

## Análise dos reflexos do uso da terra na temperatura da superfície do Município de Arujá-SP

Bruna Daniele de Carvalho Gimenez Torresani <sup>1</sup>

Fabício Bau Dalmas <sup>1</sup>

Anderson Targino da Silva Ferreira<sup>1</sup>

William de Queiroz <sup>1</sup>

Fabíola Menezes Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Guarulhos – UNG

Praça Tereza Cristina, 229 – Centro, Guarulhos – SP, CEP 07023-070

brunared.gimenez@gmail.com; fdalmas@prof.ung.br; andersontsferreira@gmail.com;  
wqueiroz@ung.br

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo – USP/IGc

Rua do Lago, 562 - Cidade Universitária – SP, CEP 05506-060

fabiolamenezesantos@hotmail.com

**Abstract.** The city of Arujá presents a very visible environmental preservation, being considered one of the "lungs" of green area in the State and in the Metropolitan Region of São Paulo (MRSP). Of the natural resources, using best available and eco-efficient technologies the city have, for example, a system of selective waste collection developed, considered the best in the High Tietê Region. As it is an area that is in great urban expansion and is significant for every state, it is necessary to carry out a study of the anthropic transformations through the application of geoprocessing techniques. This research aims to analyze the land use through surface temperature through geoprocessing techniques providing subsidies for territorial management. The materials used were made available by EMPLASA, in the elaboration of the land use map, aerial images with resolution of 45 centimeters and in the production of the surface temperature map, images of the Landsat-8 satellite, besides the applications of geographic information system Quantun Gis - version 2.8.1, standard of License and ArcGis. The present research concludes that the analyzes of both factors (land use and surface temperature) corroborate in a direct way, in which, it shows that the highest temperatures in the city of Arujá are associated to the regions more urbanized, forming heat island, this effect, negative for the environment.

**Palavras-chave:** geoprocessing techniques, surface temperature, satellite images, técnicas de geoprocessamento, temperatura da superfície, imagens de satélite.

### 1. Introdução

Através da Revolução Industrial as cidades tornaram-se foco de atração populacional por conta da facilidade de trocas de bens, serviços, informações e outros. No Brasil, as regiões rurais contribuíram para o crescimento das pequenas e médias cidades do interior que, em sua maioria, não possuíam infraestrutura adequada para comportar a demanda de pessoas. (BRÚSSOLO; ELY, 2015).

Sendo assim, o ambiente natural passa a sofrer alterações diretas e indiretas pelas áreas construídas e outros fatores urbanos, levando em consideração uma das alterações, da cobertura arbórea, que ao ser removida e ao ocorrer a elaboração do sítio urbano junto com as intensas atividades socioeconômicas, proporcionam mudanças no balanço de energia entre a superfície e a atmosfera (BRANDÃO, 1996).

De acordo com Brússolo e Ely (2015), dentre os agravantes dessas mudanças no clima urbano, encontra-se a remoção da cobertura vegetal, na qual, propicia a redução do fluxo de calor latente e aumento do calor sensível. O aumento da temperatura e diminuição da umidade relativa do ar ocasiona o desconforto térmico. As novas rugosidades (edifícios) aprisionam as ondas longas (térmicas), contribuindo para o aumento da temperatura urbana e, também, para o agravamento do fenômeno da ilha de calor.

Monteiro (1976); Oke (1987); Arnfield (2003) enfatizam que ao serem estudadas, as ilhas de calor urbanas dependem da combinação das características geoambientais e urbanas dos diferentes sítios, associadas aos sistemas atmosféricos atuantes.

Além disso, a centralização de poluentes é considerado como outro agravante conforme Brússolo e Ely (2015), onde a poluição do entorno é carregada para as áreas de maior temperatura onde a pressão atmosférica é menor.

De acordo com PMA (2015), o município de Arujá apresenta uma preservação ambiental bastante visível, sendo considerada um dos "pulmões" de área verde no Estado e na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Além disso, o município está inserido na Capital de São Paulo. Desta forma, este trabalho tem como objetivo analisar a influência do uso da terra na análise da temperatura da superfície através de técnicas de geoprocessamento fornecendo subsídios para a gestão territorial.

## 2. Metodologia de Trabalho

O município de Arujá está situado a nordeste da Capital de São Paulo na latitude 23° 23' 46"S e longitude: 46° 19' 15"W, com uma área territorial aproximada de 97,7 km<sup>2</sup> e a 775 m de altitude. Inserida na RMSP e na Reserva da Biosfera do Cinturão Verde (RBCV), situa-se entre as serras da Cantareira e Itapeti, é cortada pela Rodovia Presidente Dutra e fica às margens dos rios Baquirivu-Guaçu e Jaguarí (Figura 1). Conforme os dados do IBGE do ano de 2014, a população estava estimada em aproximadamente 82.651 habitantes e densidade demográfica de 779,33 hab/km<sup>2</sup>.



Figura 1. Localização do Município de Arujá na RMSP e RBCV (Fonte: elaboração própria).

Os materiais utilizados para a realização do presente trabalho foram disponibilizados pela EMPLASA na elaboração do mapa de uso da terra como as imagens aéreas com resolução de 45 cm e na produção do mapa de temperatura superficial as imagens do satélite Landsat-8, além dos aplicativos de sistema de informações geográficas Quantun GIS - versão 2.8.1 (SHERMAN et al., 2015), padrão de licença livre e ArcGIS (ESRI, 2011).

### 2.1 Mapa de uso da terra

Primeiramente foi realizada a fotointerpretação e o reconhecimento dos elementos homogêneos da cobertura terrestre. Através dos aspectos visuais dos objetos foram identificados e reconhecidos considerando como parâmetros: cor, textura, geometria (forma), tamanho, orientação e distribuição espacial. Diante do reconhecimento dos objetos, foi

adotada uma subdivisão hierárquica na etapa de classificação orientada por objetos, com base na composição dos objetos e pela função destes no espaço.

A segunda corresponde ao mapeamento através da vetorização dos *layers* sobre a imagem no banco de dados espaciais através do *software* ArcGIS. Conforme critérios apontados por Tominaga et al. (2004; 2005), as áreas urbanas foram analisadas em seu nível de consolidação. Através das atividades acima, o mapeamento de uso da terra se deu pela classificação dos equipamentos particulares considerados em cinco classes: área urbana – áreas residenciais com alta e baixa densidade, consolidada, ordenada ou desordenada, equipamentos particulares e públicos, com grau de impermeabilização do solo alto ou baixo; vegetação arbórea – presença marcante de árvores, incluindo fragmentos de mata atlântica, reflorestamento, mata aberta com árvores remanescentes de floresta; vegetação arbustiva/herbácea – vegetação rasteira plantada e vegetação rasteira de campo; corpos d’água – represamento de curso d’água ou açude; solo exposto – áreas degradadas abandonadas.

## 2.2 Mapa de Temperatura da Superfície °C (TS)

Para a obtenção do mapa da Temperatura da Superfície °C (TS) foi utilizada a banda 10 (resolução espacial de 30 m) do *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) - Landsat-8, que correspondente à faixa do infravermelho termal (10,6 – 11,19 µm - micrômetro) (USGS, 2015b).

Assim, para a conversão dos Níveis de Cinza (NC) de cada pixel da imagem para radiância e posteriormente em TS (°C), aplicou-se as Equações 1 e 2 auxiliadas pelas Tabelas 1 e 2.

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL \quad (1)$$

Tabela 1 - Elementos e valores da fórmula de conversão para radiância extraídos dos metadados da imagem Landsat-8, banda 10 (USGS, 2015a).

NC	Valores de Radiância
$L\lambda$	Radiância Espectral do sensor em $w.m^{-2}.sr^{-1}.\mu m^{-1}$
$ML$	Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04
$AL$	Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000
$Q_{cal}$	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10

Após a transformação dos NC em valores de radiância aplicou-se a Equação 2 com a finalidade de se obter os valores da TS(°C):

$$TS (°C) = \{(K_2) / (\ln (K_1 / L\lambda) + 1)\} - 273,15 \quad (2)$$

Tabela 2 - Elementos e valores da constante de calibração extraídos dos metadados da imagem Landsat-8, banda 10. (USGS, 2015a).

NC	Valores de Radiância
$TS (°C)$	Temperatura efetiva no satélite em °C
$K_1$	Constante de calibração 1 = 774.89 (K)
$K_2$	Constante de calibração 2 = 1321.08 (K)
$L\lambda$	Radiância Espectral do sensor em $w.m^{-2}.sr^{-1}.\mu m^{-1}$

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Mapa do Uso da terra

O Mapa de uso da terra é um fator importante, pois representa o fator antrópico que é o grande responsável pelas alterações originais da paisagem natural. De acordo com PMA (2012), o município de Arujá possui área de 97,7km<sup>2</sup>, sendo 39,24% desta área são compostos pela Mata Atlântica.

O mapa da Figura 2 apresenta as classes de uso da terra da região de estudo. Quanto à área de cada classe, em 2015, destacam-se de vegetação arbórea e arbustiva/herbácea, com 33,78% e 33,82% da área do município, respectivamente. Já a área urbana encontra-se com 21,81%.

Em relação à variação dos anos, a cobertura vegetal, em geral, é mais expressiva na porção norte do município com grande concentração da vegetação arbórea, arbustiva e herbácea e algumas atividades agrícolas.

A análise do mapa de uso da terra mostra claramente o alto nível de consolidação urbana nas porções centro e sul do município onde encontra-se a principal rodovia que liga um lado do município ao outro.

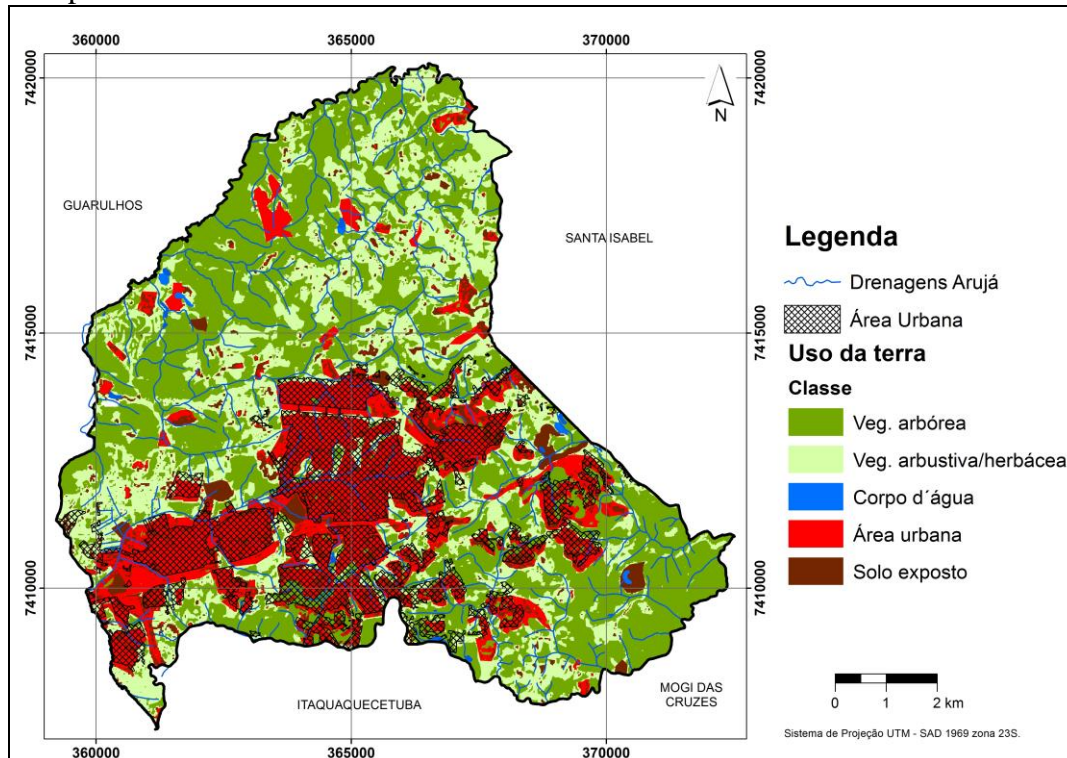


Figura 2. Mapa do uso da terra.

### 3.2 Mapa de Temperatura Média Superficial

Estudos como os de Shoshany et al. (1994); Aniello et al. (1995); Chen et al. (2006); Li et al. (2014); Lin et al. (2015); Mohan e Kandya (2015), foram realizados a partir de informações das bandas termais da imagem de satélites como LANDSAT-8 e outros, disponibilizados da data 08/02/2014, mostrando diversos fatores que influenciam a variação de TS, podendo-se citar: presença ou ausência de cobertura vegetal; o relevo e a sua orientação; condições atmosféricas; áreas urbanizadas/áreas não urbanizadas; padrões de ocupação em áreas urbanas.

O mapa de temperatura de superfície elaborado neste trabalho (Figura 3) apresenta três regiões de TS com mínima de 21°C e máxima de 37°C, conforme a seguir apresentadas:

Região 1 – Região Norte/Nordeste, com presença de cobertura arbórea, rasteira, corpos d'água, solo exposto e com significativas áreas urbanas.

Região 2 - Região Central com predomínio de urbanização densa, consolidada, ordenada e desordenada.

Região 3 – Região Sul/Oeste, onde predomina a área urbana com grandes condomínios e empresas.



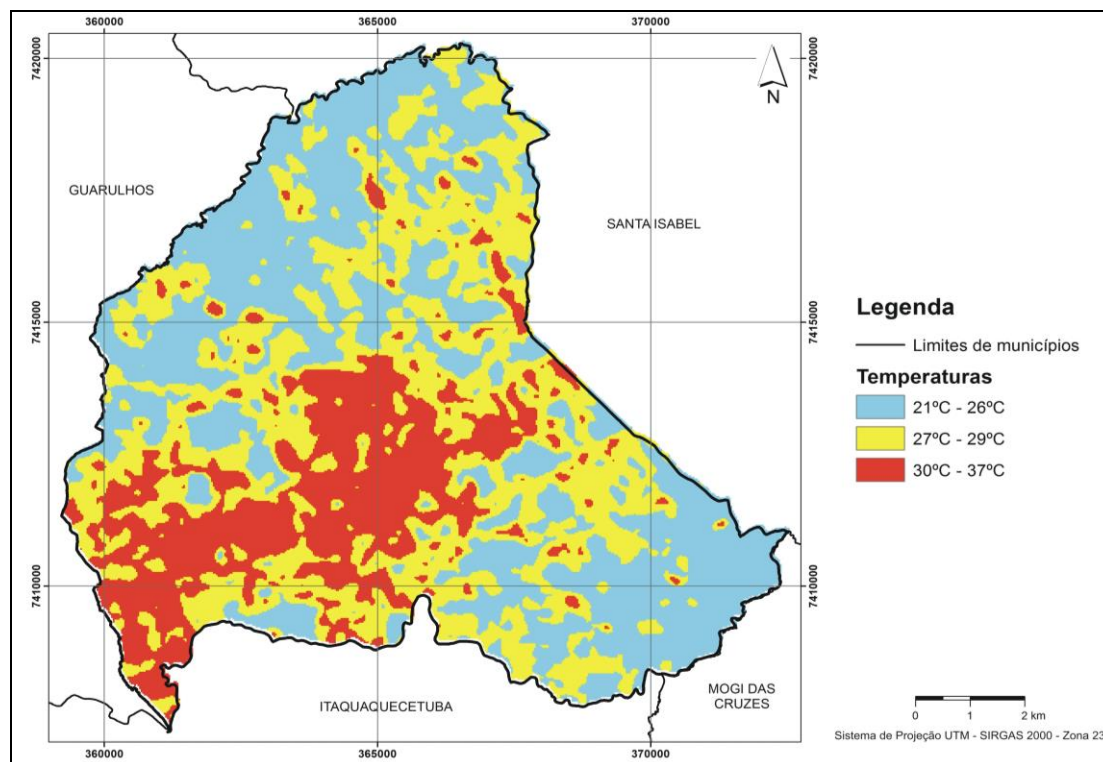


Figura 3. Mapa Termal.

Ao comparar as duas informações obtidas através do cruzamento do uso da terra e da temperatura, evidencia-se que as maiores temperaturas no município de Arujá estão associadas às regiões mais urbanizadas. Esta correspondência é bastante nítida, principalmente na mancha urbana da região Centro/Oeste, indicando a presença do fenômeno conhecido como Ilha de Calor (KRÜGER, 2016). A caracterização do uso da terra permite compreender a alteração da superfície climática das cidades (MELAAS et al., 2016). Esta constatação indica que o mapa termal elaborado alcança grau de confiabilidade suficiente para uma análise do uso da terra e suas implicações em termos de radiação térmica.

As áreas de ocorrência de altas temperaturas situadas nas porções Norte e Nordeste, que não correspondem as áreas urbanas, revela que tais áreas estão ocupadas por atividades rurais, com tendência a temperaturas mais elevadas nas áreas de agricultura.

Através dos variados comportamentos da radiação infravermelha e a emissão de calor dos objetos, as imagens termais de satélite identificam as áreas da superfície terrestre com diferentes Temperaturas Superficiais (VOOGT & OKE, 2003). Tais imagens, apresentam correlações importantíssimas com o uso da terra (BUYANTUYEV & WU, 2010; ZHOU et al., 2011), na qual, revelam áreas com maior ou menor cobertura vegetal (XIAO et al., 2007; DENG & WU, 2013).

O mapa da Figura 4 apresenta a combinação da análise do mapa de uso da terra e o de temperaturas da região de estudo que apresenta claramente a relação direta entre o adensamento urbano às altas temperaturas, formando a Ilha de Calor, podendo ser explicada pelo fato de os materiais utilizados na construção civil armazenarem calor (BIAS et al., 2003; TEZA & BAPTISTA, 2005). A grande concentração da vegetação coincide com às baixas temperaturas, proporcionada através da evapotranspiração realizada por ela. O processo permite que a propagação e armazenamento de calor ocorra em ambientes que não possui tal troca de transpiração, como regiões urbanas, onde apresentam materiais que absorvem o calor (BARROS & LOMBARDO, 2016).

A presença da concentração da vegetação torna-se auxiliar na preservação do equilíbrio biológico, melhorando a qualidade ambiental, promovendo grande impacto social na saúde,

na educação, no trabalho e na segurança, proporcionando condições climáticas e paisagísticas. (BOONE et al., 2012; CAICHE, et al., 2016).

#### 4. Conclusões

O presente trabalho conclui que as análises de ambos fatores (uso da terra e temperatura da superfície) corroboram de forma direta, na qual, evidenciam que as maiores temperaturas no município de Arujá estão associadas às regiões mais urbanizadas, formando ilhas de calor.

Através das características do uso da terra pôde perceber a modificação climática da superfície das cidades (MELAAS et al., 2016). Diante disso, o mapa termal elaborado alcança grau de confiabilidade suficiente para uma análise do uso da terra e suas implicações em termos de radiação térmica.

#### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa de mestrado.

#### Referências

- Aniello, C., Morgan, K., Busbey, A., & Newland, L. Mapping micro urban heat islands using Landsat TM and a GIS. **Comparative Geoscience**, v. 21, p. 965–969, 1995.
- Arnfield A.J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water and the urban heat island. **International Journal of Climatology**; 23, p. 1-26, 2003.
- Barros, H. R.; Lombardo, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 20, n. 1, p. 160-177, 2016. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/97783>>. Acesso em: 22 set. 2016.
- Bias, E.S.; Baptista, G.M.M.; Lombardo, M.A.; Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados landsat e ikonos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11, 2003. Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p.1741 – 1748
- Boone, C. G.; Cook, E.; Hall, S, J.; Nation, M. L.; Grimm, N. B.; Raish, C. B.; Finch, D. M.; York, A. M. **A comparative gradient approach as a tool for understanding and managing urban ecosystems**. Urban Ecosystems, New York, v. 15, p.795-807, 2012.
- Brandão, A. M. P. M. **O Clima Urbano da Cidade do Rio de Janeiro**. 1996. p.85. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Brússolo, R. G.; Ely, D. F. O Clima e a Cidade: lhas de Calor em Assis (SP). **Revista Formação**, n.22, volume 2, 2015, p. 99-127
- Buyantuyev, A., & Wu, J. Urban heat islands and landscape heterogeneity: Linking spatiotemporal variations in surface temperatures to land-cover and socioeconomic patterns. **Landscape Ecology**, v. 25, n. 1, p. 17–33, 2010. Doi: 10.1007/s10980-009-9402-4.
- Caiche, D. T.; Silva, S. R. M.; Viana, S. M.; Silva, R. S. Análise da supressão da arborização viária da cidade de São Carlos/SP no período de 2004 a 2013. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.11, n.3, p. 93-103, 2016. Disponível em: <<file:///C:/Users/280102709/Downloads/586-2554-1-PB.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2016.
- Carrijo, M. G. G. **Vulnerabilidade ambiental**: o caso do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) -

Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2005.

Chen, X.-L.; Zhao, H.-M.; Li, P.-X.; Yin, Z.-Y. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, 104(2), 133–146, 2006. Doi:10.1016/j.rse.2005.11.016.

Deng, C., & Wu, C. Examining the impacts of urban biophysical composition on surface urban heat island: A spectral unmixing and thermal mixing approach. **Remote Sensing of Environment**, 131, 262–274, 2013. Doi:10.1016/j.rse.2012.12.020.

EASTMAN, J. R. Idrisi Andes: **Guide to GIS and Image Processing**. Clark University, Worcester. 2006.

ESRI - Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS Desktop: Release 10**. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. 2011.

Grigio, A. M. Evolução da paisagem do baixo custo do Rio Piranhas-Assu (1988-2024): Uso de autômatos celulares em modelo dinâmico espacial para simulação de cenários futuros. 205f. **Tese** (Doutorado em Geodinâmica) - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

Klais, T. B. A. Dalmas, F. B.; Morais, R. P.; Atique, G.; Lastoria, G.; Paranhos-Filho, A. C. Vulnerabilidade natural e ambiental do município de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 277-290, 2012.

Krüger, E. L. Efeitos da ilha de calor nos níveis de conforto em ambientes externos e internos para as condições climáticas de Curitiba. **Eng. Sanit. Ambient.** [online]. 2016, vol.21, n.3, pp.459-467. Epub Aug 11, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522016126270>>. Acesso em: 22 set. 2016.

Li, W.; Bai, Y.; Chen, Q.; He, K.; Ji, X.; Han, C. **Discrepant impacts of land use and land cover on urban heat islands: A case study of Shanghai**. China. *Ecological Indicators* 47, 171–178, 2014. Doi:10.1016/j.ecolind.2014.08.015.

Lin, W.; Yu, T.; Chang, X.; Wu, W.; Zhang, Y. **Calculating cooling extents of green parks using remote sensing: Method and test**. v. 134, p. 66-75, 2015. doi:10.1016/j.landurbplan.2015.10.012.

Lorena, R. B. Santos, J. R.; Shimabukuro, Y. E.; Sant'Anna, H. M.; Sant'Anna, H. S. S.; Menezes, R. S. Dados multitemporais de sensoriamento remoto para análise da dinâmica do solo e da cobertura da terra na região do Peixoto (AC). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, FOZ DO IGUAÇU. **Proceedings...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1653-1656.

Mellas, E. K. Wang, J. A.; Miller, D. L.; Friedl, M. A. **Interactions between urban vegetation and surface urban heat islands: a case study in the Boston metropolitan region**. **Environ. Res. Lett.** 11 (2016). Disponível: <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/5/054020/pdf>>. Acesso em: 22 set. 2016.

Mohan, M.; Kandya; A. Impact of urbanization and land-use/land-cover change on diurnal temperature range: A case study of tropical urban airshed of India using remote sensing data. **Science of The Total Environment**. v. 506–507, p. 453–465, 2015. Doi:10.1016/j.scitotenv.2014.11.006.

Monteiro, C. A. de F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p. (Séries Teses e Monografias, 25).

Oke, T. R. **The distinction between canopy and boundary-layer heat islands.** Atmosphere 14, 1976.

PMA – Prefeitura Municipal de Arujá. **Plano Municipal de Saneamento. Sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do município.** Arujá, 2012.

PMA – Prefeitura Municipal de Arujá. 2015. **Dados Históricos. Portal da Prefeitura de Arujá.** Disponível em: <[www.prefeituradearuja.sp.gov.br/historia.php?Id=512](http://www.prefeituradearuja.sp.gov.br/historia.php?Id=512)>. Acesso em: 10 jul. 2015.

Sherman, G.E.; Sutton, T.; Blazek, R.; Holl, S.; Dassau, O.; Morely, B, Mitchell, T and Luthman, L. **Quantum GIS User Guide - Version 2.8 “Wien”.** 2015. Disponível em: <<http://http://www.qgis.org/en/site/>>. Acesso em: 10 set. 2016.

Shoshany, M., Aminov, R., & Goldreich, Y. **The extraction of roof tops from thermal imagery for analyzing the urban heat island structure.** Geocarto International, v.4, p. 61–69, 1994.

Teza, C. T. V., Baptista, M. M de. **Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3911-3918.

Tominaga, L. K.; Ferreira, C. J.; Vedovello, R. Tavares, R.; Santoro, J. Ocupação humana e riscos a processos de movimento de massa no Litoral Norte de São Paulo: avaliação dos fatores geoambientais. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 11, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo, SP. 2005, p. 1143-1159.

Tominaga, L. K.; Ferreira, C. J.; Vedovello, R. Tavares, R.; Santoro, J.; Souza, C. R. G. Cartas de perigo a escorregamentos e de risco a pessoas e bens do litoral norte de São Paulo: Conceitos e técnicas. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia geotécnica e Geoambiental, 5, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos, SP: SUPREMA, 2004, 12p. v. 1.

USGS (United States Geological Survey). Informações obtidas da página do USGS na internet. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 01 dez. 2015a.

USGS (United States Geological Survey). LANDSAT 8 (L8) Data users handbook. Disponível em: < <http://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf> >. Acesso em: 01 dez. 2015b.

Voogt, J. A.; Oke, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environment.** v. 86, p. 370–384, 2003. Doi:10.1016/S0034-4257(03)00079-8.

Xiao, R. B.; Ouyang, Z. Y.; Zheng, H.; Li, W. F.; Schienke, E. W.; Wang, X. K. **Spatial pattern of impervious surfaces and their impacts on land sur-face temperature in Beijing, China.** Journal of Environmental Sciences, v. 19, n. 2, p.250–256, 2007. Doi:10.1016/S1001-0742(07)60041-2.

Zhou, W.; Huang, G.; Cadenasso, M. L. **Does spatial configuration matter?Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature inurban landscapes.** Landscape and Urban Planning, v. 102, n. 1, 54–63, 2011. Doi:10.1016/j.landurbplan.2011.03.009.