

Quantificação da vegetação urbana por meio de dois sensores em Piracicaba

Pedro Paulo da Silva Barros ¹
Jéssica Medeiros da Silva ²
Érica Silva Nakai ¹

¹ Universidade de São Paulo – USP/ESALQ
Av. Pádua Dias, 11- 13418-900 - Piracicaba - SP, Brasil
{pedropaulo, ericanakai}@usp.br

² Topocart – Topografia, Engenharia e Aerolevantamentos
SIA Trecho 8 - Lotes N° 50/60 - 71205-080 - Brasília - DF, Brasil
jessica.medeiros@topocart.com.br

Abstract. The disorganized and unplanned growth of cities have suppressed vegetation areas. Quantifications of the urban green areas in the field are costly and difficult. The remote sensing assists a set of effective techniques to evaluate the green areas inside urban centers. The objective was to analyze the capacity of urban vegetation quantification by means of two sensors with different spatial resolutions. The study area was Piracicaba city, at São Paulo. In the present work, images of two sensors were used to check their sensitivity: Landsat-8/OLI and UltraCam XPrime. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was used to identify the vegetation in the study area. To evaluate the performance of the sensors, the area of the classes were calculated in vegetation and non-vegetation. The NDVI differentiated the areas with the presence and absence of vegetation for the calculation of the urban vegetation area in Piracicaba. The Landsat-8/OLI quantified the vegetation of approximately 9,931 ha and no vegetation of 5,741 ha, UltraCam XPrime quantified 4,679 ha of vegetation and 10,999 ha of non-vegetation. This difference was influenced directly by the spatial resolution of the sensors. Therefore, the ability of UltraCam XPrime to detect vegetation in the urban area was efficient when compared to Landsat-8/OLI performance. It can help the governmental and non-governmental organizations to define the urban and environmental planning.

Palavras-chaves: Índice de Vegetação, Landsat, UltraCam, resolução espacial, Index Vegetation, spectral resolution.

1. Introdução

Atualmente, o crescimento das cidades ocorreu sem que acontecesse um planejamento, de forma desordenada, com substituição de árvores por construções, habitações em lugares impróprios, impermeabilização do solo, poluição, entre outros. Áreas que possuem vegetação propiciam diferença significativa na qualidade de vida, entre outras vantagens, como por exemplo, retenção de partículas poluidoras, melhora na sensação de conforto térmico, diminuição da poluição sonora, possibilidade de abrigo e alimento para animais e melhora na qualidade do ar ao absorver gás carbônico e liberar oxigênio.

Algumas cidades possuem legislação que visam proteger suas áreas verdes, é o caso de Piracicaba/SP, em que sua Lei Complementar nº 207 de 04 de setembro de 2007, discorre sobre o parcelamento do solo e como devem ser preservadas as áreas verdes existentes no meio urbano, expõem quais regiões que podem ser construídos novos empreendimentos e quais as Leis Federais de proteção ao meio ambiente estão em vigor (Brasil, 2007).

O espaço urbano, definido por Corrêa (1995), materializa-se segundo quatro aspectos fundamentais. O primeiro constitui-se no conjunto de diferentes usos, tais como o centro da cidade, local de concentração de atividades comerciais, de gestão e serviços, áreas residenciais e outros. Sua segunda característica é baseada nas partes do espaço urbano que geram fluxos de pessoas, mercadorias e capital. Em terceiro, o espaço é o reflexo da sociedade que o constrói, refletindo a estrutura social em classes. E quarto aspecto é o espaço urbano condicionado à sociedade, a partir das obras fixadas pelo homem.

Nucci e Cavalheiro (1999) definem cobertura vegetal como qualquer área provida de vegetação dentro do espaço urbano, compreendendo a vegetação herbácea, arbustiva e arbórea. Os jardins, quintais, praças, parques, canteiros em vias de circulação, áreas preservadas, dentre outras formas de cobertura vegetal, estão compreendidas dentro dessa categoria. Essas áreas podem estar situadas tanto em terrenos públicos, quanto em terrenos privados.

As quantificações e caracterizações da vegetação e das áreas verdes urbanas em campo são onerosas tanto pelo tempo que demandam como pelo custo envolvido, trazendo a necessidade do desenvolvimento de alternativas viáveis (Silva Filho, 2002). Na maioria das vezes, esses dados são obtidos por amostragem e referem-se somente ao tema pesquisado, como neste caso, áreas verdes ou arborização. Vários são os procedimentos para realizar o levantamento da cobertura vegetal em áreas urbanas: por meio dos trabalhos de campo, análise de cartas e plantas topográficas em escala grande, interpretação de fotografias aéreas e análise de imagens obtidas no nível orbital.

Atualmente, o sensoriamento remoto apresenta um conjunto de técnicas eficazes relacionadas ao monitoramento e quantificação da vegetação. O processamento de dados oriundos de imagens de diferentes sensores cria a possibilidade de verificar e quantificar a vegetação em um certo espaço.

Estão cada vez mais crescentes os estudos da influência da resolução espacial e seus efeitos devido ao contínuo desenvolvimento de novos sensores. Bosquilia et al. (2016) avaliaram diferentes imagens de satélite no mapeamento visual de drenagens e nascentes. Os autores concluíram que os melhores resultados foram obtidos a partir do sensor SPOT-5 (resolução espacial de 5 m) e que os resultados do Landsat-8 (imagem fusionada com resolução espacial de 15 m) subestimaram todos os parâmetros estudados.

Ponzoni e Rezende (2002) simularam diferentes resoluções espaciais (60, 100, 120, 200 e 250 m) de imagens do Landsat-5 para avaliar sua influência na identificação de elementos da paisagem em Altamira. Os autores verificaram que as maiores discrepâncias ocorreram nos mapas gerados a partir das imagens com 200 m de resolução e as categorias que dominavam a cena em termos espectrais e espaciais aumentaram conforme a resolução espacial foi degradada.

Filho et al. (2005) avaliaram a qualidade do desenho urbano e da floresta urbana por meio de imagens de videografia aérea multiespectral (resolução espacial de 0,17 m², tratadas a partir de classificação supervisionada por meio do algoritmo da máxima verossimilhança), em nove bairros da cidade de Piracicaba. Por apresentarem alta resolução espacial e boa resolução espectral foi possível encontrar um número maior de classes de cobertura do espaço intra-urbano.

Assim, o uso do geoprocessamento vem se destacando com a finalidade de se estudar essa vegetação presente em áreas urbanas. Espera-se que com o aumento da resolução espacial seja possível quantificar de forma mais precisa a área de vegetação urbana, via sensoriamento remoto. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar a capacidade de quantificação da vegetação urbana, por meio de dois sensores com diferentes resoluções espaciais: um do Landsat-8/OLI e outro do UltraCam XPrime.

2. Metodologia

A área de estudo foi a cidade de Piracicaba (figura 1), interior do estado de São Paulo, em linha reta da capital do estado em 138 km e está a 547 m de altitude. Localiza-se a 22°43'31"S de latitude e 47°38'57"W de longitude. Com 388.412 de habitantes, a cidade de Piracicaba abrange uma área de 137.806,9 ha, resultando em uma densidade demográfica de 282 hab./km². No presente trabalho foi analisado somente área urbana, que se expande em uma taxa média de 150 a 200 m por ano (Barreto et al., 2006). O clima é Cwa, pela classificação de Koppen, isto é, subtropical úmido com estiagem no inverno, com a temperatura média superior a 22°C, no mês mais quente, e inferior a 18°C, no mês mais frio.

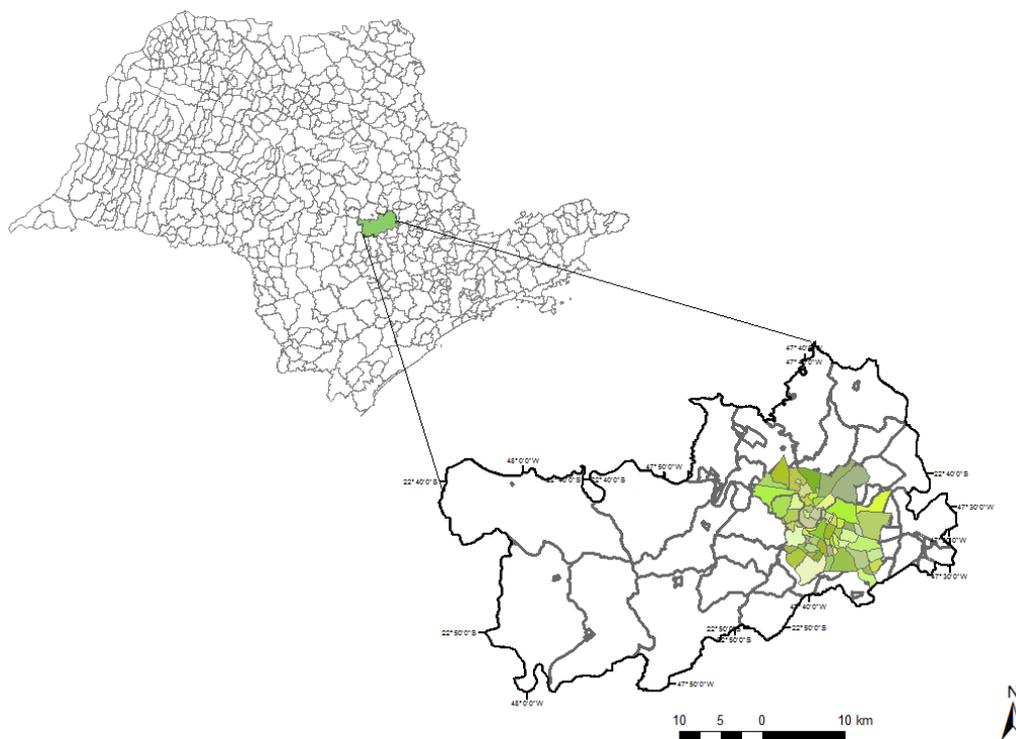


Figura 1. Localização do município de Piracicaba, com destaque da área urbana.

O município está inserido no Bioma Mata Atlântica, com vegetação predominante da Floresta Estacional Semidecidual, ou seja, perde parcialmente as folhas durante o ano, mas nunca ficam totalmente sem folhas (Rodrigues, 1999).

No presente trabalho foram utilizadas imagens de dois sensores para verificar a sensibilidade dos mesmos:

1) Landsat-8: possui sensor OLI (*Operational Land Imager*), com nove bandas espectrais e resolução espacial de 30 metros. Foi coletada uma imagem no dia 30 de julho de 2014. Foram utilizadas as bandas 4 (0,630-0,680 μm) e banda 5 (0,845-0,885 μm), referente às faixas do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético, respectivamente. A imagem foi obtida gratuitamente do site da NASA, com Datum WGS 84 e projeção Universal Transversa de Mercator - fuso 23S.

2) UltraCam XPrime: câmera aérea digital de alta performance desenvolvida pela Microsoft e Vexcel Imaging, transportada em um avião cuja a tomada das imagens deu-se a uma altura de 20.000 pés, gerando imagens com GSD (*Ground Sample Distance*) de 35 centímetros e ortofoto com GSD de 1 m. O estudo foi desenvolvido com 4 imagens obtidas em setembro de 2014, cedidas pela empresa TOPOCART. A resolução espacial é de 2,5 cm, compostas por sensores que captam a radiação no pancromático, no intervalo da região espectral do visível (azul, verde e vermelho) e no infravermelho próximo, com recobrimento longitudinal de 60% e lateral de 30% (TERRACAP, 2011). A câmera possui um quadro de aquisição de imagem de 17.310 x 11.310 pixels e opera acoplada a GPS de dupla frequência e IMU (*Inertial Measurement Unit*).

A partir da utilização de técnicas de sensoriamento remoto existem diversos índices de vegetação disponíveis. Atualmente, os mais utilizados são os Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado ao efeito do Solo (SAVI) e Índice de Área Foliar (IAF). Huete (1998) afirma que estes índices baseiam-se em simples combinações das refletâncias do visível e do infravermelho próximo.

Para comparação entre os sensores, utilizou-se o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) (Rouse et al., 1973), que auxilia na identificação da vegetação em um determinado local. O índice é calculado através de uma fórmula que consiste na diferença de reflectância entre a faixa de infravermelho próximo (NIR) e vermelho da faixa visível (VIS):

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR}-\text{VIS})}{(\text{NIR}+\text{VIS})} \quad (1)$$

Sua variação é de -1 a +1, onde os negativos correspondem à falta de vegetação e quanto maior o resultado mais elevado representa uma superfície mais verde (LIU, 2015).

Posteriormente foi realizada uma análise quantitativa das áreas de cada classe dentro da área urbana, obtidas a partir da classificação das imagens NDVI Landsat-8 e NDVI UltraCam XPrime. Para a comparação objetiva desses produtos, procedeu-se o cálculo da área das classes: vegetação e não vegetação. Assim, foi possível avaliar o desempenho dos dois sensores em discriminar as áreas e observar qual a influência da resolução espacial no mesmo (figura 2). Este presente trabalho utilizou os seguintes programas: ArcGis e ENVI.

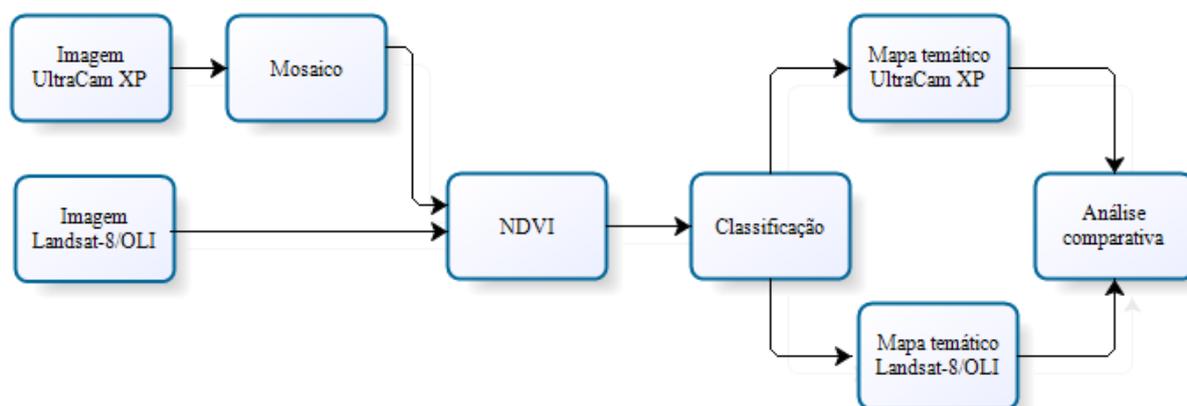


Figura 2. Fluxograma metodológico.

3. Resultados e Discussão

O NDVI realçou regiões com vegetação da área urbana de Piracicaba. As figuras 3 e 4 mostram as áreas com e sem vegetação, a partir da imagem Landsat-8/OLI e UltraCam XPrime, respectivamente.

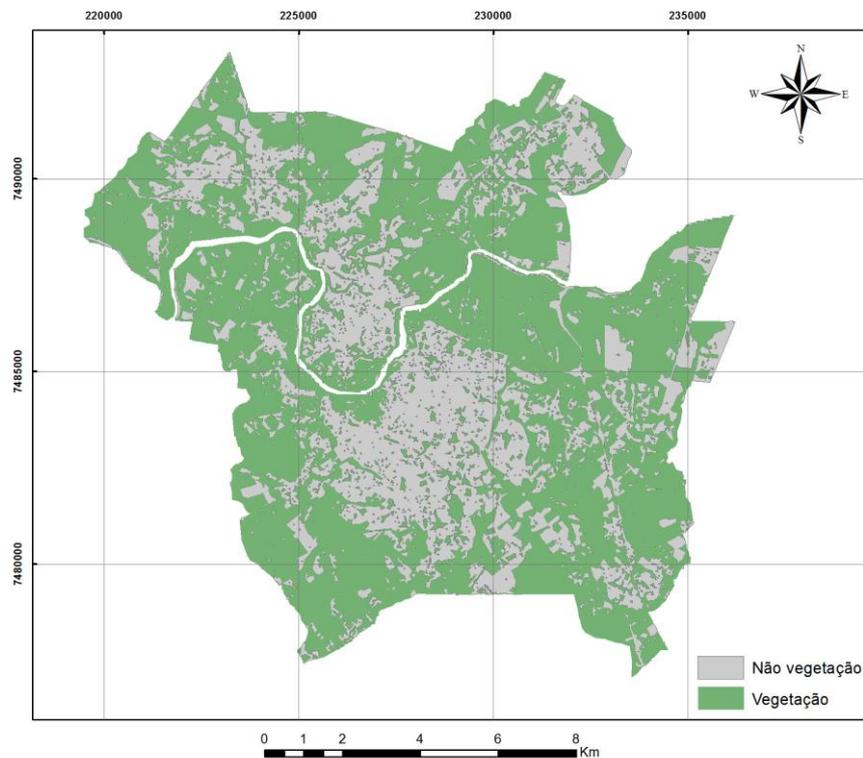


Figura 3. Imagem NDVI classificado da área urbana de Piracicaba, a partir do Landsat-8/OLI.

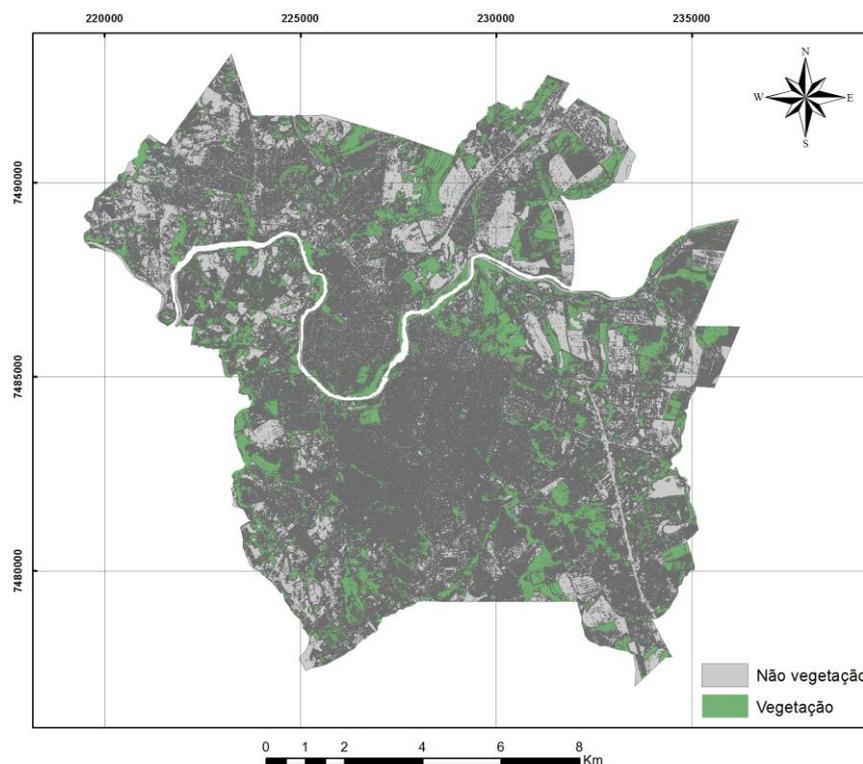


Figura 4. Imagem NDVI classificado da área urbana de Piracicaba, a partir do sensor UltraCam XPrime.

A tabela 1 apresenta os resultados das áreas das duas classes de vegetação para os diferentes sensores, obtidas a partir das imagens NDVI.

Tabela 1. Áreas (ha) com a presença ou não da vegetação.

Sensor	Vegetação	Não vegetação
UltraCam XPrime	4.679,50	10.999,90
Landsat-8/OLI	9.931,25	5.741,91

A diferença da área de vegetação entre os sensores foi de 5.251,74 ha. Essa diferença foi influenciada diretamente pela disparidade da resolução espacial dos sensores. Para uma análise mais detalhada, foi selecionada a região central de Piracicaba (Figura 5), por ser altamente urbanizada e possuir baixos valores de NDVI. Foram formados polígonos referentes as duas classes (vegetação e não vegetação), a partir do agrupamento de pixels com valores semelhantes. Essa diferença influencia diretamente nas pequenas áreas de vegetação, onde o Landsat-8/OLI não foi capaz de distinguir. Segundo Ponzoni et al. (2015), pixels maiores tendem a incluir em seu interior um maior número de objetos com naturezas espectrais diferentes, o que limita bastante a caracterização dos mesmos. Essa tendência corrobora com os resultados apresentados neste trabalho, uma vez que o tamanho do pixel do Landsat-8/OLI é de 30m e da UltraCam XPrime é de 2,5 cm.

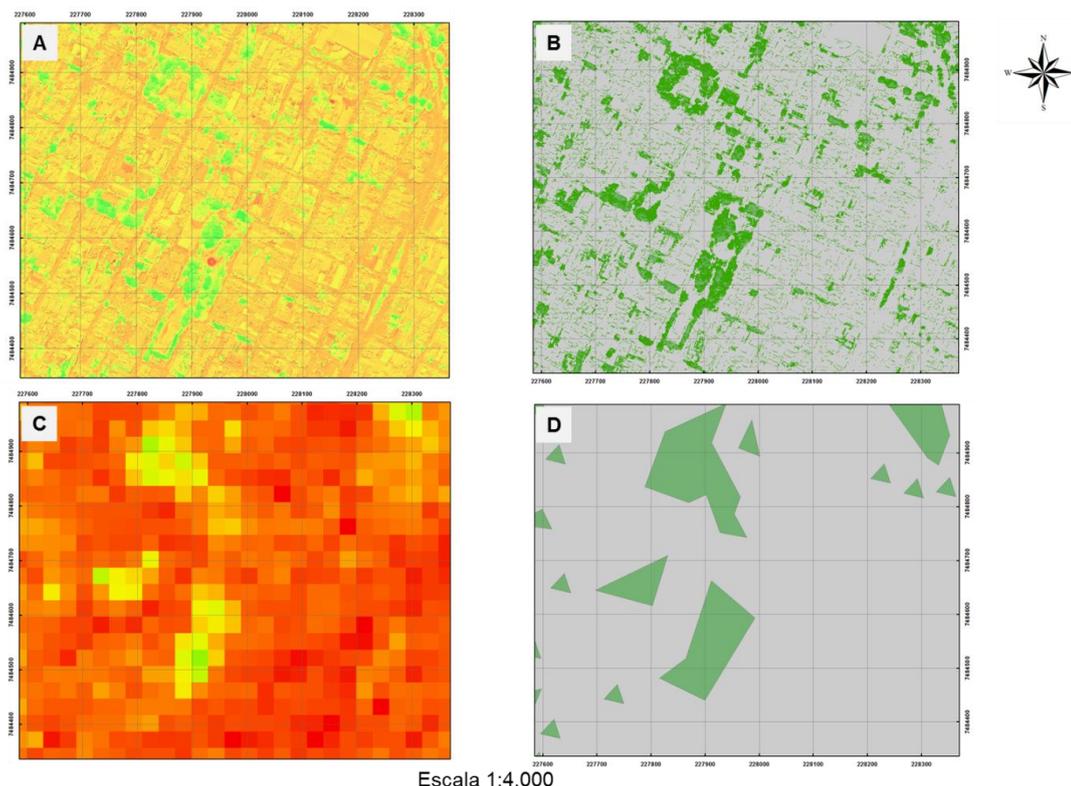


Figura 5. NDVI e classificação das áreas de vegetação (verde) da UltraCam XPrime (A) e (B); e do Landsat-8/OLI (C) e (D) respectivamente da área central de Piracicaba

Ponzoni et al. (2013) realizaram uma comparação entre índices de vegetação a partir de dois sensores MODIS e Vegetation-2. Os autores concluíram que não pode correlacionar os índices gerados por sensores diferentes. Já Monteiro et al. (2013) avaliaram as estimativas de área foliar e de produtividade da cultura do feijoeiro por índices de vegetação e bandas do vermelho e do infravermelho gerados em diferentes sensores: HRVIR, ETM+ e MODIS. Houve potencial semelhante de área foliar para as bandas do IVP e os índices RS, SAVI, NDVI e EVI, enquanto a produtividade não apresentou diferenças entre os índices NDVI e SR calculados pelo MODIS, SR, NDVI e SVI do HRVIR e do NDVI do ETM+.

Segundo Barreto et al. (2006), há uma ausência de cobertura florestal em Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal (RL) em Piracicaba, que deveria ser recuperada ou reflorestada. A comparação de áreas com vegetação e sem vegetação permitem o monitoramento de impactos ambientais e verificar a congruência com a legislação municipal de Piracicaba. Governantes e organizações não governamentais podem utilizar esses resultados como uma análise primária para determinar as áreas irregulares com a lei e as áreas que sofrem maior impacto, além de um melhor planejamento urbano e ambiental de Piracicaba.

4. Conclusão

A partir dos resultados alcançados, conclui-se que a capacidade do sensor UltraCam XPrime de detectar áreas com vegetação, na região urbana analisada, mostrou-se eficiente quando comparada ao desempenho do Landsat-8/OLI. As diferenças entre os sensores, quanto a resolução espacial, explica parte dos resultados.

Assim, o sensor UltraCamXPrime obteve resultados próximos ao real, por possuir melhor resolução em comparação ao Landsat-8/OLI.

Agradecimentos

Os autores agradecem à empresa TOPOCART pelas imagens gentilmente cedidas do sensor UltraCam XPrime.

Referências bibliográficas

- Barreto, A. G. de O. P.; Sparovek, G; Giannotti, M. **Atlas rural de Piracicaba**. Piracicaba: IPEF, 2006. 76p.
- Brasil (Município). Lei Complementar nº 207, de 04 de setembro de 2007. Disciplina o parcelamento do solo no Município de Piracicaba e dá outras providências. **Lei Complementar N.º 207**. Piracicaba.
- Bosquilia, R. W. D., Fiorio, P. R., Duarte, S. N., Barros, P. P. S. Different satellite images for visual mapping of drainage and springs in circular samples. **Interciencia**, v. 41, n. 4, p. 254-259, 2016.
- Correã, R. L. **O espaço urbano**. 3.ed. São Paulo: Ática, 1995. p. 7-10.
- Foresti, C.; Pereira, M. D. B. **Utilização de índices vegetativos obtidos com dados do sistema TM LANDSAT no estudo da qualidade ambiental urbana**: cidade de São Paulo. São José dos Campos, INPE. 24 p. (INPE – 4177. PRE /1071), 1987.
- Huete, A. R. A soil adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 295-309, 1998.
- Liu, W. T. H. Índice de Vegetação da Diferença Normalizada. In: LIU, William Tse Horng. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Uniderp, 2015. cap. 7, p. 220-224.
- Milano, M. S. **Curso sobre arborização urbana**. Universidade Livre do Meio Ambiente. 1998.
- Miller, R. W. **Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspaces**. New Jersey: Prentice Hal, 1997. 512p.
- Monteiro, P. F. C.; Ângulo Filho, R.; Xavier, A. C.; Monteiro, R. O. C. Índices de vegetação simulados de diferentes sensores na estimativa das variáveis biofísicas do feijoeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 48, n. 4, p.433-441, 2013.
- Nucci, J. C.; Cavalheiro, F. Cobertura vegetal em áreas urbanas: conceito e método. **GEOUSP**, n. 6, p. 29-36, 1999.
- Ponzoni, F. J.; Rezende, A. C. P. Influência da resolução espacial de imagens orbitais na identificação de elementos da paisagem em Altamira-PA. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 403-410, 2002
- Ponzoni, F. J.; Santos, S. B. dos; Cantinho, R. Z. Comparação entre índices de vegetação gerados a partir de dados dos sensores MODIS e Vegetation-2. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 3023-3030.
- Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E.; Kuplich, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 164 p.
- Rodrigues, R. R.. A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno. **Circular Técnica Ipef**, Piracicaba, v. 189, n. 1, p.1-20, 1999.
- Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **Third Earth Resources Technology Satellite-1 (ERTS) Symposium**, Washington, v. 1, p. 309-317, 1973.
- Silva Filho, D. F. da; Pivetta, K. F. L.; Couto, H. T. Z. do; Polizel, J.L. Indicadores de floresta urbana a partir de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução. **Scientia Forestalis**, n. 67, p. 88-100, 2005.
- TERRACAP – Companhia Imobiliária de Brasília. **Cartografia e geodésia**, novo mapeamento do DF. 2011.