

## ANÁLISE DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DA ÁREA URBANA DE SANTARÉM ATRAVÉS DE IMAGENS TERMAIS DO LANDSAT 5

Polari B. Corrêa  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia  
polari@inpa.gov.br

Jéssica A. de J. Corrêa  
Universidade Federal do Oeste do Pará  
jehssicorrea@hotmail.com

Silvia C. de P. Andrade  
Universidade Federal do Oeste do Pará  
silviacrisandrade@gmail.com

### EIXO TEMÁTICO: CLIMATOLOGIA: POLÍTICA E CIÊNCIA

**Resumo.** Este trabalho teve por objetivo analisar a temperatura da superfície para o ano de 2009 e 2010 envolvendo a área urbana da cidade de Santarém – PA. Utilizaram-se imagens do LANDSAT - TM5 data de 12/07/2009 e 29/06/2010 e o processamento da imagem foi realizado no LEGAL do SPRING. Os valores de temperatura de superfície encontrada na área estudada variaram entre 23,59 e 34,03°C a cena de 2009 enquanto que os valores de para de 19,14 e 30,98°C para a cena de 2010 foi Os maiores valores de temperatura nas imagens analisadas foram encontrada nas áreas onde a urbanização é mais intensa com o predomínio de materiais de alta absorção de calor. Temperaturas menores foram encontradas em áreas com presença de vegetação e região periférica de Santarém.

**Abstract.** This work had for objective to analyze the temperature of the surface for the year of 2009 and 2010 involving the urban area of the city of Santarém - PA. Images LANDSAT - TM5 was used, date of 12/07/2009 and 29/06/2010 and the processing of the image was accomplished in the LEGAL of SPRING. The values of surface temperature found in the studied area had varied between 23,59 and 34,03 °C in the scene of 2009 while the values of the 19,14 and 30,98°C for the scene of 2010. The largest temperature values in the analyzed images were found in the areas where the urbanization is more intense with the prevalence of materials of high absorption of heat. Smaller values temperatures were found in areas with vegetation presence and periphery area of Santarém.

**Palavras-chaves:** temperatura de superfície, imagens termais, Landsat 5.

### 1. Justificativa e problemática

Nos últimos anos, a preocupação com o clima do planeta tem fomentado vários estudos e discussões acerca do futuro climático da Terra. Torna-se evidente a existência desta mudança no clima global, principalmente com o aparecimento de fenômenos naturais extremos, que causam grandes desastres e impactos à população mundial. Pesquisas apontam para um aumento na temperatura da superfície continental o que ocasionará mais dias quentes afetando diretamente a qualidade de vida nas cidades.

Em grandes centros urbanos, o aumento da temperatura do ar está também associado à concentração de veículos e indústrias, que potencializam a produção artificial de calor, lançando

partículas e gases na atmosfera. Assim, a radiação infravermelha que é emitida da superfície para o espaço fica retida pela camada de poluição, comum nestes centros, provocando um efeito estufa local.

As atividades humanas como o uso de ar condicionado, aquecedores e o tráfego de veículos intenso são grandes consumidores de energia e acabam gerando muito calor na cidade. Este calor somado à elevada capacidade de absorção de calor de superfícies urbanas como o asfalto, paredes de tijolo ou concreto, telhas de barro e de amianto que aquecidos durante o dia é mantido entre os prédios devido a múltiplas reflexões [Krieger 2004].

Nas áreas urbanas os sistemas naturais são os que mais sofrem alterações, causadas pela ação antrópica, principalmente por conta dos elementos que constituem a cidade, como: remoção da cobertura vegetal, impermeabilização do solo através de espessas camadas asfálticas e de cimento, que impossibilitam a infiltração da água das chuvas, modificando o regime de escoamento superficial e de evaporação d'água do solo, o que implica na redução da umidade relativa do ar e no particionamento de energia, uma vez que os valores de calor sensível e latente serão influenciados em função do tipo de cobertura do solo.

A atmosfera da cidade é menos úmida do que a da zona rural, mas ocorrem variações neste quadro geral, pois durante o dia existe maior probabilidade de o ar na zona rural adquirir vapor d'água devido à presença de vegetação e por ser o solo mais permeável. Por outro lado, durante a noite a zona rural tem queda na temperatura de maneira mais rápida, deixando o ar saturado e impedindo a evaporação, até que a água presente no ar próximo à superfície vai diminuindo à medida que atinge o ponto de orvalho [OKE 1987].

Atualmente uma das formas de se obter a temperatura de superfície é através de imagens de sensores abordo de satélites, pois além de favorecer visões de diferentes escalas e tempo, permite a transformação de dados do infravermelho termal em temperaturas aparente da superfície. A temperatura quantificada pelo satélite é a temperatura radiante da superfície que é um valor superior à temperatura do ar [WENG 2003].

**2. Objetivos:** O objetivo desse trabalho é estimar e analisar a temperatura de superfície da área urbana de Santarém para as datas do dia 12 de julho de 2009 e 29 de junho de 2010 através de imagem do satélite LANDSAT 5-TM.

### **3. Material e Método**

#### **3.1 Área de estudo**

O município de Santarém está situado na microrregião do Médio Amazonas, a 29 m de altitude, na confluência dos rios Amazonas e Tapajós. Com uma população de 215.947 na zona urbana [IBGE 2010] e uma densidade demográfica de 12,87 hab./km<sup>2</sup> dista aproximadamente 807 km da

capital do Estado e ocupa uma área de 22.887 km<sup>2</sup> [IBGE 2010]. Este trabalho foi desenvolvido na área urbana da cidade de Santarém – PA, sendo as coordenadas geográficas -2° 25' 30" de latitude Sul e -54° 42' 50" de longitude Oeste. A Figura 1 ilustra a localização do município de Santarém.

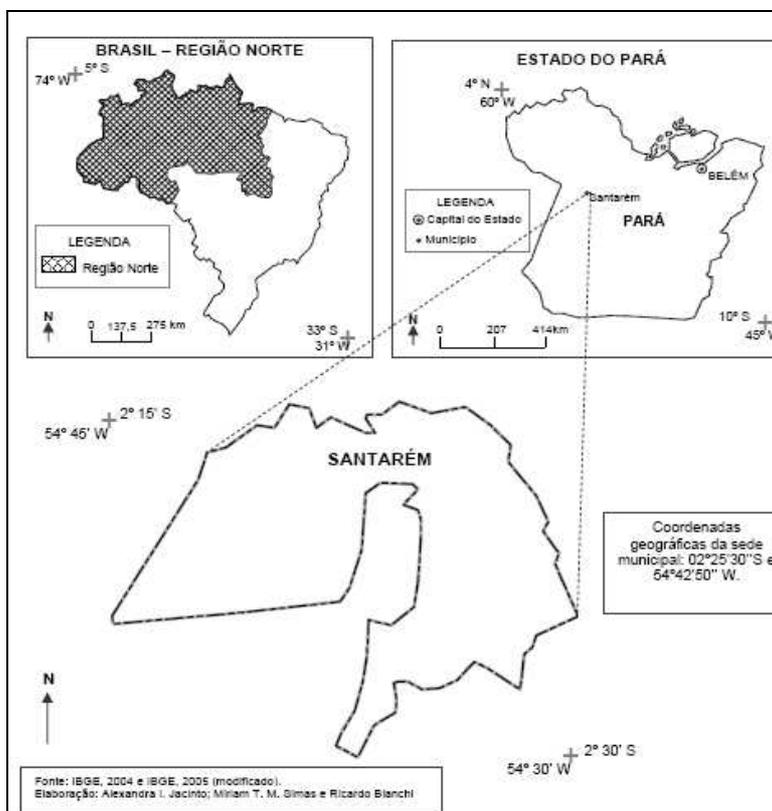


Figura 1- Mapa de Localização de Santarém. Fonte: adaptado de Jacinto (2006).

As imagens termais utilizadas neste trabalho corresponde à passagem do satélite LANDSAT-5 na órbita 227 e ponto 62 nas datas de 12/07/2009 e 29/06/2010. Esta imagem capta a energia térmica irradiada / emitida pela superfície alvo varrida pelo sensor infravermelho termal (TIR – Thermal Infra-Red / 10,4 a 12,5 μm de comprimento de onda), revelando as diferenças de temperatura que ocorrem na superfície aparente, prestando-se à detecção das propriedades termais de solos, vegetação, água e rochas, entre outros alvos.

### 3.2. O modelo de conversão de Malaret

Para obtenção da temperatura aparente de superfície aplicou-se o processamento digital da imagem através do aplicativo “SPRING 5.1.6”, desenvolvido pelo INPE. O modelo aplicado para estimativa de temperatura de superfície registrada em cada pixel da imagem foi o de Malaret (Equação 1) de acordo com Borges *et al* (2011), com o uso da programação LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) no SPRING.

$$T = 209.831 + 0.834 DN - 0.00133 DN^2 \quad (1)$$

onde:

T = temperatura aparente em Kelvin (K)

DN = *digital number* ou número digital de cada pixel

As temperaturas resultantes serão, então, convertidas para °C (graus Celsius) com a subtração do valor da temperatura do ponto de congelamento da água ao nível do mar, ou seja, 273,15 K.

#### 4. Resultados e Discussões

A Figura 2 mostra a área de estudo compreendida na zona urbana do município de Santarém em uma combinação RGB das bandas espectrais 5,4,2 da imagem do Landsat 5. As porções em tons em verde destacam áreas com vegetação, os tons claros revelam áreas urbanizadas e os tons em azul referem-se aos rios que banham a cidade.

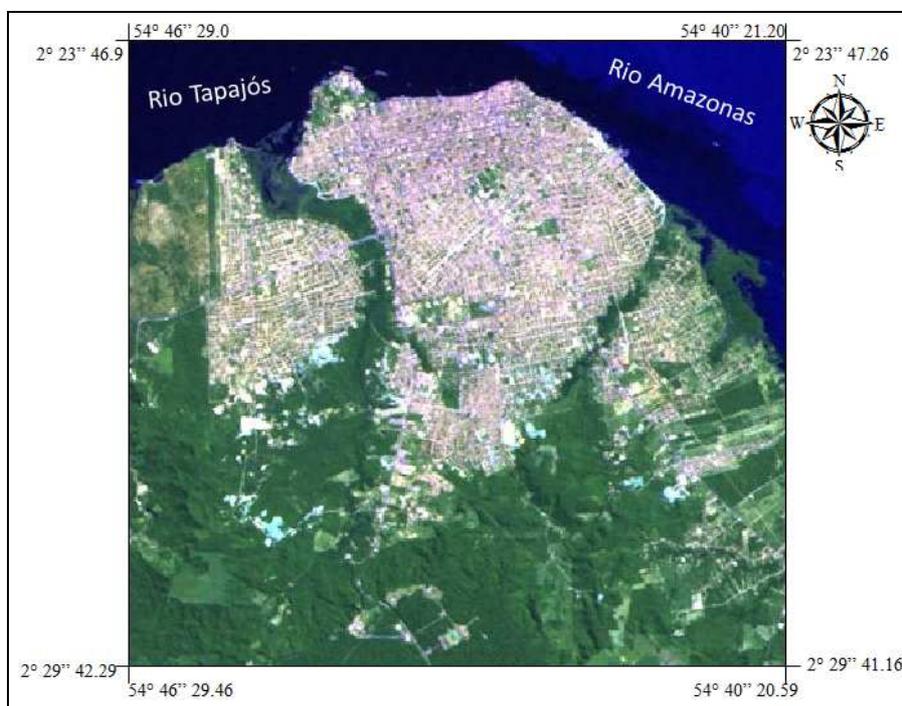


Figura 2. Composição RGB 542 da área de estudo.

A temperatura de superfície encontrada na área estudada para 12 de julho de 2009 variou entre 23.59 e 34.03°C, enquanto que para 29 de junho de 2010 foi de 19 e 30°, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1: Valores mínimo, máximo e a média das temperaturas de superfície para os dias 12/07/2009 e 29/06/2010.

Temperatura da Superfície	Mínimo	Máximo	Média
12/07/2009	23.59	34.03	27.70
29/06/2010	19.14	29.44	23.40

Analisando a temperatura de superfície para o dia 12/07/2009 (figura 3), a área urbana de Santarém apresenta um perfil térmico com poucas variações, as maiores temperaturas encontradas foram em torno de 31 e 34°C e correspondem às áreas de tons em amarelo na imagem, as áreas de tons em azul estão representadas as menores temperaturas, que variaram entre 23 e 25°C. Podemos observar que a região central da cidade apresentou temperaturas elevadas quando comparadas às áreas periféricas.

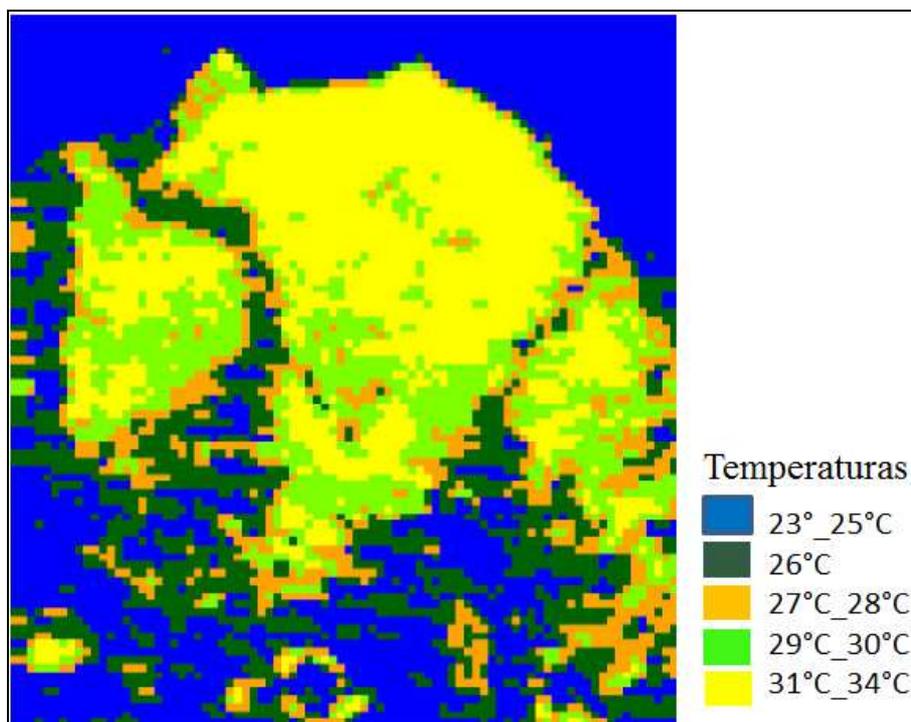


Figura 3. Temperatura de superfície para área urbana de Santarém para 12 de julho de 2009.

Para o dia 29/06/2010 as maiores temperaturas ficaram entre 26 e 29°C, evidenciadas nas áreas em amarelo na imagem, em tons de azul, regiões que apresentaram temperaturas baixas, entre 19 e 20°C. Assim como na imagem de 2009, as maiores temperaturas encontram-se no perímetro urbano de Santarém e as temperaturas mais baixas em áreas de vegetação densa e corpos d'água.

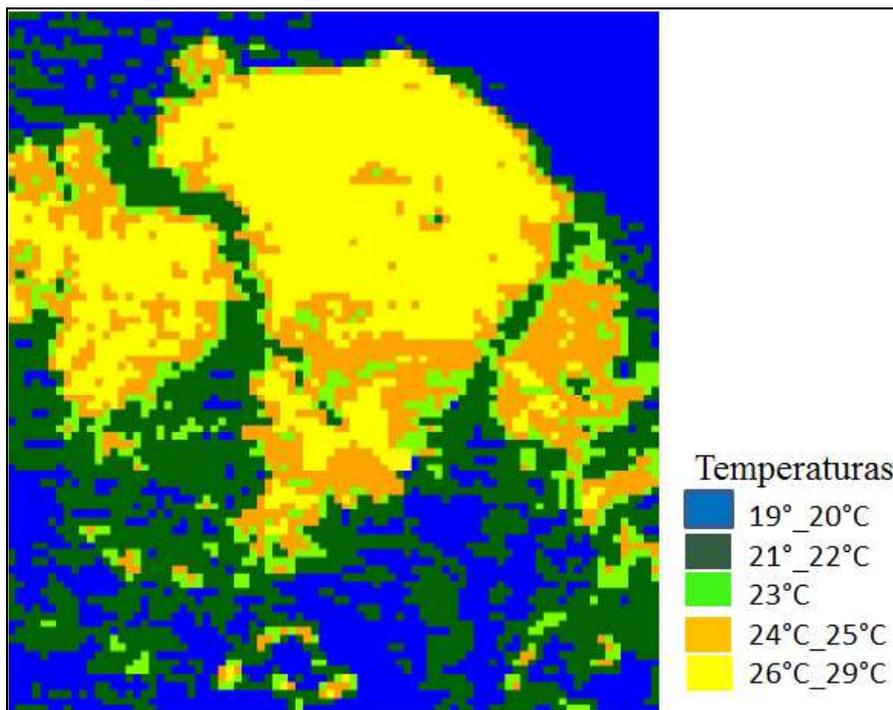


Figura 4. Temperatura de superfície para área urbana de Santarém para 29 de junho de 2010.

A área de maior temperatura na imagem de 29 de junho de 2010 (29°C) foi encontrada em uma região de invasão próxima ao aeroporto de Santarém (área circulada na figura 5). Nesta área houve retirada e queima da vegetação, modificando drasticamente o albedo da superfície e, por conseguinte, o balanço de energia.



Figura 5. Composição LANDSAT 5 apresentando a área de maior valor de temperatura em 2010.

Além desta região, também foram encontradas temperaturas elevadas em uma área correspondente ao centro comercial de Santarém, onde há presença de lojas, prédios baixos e residências (figura 6). Nesta região nota-se que as construções são muito próximas uma das outras, sem existência de áreas livres que permitem a circulação do vento favorecendo assim, o aprisionamento do calor nesta região. Outro fator que contribui para o aumento da temperatura nesta área está no fato de que na região em questão estão localizadas avenidas de grande movimento de veículos e pessoas, que geram calor na cidade.



**Figura 6. Centro urbano de Santarém. Fonte: Google Earth**

Baixas temperaturas foram encontradas em áreas com presença de vegetação como no Parque Municipal (figura 7A) e áreas dos igarapés do Irurá (figura 7B) e Urumari (22°C e 24°C), evidenciam que a presença da vegetação contribui para a diminuição da temperatura do ar nestas áreas. Além de proporcionar sombra, a vegetação ajuda a reduzir a temperatura de ar através do processo de evapotranspiração, no qual as plantas liberam água para o ambiente circunvizinho, minimizando os efeitos do calor.

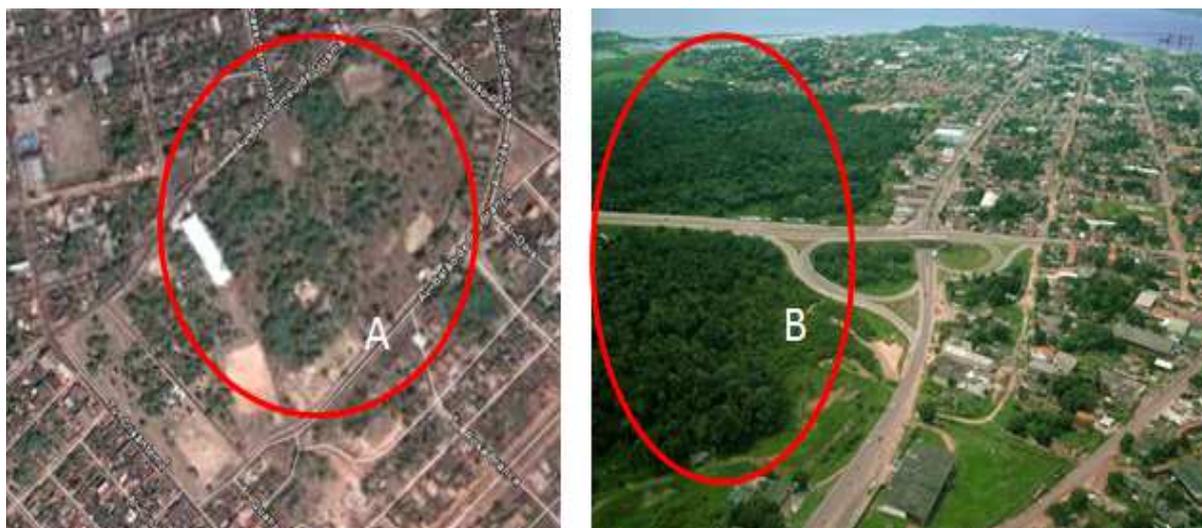


Figura 7. (A) Vista aérea do Parque Municipal de Santarém. Fonte: Google Earth e (B) e área do igarapé do Irurá. Fonte: Prefeitura Municipal de Santarém.

## 5. Conclusão

Com base nas análises da temperatura de superfície para as datas estudadas na área urbana do município de Santarém-PA, observou-se que as áreas que apresentaram maiores aquecimento concentravam-se no perímetro urbano, áreas de maior aglomeração urbana, mantendo uma homogeneidade de temperaturas entre de 33 e 34°C para 2009 e 27°C e 29°C para 2010. As menores temperaturas foram encontradas nas regiões periféricas e áreas com presença de vegetação na cidade. Dessa forma, as imagens termais mostraram-se como uma boa ferramenta para estimativa das temperaturas na área urbana de Santarém, permitindo assim identificar as áreas com maiores temperaturas. Vale ressaltar que, as temperaturas de superfície obtidas correspondem à temperatura para o horário de passagem do satélite, e estas podem sofrer variações ao longo do dia e dos anos.

## Referências

Ayoade, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos. 5ª ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

Borges, E. F.; Anjos, C. S.; Baptista, G. M. M. **Análise Multitemporal da Temperatura de Superfície no Oeste da Bahia**. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – (SBSR), p.6358, Curitiba, INPE, 2011.

Jacinto, A. I.; Simas, M. T. M.; Bianchi, R.; Oliveira, K. N.; Rech, C. M. C. B. **Aspectos físico-territoriais e Atrações turísticas do município de Santarém, Pará**. Acesso 15 agosto de 2011.

Krieger, Sebastian. **Estudos Biometeorológicos do clima urbano**. Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas ACA0245 - Biometeorologia, 2004.

Oke, T.R. **Boundary layer climates**. Taylor & Francis, 2ed., 1987.

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