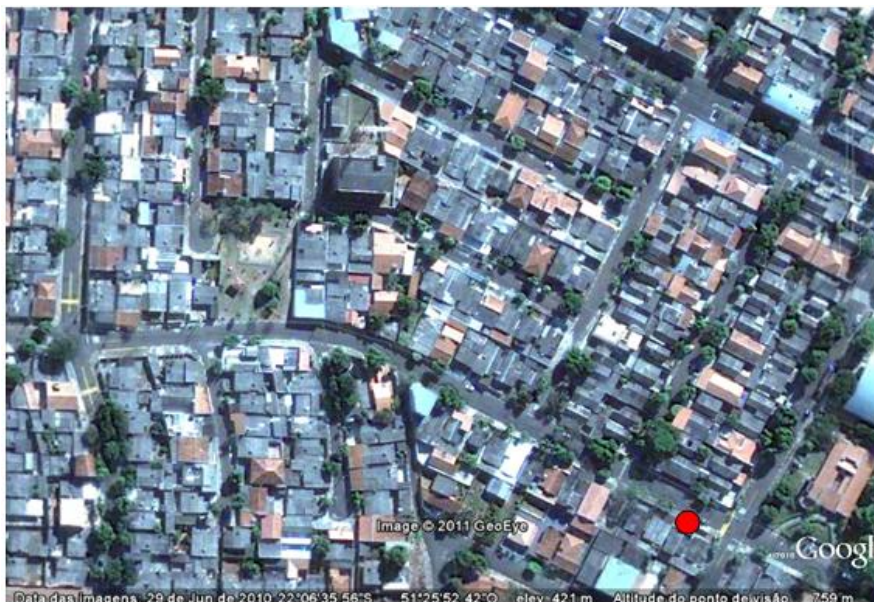


Figura 5 – Imagem do Conjunto Habitacional Cohab. O destaque em vermelho refere-se ao ponto onde foi instalada a estação meteorológica automática.

Fonte: Google Earth TM mapping service/NASA/Terra Métrics copyright (acesso: fevereiro de 2011)



Figura 6 – Imagem do Bairro Santa Helena. O destaque em vermelho refere-se ao ponto onde foi instalada a estação meteorológica automática.

Fonte: Google Earth TM mapping service/NASA/Terra Métricas copyright (acesso: fevereiro de 2011)

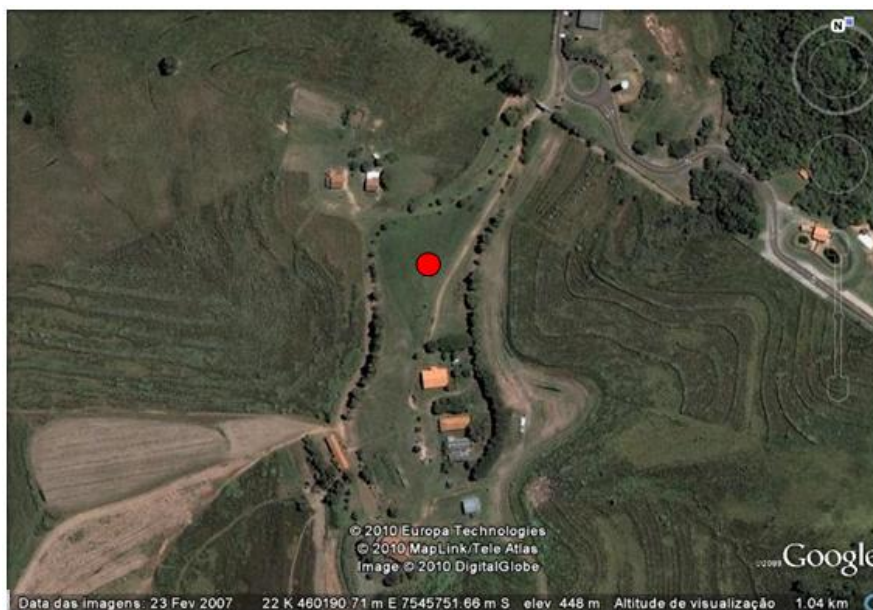


Figura 7 – Imagem do ambiente rural onde foi instalada a estação meteorológica automática (destaque em vermelho).

Fonte: Google Earth TM mapping service/NASA/Terra Métricas copyright (acesso: fevereiro de 2011)

Diante dessas características, foram registrados os dados de temperatura e da umidade do ar no interior das edificações e no ambiente externo, representativo do entorno, além dos dados de precipitação nos três pontos escolhidos para estudo.

O mês de janeiro de 2011, segundo o Boletim de Informações Climáticas do CPTEC/INPE (2011), foi um mês com chuvas acima da média na maior parte do Brasil. Os principais sistemas produtores da precipitação foram: os episódios de ZCAS e os Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis. Em Presidente Prudente, as três estações meteorológicas automáticas registraram, em janeiro de 2011, totais próximos à média desse mês no período de 1969 a 2008, de acordo com os dados da Estação Meteorológica Convencional do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada na Faculdade de Ciências e Tecnologia/UNESP (199 mm). Os totais registrados pelas estações automáticas foram: 184mm na estação rural, 210mm na Cohab, 175mm no Santa Helena. Na estação convencional, foi registrado o total de 179mm. A precipitação foi distribuída em 13 dias do referido mês (Tabelas 4, 5 e 6), com pequenas diferenças entre os pontos.

No que diz respeito ao (des)conforto térmico, segundo o índice de Thom (1959), que estabelece a zona de conforto entre 18,9°C e 25,6°C de temperatura efetiva, foram registradas situações de desconforto para o calor (temperaturas efetivas acima de 25,6°C), no interior das duas edificações estudadas, localizadas no ambiente urbano. Os dados registrados no ambiente interno do rural foram desconsiderados, porque a sala onde foi colocado o sensor que recebia os dados da estação automática era climatizada artificialmente.

Nos registros dos dois ambientes internos localizados na área urbana (Cohab e Santa Helena), observou-se que embora tenha ocorrido desconforto térmico na grande maioria dos dias estudados, a situação prevaleceu mais desconfortável na edificação localizada na Cohab, que apresenta terrenos menores, densamente edificadas e com telhado de fibrocimento. As diferenças entre os dois pontos foram maiores às 16h, tanto no que diz respeito ao número de dias (30 dias com maior desconforto na Cohab do que no Santa Helena) chegando a atingir 4,2°C de temperatura efetiva de diferença entre eles.

Nos horários de 10h e 22h, o desconforto ocorreu nas duas edificações, entretanto, com pequenas diferenças entre eles. Às 10h as diferenças variaram entre 0 e 1,3°C de temperatura efetiva, sendo a Cohab o ponto mais desconfortável e às 22h, a diferença entre eles chegou à 1,7°C de temperatura efetiva.

Com relação à temperatura efetiva nos ambientes externos, ocorreram, na grande maioria dos dias, situações de desconforto nos três pontos às 16h, verificando-se poucas exceções nos dias em que foram registradas chuvas em pelo menos um dos pontos (Tabela 5).

Às 22h, em todos os dias do mês de janeiro de 2011, as temperaturas efetivas se apresentaram dentro da zona de conforto no ambiente rural. Esse resultado não ocorreu com a mesma freqüência nos ambientes urbanos, que estiveram, em vários dias, fora da zona de conforto, com estresse para o calor (temperatura efetiva acima de 25,6°C). É fundamental destacar, que o registro da temperatura efetiva, dentro da zona de conforto, nos dois pontos urbanos, decorreu da atuação de sistemas atmosféricos instáveis que propiciaram chuvas, homogeneizando as diferenças entre os pontos e contribuindo para a diminuição da temperatura.

Em trabalhos anteriores (Amorim 2000 e 2005), demonstrou a importância dos sistemas atmosféricos estáveis na geração de ilhas de calor em Presidente Prudente. Na presente pesquisa, evidencia-se a importância da estabilidade do ar na manifestação do desconforto térmico, especialmente no período noturno, quando os ambientes externos das áreas construídas mostraram-se desconfortáveis, enquanto, no ambiente rural, nesses mesmos dias, foram registrados temperaturas efetivas dentro da zona de conforto.

Já no período da tarde (16h), pelas próprias características naturais do clima de Presidente Prudente, foram registrados desconfortos tanto no ambiente urbano como no rural, típico do verão nessa região (Tabela 5).

Às 10h, no ambiente rural, foram registradas temperaturas efetivas externas dentro da zona de conforto, na maioria dos dias, enquanto nos dois ambientes urbanos, as temperaturas se mostraram, em vários dias, desconfortáveis (Tabela 4).

Tabela 4 – Temperaturas efetivas às 10h e precipitação diária nos pontos escolhidos para estudo localizados em Presidente Prudente (COHAB, Santa Helena e Rural), em Janeiro de 2011.

DIAS	HORÁRIO	COHAB			SANTA HELENA			RURAL	
		(DES) CONFORTO EXTERNO (°C)	(DES) CONFORTO INTERNO (°C)	PRECIPITAÇÃO DIÁRIA (mm)	(DES) CONFORTO EXTERNO (°C)	(DES) CONFORTO INTERNO (°C)	PRECIPITAÇÃO DIÁRIA (mm)	(DES) CONFORTO EXTERNO (°C)	PRECIPITAÇÃO DIÁRIA (mm)
01/01/2011	10:00	26,7	26,5	0	27,1	25,9	0	25,7	0
02/01/2011	10:00	25,1	26,6	33	25,0	26,3	30	24,2	8
03/01/2011	10:00	23,9	24,9	11	23,8	25,7	17	23,6	2
04/01/2011	10:00	25,8	26,5	0	26,5	26,1	0	25,8	0
05/01/2011	10:00	24,1	24,7	6	23,8	25,4	14	23,1	2
06/01/2011	10:00	27,3	26,8	0	28,6	26,0	0	26,5	0
07/01/2011	10:00	26,2	26,1	3	27,3	26,2	1	25,5	6
08/01/2011	10:00	24,4	25,2	35	24,3	25,7	42	24,1	31
09/01/2011	10:00	23,9	25,3	7	23,7	25,6	3	22,9	18
10/01/2011	10:00	26,5	26,8	0	28,0	26,1	0	25,4	0
11/01/2011	10:00	26,9	27,1	0	28,1	26,6	0	26,5	0
12/01/2011	10:00	25,7	26,2	0	25,6	26,6	0	24,8	6
13/01/2011	10:00	26,1	26,9	0	26,7	26,6	0	25,1	1
14/01/2011	10:00	25,6	25,9	0	25,2	26,2	0	24,7	0
15/01/2011	10:00	28,9	27,1	0	30,1	26,5	0	27,4	0

16/01/2011	10:00	27,5	27,7	0	28,6	27,3	0	27,1	0
17/01/2011	10:00	25,7	27,2	0	26,2	27,3	0	25,0	0
18/01/2011	10:00	23,5	24,1	23	23,3	25,4	15	23,2	16
19/01/2011	10:00	23,6	24,5	11	23,6	25,1	5	23,4	14
20/01/2011	10:00	26,8	25,4	10	26,6	25,3	3	25,5	13
21/01/2011	10:00	27,4	27,0	0	28,7	26,4	0	26,7	9
22/01/2011	10:00	26,9	26,1	5	26,6	26,0	11	26,1	8
23/01/2011	10:00	23,7	25,5	4	23,6	25,7	2	22,6	26
24/01/2011	10:00	28,0	26,8	0	28,9	26,8	1	27,3	1
25/01/2011	10:00	28,1	27,7	0	29,6	27,6	0	27,6	0
26/01/2011	10:00	27,4	26,3	61	28,5	26,9	29	27,7	16
27/01/2011	10:00	26,2	27,0	0	26,9	26,9	0	25,4	0
28/01/2011	10:00	27,9	27,3	0	28,8	27,0	0	26,7	0
29/01/2011	10:00	26,1	27,5	0	26,1	27,0	0	25,0	0
30/01/2011	10:00	26,8	26,3	1	28,2	26,6	2	25,5	7
31/01/2011	10:00	28,8	27,9	0	30,3	27,6	0	28,0	0

Obs. Os números em vermelho indicam desconforto para o calor e os números em verde indicam zona de conforto, segundo o índice de Thom (1959).

Tabela 5 – Temperaturas efetivas às 16h e precipitação diária nos pontos escolhidos para estudo localizados em Presidente Prudente (COHAB, Santa Helena e Rural), em Janeiro de 2011.

DIAS	HORÁRIO	COHAB			SANTA HELENA			RURAL	
		(DES) CONFORTO EXTERNO (°C)	(DES) CONFORTO INTERNO (°C)	PRECIPITAÇÃO DIÁRIA (mm)	(DES) CONFORTO EXTERNO (°C)	(DES) CONFORTO INTERNO (°C)	PRECIPITAÇÃO DIÁRIA (mm)	(DES) CONFORTO EXTERNO (°C)	PRECIPITAÇÃO DIÁRIA (mm)
01/01/2011	16:00	29,6	30,8	0	29,5	26,6	0	28,3	0
02/01/2011	16:00	27,9	29,3	33	27,9	26,7	30	26,7	8
03/01/2011	16:00	30,0	29,1	11	29,2	26,0	17	28,3	2
04/01/2011	16:00	25,7	29,2	0	24,4	26,5	0	27,3	0
05/01/2011	16:00	30,0	28,9	6	28,7	25,9	14	28,1	2
06/01/2011	16:00	28,9	29,3	0	28,4	26,5	0	27,1	0
07/01/2011	16:00	25,8	28,2	3	25,9	26,6	1	25,3	6
08/01/2011	16:00	28,0	28,1	35	27,8	26,2	42	27,0	31
09/01/2011	16:00	28,9	28,6	7	28,3	26,1	3	26,9	18
10/01/2011	16:00	30,2	30,7	0	29,7	26,6	0	28,9	0
11/01/2011	16:00	29,0	29,6	0	28,5	27,1	0	27,2	0
12/01/2011	16:00	27,8	28,5	0	27,4	27,1	0	26,5	6
13/01/2011	16:00	26,8	28,6	0	27,4	27,0	0	26,7	1
14/01/2011	16:00	28,9	30,5	0	29,8	26,8	0	28,8	0
15/01/2011	16:00	31,8	31,1	0	31,3	27,1	0	30,5	0
16/01/2011	16:00	31,4	31,2	0	31,2	28,9	0	29,5	0
17/01/2011	16:00	24,8	27,3	0	24,6	27,2	0	23,6	0
18/01/2011	16:00	26,9	27,2	23	26,3	26,3	15	26,0	16
19/01/2011	16:00	23,6	25,9	11	24,3	26,1	5	23,3	14
20/01/2011	16:00	28,9	28,4	10	28,9	26,2	3	27,6	13
21/01/2011	16:00	23,7	26,6	0	23,7	26,0	0	22,6	9
22/01/2011	16:00	31,4	29,7	5	30,6	26,6	11	30,2	8
23/01/2011	16:00	29,8	28,7	4	29,0	26,9	2	28,6	26
24/01/2011	16:00	32,1	30,4	0	31,1	28,3	1	30,4	1
25/01/2011	16:00	32,6	30,6	0	31,5	29,0	0	30,9	0
26/01/2011	16:00	31,8	30,1	61	30,3	28,5	29	29,9	16
27/01/2011	16:00	30,8	30,2	0	30,1	28,3	0	29,3	0
28/01/2011	16:00	29,5	30,6	0	30,0	28,3	0	28,4	0
29/01/2011	16:00	30,6	30,4	0	30,0	28,4	0	29,5	0
30/01/2011	16:00	31,6	30,5	1	30,4	28,1	2	29,6	7
31/01/2011	16:00	25,7	28,7	0	25,9	28,0	0	23,2	0

Obs. Os números em vermelho indicam desconforto para o calor e os números em verde indicam zona de conforto, segundo o índice de Thom (1959).

Tabela 6 – Temperaturas efetivas às 22h e precipitação diária nos pontos escolhidos para estudo localizados em Presidente Prudente (COHAB, Santa Helena e Rural), em Janeiro de 2011.

DIAS	HORÁRIO	COHAB			SANTA HELENA			RURAL	
		(DES) CONFORTO EXTERNO (°C)	(DES) CONFORTO INTERNO (°C)	PRECIPITAÇÃO DIÁRIA (mm)	(DES) CONFORTO EXTERNO (°C)	(DES) CONFORTO INTERNO (°C)	PRECIPITAÇÃO DIÁRIA (mm)	(DES) CONFORTO EXTERNO (°C)	PRECIPITAÇÃO DIÁRIA (mm)
01/01/2011	22:00	26,6	28,5	0	26,9	27,1	0	24,5	0
02/01/2011	22:00	25,3	27,3	33	25,3	26,8	30	23,2	8
03/01/2011	22:00	25,6	27,7	11	25,6	26,5	17	23,4	2
04/01/2011	22:00	22,5	25,8	0	22,7	26,1	0	21,9	0
05/01/2011	22:00	26,7	28,0	6	26,6	26,4	14	24,7	2
06/01/2011	22:00	25,1	27,3	0	26,1	26,8	0	24,6	0
07/01/2011	22:00	25,0	27,2	3	25,1	26,6	1	23,3	6
08/01/2011	22:00	24,8	27,1	35	25,2	26,3	42	23,5	31
09/01/2011	22:00	25,4	27,9	7	25,6	26,3	3	23,5	18
10/01/2011	22:00	26,2	28,5	0	26,7	26,9	0	25,1	0
11/01/2011	22:00	25,4	28,0	0	25,9	27,2	0	24,0	0
12/01/2011	22:00	25,0	27,3	0	25,4	27,0	0	23,7	6
13/01/2011	22:00	23,9	26,5	0	24,4	27,0	0	22,9	1
14/01/2011	22:00	25,7	28,6	0	26,7	27,1	0	23,6	0
15/01/2011	22:00	27,4	29,6	0	27,8	28,0	0	24,9	0
16/01/2011	22:00	26,3	28,6	0	26,5	28,4	0	24,1	0
17/01/2011	22:00	22,6	25,7	0	22,7	26,1	0	21,9	0
18/01/2011	22:00	23,1	25,2	23	23,5	26,1	15	22,8	16
19/01/2011	22:00	23,4	25,0	11	23,7	25,5	5	22,8	14
20/01/2011	22:00	24,2	27,1	10	24,9	25,9	3	23,1	13
21/01/2011	22:00	23,4	25,6	0	23,5	26,0	0	22,1	9
22/01/2011	22:00	25,6	27,4	5	26,0	26,8	11	23,3	8
23/01/2011	22:00	26,6	28,1	4	27,1	27,2	2	24,8	26
24/01/2011	22:00	26,9	28,6	0	26,9	27,7	1	24,8	1
25/01/2011	22:00	22,8	26,8	0	23,0	27,8	0	21,7	0
26/01/2011	22:00	24,5	27,8	61	24,7	27,9	29	22,0	16
27/01/2011	22:00	24,1	27,4	0	24,8	27,6	0	22,4	0
28/01/2011	22:00	24,2	28,3	0	24,8	27,9	0	22,4	0
29/01/2011	22:00	23,4	27,5	0	23,5	27,2	0	21,6	0
30/01/2011	22:00	27,1	29,1	1	27,7	27,9	2	25,4	7
31/01/2011	22:00	23,6	26,5	0	23,8	27,2	0	21,4	0

Obs. Os números em vermelho indicam desconforto para o calor e os números em verde indicam zona de conforto, segundo o índice de Thom (1959).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos e das análises realizadas nessa pesquisa, evidencia-se a importância das imagens tratadas do Landsat 7, por meio de seu canal térmico (canal 6), na verificação das diferenças de temperaturas dos alvos intraurbano que coincidem com as áreas de maior desconforto térmico tanto no ambiente externo como no interior das moradias.

Comparando-se os pontos escolhidos para estudo: um conjunto habitacional, um bairro com melhor padrão construtivo e o ambiente rural, observou-se que nas áreas edificadas o desconforto térmico mostrou-se mais intenso.

Nos bairros densamente construídos, principalmente no conjunto habitacional COHAB, com coberturas de fibrocimento e com pequena quantidade de vegetação arbórea

nas calçadas e nos quintais e, com menor intensidade, no bairro com melhor padrão construtivo, tanto as temperaturas detectadas nos alvos pelas imagens como as temperaturas efetivas internas e externas, se mostraram mais elevadas e desconfortáveis do que no ponto representativo do ambiente rural.

As temperaturas dos alvos mais elevadas mostraram-se diretamente relacionada à densidade de construções. O conforto térmico registrado em alguns dias na área urbana, especialmente no período noturno, foi conseqüência da instabilidade atmosférica que ocasionou chuvas, homogeneizando as diferenças entre os pontos. Por outro lado, sob condições atmosféricas estáveis (sem precipitação), durante a noite ficou evidente a liberação do calor estocado durante o dia pelas edificações, gerando, portanto desconforto térmico nas áreas edificadas e conforto térmico no ambiente rural.

Assim, medidas precisam ser tomadas para que situações de desconforto térmico sejam amenizadas, especialmente no verão, quando as temperaturas são naturalmente elevadas e com alta umidade do ar. Dentre elas, pode-se destacar: a necessidade de plantio de árvores com espécies adequadas ao ambiente tropical, a utilização de materiais construtivos adequados que não exijam tanto a climatização dos ambientes internos; a proibição de se edificar toda a área do terreno, propiciando maior quantidade de áreas permeáveis no ambiente urbano.

REFERÊNCIAS

Amorim, M. C. C. T. *O clima urbano de Presidente Prudente/SP*. São Paulo. Tese de doutoramento, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo/Brasil, 2000, 322p.

Amorim, M. C. C. T. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP. *Geosul*, v. 20, n. 39: 65-82, UFSC – Florianópolis/Brasil, 2005.

BRASIL, (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). IBGE – Mapas IBGE – Atlas Escolares. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/atlas.php>. Acesso em 01/05/2010.

Boletim de Informações Climáticas do CPTEC/INPE. INFOCLIMA, ano 18, número 02, 2011. http://infoclima.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf_infoclima/201102.pdf

GARCÍA, FERNÁNDEZ F. *Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación*. Madrid: Editorial síntesis, S.A., 1996. 285p.

RUAS, A. C. *Avaliação de conforto térmico: contribuição à aplicação das normas internacionais*. Dissertação (de Mestrado em Engenharia Civil). Campinas, SP: [s.n.], 1999.

Silva, L. P.; Amorim, M. C. C. T. O conforto térmico em Presidente Prudente – SP: uma análise do ano de 2008 e das salas de aula da FCT/UNESP. *Caderno Prudentino de Geografia*, n.32, vol.1, p.67-91, jan/jun. 2010,

Agências Financiadoras da Pesquisa:

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil: Proc. 476051/2009-6 – Edital Universal.

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Brasil: Proc. 2005/55505-3 – Projeto Temático.