

Conforto térmico em três municípios da região noroeste paulista

Hernandes Andrade Queiroz¹

Daniel Noe Coaguila Nuñez²

Fernando Braz Tangerino Hernandez³

¹Mestre pela Universidade Estadual Paulista – UNESP Ilha Solteira – Curso de Agronomia - Sistema de Produção

²Aluno de pós-graduação (doutorando) pela Universidade Estadual Paulista – UNESP Ilha Solteira

³ Professor Dr. Pela Universidade Estadual Paulista – UNESP Ilha Solteira - Curso de Agronomia

Avenida Brasil, 56. Centro 15385-000 - Ilha Solteira-SP
langoisa@gmail.com

Abstract. At the Beginning of this century, many cities of São Paulo came to be seen as icons of the environmental crisis and problems related to urban space that are the most diverse possible. Among them, we highlight climate change that the cities experience in relation to the natural environment, primarily with land use. With the techniques of analysis of temperature and transferred patterned surface by the American Geological Survey estimated based on data from Landsat TIRS, sensor 8-band 10 was compared with the different classes of thermal discomfort followed showing that if the difference between the neighboring thermal classes for the urban perimeter areas and green spaces of Ilha Solteira, Pereira Barreto, Jales with their respective territorial areas and selected that was assigned 6 classes with different groups of temperatures, dividing the interval observed temperature of 3 ° C each subintervals in order to characterize the thermal comfort of the surface temperature. We conclude that the sites of urban buildings held a class 6 for the three municipalities differentiating green spaces with fragments of woody vegetation and citrus that kept the Class 4 having an ambiguity surface temperature of 6 °C, showing the importance of green spaces to minimize thermal discomfort.

Keywords: TIRS, Landsat 8, surface temperature, urban buildings, land use, landsat 8, temperatura de superfície, construções urbanas, uso do solo.

1. Introdução

Neste início de século muitas cidades do estado de São Paulo passaram a ser vistas como ícones da crise ambiental e problemas relacionados ao espaço urbano que são os mais diversificados possíveis. Dentre eles, destacam-se as alterações climáticas que as cidades experimentam em relação ao ambiente natural. O desenvolvimento capitalista nas últimas décadas no Brasil elevou a técnica de verticalização urbana sem planejamento técnico-ambiental que elevou os problemas, influenciando diretamente no comportamento climático. Com isso, as áreas centrais das cidades experimentam uma elevação na temperatura do ar em relação ao seu entorno (regiões vizinhas), fenômenos conhecidos poluição do ar, e falta da circulação do ar relacionada pela verticalização, faz com que o ar das cidades fica mais quente que o ar das regiões circunvizinhas (Oke, 1973). Monteiro e Mendonça (2006) citam que as cidades de menor nível de urbanização e concentração populacional tem como características de não sofrer o processo de verticalização, mais com falhas de planejamento urbano que é caracterizado pela ausência de espaços verdes.

Para Bernatzky (1982), a formação das ilhas de calor ocorre devido às massas de edificações, aos materiais das construções e vias públicas que absorvem grande quantidade de radiação solar, à redução da velocidade do vento pelos prédios, à poluição que reduz a perda de radiação de onda longa pelas superfícies para o céu, causando aquecimento atmosférico, à drenagem insuficiente pelo sistema de captação de águas pluviais, a não filtração de água no solo como consequência da utilização de revestimentos impermeáveis e à redução da energia utilizada nos processos de evapotranspiração realizados pela vegetação.

Falta de áreas vegetadas, relacionada a materiais utilizados sem planejamento, tem contribuído diretamente na alteração do clima dos agrupamentos e conjuntos urbanos devido à incidência direta da radiação solar nas construções, a consequência desse fenômeno, faz com que as cidades se tornem em verdadeiras estufas, o consumo de energia para resfriamento de interiores vem aumentando consideravelmente nos últimos anos.

Um dos problemas sérios urbanos que a falta de vegetação em algumas cidades do Brasil tem causado é a diminuição da temperatura no inverno, devido à facilidade com que os materiais de construção perdem calor para o meio, onde não existem barreiras naturais para detê-lo (Akbari e Taha 1992). Entretanto as áreas mais edificadas (urbanas) dos municípios no setor central tem diretamente uma participação nos fenômenos e nas alterações no clima local; por outro, as áreas que se aproximam de locais verdes e naturais normais das da natureza, ou seja, lugares mais arborizados proporciona um clima diferenciado favorecendo um clima ameno. Como consequência em relação à vegetação em espaços urbanos, o sombreamento diminui a temperatura da superfície e, por outro lado, superfícies mais frias acabam também por reduzir o calor transmitido para as edificações e a atmosfera. Diferentes estudos mostram que a redução na temperatura de paredes e telhados pode chegar a 20°C pelo efeito de sombreamento da vegetação (Akbari et al., 1997 e Scott et al., 1999).

O objetivo do trabalho foi analisar a temperatura da superfície e estimar o conforto térmico usando as classes de desconforto elaboradas por Thom e Bosen (1959) para os municípios de pequeno e médio porte, Ilha Solteira, Jales e Pereira Barreto, localizadas na região noroeste paulista e identificar as ilhas de calor na mancha urbana nos três municípios, utilizando dados da banda térmica do LANDSAT-8 sensor TIRS com a técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG e investigar a relação entre a temperatura da superfície e a cobertura do solo em fragmentos verdes e edificações urbanas selecionadas para os três municípios.

2. Metodologia de trabalho

Para o desenvolvimento da estimativa de conforto térmico em três municípios da região noroeste paulista, Ilha Solteira, Pereira Barreto, Jales cidades de pequeno e médio porte populacional e urbano com ênfase em edificação urbana e espaços verdes que foram elaboradas em etapas. A primeira etapa foi a aquisição de levantamentos bibliográficos (trabalho em escritório), abordando a temática, informações da temperatura do ar, direção e velocidade dos ventos, no dia de passagem do satélite cedidos pelo site (www.clima.feis.unesp.br) - Canal Clima da UNESP Ilha Solteira, das estações Ilha Solteira, Santa Adélia (município de Pereira Barreto) e Marinópolis, que serviram de padronização em relação de diferenças da temperatura de superfície registrada pelos sensores.

Para o dia 09/07/2014 foi encontrada a temperatura do ar para os municípios de Ilha Solteira, Pereira Barreto as 10:00, com 30,3 °C com a direção do vento a ESE (lés-sudeste) para cidade de Ilha Solteira que diferenciou do município de Jales que manteve um temperatura de 31,2 °C com a direção do vento E (leste). Para o município de Pereira Barreto encontrou-se uma temperatura de 30,4 °C com a direção do vento SE (sudeste), entretanto validando os dados para análise de estimativa de conforto térmico. Weng (2003) salienta que a temperatura média de superfície apresenta, normalmente, valores mais elevados em relação à temperatura média do ar o que já era esperado. Na prática essa diferença não interfere nos resultados, uma vez que a temperatura quantificada pelo satélite é a temperatura radiante da superfície.

A etapa seguinte foi aquisição de imagem de satélite, banda 10, respectiva faixa do infravermelho termal (10,6 - 11,19 μm) com resolução de 30 metros do satélite Landsat-8 no (USGS, 2014), sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor), órbita 222, ponto 74, com data de passagem 09/07/2014 e horário central 10:00 h.

Para o desenvolvimento do tratamento do *raster* deu-se a entrada com o seleção da imagem, e posteriormente o recorte do infravermelho termal (banda 10) dos municípios da região noroeste paulista (Figura 1) conduzindo para o uso dos cálculos fixos para conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, e posteriormente para temperatura em Kelvin, constituídos nas equações 1 e 2 padronizada pelo Serviço Geológico Americano.

$$L\lambda = ML * Qcal + AL \quad (1)$$

Em que $L\lambda$ = Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/(m² sr μm), ML = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04, $Qcal$ = Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10, AL = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000

$$T = \frac{K_2}{Ln \left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1 \right)} \quad (2)$$

Em que o T= Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K), K_2 Constante de calibração 2 = 1,321,08, K_1 = Constante de calibração 1 = 774,89 (K), $L\lambda$ = Radiância espectral em Watts(m² sr μm)

Após os cálculos, os valores de temperatura Kelvin foram subtraídos pelo seu valor absoluto (273,15), que processou a imagem raster de temperatura de superfície em graus Celsius (°C), validado com dados registrados de temperatura do ar das estações meteorológicas do de Ilha Solteira, Santa Adélia - Pereira Barreto, Marinópolis, elaborando o recorte da imagem. Na Figura 1, mostra as áreas dos três quadrantes dos municípios com imagens termal extraída e cortada, e salvo como imagem de banda10.tif e posteriormente e adição dos algoritmos (equação 1 e 2) na calculadora *raster* do ArcGIS 10.0®.

Posteriormente com imagem *raster* com os registros das temperaturas em graus Celsius foram inseridas as classes por Thom e Bosen (1959) Tabela 1 para analisar o conforto e desconforto térmico

Tabela 1: Classes de Temperaturas da superfície - estimativa de conforto térmico para três municípios da região noroeste paulista

Descrição	Classes	Temperaturas
Bem estar	1	TE < 21
Menos de 50% da população possui um ligeiro desconforto	2	21 £ TE < 24
Outros 50% da população possui um pequeno desconforto	3	24 £ TE < 27
A maioria da população possui um relativo desconforto e há um significativo deterioramento da condição psicofísica	4	27 £ TE < 29
Todos possui um forte desconforto	5	29 £ TE < 32
Estado de emergência médica, um desconforto muito forte	6	TE > 32

Fonte: Thom e Bosen (1959)

3. Resultados e discussão

Com as técnicas de análise de temperatura da superfície estimada com base nos dados do sensor TIRS do satélite Landsat-8 foi comparada com as diferentes classes de desconforto térmico da Tabela 1, mostra-se a diferença entre as classes térmica para o perímetro urbano e suas áreas vizinhas de Ilha Solteira, Pereira Barreto, Jales com suas respectivas áreas, com 6 classes com diferentes grupos de temperatura, dividindo-se o intervalo observado de temperatura em subintervalos de 3 °C cada, a fim de caracterizar o comportamento térmico da temperatura da superfície.

Para o município de Ilha Solteira que possui áreas urbana e rural de 652,449 Km² (IBGE, 2014) foi observado que parte de seu setor central possui edificações, encontra-se com as classes 5 e 6 indicando temperaturas entre 29 °C a 32 °C e superior a 32 °C indicando que nessas áreas possui um grande desconforto térmico (Figura 1-A e Tabela 1).



Figura 1(A): Mapa de temperatura da superfície do município de Ilha Solteira – SP, com a banda 10 cortada, sem nuvens. Formula completa: $TC = (1321,08 / \ln(774,89 / (3,3420E-04 * \text{banda10.tif} + 0,10000) + 1)) - 273,15$ (USGS, 2014)

Isso está ligado diretamente à falta de árvores, observado em áreas com vegetação densa encontramos a classe 4 com temperaturas entre 27 °C a 29 °C diminuindo 5 °C do setor central do município (figura 1-A) diferenciando pelo o uso e cobertura do solo, segundo (Scifoni, 1994) resumem a importância da vegetação nas cidades contemporâneas, principalmente nos grandes centros de cidades de pequeno e médio porte, em função da composição atmosférica, equilíbrio solo-clima. Dessa forma foi relacionada para o município de Ilha Solteira uma área urbana com desconforto térmico com classes 5 e 6 (Tabela 1) pela alteração do uso e ocupação do solo e um mau planejamento-ambiental ressaltada pela falta de áreas verdes situadas como parques e horto afetando diretamente na qualidade de vida de seus habitantes.

Para a cidade de Pereira Barreto com uma limite de fronteiras urbana e rural de 978,884 Km² (IBGE, 2014) foi observado em toda sua parte urbana foi atribuído as classes 5 e 6 temperaturas que varia de 29 °C a 32 °C (Tabela 1) observado um péssimo desconforto térmico, diferenciando do seu entorno que encontramos espaços verdes observados como

plantação de Citros encontramos a classe 4 com temperaturas que varia de 27 °C a 29 °C. O fato das classes 5 e 6 encontrados nas edificações urbanas (construção civil), apresentarem temperaturas mais elevadas resulta da substituição de superfícies naturais, como vegetação e solo nu, por materiais, como asfalto e concreto, que reduzem a cobertura vegetal e alteram radicalmente as propriedades de impermeabilidade, radiativas, térmicas e aerodinâmicas da área urbana segundo (Oke e Maxwell, 1975).

Observando a temperatura da superfície na Figura 1-B o município de Pereira Barreto passa por um sério desconforto térmico pelo significativo mau planejamento urbano-ambiental, não diferenciando da cidade de Ilha Solteira como falta de espaços verdes, bosques e parques que implica na diminuição da temperatura da superfície e no equilíbrio do conforto térmico.



Figura 1(B): Mapa de temperatura da superfície do município de Pereira Barreto – SP, com a banda 10 cortada, sem nuvens. Formula completa: $TC = (1321,08 / \ln(774,89 / (3,3420E-04 * \text{banda10.tif} + 0,10000) + 1)) - 273,15$ (USGS, 2014)

No município de Jales com áreas urbana e rural de 368,519 Km² segundo (IBGE, 2014) possui fragmentos de vegetação que demonstra uma temperatura da superfície na classe 4 Tabela 1, Figura 1-C com variação de 27 °C a 29 °C sendo inferior ao setor central com edificações e construções urbanas.

Na área classificada como fragmentos de vegetação, a presença espécies arbustivas e arbóreas retrocede o efeito da temperatura da superfície e do ar com o sombreamento, e um dos principais parâmetros do alívio de temperatura. Áreas com vegetação classificado como ramos, galhos ou copa ameniza a radiação solar que direciona à superfície abaixo da copa, uma boa parte da radiação solar incidente é absorvida pelas folhas para sua fotossíntese, e outra fração é refletida de volta para a atmosfera. A tendência do sombreamento é diminuir efeito da temperatura da superfície, sendo que, superfícies mais frias acabam também por reduzir o calor transmitido para as edificações e a atmosfera. Diferentes estudos mostram que a redução na temperatura de paredes e telhados pode chegar a 20 °C pelo efeito de sombreamento da vegetação (Akbari et al, 1997); (Scott et al, 1999).

Para a região noroeste paulista nos três municípios foi observado a ausência de espaços verdes que eleva a temperatura no setor central dos municípios elevando o desconforto

térmico, e se igualando em sua área periurbana que são os espaços geográficos em suas áreas periféricas que são utilizados como cinturões verdes e áreas de pastagem, sítios, chácaras, todos com classes 5 e 6 com um forte desconforto térmico com temperaturas superiores 27 °C.

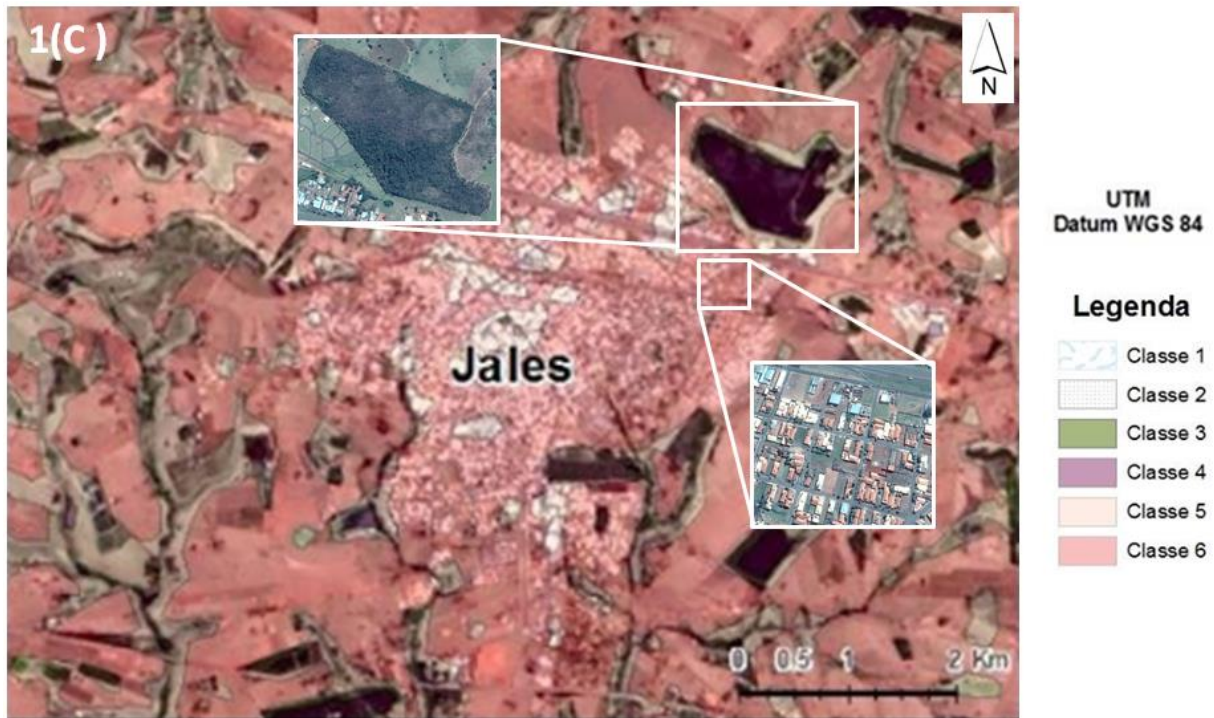


Figura 1(C): Mapa de temperatura da superfície do município de Jales- SP, com a banda 10 cortada, sem nuvens. Formula completa: $TC = (1321,08 / \ln(774,89 / (3,3420E-04 * \text{banda10.tif} + 0,10000) + 1)) - 273,15$ (USGS, 2014)

4. Conclusões

Foram observadas variações significativas, nos três municípios, com diferença de 6 °C de edificações urbanas e fragmentos de vegetação.

É importante ressaltar as informações de temperatura da superfície do comprimento de onda do infravermelho termal do sensor TIRS/Landsat-8 banda 10 - com a importância na melhoria da resolução espacial de 30 metros - sobre utilização de técnicas de sensoriamento remoto e os ambientes de áreas urbanas e espaços verdes, que contribuiu na identificação, compreensão do dinamismo climático, assim sendo, na adoção de planejamentos como planos de arborização para amenizar as temperaturas nesses ambientes.

5. Referências bibliográficas

Akbari, H.; Kurn, D.; Bretz, S.; Hanford, J. Peak power and cooling energy savings of shade trees. **Energy and Buildings, Lausanne**, v.25, p.139-148, 1997

Akbari, H.; Taha, H. Impact of trees and white surfaces on residential heating and cooling energy use in four Canadian cities. **Energy (Oxford)**, v. 17, n.2, p.141-149, 1999.

Bernatzky, A. The contribution of trees and green spaces to a town climate. *Energia e Edifícios*, v.5, p.1-10, 1982.

UNESP - Canal Clima Disponível em: < [http:// clima.feis.unesp.br/](http://clima.feis.unesp.br/)>. Acesso em: 16.out.2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15.out.2014.

Llardent, L. R. A. **Zonas verdes y espacios libres en la ciudad**. Madri: Closas Orcoyen, 1982.

Monteiro, M, A.; Mendonça, M. **Dinâmica Atmosférica do Estado de Santa Catarina**. Atlas de Desastres Naturais do Santa Estado de Santa Catarina. Florianópolis: IOESC, 2005, p.5-10, 2006.

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

Oke, T.R. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment**, v.7, p.769-779, 1973.

Weng, Q. Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v.69, (2003).

Scifoni, S. **O verde do ABC: reflexões sobre a questão ambiental urbana**. São Paulo: USP, 1994. (Dissertação de Mestrado).

Scott, K.; Simpson, J.R.; Mcpherson, E.G. Effects of tree cover on parking lot microclimate and vehicle emissions. **Journal of Arboriculture**. Savoy, v.25, n.3, p.129-142, 1999.

Thom, E.C.; Bosen, J.F. The discomfortindex. **Weatherwise.**; n. 12, p. 57 - 60, 1959.

USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano (2014). Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8: data de passagem 09/07/2014 EUA. Acesso em 01 setembro 2014. Disponível em <<http://landsat.usgs.gov>>.