

## **Análise da temperatura de brilho por meio de imagens termais do Landsat-8 na Área de Proteção Ambiental Tietê - Estado de São Paulo**

Adriana Fantinati Conceição<sup>1</sup>  
Denivaldo Ferreira de Souza<sup>1</sup>  
Pedro Enrico Salamim Fonseca Spanghero<sup>1</sup>  
Lindon Fonseca Matias<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP  
Instituto de Geociências, Rua João Pandiá Calógeras, 51, Cep: 13083-870 – Campinas/SP  
adriana.fantinati.c@gmail.com  
deny1609@gmail.com  
geo.pedros@gmail.com  
lindon@ige.unicamp.br

**Abstract:** The objective of this work was to analyze the brightness temperature in the Tietê Environmental Protection Area, located in the western region of the State of São Paulo, through satellite thermal images. For the study area, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was also used to compare the brightness temperature information in sites with higher and lower vegetation cover. Two images of the Landsat-8 satellite, OLI and TIRS sensors, were acquired near the site of the US Geological Survey (USGS) in March and April 2016. The methodology used to obtain the brightness temperature was indicated in the USGS manual (2016) for users of Landsat-8 satellite images. Meteorological data of the automatic stations made available on the website of the National Institute of Meteorology (INMET) were used to compare the results obtained by satellite images. When analyzing the NDVI images with the brightness temperature, it was observed that where there was little or no vegetation cover the brightness temperature was higher, these areas being represented by the urbanization in the central area and the regions near the limit of the APA being represented by exposed soil. In areas where there was a dense vegetation cover, that is, NDVI higher, the values of brightness temperature were lower.

**Palavras-chave:** geotechnologies, remote sensing, thermal infrared, vegetation index, geotecnologias, sensoriamento remoto, infravermelho termal, índice de vegetação.

### **1. Introdução**

A redução da cobertura vegetal pode influenciar nas mudanças do clima, alterando, por exemplo, a temperatura de brilho. Para identificar as mudanças climáticas muitos métodos foram desenvolvidos visando obter melhores resultados, tanto por sensoriamento remoto como por instrumentos de medição local (Tasumi et al., 2008; Mu et al., 2011).

A principal diferença entre os dados obtidos por imagens de satélite ou com instrumento de medição em superfície é que as estações meteorológicas fornecem informações apenas locais, sendo difícil uma análise em escala regional e considerando paisagens heterogêneas. Já com os dados obtidos por meio das bandas termais dos satélites é possível produzir informações espaço-temporais sobre as condições da superfície em diferentes escalas, além de ser uma alternativa de mais baixo custo as imagens possibilitam a coleta de dados em áreas não abrangidas por estações meteorológicas convencionais, porém, possui algumas limitações, como as interferências atmosféricas, que podem influenciar no resultado final (Hantson et al., 2013, Fu et al., 2016).

Várias pesquisas aplicaram com sucesso os dados de sensores remotos orbitais para estimar dados climáticos (Allen et al., 2002). Pesquisas realizadas por Mataveli et al. (2014) com dados de sensoriamento remoto puderam avaliar a distribuição espacial e temporal da temperatura em áreas agrícolas no Estado de São Paulo, obtendo resultados satisfatórios. Loarie et al. (2011) usaram imagens de satélite para analisar os impactos climáticos diretos em conversão de uso e cobertura das terras no Cerrado do Brasil no período de 2000 a 2008.

Diante do exposto o presente trabalho objetivou analisar a temperatura de brilho na Área de Proteção Ambiental Tietê, localizada no oeste do estado de São Paulo, por meio de

imagens termais do satélite Landsat-8 e comparar suas variações no espaço com o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

## 2. Materiais e Métodos

O estudo foi realizado na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê localizada nos municípios de Tietê e Jumirim na região oeste do Estado de São Paulo (Figura 1). A APA foi criada pelo Decreto Estadual nº 20.959, de 8 de junho de 1983, possui uma área de aproximadamente 45.100 hectares e está localizada em uma região de antiga ocupação cafeeira. A criação da APA teve como objetivo proteger as áreas remanescentes de vegetação natural existentes, sendo caracterizada pelo bioma Mata Atlântica de Floresta Estacional Semidecidual (Fundação Florestal, 2016). O clima na região, segundo a classificação climática de Köppen (1948) é do tipo tropical com duas estações distintas - verão chuvoso e inverno seco com temperaturas médias anuais oscilando entre 20° a 25° C.

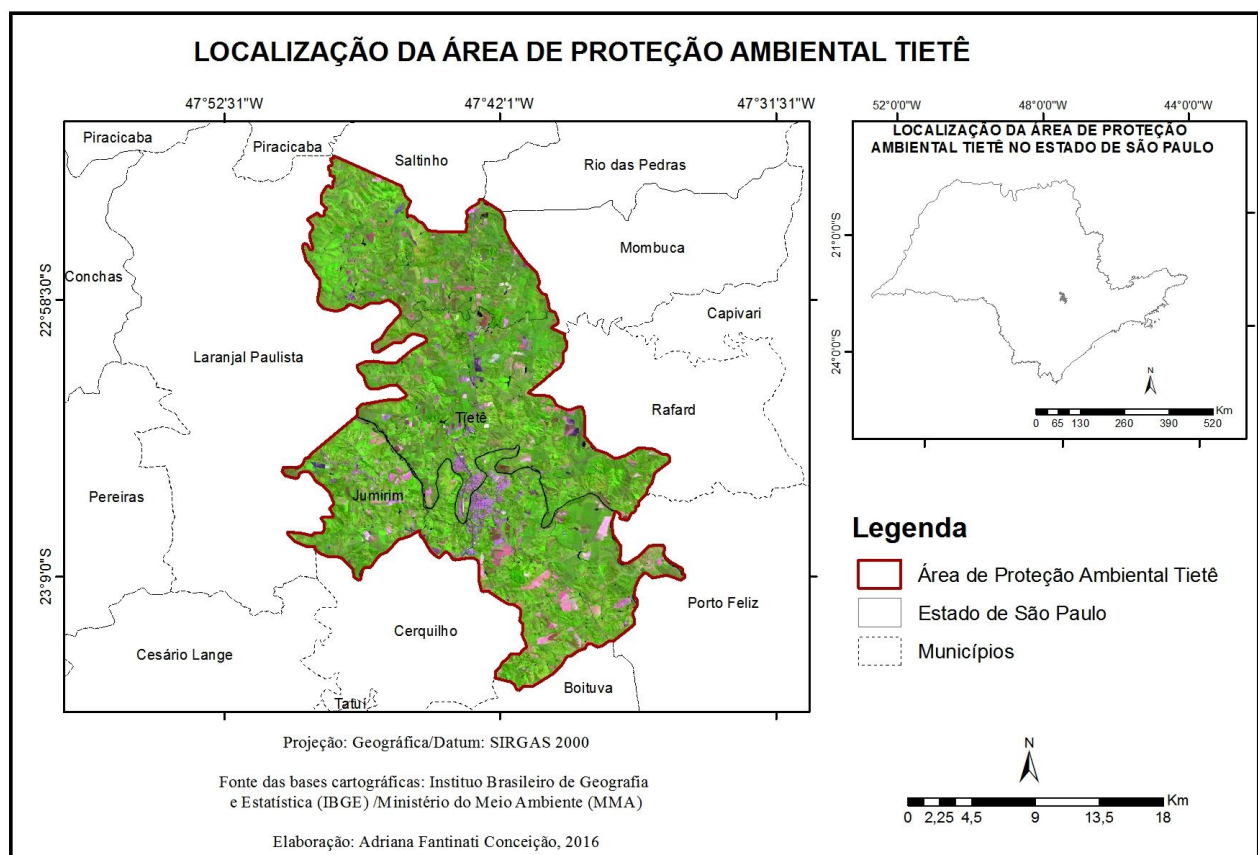


Figura 1. Localização da área de estudo

Foram adquiridas imagens orbitais digitais do Land Remote Sensing Satellite (Landsat-8) sensores Thermal Infrared Sensor (TIRS), banda 10 para obtenção dos mapas de temperatura de brilho, e Operational Land Imager (OLI) para obter os valores de NDVI, e assim analisar os valores de temperatura de brilho em áreas com maior e menor cobertura de vegetação. Ambos os sensores são referentes ao período de 08/03/2016 e 09/04/2016, órbita/ponto 220/76 e horário de passagem às 13:10, sendo adquiridas no site do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS), disponibilizadas gratuitamente.

A metodologia utilizada para obter os valores de temperatura de brilho foi a indicada no manual do USGS para usuários das imagens de satélite do Landsat-8 (2016). O primeiro processo foi a conversão dos níveis de cinza (NC) para radiância e em seguida para

temperatura Kelvin, procedimentos esses realizados na calculadora raster do software ArcGIS 10.2. A seguir a fórmula sugerida no manual USGS:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$$

Sendo:

$L_{\lambda}$ : Radiância Espectral em sensor de abertura em Watts/(m2sr  $\mu$ m)

$M_L$ : Fator multiplicativo de redimensionamento da banda10 (0.00033420)

$Q_{cal}$ : Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN

$A_L$ : Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000

Para o cálculo da temperatura de brilho foi utilizada a seguinte fórmula:

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

Sendo:

$T$ : Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)

$K_2$ : Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K)

$K_1$ : Constante de calibração 1 = 774.89 (K)

$L_{\lambda}$ : Radiância Espectral em sensor de abertura em Watts/(m2sr  $\mu$ m)

Na transformação dos valores de temperatura Kelvin para graus Celsius foi realizada a subtração das imagens com valor Kelvin pelo valor absoluto de 273,15.

Foram obtidos planos de informações no formato vetorial *shapefile* (.shp), como o limite municipal adquirido no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o limite da Área de Proteção Ambiental Tietê obtido no site do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Antes do recorte da área de interesse obteve-se a localização e os dados das estações meteorológicas automáticas mais próximas da APA por meio do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Por fim, seguiu-se para o recorte da imagem e o processamento do NDVI para comparação das áreas.

No procedimento para obter o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foram utilizadas as bandas do sensor OLI do Landsat-8. Inicialmente as imagens foram convertidas para reflectância.

$$\rho_{\lambda}' = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho}$$

Em que:

$\rho_{\lambda}'$ : é a reflectância planetária, sem a correção do ângulo solar

$M_{\rho}$ : é o fator multiplicativo de cada banda, encontrado no arquivo metadados

$A_{\rho}$ : é o coeficiente de adição encontrado no arquivo metadados

$Q_{cal}$ : são os números digitais (DN) correspondentes a cada banda da imagem

Em seguida foi realizada a correção da reflectância para o ângulo solar.

$$\rho_{\lambda} = \rho_{\lambda}' / \cos(\theta_{SZ}) = \rho_{\lambda}' \sin(\theta_{SE})$$

Em que:

$\rho\lambda$ : é a reflectância planetária

$\theta_{SE}$ : é o ângulo de elevação solar

$\theta_{SZ}$ : é o ângulo zenital solar

Após o processamento das imagens para reflectância corrigida obteve-se o NDVI, sendo este a diferença entre as respostas espectrais no infravermelho próximo e no vermelho, tendo sido introduzido por Rouse et al. (1973) por meio da seguinte equação:

$$ndvi = \frac{\rho_{iv} - \rho_v}{\rho_{iv} + \rho_v}$$

Onde:

ndvi: é o índice de vegetação da diferença normalizada

$\rho_{iv}$ : é a refletância da banda do infravermelho próximo

$\rho_v$ : a refletância na banda do vermelho.

Após obter os dados de temperatura de brilho e NDVI este foram classificados e gerados mapas e gráficos.

### 3. Resultados e Discussão

A Área de Proteção Ambiental Tietê, embora localizada nos municípios de Tietê e Jumirim, não conta nestes municípios com estações meteorológicas. As estações meteorológicas automáticas do INMET mais próximas da APA foram localizadas nos municípios de Piracicaba e Sorocaba (Figura 2).

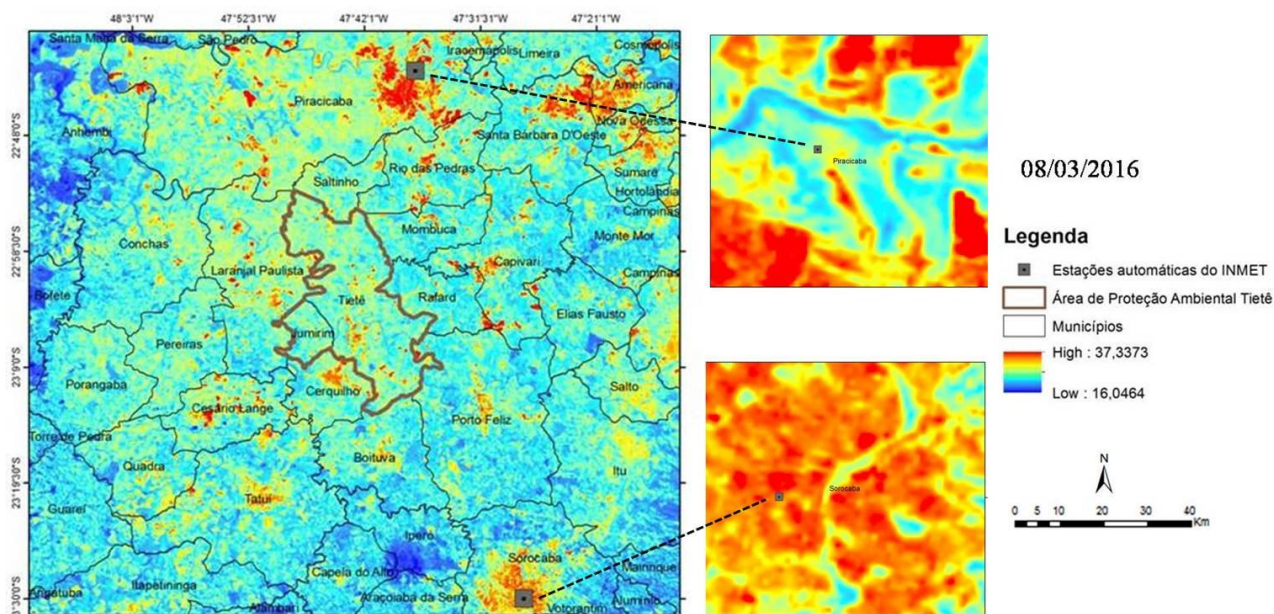


Figura 2. Temperatura de brilho do Landsat-8 com a localização das estações automáticas do INMET próximas da Área de Proteção Ambiental Tietê referente ao dia 08/03/2016.

Na imagem termal referente ao dia 8/3/2016 (Figura 2) foi obtido um valor de temperatura de 25°C para a estação de Piracicaba e um valor de 27°C para a estação de Sorocaba. Estes valores se encontram muito próximos dos obtidos nas estações automáticas do INMET (Tabela 1).



Tabela 1. Dados obtidos nas estações meteorológicas automáticas do INMET em 08/03/2016

Estação	Data	Hora UTC	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Vento (m/s)			Radiação (kJ/m <sup>2</sup> )	Chuva (mm)
			Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.		
Piracicaba	08/03/2016	13	26.8	27.0	25.0	73	85	71	1.5	53°	3.1	2594.	0.0
Sorocaba	08/03/2016	13	26.3	26.8	24.8	65	78	65	1.2	40°	3.4	2444.	0.0

Para a imagem termal referente ao dia 9/4/2016 (Figura 3) foi obtido um valor de 28° C na coordenada onde se encontra a estação do INMET em Piracicaba e um valor de 28,5°C na coordenada onde está a estação de Sorocaba. Ao comparar os dados obtidos na imagem termal com os dados obtidos na estação para o mesmo período (Tabela 2) tem-se uma diferença de menos de 0,7°C ao comparar com a temperatura máxima.

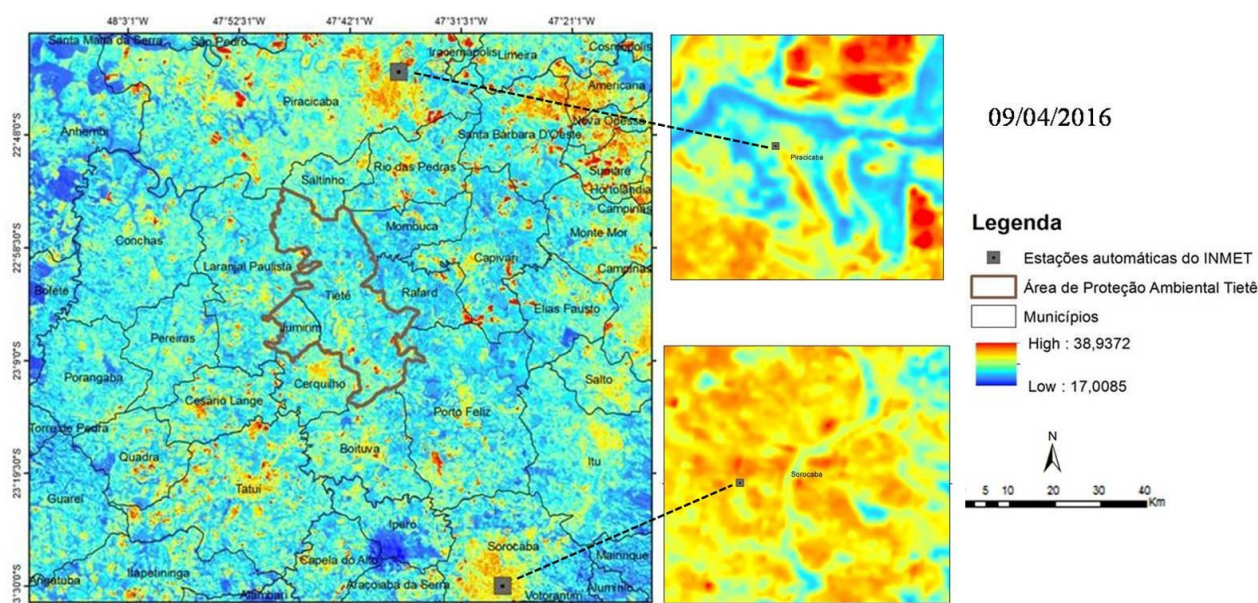


Figura 3. Temperatura de brilho do Landsat-8 com a localização das estações automáticas do INMET próximas da Área de Proteção Ambiental Tietê referente ao dia 09/04/2016.

Tabela 2. Dados obtidos nas estações meteorológicas automáticas do INMET em 09/04/2016

Estação	Data	Hora UTC	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Vento (m/s)			Radiação (kJ/m <sup>2</sup> )	Chuva (mm)
			Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.		
Piracicaba	09/04/2016	13	27.7	27.8	24.9	69	84	69	1.5	87°	3.3	2290.	0.0
Sorocaba	09/04/2016	13	27.8	27.8	25.2	64	75	62	1.4	38°	2.8	2157.	0.0

Os resultados obtidos por meio de imagens termais apresentaram boa proximidade com os dados obtidos por meio das estações. Coelho et al. (2013) aplicaram metodologia semelhante para obtenção dos valores de temperatura, sendo que os resultados apresentaram que a cobertura de vegetação do Parque Estadual da Fonte Grande exercia importante influência na amenização da temperatura.

Recortando a imagem para a área de interesse, ou seja, a APA Tietê, tem-se a seguir os mapas do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e de temperatura de brilho (Figuras 4 e 5).

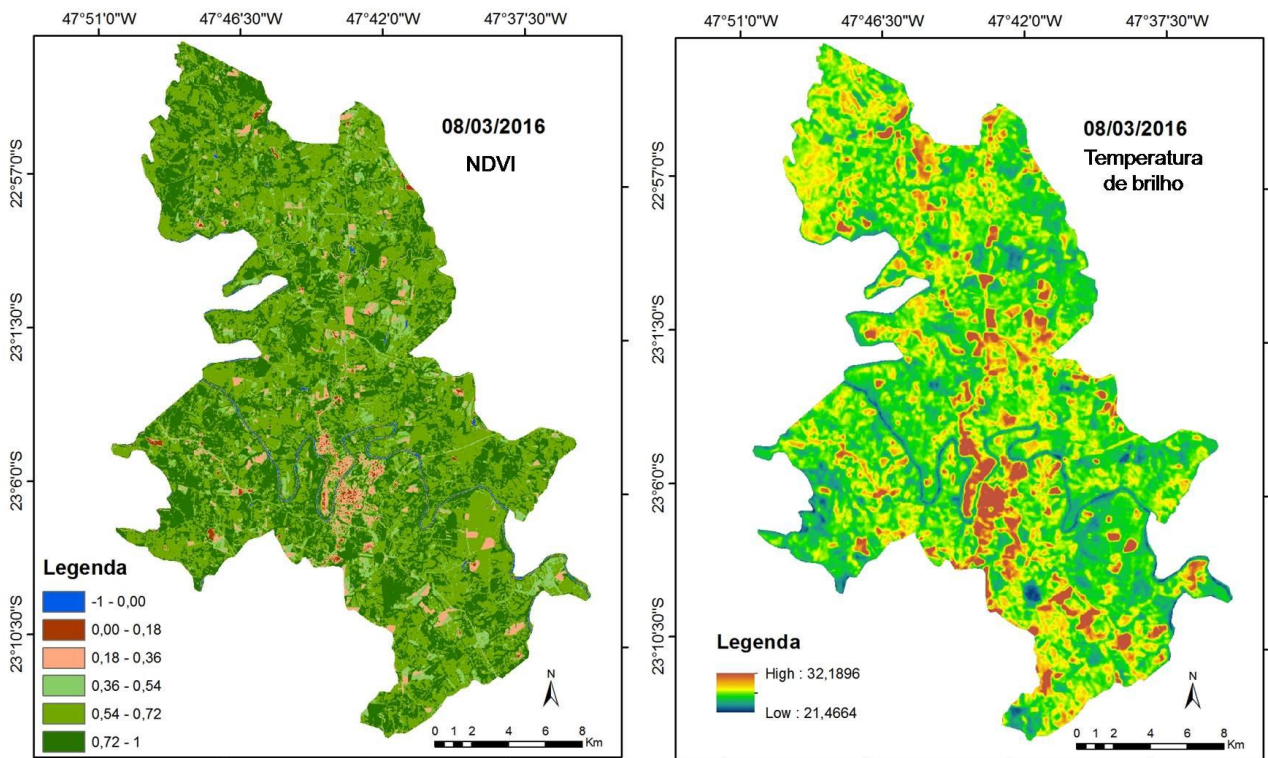


Figura 4. NDVI e Temperatura de Brilho na APA Tietê referente à 08/03/2016

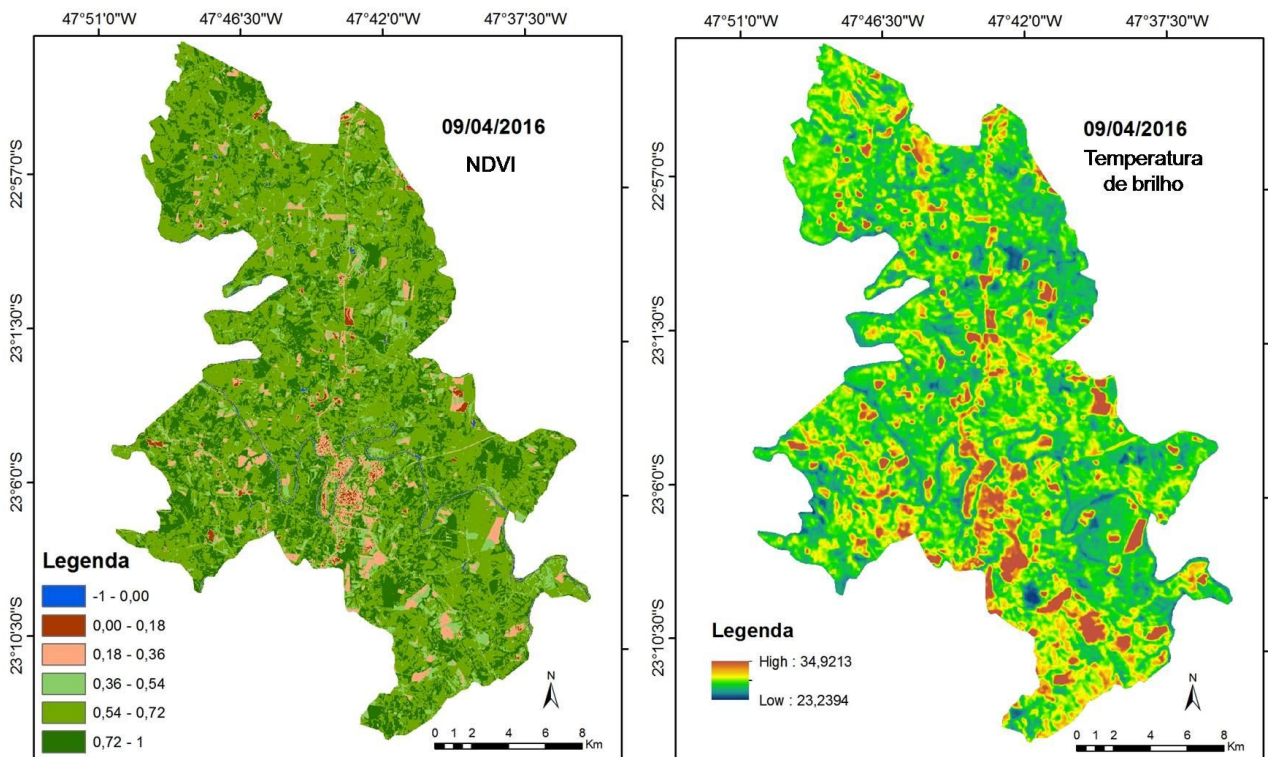


Figura 5. NDVI e Temperatura de Brilho na APA Tietê referente à 09/04/2016

Nas imagens do NDVI referente aos meses de março e abril a classe 00 - 0,18 foi representada na maior parte por área urbana. Já na classe 0,18 - 0,36 destaca-se a presença de



solo exposto. Ambas as áreas onde essas classes se encontram apresentaram um valor de temperatura de brilho mais elevado.

As classes 0,36 - 0,54 e 0,54 - 0,72 foram representadas por áreas agrícolas, diferenciando-se pelos tipos de usos agrícolas. Essas classes apresentaram valores médios de temperatura de brilho. Já a classe 0,72 - 1 representa áreas formadas por vegetações mais densas obtendo valores de temperatura de brilho mais baixo.

Nas imagens termiais também foi possível identificar alguns corpos d'água, que também foram representados por valores baixos de temperatura de brilho.

Na Figura 6 são apresentados os gráficos com a distribuição dos valores de temperatura de brilho para a área da APA. O gráfico (A) referente ao dia 08/03/2016 está distribuído entre as temperaturas de 21,4 °C a 32,1°C, estando a maior parte da área da APA concentrada nas temperaturas de 23,5 °C a 24 °C. Já no gráfico (B), referente ao dia 09/04/2016, a distribuição dos valores de temperatura estão entre 23,2 °C a 34,9 °C, com concentração maior entre 25,4°C a 26,5°C.

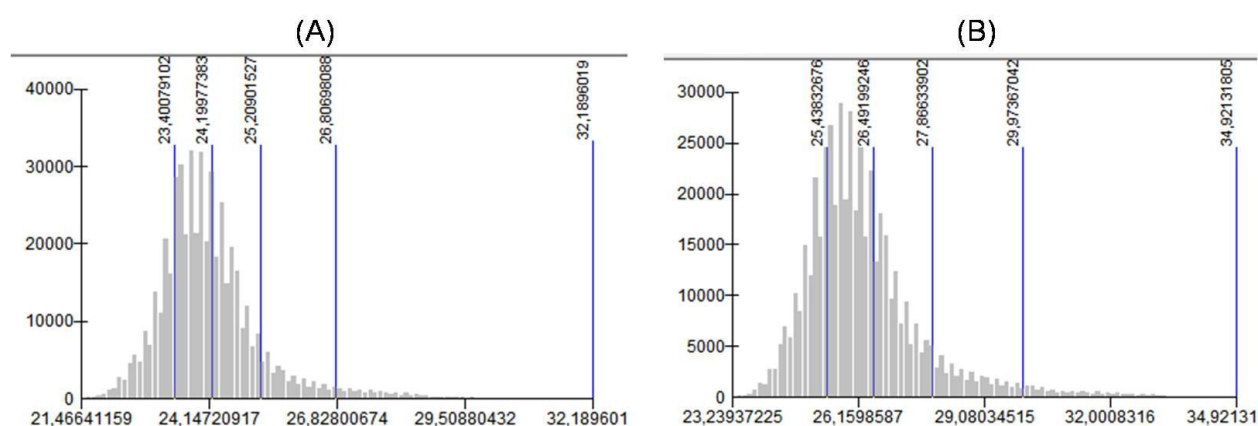


Figura 6 – Distribuição dos valores de temperatura de brilho na área da APA Tietê. Gráfico (A) referente ao dia 08/03/2016 e gráfico (B) referente ao dia (09/04/2016).

#### 4. Conclusões

As análises realizadas por meio da metodologia proposta pelo USGS para as imagens termiais do Landsat-8 junto ao NDVI possibilitaram a identificação do comportamento da temperatura de brilho desde áreas com vegetação mais densa até áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal. Foi possível identificar por meio dos gráficos e mapas a distribuição da temperatura de brilho e em quais classes termiais havia maior concentração. Além disso, a confiabilidade dos dados termiais puderam ser verificados ao comparar a temperatura obtida nas estações meteorológicas com as temperaturas de brilho obtidas nas imagens termiais, tendo como ponto de análise os pontos de Piracicaba e Sorocaba, sendo estas as mais próximas da APA Tietê.

#### Referências

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) - Advanced Training and Users Manual** - Idaho Implementation, version 1.0, 2002, 98p.

COELHO, A.L.N. Temperatura de Superfície Celsius do Sensor TIRS/LANDSAT-8: Metodologia e Aplicações. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v.7, n.1, p. 31-45, 2013.

FU, P.; WENG, Q. A time series analysis of urbanization induced land use and land cover change and its impact on land surface temperature with Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment**. v.175, p. 205-214, 2016.

FUNDAÇÃO FLORESTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Área de Proteção Ambiental Tietê. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/apa-tiete/>> Acesso em 2 de julho de 2016.

HANTSON, S.; PADILLA, M.; CORTI, D.; CHUVIECO, E. Strengths and weaknesses of MODIS hotspots to characterize global fire occurrence. **Remote Sensing of Environment**, v.131, n.1, p. 152-159, 2013

LOARIE, S. R.; LOBELL, D. B.; ASNER, G. P.; MU, Q.; FIELS, C. B. Direct impacts on local climate of sugar-cane expansion in Brazil. **Nature Climate Change** 2011, 1, 105–109.

MATAVELI, G. A. V.; OLIVEIRA, B. S.; PEREIRA, G.; MORAES, E. C.; CARDOZO, F. S. Dinâmica dos focos de queimada em cana-de-açúcar no estado de são paulo entre 2008 e 2011. RBC. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 66, n. 2, p. 379-392, 2014.

MU, QIAOZHEN; ZHAO, MAOSHENG; RUNNING, S.W. Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. **Remote Sensing of Environment**, p.1781-1800, 2011.

TASUMI, M.; ALLEN, R. G.; TREZZA, R. At-surface reflectance and albedo from satellite for operational calculation of Land surface energy balance. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 13, n. 2, p. 51-63, 2008.

USGS (United States Geological Survey). **Using the USGS Landsat 8 Product**. Disponível em:<  
[https://landsat.usgs.gov/Landsat8\\_Using\\_Product.php](https://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php)> . Acesso em: 30 de junho de 2016.