

## A APLICABILIDADE DA IMAGEM INFRAVERMELHO TERMAL LANDSAT 7 E LANDSAT 8 COMO PARÂMETRO DE TEMPERATURA SUPERFICIAL E FERRAMENTA PARA O ESTUDO DE ILHAS DE CALOR

Nataly Gardona<sup>1</sup>  
Jhonnes Alberto Vaz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Sustentabilidade – Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas -  
Universidade Católica de Santos – Avenida Conselheiro Nébias, 300, CEP 11015-000 –  
Santos – SP, Brasil  
natalygardona@hotmail.com  
jhonnes.vaz@unisantos.br

**Abstract** The urbanization process has taken place, mostly in a disorganized way in most of Brazil, transforming the urban environment and nature, impacting the population. The social related to psychology diseases and environmental impacts related to the increase of the temperature are the most frequently reported. The phenomenon of heat islands is one of the problems that have been studied within the urban centers, because it directly affects the quality of life of the population. The use of geotechnology allows the study of different areas, including urban management and it was essential tool for this work for the realization of the study of heat islands. The study aimed to evaluate the applicability of thermal infrared images Landsat 7 and thermal infrared images Landsat 8 as surface temperature parameter and study the occurrence of heat islands by comparing the thermal infrared images Landsat 7 February 2003 and thermal infrared images Landsat 8 February 2014. The results suggest that thermal infrared images Landsat 7 and thermal infrared images Landsat 8 show satisfactory applicability and excellent tool for the study of heat islands because they are able to perform analytical procedures and cartographic representation that allow the understanding of the relationships between climatic factors, the presence of green areas and built-up areas

**Palavras-chave:** remote sensing, urbanization, geotechnology, sensoriamento remoto, urbanização, geotecnologia.

### 1. Introdução

O processo de urbanização ocorre como consequência do aumento populacional e do desenvolvimento da sociedade, ou seja, representa a modernidade. O processo de aglomeração de pessoas e as necessidades de cada região faz com que esse processo se desenvolva de formas específicas e particulares em diferentes regiões (LEITE e AWAD, 2012).

Os impactos ambientais negativos decorrentes de atividades do setor da construção civil estão associados ao desenvolvimento urbano desordenado que provocam modificações nas cidades e conseqüentemente, transformações na natureza. As ações antrópicas de impermeabilização do solo, utilização de materiais condutores de energia térmica, poluição atmosférica, aumento de edificações e, especialmente, a diminuição de áreas verdes estão diretamente relacionadas a modificação do microclima urbano (FEITOSA, 2011).

Uma das características de alterações do microclima urbano é o surgimento do fenômeno das ilhas de calor, que é caracterizado pelo surgimento de temperaturas mais altas em centros urbanos quando comparadas às áreas rurais e podem ocorrer também em localizações dentro da própria cidade, apresentando pontos mais quentes que outros, além de variar de acordo com tempo e estações do ano. Esse fenômeno pode ser identificado por meio da análise de dados das imagens de infravermelho termal de temperatura superficial Landsat7 e Landsat 8. Fatores como localização geográfica condições meteorológicas, tamanho da cidade, densidade da população, atividades desenvolvidas na região entre outros, podem influenciar a formação e intensidade das ilhas de calor (COLTRI, 2007).

Hoje em dia, em uma sociedade que tem a tecnologia e a informação como fatores essenciais para seu desenvolvimento, as geotecnologias apresentam-se como ferramentas imprescindíveis para o desenvolvimento de estudos e gestão urbana, pois são capazes de realizar procedimentos analíticos e de representação cartográfica que permitem a compreensão das relações entre fatores climáticos, presença de áreas verdes e áreas construídas (FARIAS et al., 2016).

A cidade de Santos, localizada no litoral do estado de São Paulo é hoje uma cidade com aproximadamente 430.000 habitantes e seu processo de urbanização vem ocorrendo até os dias de hoje. Por volta de 1956, devido à valorização comercial da cidade e falta de espaço para expandir a malha urbana, deu-se início o fenômeno de verticalização da cidade de Santos. Os investimentos da construção de prédios muito altos vêm ocorrendo mais especificamente nos bairros do Gonzaga, Pompéia, Boqueirão, Embaré e Ponta da Praia (MOREIRA, 2010).

O bairro da ponta da praia, está localizado na área insular da cidade de Santos e é delimitado pelas avenidas Afonso Pena, Coronel Joaquim Montenegro e Mário Covas, conforme figura 1, onde está presente o mais movimentado complexo portuário da América Latina. O bairro conta também com uma estação meteorológica fixa da CETESB instalada na Praça Eng. José Rebouças desde novembro de 2011.



Figura 1 – Localização do bairro da ponta da praia, área insular da cidade de Santos.

A partir do final da década de 90, modificações nas leis quanto ao uso e ocupação do solo foram realizadas na cidade, o que possibilitou maior expansão do processo de verticalização em Santos. O bairro da ponta da praia ganhou nova aparência na última década, caracterizando-se atualmente, por um bairro com diversos conjuntos de torres com mais de 20 andares, possível diminuição de áreas verdes urbanas e aumento da população e consequente aumento da movimentação de automóveis da região. Essas características podem sugerir possível ocorrência do fenômeno de ilhas de calor.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e dados da estação meteorológica da CETESB, avaliar a aplicabilidade de imagens da banda do infravermelho termal Landsat 7 e Landsat 8 como parâmetro de temperatura superficial e possibilitar estudos sobre as ilhas de calor de uma determinada região. Nesse estudo, conforme será apresentada a região escolhida está localizada no bairro da ponta da praia, no período de 2003 e 2014, devido ao ritmo acelerado do processo de verticalização do bairro nesse período, nas estações de verão e inverno.

O presente trabalho faz parte de um projeto de estudo mais amplo de áreas verdes, áreas verticalizadas e ilhas de calor do bairro da ponta da praia.

## 2. Metodologia de Trabalho

Para a realização do presente trabalho foram utilizadas imagens do satélite Landsat 7 e Landsat 8, fotografias aéreas cedidas pela prefeitura de Santos, dados vetoriais das áreas verdes urbanas e áreas de verticalização de uma região do bairro da ponta da praia, no município de Santos, relatório da qualidade do ar de 2014 da cidade de Santos e *software* QGIS 2.14.3.

Foram utilizadas imagens de Landsat 7 e Landsat 8 dos meses de fevereiro de 2003 e fevereiro de 2014 a fim de identificar ilhas de calor e imagens de agosto de 2014 para, ao comparar com os dados dos relatórios da CETESB (QUALAR), avaliar sua aplicabilidade como parâmetro de temperatura superficial do bairro da Ponta da Praia.

As imagens infravermelho termal Landsat 7 utilizadas foram obtidas anteriormente aos problemas técnicos ocorridos no equipamento eletro-mecânico SLC (*Scan Line Correction*) de 31 de maio de 2003.

Além das imagens de Landsat 7 e Landsat 8, foram utilizadas fotografias aéreas do levantamento aerofotogramétrico do ano de 2003 e 2014, na escala 1:1000 disponibilizadas pela Prefeitura do Município de Santos, a fim de verificar as características morfológicas das ilhas de calor urbanas. As fotografias aéreas também foram utilizadas para realizar a vetorização das áreas verdes e áreas verticalizadas da região.

Os níveis de cinza das bandas termais foram transformados em temperatura superficial por meio de *software* QGIS 2.8.9 utilizando as seguintes fórmulas (USGS, 2016a; USGS, 2016b):

$$L_{\lambda} = \left( \frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{cal\ max} - Q_{cal\ min}} \right) * (Q_{cal} - Q_{cal\ min}) + L_{min\lambda}$$

Onde:

$L_{\lambda}$  = Radiância espectral

$Q_{cal}$  = Valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza

$Q_{cal\ min}$  = Valor mínimo do pixel em níveis de cinza

$Q_{cal\ max}$  = Valor máximo do pixel em níveis de cinza

$L_{min\lambda}$  = Radiância espectral mínima

$L_{max\lambda}$  = Radiância espectral máxima

$$T_{sc} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)}$$

Onde:

$T_{sc}$  = Temperatura sem correção atmosférica

$K_1$  = Constante de calibração 1

$K_2$  = Constante de calibração 2

$L_{\lambda}$  = Radiância espectral

Obs.: Os valores foram extraídos de metadados.

O relatório de qualidade de ar da cidade de Santos do ano de 2014 realizado pela CETESB foi utilizado para verificar a temperatura registrada na estação meteorológica da Ponta da Praia em agosto de 2014.

Posteriormente, as áreas verdes, áreas verticalizadas de 2003 e 2014 foram identificadas, vetorizadas e comparadas. Assim como as imagens de Landsat 7 e Landsat 8 dos mesmos anos.

## 3. Resultados e Discussão

O resultado de temperatura apresentado no relatório de qualidade do ar de Santos na estação da Ponta da Praia do dia 02/08/2014 às 10:00h mostrou temperatura igual a 26.6°C (figura 2).

Estação: Santos-Ponta da Praia				
DATA / HORA	DVG (Direção do Vento Global) °	DV (Direção do Vento) °	VV (Velocidade do Vento) m/s	TEMP (Temperatura do Ar) °C
	MÉDIA HORÁRIA	MÉDIA HORÁRIA	MÉDIA HORÁRIA	MÉDIA HORÁRIA
02/08/2014 10:00	NW	NNW	1,4	26,6

Figura 2 – Relatório qualidade do ar (QUALAR), estação meteorológica Santos – Ponta da Praia.

Fonte: CETESB, 2016

A imagem Landsat 8 do dia 02/08/2014 às 10:00h mostrou temperatura superficial igual a 25.6°C (figura 3 e 4).

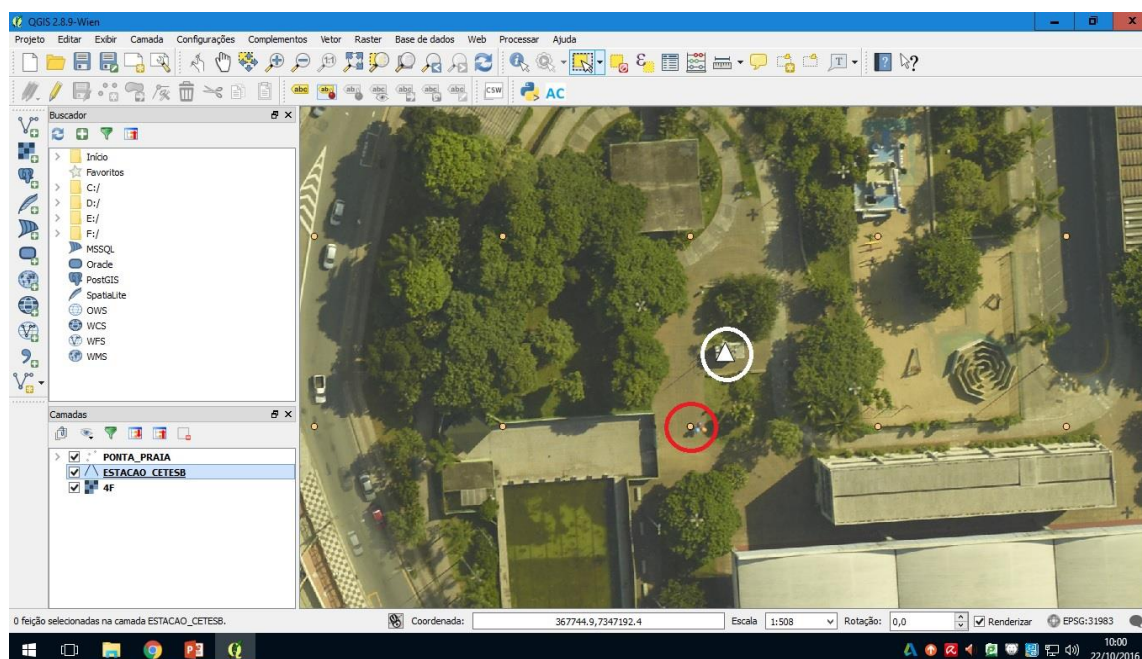


Figura 3 – Localização do ponto mais próximo à estação meteorológica CETESB Santos – Ponta da Praia.

Attribute table - PONTA_PRAIA_TEMPERAT...	
	value
2139	25.72567199999...
2101	21.17153400000...
2079	21.32888200000...
2100	21.33626699999...
2080	21.43203200000...
2078	21.47374900000...
2081	21.59884100000...

Figura 4 – Tabela de atributos destacando o valor referente ao ponto mais próximo à estação meteorológica CETESB Santos – Ponta da Praia.

Foi observada diferença de  $0.87^{\circ}\text{C}$  entre o valor de temperatura obtida por meio do relatório de qualidade do ar da CETESB e a temperatura superficial obtida pela imagem infravermelho termal em agosto de 2014, sugerindo que a aplicabilidade das imagens de Landsat 8 é satisfatória.

Por meio das imagens de Landsat 7 e Landsat 8, após a localização das ilhas de calor da região do bairro da Ponta da Praia, verificou-se em 2003, temperatura mínima de  $27.29^{\circ}\text{C}$  e máxima de  $35.23^{\circ}\text{C}$  e em 2004, mínima de  $29.03^{\circ}\text{C}$  e máxima de  $35.55^{\circ}\text{C}$ . A amplitude térmica foi de  $7.94^{\circ}\text{C}$  em 2003 e  $6,52^{\circ}\text{C}$  em 2014 (figuras 5 e 6).

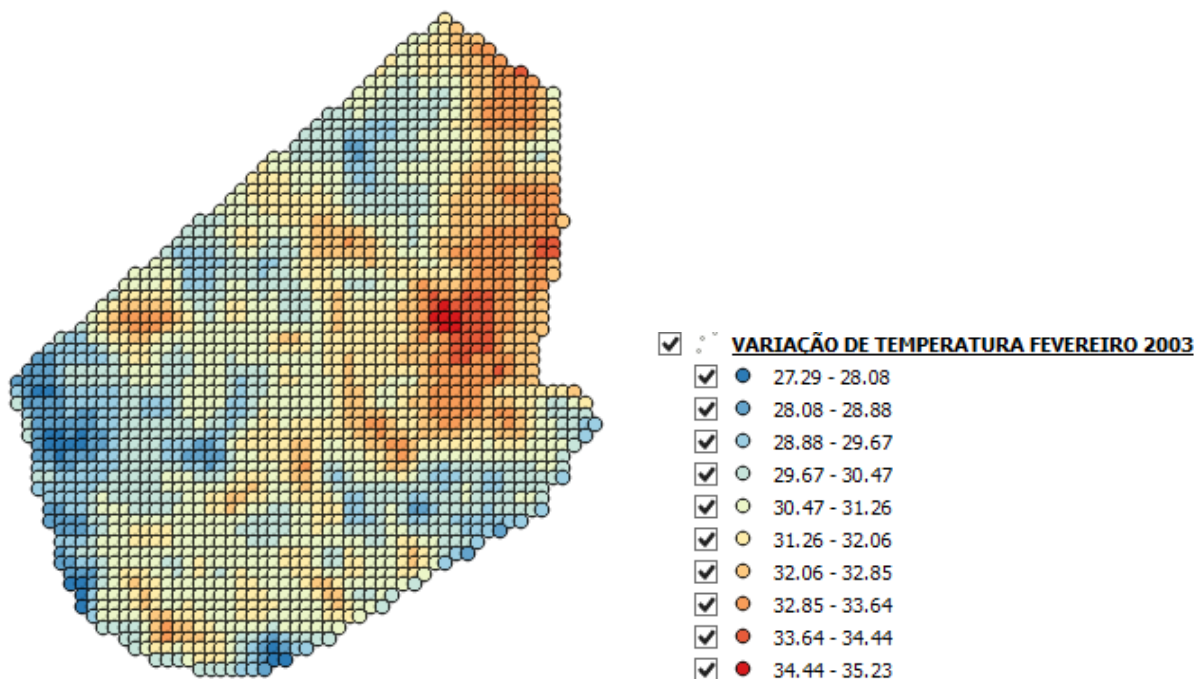


Figura 5 – Imagem infravermelho termal Landsat 7 de fevereiro de 2003

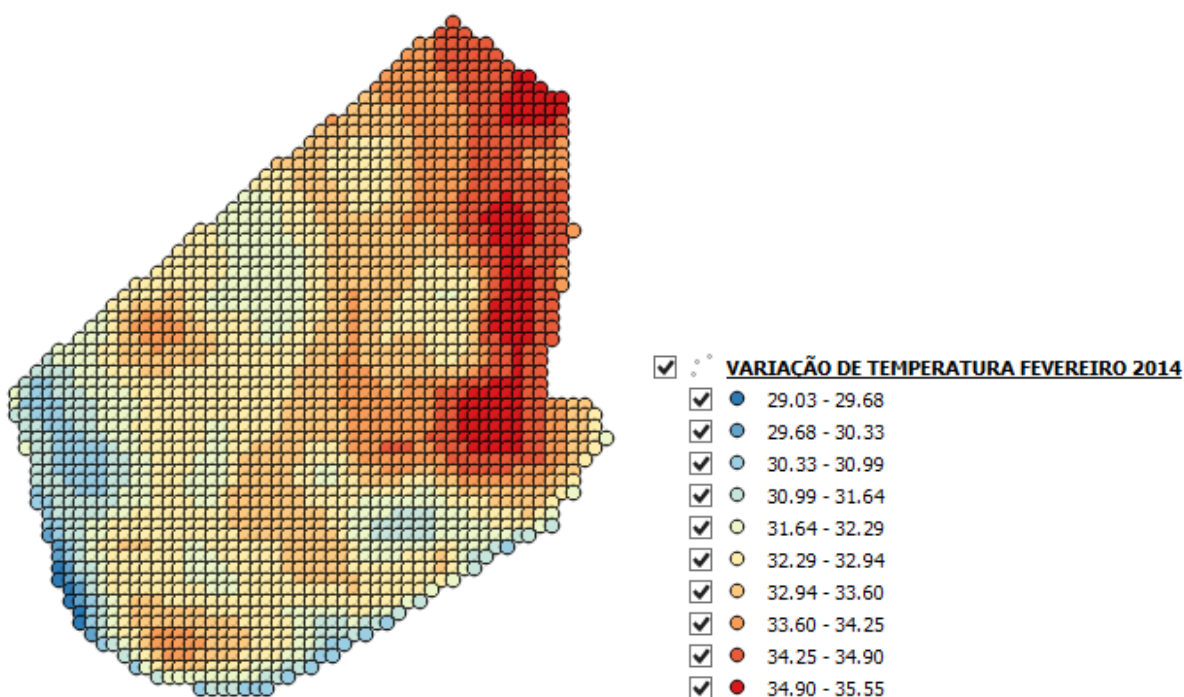


Figura 6 – Imagem infravermelho termal Landsat 8 de fevereiro de 2014

Por meio das imagens infravermelho termal Landsat 7 de fevereiro de 2003 e Landsat 8 de fevereiro de 2014 é possível observar aumento da temperatura nas regiões centrais do bairro, parte da região da orla da praia e principalmente na região onde está localizada a avenida Mário Covas por onde dá-se o acesso ao corredor de exportação do Porto de Santos.

Mesmo com a proximidade do mar na região da orla, onde a temperatura, em geral, é mais amena, é possível observar um ponto de ilha de calor aumentado em 2014, quando comparado ao período de 2003.

As ilhas de calor podem ser caracterizadas pelo excesso de movimentação de veículos na região portuária, pela redução de áreas verdes e pela distância da orla da praia.

A região do bairro da Ponta da Praia apresenta mudanças em sua malha urbana entre os períodos de 2003 e 2014 causadas principalmente pelo processo de verticalização e diminuição das áreas verdes urbanas (figuras 7A e 7B). Essas mudanças estão sendo estudadas por meio da vetorização das áreas verdes e verticalizadas como continuação deste projeto.

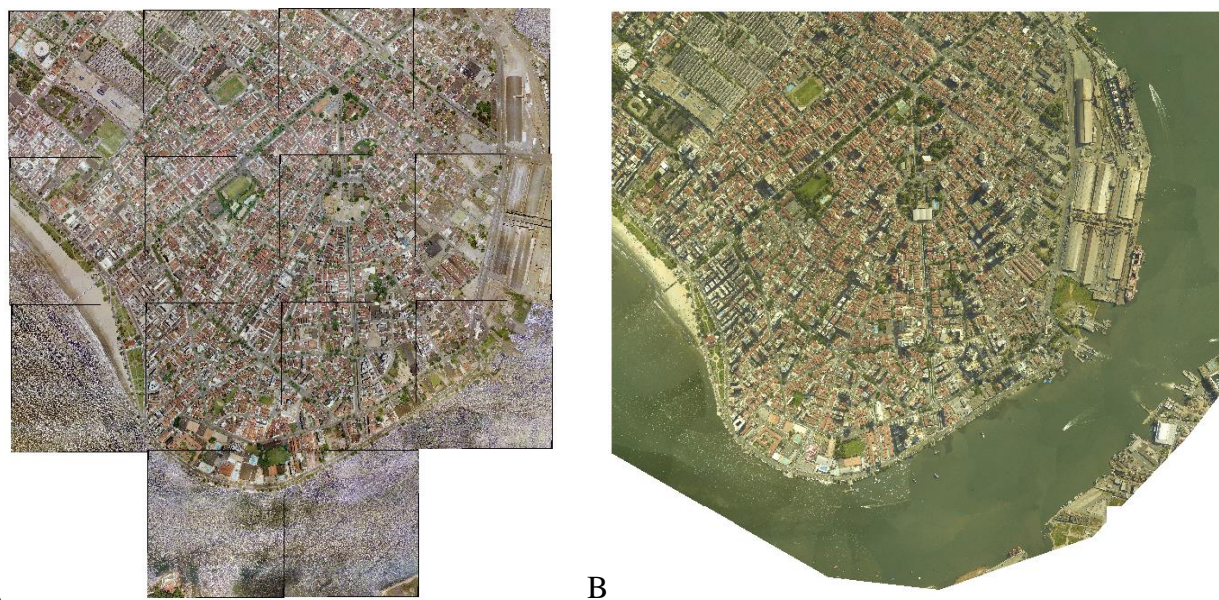


Figura 7 – (A) Mosaico de imagens aéreas de 2003 e (B) Mosaico de imagens aéreas de 2014.

Desta forma podemos afirmar que a intensidade das ilhas de calor está profundamente relacionada com a presença de áreas verdes urbanas, porém não somente às árvores urbanas, mas todo e qualquer vegetal, tanto nas áreas de maior tráfego de automóveis, nas áreas mais urbanizadas, como na orla da praia.

#### 4. Conclusões

O sensoriamento remoto foi ferramenta imprescindível para a identificação e análise das ilhas de calor.

A região tropical, por natureza, pode causar desconforto pela maior quantidade de calor, que é intensificado pela expansão urbana. Desta forma ao realizar novo empreendimento imobiliário, loteamento etc., deve-se levar em consideração as características climáticas da região, evitar a impermeabilização de grande parte do solo, utilizar materiais adequados nas construções, incorporar vegetação original nas áreas urbanizadas com o objetivo de amenizar as temperaturas mais altas e priorizar o uso de transporte público, assim como meios de transporte não poluentes, ou seja, que não utilizem a queima de combustíveis fósseis.

O estudo do fenômeno de ilhas de calor passa a ser de extrema importância pois está diretamente ligado à qualidade de vida e conforto ambiental da população.

As imagens infravermelho termal Landsat 7 e Landsat 8 são potencialmente aplicáveis para o estudo de ilhas de calor e será utilizada como principal ferramenta no estudo de ilhas de calor do bairro da ponta da praia em Santos.

### Agradecimentos

À Prefeitura Municipal de Santos pelas fotografias aéreas cedidas para a realização desse trabalho.

### Referências Bibliográficas

- CETESB. Sistema de informação de qualidade do ar (QUALAR). Disponível em: <<http://qualar.cetesb.sp.gov.br/qualar/>>. Acesso em: 15 set. 2016.
- COLTRI, P. P.; VELASCO, G. D. N.; POLIZEL, J. L.; FERREIRA, N. J. Ilhas de Calor da estação de inverno da área urbana do município de Piracicaba, SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 5151-5157.
- FARIAS, F. O.; BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Aplicação de Geotecnologias no Estudo da Relação entre Valorização da Terra Urbana e a Presença de áreas verdes na cidade de Paulínia (SP). **Revista Brasileira de Cartografia**: Edição Especial Aplicações dos SIG, Rio de Janeiro, RJ, v. 2, n. 68, p.275-287, fev. 2016.
- FEITOSA, S.M.R. et al. Consequências da Urbanização na vegetação e na temperatura da superfície de Teresina/Piauí. **REVSBAU**, Piracicaba/SP, v. 6, n. 2, p.58-75, jul. 2011.
- LEITE, C; AWAD, J. C. M. **Cidades sustentáveis cidades inteligentes: Desenvolvimento sustentável num planeta urbano**. Porto Alegre: Bookman, 2012. 264 p.
- MOREIRA, G.L. **As transformações na morfologia espacial da cidade de Santos: A verticalização e a valorização**. In: COLOQUIO INTERNACIONAL DE GEOCRÍTICA, 2010, Buenos Aires imobiliária ligadas ao uso e ocupação do solo. Buenos Aires: Universidade de Buenos Aires, 2010. 10p.
- USGS (United States Geological Survey). Landsat 7 Science Data Users **Handbook** - NASA. Disponível em: <[http://landsat.gsfc.nasa.gov/wp-content/uploads/2016/08/Landsat7\\_Handbook.pdf](http://landsat.gsfc.nasa.gov/wp-content/uploads/2016/08/Landsat7_Handbook.pdf)>. Acesso em: 15.set.2016.
- USGS (United States Geological Survey). Landsat 7 Science Data Users **Handbook** - NASA. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>>. Acesso em: 15.set.2016.