

Análise sazonal da temperatura de superfície continental (TSC) obtida a partir do sensor TIRS do Landsat 8

Julia Silva de Queiroz Lourenço ¹
João Vitor Freitas Pereira Abrantes Marques ¹
Carla Bernadete Madureira Cruz ¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ
Instituto de Geociências
Av. Athos da Silveira Ramos, 149.
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Bloco I, Ilha do Fundão.
Cidade Universitária 21941-909 – Rio de Janeiro, RJ – Brasil
{julialouren, joaovitor.fpam, carlamad}@gmail.com

Abstract. Thermal information is relevant to various types of urban and environmental studies. Traditionally these data are obtained from meteorological stations, although the source of reference for this type of data often are scarce and / or unevenly distributed across the area of interest. At the same time, remote sensing is raising thermal data for more than 30 years with the Landsat program, and in order to validate these orbital data we attempted to compare them with data extracted from five meteorological stations distributed by the municipality of Rio de Janeiro. After carrying out pre-processing such as atmospheric correction and conversion to physical values of the thermal infrared temperature, a seasonal analysis was performed for 9 months between April 2013 and March 2014, comparing the value of the extracted temperature average of around stations from the image of the thermal infrared each date with the temperature value provided by the weather station. A high consistency of the data was seen through the elaborate graphics being the station of Santa Cruz presented the smallest difference between the extracted temperature of the thermal and the weather station, to 3 ° C.

Palavras-chave: remote sensing, pre-processing, thermal infrared, temperature, sensoriamento remoto, pré-processamento, infravermelho termal, temperatura.

1. Introdução

Informações termais são relevantes para diversos tipos de estudos urbanos e ambientais. Tradicionalmente, esses tipos de dados são obtidos através de estações meteorológicas, que apesar de serem as fontes de dados de referência, são escassas e, às vezes, mal distribuídas na área de interesse. Há mais de 30 anos o sensoriamento remoto orbital faz o levantamento de dados termais através do programa Landsat, normalmente apresentando baixa resolução espacial, o que por vezes dificulta a análise de áreas menores. A evolução dos sistemas sensores que se seguiram após o lançamento do programa Landsat apresentou vários avanços, dentre eles pode-se citar a resolução espectral que foi sendo ampliada, fazendo com que o número de bandas aumentasse, inclusive na região do infravermelho termal. Segundo Meneses (2001) e Ferreira (2002) a faixa do infravermelho termal do espectro eletromagnético, ou radiação de ondas longas, está situada dentro do intervalo espectral que vai de 5,0 a 1000 micrômetros. Sobre os dados termais orbitais é importante sinalizar que os valores registrados em imagens pelas bandas termais são correspondentes a parte do infravermelho que é sensível a variações de temperatura, isto significar dizer que, esses valores ainda não são valores físicos de temperatura, sendo necessário submetê-los a um processo de conversão. Além disso, os sensores orbitais registram a resposta da energia eletromagnética da superfície continental o que, mesmo após processamento, apresenta um valor de temperatura que é diferente da registrada por estações meteorológicas, que registram a temperatura do ar. Diante disso, o objetivo deste trabalho é fazer uma análise sazonal da temperatura de superfície obtida pelo TIRS do Landsat 8, comparando com os valores de temperatura obtidos pelas estações meteorológicas localizadas no município do Rio de Janeiro.

2. Metodologia de Trabalho

Foram utilizadas para a realização deste trabalho imagens do sensor TIRS do Landsat8 provenientes de 9 datas, cobrindo o intervalo de abril de 2013 a março de 2014. Na figura 1 observa-se as datas das imagens do infravermelho termal adquiridas.



Figura 1. Datas das imagens do infravermelho termal.

A intenção inicial era obter 12 imagens correspondentes a cada mês do ano, porém isso não foi possível em função da indisponibilidade de algumas imagens que foram descartadas devido à grande quantidade de nuvens na cena. Além das 9 imagens, foram utilizados dados de estações meteorológicas, cujas localizações foram fornecidas pelo Núcleo Computacional de Estudos da Qualidade do Ar, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (NCQAr/UFRJ) na forma de tabelas. Essas tabelas foram organizadas de forma a filtrar somente os dados interessantes para a pesquisa, como os valores de temperatura e o horário da medição (10 horas da manhã, que coincide com o horário da passagem do Landsat sobre o município do Rio de Janeiro). Ao todo foram selecionadas 5 estações, que estão representadas na figura 2 abaixo.



Figura 2. Localização das estações meteorológicas no município do Rio de Janeiro.

Os dados tabulares de temperatura obtidos através das estações foram convertidos em gráficos no software Excel. As 9 imagens passaram por pré-processamentos como correção atmosférica, para obtenção dos valores de reflectância da superfície, o que viabilizou um segundo pré-processamento que foi a conversão destes valores para temperatura de superfície continental (TSC). Segundo Zullo (1994), uma das aplicações que mais têm interesse no processo de correção atmosférica baseia-se no uso de imagens multitemporais obtidas muitas vezes por diferentes satélites para avaliação do tipo e do estado das superfícies terrestres. A ferramenta utilizada tanto para a correção atmosférica quanto para a conversão dos valores de

reflectância em TSC foi o módulo ATCOR – *Surface Temperature* do *software* PCI Geomatics.

Com as 9 matrizes de temperatura em mãos, extraiu-se os valores de TSC, considerando-se a localização geográfica das estações meteorológicas e sua vizinhança imediata. Desta forma, a partir do pixel central, onde estaria localizada a estação, foram considerados os 8 pixels do seu entorno e assim foi calculada a média de temperatura dos 9 pixels de cada estação (Figura 3).

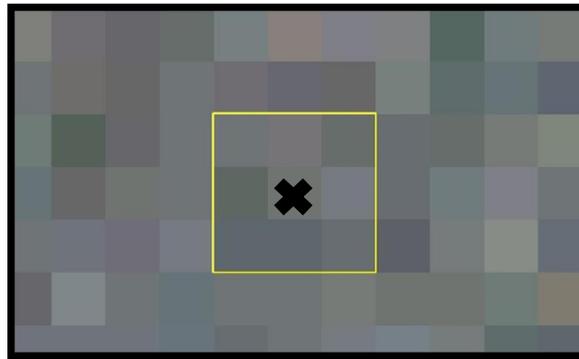


Figura 3. Exemplo de localização de uma estação meteorológica e os 8 pixels envolventes para o cálculo da média de temperatura.

A média da temperatura foi calculada no *software* ArcMap 10.3 utilizando-se a ferramenta *Cell Statistics*. Os valores extraídos das imagens foram exportados em formato de tabela para em seguida serem elaborados os gráficos no *software* Excel para posterior comparação com os dados das estações meteorológicas.

3. Resultados e Discussão

A análise partiu da premissa de que a temperatura da superfície continental durante o dia, é mais elevada do que a temperatura do ar próximo a mesma. Isso se deve a uma série de fatores físicos referentes aos diferentes materiais envolvidos e suas interações com a energia eletromagnética. Um dos fatores mais importantes para entender o porquê da temperatura da superfície continental alcançar valores mais elevados do que a do ar, vem do fato de que um dos principais meios de aquecimento do ar é via convecção. Ou seja, as parcelas de ar que se aquecem junto ao solo tem sua pressão aumentada e com isso ascendem por meio da força de gradiente de pressão, tendo então seu lugar tomado por parcelas de ar mais frias, gerando um processo cíclico.

Foi possível constatar uma relação coerente no comportamento das temperaturas observadas entre as obtidas *in loco* nas estações meteorológicas e as obtidas via sensoriamento remoto orbital. Com o confronto dos gráficos gerados, também pode-se notar que os valores de TSC sofrem uma variação abrupta quando observados nos períodos do verão e do inverno. Os maiores picos de valores para a TSC encontrados ocorreram durante o período do verão, onde o maior valor médio de 47,3°C foi registrado no aeroporto Santos Dumont. O menor valor de 26,3°C foi registrado durante o inverno, no aeroporto do Galeão. Abaixo seguem as figuras 4 e 5 contendo os gráficos referentes respectivamente às estações meteorológicas Santos Dumont e Galeão.

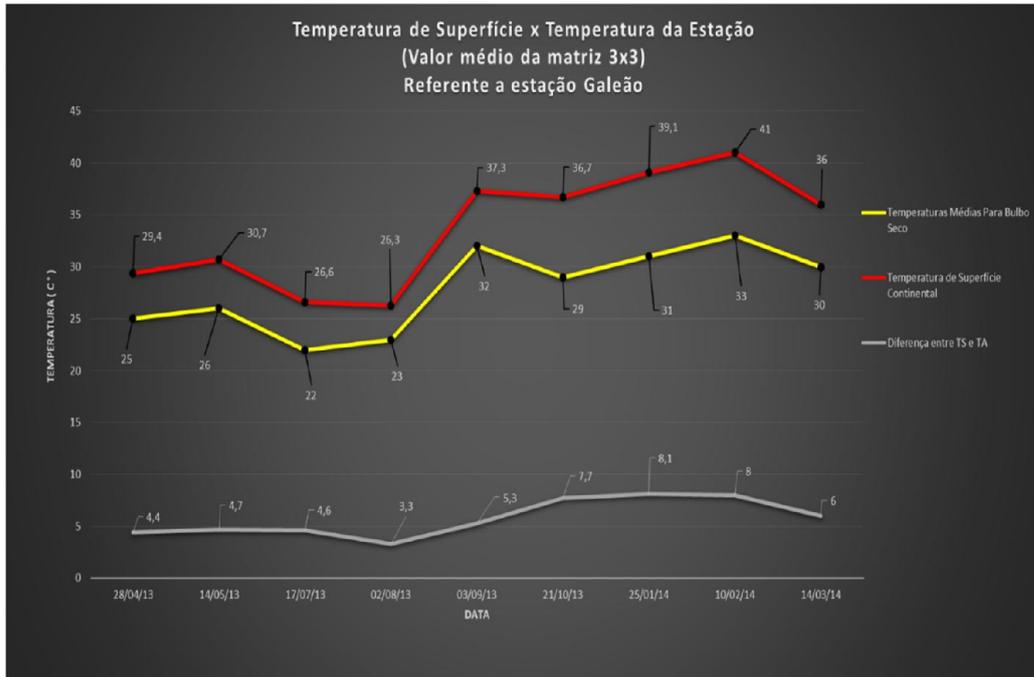


Figura 4. Gráfico comparativo da estação meteorológica do Galeão

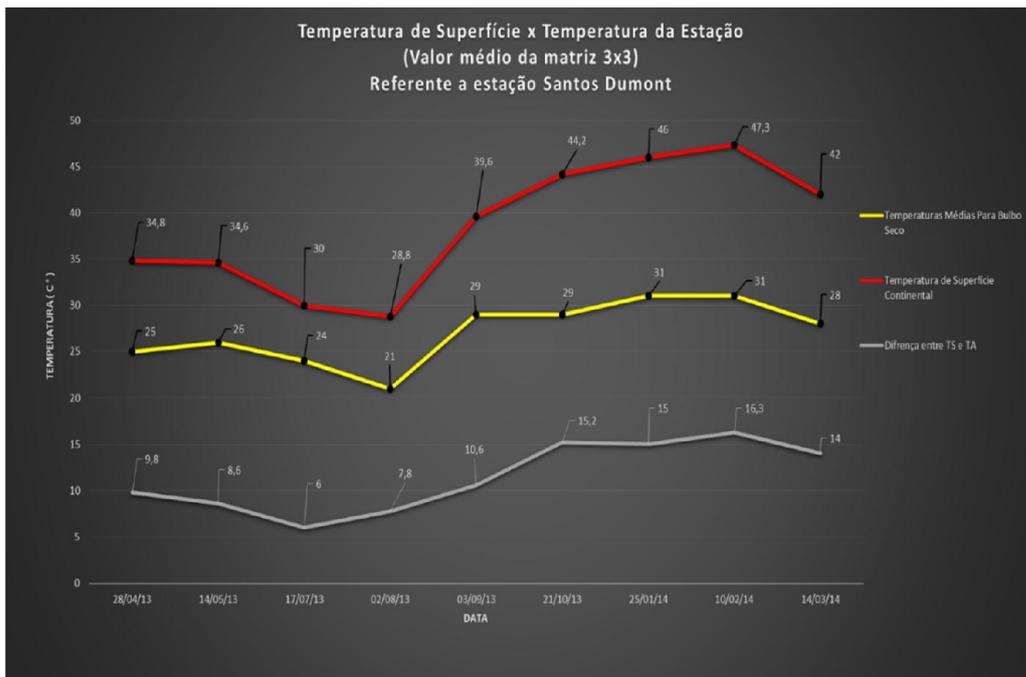


Figura 5. Gráfico comparativo da estação meteorológica do Santos Dumont.

A curva em vermelho representa a temperatura de superfície (TSC), extraída das bandas do infravermelho termal, a curva em amarelo representa a temperatura do ar extraída da estação meteorológica e a curva em cinza representa a diferença entre as duas medições.

A análise indicou que poderiam haver outros fatores influenciando os valores da TSC. De fato, observando-se as imagens de alta resolução do Google Earth, é possível verificar uma grande diferença no tipo de cobertura do solo no entorno da localização das estações, como é possível observar na figura 6. Os tipos de materiais predominantes na cobertura vão influenciar nos valores medidos pelo sensor, e eles são os mais diferentes possíveis como coberturas florestadas, solos expostos, gramíneas e áreas completamente impermeabilizadas como é o caso da estação localizada no aeroporto Santos Dumont.



Figura 6. Localização das estações Galeão e Santos Dumont.

A seguir, na figura 7, é possível observar a comparação das temperaturas para as outras 3 estações meteorológicas, Jacarepaguá, Campo dos Afonsos e Santa Cruz, tendo esta última apresentado a menor diferença entre as temperaturas de superfície e do ar, com apenas 3°C no mês de agosto de 2013. É também notória a coerência entre o comportamento das duas temperaturas, apresentando os mesmos picos e as mesmas baixas.

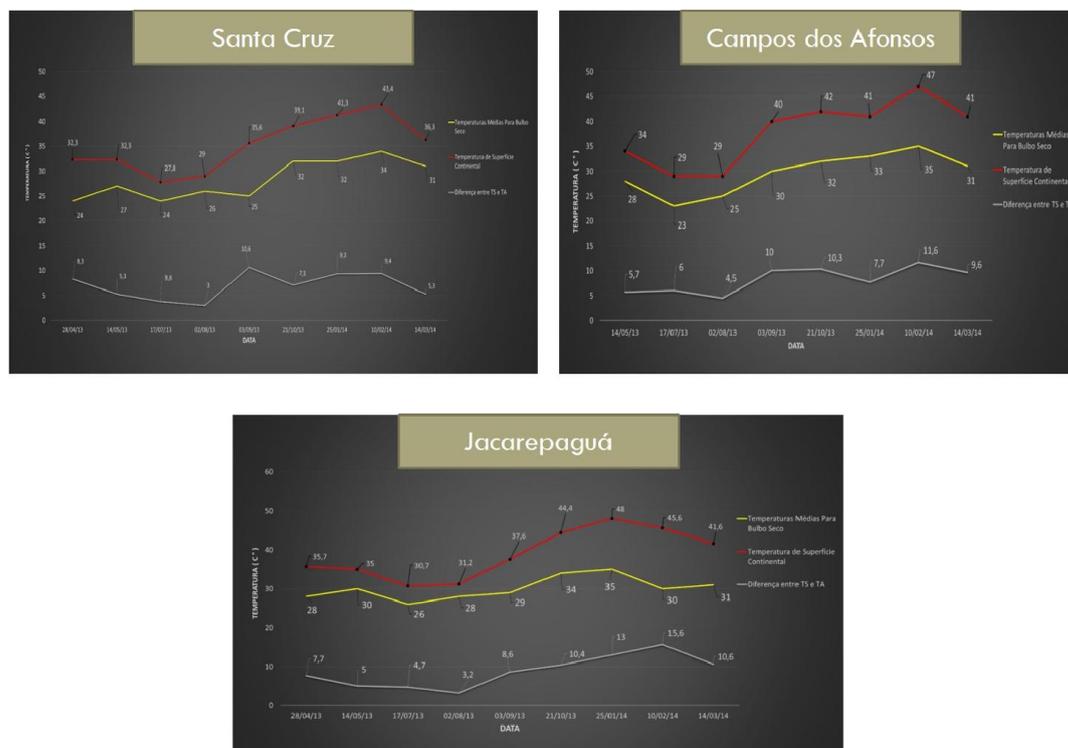


Figura 7. Comparação entre estações Santa Cruz, Campo dos Afonsos e Jacarepaguá.

O mapa de variação de temperatura anual (considerando-se apenas 9 meses), apresentado na figura 8, possibilita a observação do quanto a amplitude pode auxiliar na identificação das coberturas da solo. Este tipo de informação pode agregar valor a classificações baseada em objetos geográficos.

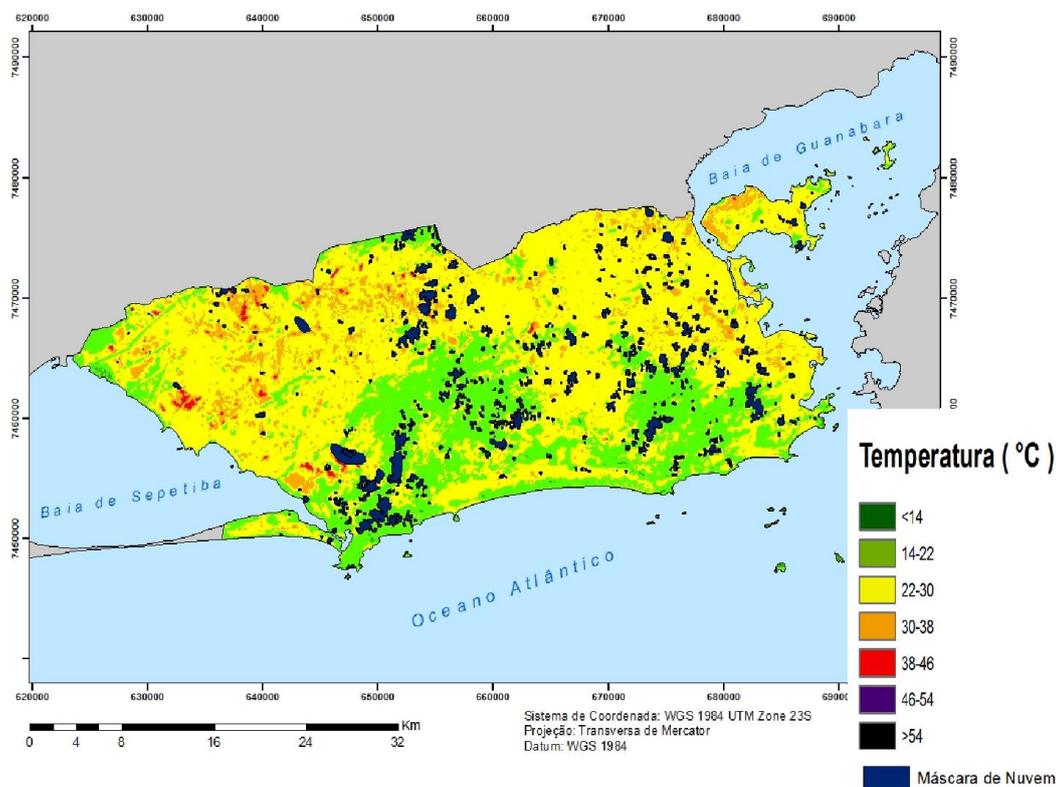


Figura 8. Mapa da variação de TSC para o município do Rio de Janeiro.

Pode-se identificar que as áreas urbanas variam mais o valor de temperatura de superfície (maior amplitude térmica anual) por se tratarem, predominantemente, de coberturas sintéticas como o concreto, que aquece rapidamente até altas temperaturas e resfria da mesma forma. Já os maciços costeiros, Mendanha, Pedra Branca e Tijuca, que no mapa podem ser facilmente identificados através das manchas verdes, apresentam menor variação da temperatura de superfície por se tratarem de áreas densamente florestadas. A vegetação, por sua vez, tem a capacidade de manter a temperatura mais estável, graças à umidade presente em sua estrutura. Dessa forma as temperaturas nas áreas vegetadas não são somente mais amenas mas também mais constantes, variando menos que as áreas urbanas ao redor.

Ao confrontar as imagens com os valores encontrados, fica claro que o aeroporto do Galeão possui uma menor amplitude térmica graças a proximidade com uma cobertura vegetal maior, além de estar a uma maior distância da pista de pouso, área que registrou temperaturas tão elevadas que foi possível enxergar suas delimitações em alguns dos cartogramas apresentados a seguir (figura 9).

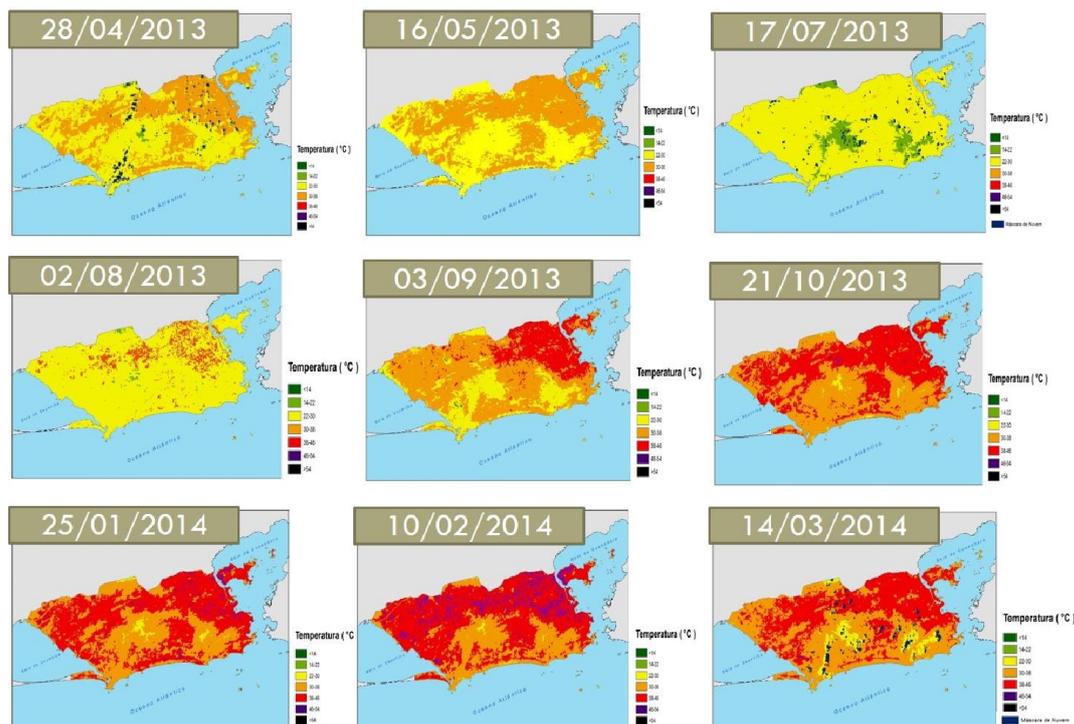


Figura 9. Cartogramas de TSC

A leitura dos cartogramas permite observar um aumento da temperatura ao longo do ano, culminando com os grandes picos dos meses de janeiro e fevereiro de 2014, auge do verão.

4. Conclusões

Ao confrontar as imagens com os valores encontrados, fica claro que o aeroporto do Galeão possui uma menor variação em sua amplitude térmica graças a proximidade com uma cobertura vegetal mais vasta, além de ter uma maior distância da pista de pouso. No entanto, não é possível validar TSC com estações meteorológicas, devido a diferença na natureza das duas temperaturas. A diferença entre a TSC e a temperatura do ar varia ao longo do ano, chegando a valores maiores no verão. Ainda sim, a amplitude anual da TSC apresenta correlação com o tipo de cobertura do solo, podendo ser usada como mais um parâmetro na classificação do uso e da cobertura, e, observando-se numa maior escala, pode-se ver que o arranjo do tipo de coberturas observado no entorno das cinco estações pode justificar as diferenças detectadas nos valores e curvas de variação da temperatura. Por fim, a análise anual da TSC apresentou valores coerentes com o esperado de se encontrar sazonalmente.

As conclusões sugerem que o uso de dados termais gerados via sensoriamento orbital podem contribuir de forma efetiva para análises espaciais dentro do âmbito de áreas antropizadas. As grandes diferenças de temperatura encontradas tanto por conta da sazonalidade quanto por conta da presença de materiais sintéticos, em geral de alta impermeabilidade, na cobertura da superfície continental são fatores que podem contribuir para uma análise térmica precisa de áreas antrópicas.

O possível efeito de tendência do aquecimento do município, se confirmado, também demonstra um grande potencial do uso de dados termais na contribuição do entendimento fenômenos urbanos, que muitas vezes não possuem formas efetivas de serem evidenciados sem a união do fator espacial com o temporal. A melhor compreensão de fenômenos como

esse é importante para que possa haver melhor planejamento do uso do espaço urbano visando o conforto e o bem estar da população.

Referências Bibliográficas

Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2010.

Meneses, P. R.; Almeida, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Org. UNB e CNPq. Brasília, 2012.

Moreira, M. A. **Efeito da variabilidade climática sobre a dinâmica das florestas de mangue: o caso do complexo estuarino de Caravelas - Nova Viçosa**. 2015. 160 p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2015.

ZULLO, J. **Correção Atmosférica de Imagens de Satélite e Aplicações**. 1994. 190 p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade de Campinas, Campinas. 1994.