

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FERNANDA KEIKO KIATAQUI

**CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA CIDADE DE SÃO
PAULO POR MEIO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

CURITIBA

2020

FERNANDA KEIKO KIATAQUI

**CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA CIDADE DE SÃO
PAULO POR MEIO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de MBA em Gestão Ambiental, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Professora Bruna Nascimento de Vasconcellos

CURITIBA

2020

Classificação do uso e ocupação da terra na cidade de São Paulo por meio de técnicas de sensoriamento remoto

Fernanda Keiko Kiataqui, Bruna Nascimento de Vasconcellos

RESUMO

Em função da degradação ou conversão dos ecossistemas alguns métodos têm sido usados para o monitoramento e análise da cobertura vegetal, por exemplo, técnicas de sensoriamento remoto. Destaca-se a classificação digital que permite o monitoramento do uso e cobertura da terra para a análise temporal. Em função disso, o trabalho teve como objetivo geral fazer a análise temporal da ocupação da terra no município de São Paulo, comparando os anos de 2015 e 2019 a partir de imagens do satélite Sentinel-2 e como objetivos específicos, conhecer os tipos de ocupação do solo na cidade e verificar a distribuição dessas classes, principalmente da vegetação e corpos hídricos. Os mapas foram gerados no software QGIS, assim como os cálculos da área das classes e do Índice Kappa. Os resultados obtidos a partir da Máxima Verossimilhança, Distância Mínima e Ângulo espectral foram bastante similares. No período analisado houve um aumento da área urbanizada em contraste com a diminuição da vegetação. Os corpos hídricos tiveram um aumento, provavelmente, por causa da crise hídrica de 2014 e 2015. A vegetação é fragmentada e heterogênea. Apesar do intervalo de tempo pequeno foi suficiente para notar algumas diferenças no uso e ocupação da terra. É necessária a ampliação desse intervalo de tempo para fornecer informações mais precisas para auxiliar no planejamento urbano da cidade.

Palavras-chaves: classificação, São Paulo, Sentinel-2

ABSTRACT

Due to degradation and conversion of ecosystems some methods have been used to monitored and analyze land cover, for instance, techniques of remote sensing. Noteworthy the digital classification that allows monitoring the use and land cover for temporal analyze. Because of this, this study's general aim was to perform temporal analysis of the land occupation in São Paulo comparing the years 2015 and 2019 from images of Sentinel-2 satellite and as specific aims, recognized the types of land occupation in the city and verify the distribution of these classes, especially the vegetation and hydric bodies. The maps were done in QGIS software as well as the calculation of classes' areas and Kappa Index. The results of Maximum Likelihood, Minimum Distance and Spectral

Angle were very similar. In the time analyzed the urban area increased in contrast to vegetation decrease. The hydric bodies presented an increase, probably due to hydric crisis in 2014 and 2015. The vegetation is fragmented and heterogonous. Although the time interval was short it was sufficient to notice some differences in the use and land occupation. It is necessary to expand this time interval in order to provide more precise information to support city urban planning.

Keywords: classification, São Paulo, Sentinel-2

1 INTRODUÇÃO

O território brasileiro é intensamente urbanizado, visto que a maior parte da população reside no meio urbano. Dessa forma, é necessário ferramentas e técnicas para auxiliar no planejamento das cidades, dentre elas, pode-se citar o uso dos produtos e técnicas do sensoriamento remoto.

A aplicação dessa ferramenta é vantajosa principalmente pelo tempo, custo e abrangência. A partir das imagens de satélite é possível ter informações mais rápidas, de forma mais ágil, além de ter um custo menor e alcançar áreas de difícil acesso. Tendo isso em vista, o monitoramento das áreas urbanas em relação ao uso e ocupação da terra pode ser feito de forma mais rápida a fim de contribuir para as melhorias e planejamento das cidades.

Pode-se analisar as áreas urbanas a partir das imagens de satélite. Isso pode ser muito útil para o mapeamento e monitoramento de áreas de interesse. Além disso, o conhecimento da cidade é essencial para a melhoria da qualidade de vida e obras de infraestrutura para resolver os problemas urbanos, como as enchentes, por exemplo. Assim, a partir das imagens de sensoriamento remoto é possível identificar diferentes tipos de uso e ocupação da terra. Esse processo é conhecido como classificação digital. Dessa forma, essa classificação é vantajosa principalmente para os grandes centros urbanos como a cidade de São Paulo.

São Paulo é a cidade mais populosa do Brasil (IBGE, 2020) e apresenta grande disparidade social e econômica. Além disso, são frequentes os relatos de que a cidade carece de áreas verdes. Tendo em vista a extensão da área

urbana paulistana e os trabalhos de classificação do uso e ocupação da terra, a cidade de São Paulo foi escolhida para este estudo.

Diante do exposto, o objetivo geral foi analisar temporalmente a ocupação da terra no município de São Paulo, SP, comparando os anos de 2015 e 2019 a partir da classificação digital supervisionada. Além dos objetivos específicos, conhecer os tipos de ocupação do solo na cidade e verificar a distribuição dessas classes, principalmente da vegetação e corpos hídricos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A degradação ou conversão dos ecossistemas em outros tipos de uso resulta geralmente em fragmentação e alta perda de biodiversidade (MIGUEL et al., 2015). Diante desse cenário, alguns métodos têm sido empregados para o monitoramento e análise da cobertura vegetal, dentre eles, o sensoriamento remoto.

As tecnologias do sensoriamento remoto demonstram ser efetivas ao analisar a cobertura vegetal, acompanhamento contínuo de mudanças no crescimento e dinâmica de uma floresta natural (HENTZ et al., 2014). Além disso, pode auxiliar no planejamento urbano, a partir do entendimento da contribuição das áreas verdes na qualidade ambiental na vida da população (FELIX; FÁVERO, 2018), bem como identificação de áreas inundáveis (VASCONCELLOS, 2018).

Baseado nisso, o sensoriamento remoto, assim como o geoprocessamento pode ser usado para auxiliar o planejamento urbano (VASCONCELLOS, 2018). Além disso, essas técnicas permitem a coleta de informações em áreas de difícil acesso ou inacessíveis como no caso do monitoramento da vegetação (FERRAZ et al., 2014; MIGUEL et al., 2015). Ainda, nos estudos da dinâmica do desmatamento em grandes extensões, como na Amazônia, somado ao difícil acesso, (VASCONCELOS; NOVO, 2004). Assim, essas técnicas podem ser primordiais para a geração de mapas de uso e ocupação da terra para a análise temporal.

Esse tipo de análise é importante para o acompanhamento da pressão antrópica sobre a vegetação, principalmente se envolver *hotspots*. Nesse trabalho seguirá a definição adotada por Myers et al. (2000) de *hotspots* como

áreas com alta concentração de espécies endêmicas e que estão sofrendo intensa perda de habitat. Como apontado por Myers et al. (2000), o Brasil detém dois, Mata Atlântica e Cerrado. Reis et al. (2009) evidencia que a Mata Atlântica apesar das funções ambientais, ecológicas e sociais que possui, é intensamente degradada desde o início da ocupação humana, sendo um dos biomas mais fragmentados. Gradativamente as áreas dos biomas brasileiros estão sendo perdidas por conta da expansão das atividades humanas. Assim, o monitoramento da variação temporal da ocupação da terra é essencial para os aspectos ambientais que estão intrinsecamente relacionadas com a vida humana na cidade. Além disso, o mapeamento do uso e cobertura da terra pode contribuir para as ações e estratégias de conservação e recuperação de áreas (REIS et al., 2009).

Dessa forma, o monitoramento do uso e cobertura da terra é uma forma importante para acompanhar e analisar o crescimento da ocupação humana sobre os remanescentes florestais e análise espacial de monitoramento e diagnósticos (REIS et al., 2009). Além de ser útil para os estudos da dinâmica do desmatamento (VASCONCELOS; NOVO, 2004). Ainda pode ser uma ferramenta importante para o planejamento das cidades, já que permite a espacialização e identificação de objetos, bem como fenômenos e processos (REIS; PINHEIRO, 2017). Isso pode ser feito a partir da classificação de imagens que consiste na distinção e identificação de alvos diferentes com comportamento espectral distinto, associando cada pixel da imagem a um rótulo, classe (REIS et al., 2009; VASCONCELLOS et al., 2016).

Essa classificação pode ser supervisionada ou não, na primeira, os algoritmos são pré-estabelecidos e o usuário identifica os pontos nas imagens pertencentes a cada classe estabelecida. Assim, o software identifica os demais pixels pertencentes a cada classe, tratando-se de uma classificação baseada em uma regra estatística pré-estabelecida (CROSTA, 1992 apud VASCONCELLOS et al., 2016). No caso da classificação não supervisionada, as classes são identificadas a partir de um algoritmo de agrupamento, ou seja, não há conhecimento preexistente. Assim, cada pixel é atribuído a uma determinada classe (REIS et al., 2009).

Após a classificação é necessário avaliar a exatidão baseado em um dado de referência. Dessa forma, a estatística visa avaliar se os alvos foram

corretamente atribuídos às classes (VASCONCELLOS et al., 2016). Há distintos algoritmos de classificação que podem ser usados, destaca-se aqui a Máxima Verossimilhança (MaxVer), Distância Mínima e Ângulo espectral.

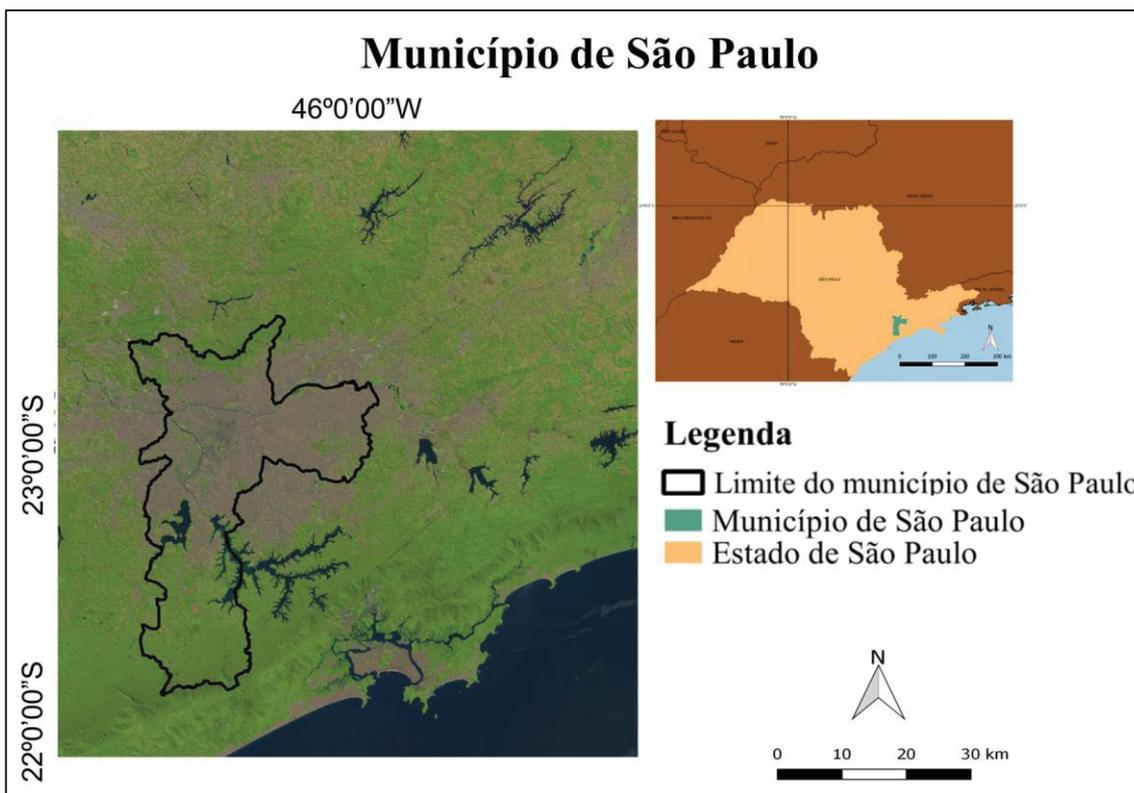
A MaxVer é a mais comumente usada e consiste na ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais de classes a partir de parâmetro estatístico. A Distância Mínima considera a média dos pixels da amostra para atribuir um pixel desconhecido em uma determinada classe (VASCONCELLOS et al., 2016). Por fim o Ângulo espectral obtém o ângulo formado entre a assinatura de referência e a curva do pixel no espaço n-dimensional e parte do pressuposto de que os pixels são vetores.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O município de São Paulo está situado no estado de São Paulo no bioma da Mata Atlântica (IBGE, 2020). Ocupa uma área de aproximadamente 152 mil ha, a uma altitude de 745 m entre as coordenadas 23°32'56" de latitude sul e 46°38'20" de longitude oeste (CIDADE-BRASIL, 2020) (FIGURA 1).

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO



FONTE: A autora (2020).

O clima no município é quente e temperado, Cfb conforme a classificação de Köppen com temperatura média de 18,5°C. Tem alta pluviosidade ao longo do ano, uma média anual de 1340 mm (CLIMATE-DATA, 2020).

De acordo com o censo do IBGE, em 2015, a população paulistana era de 11 967 825 habitantes e estima-se que em 2019 havia 12 252 023 pessoas (IBGE, 2020). Dessa forma, é o município mais populoso do Brasil.

3 2 Coleta de dados

Para a geração dos mapas de uso e ocupação da terra, primeiramente foi feita a delimitação do município nas imagens de satélite. Para isso, foi usado o *shapefile* do município obtido do IBGE. O satélite escolhido foi o Sentinel-2. As imagens são de alta resolução, 10m, e tem revisita de dez dias (USGS, 2020). O satélite foi escolhido pela alta resolução e por ser disponibilizado gratuitamente.

As imagens foram obtidas do United States Geological Service – USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) dos períodos de agosto de 2015 e setembro de 2019, um intervalo de quatro anos. Os períodos correspondem às datas iniciais do lançamento do satélite e as imagens mais recentes disponíveis. Esse período foi escolhido pela qualidade das imagens e por serem períodos comparáveis em momentos distintos, evitando possíveis variações sazonais. Dessa forma, as imagens foram escolhidas, considerando a pouca ou nenhuma quantidade de nuvem e época equivalente.

Logo, os mapas foram gerados no software QGIS 2.18. A classificação digital supervisionada foi feita baseada nas bandas do visível com o auxílio do plugin *Semi-Automatic Classification* disponível no QGIS. Os tipos de uso da terra foram classificados em vegetação, urbanização e corpos hídricos. Para cada classe, cinco polígonos foram delimitados e usou-se como algoritmos de classificação a MaxVer, Distância Mínima e Ângulo espectral.

O método da MaxVer é o mais comum e recomendado para estudos de uso e cobertura. Consiste na ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais de cada classe a partir de parâmetros estatísticos. A Distância Mínima gera resultados um pouco generalizados, mas dependendo do que está sendo analisado, pode ser interessante. Esse método considera a média dos pixels para atribuir um pixel desconhecido a uma classe (VASCONCELLOS et al., 2016). Por fim, o método do Ângulo Espectral é geralmente recomendado para análise de dados hiperespectrais. Este método calcula o ângulo espectral entre as assinaturas espectrais dos pixels e as de treinamento.

Após a classificação foi realizado o cálculo do índice Kappa, tendo como dado de referência a mesma imagem de satélite usada para a classificação.

$$K = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

Onde: P_o = Concordância total ou Exatidão global e P_e = concordância esperada.

O índice Kappa é a medida da concordância entre a classificação e os dados de referência, podendo variar de 0 a 1, sendo 0 uma péssima classificação e 1 excelente (TABELA 1).

TABELA 1 – ÍNDICE KAPPA E CONCORDÂNCIA

Índice Kappa	Concordância
0,00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito Boa
0,81 a 1,00	Excelente

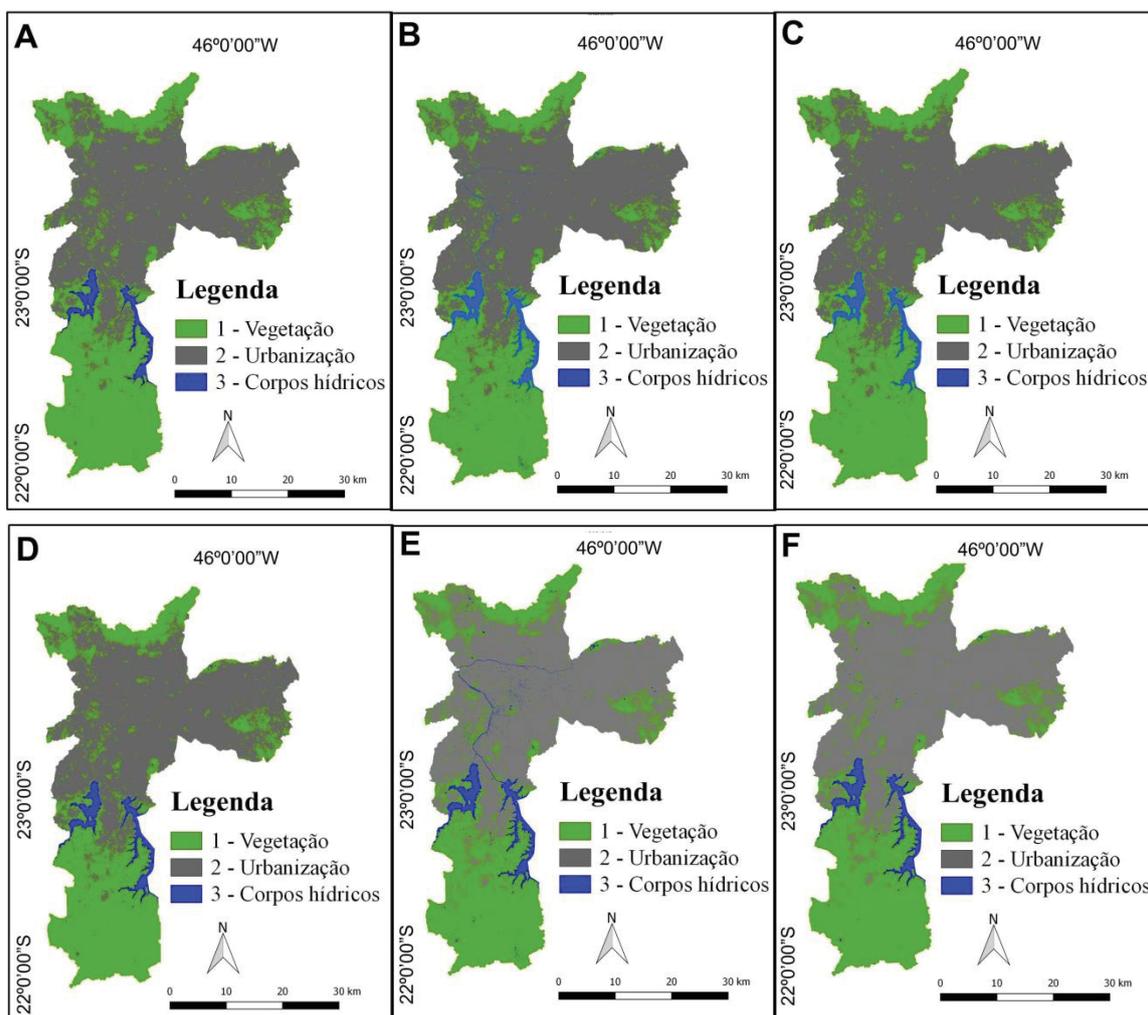
FONTE: Landis & Koch (1977) apud Vasconcellos et al. (2016)

Por último calculou-se a porcentagem e a área das classes para cada algoritmo, assim como o índice Kappa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao comparar os mapas gerados, todos foram bastante similares para ambos os períodos (FIGURA 2). No entanto, para o ano de 2019, ao usar a Distância Mínima, é possível ver pequenos cursos d'água no meio da região urbanizada além dos dois corpos hídricos facilmente visualizados, represa de Guarapiranga e Billings, (FIGURA 2E).

FIGURA 2 – CLASSIFICAÇÃO DA OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO EM 11/08/2015 COM OS ALGORITMOS DE CLASSIFICAÇÃO, MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA (A), MÍNIMA DISTÂNCIA (B) E ÂNGULO ESPECTRAL (C) E EM 09/09/2019 OS MESMOS ALGORITMOS EM “D”, “E” E “F”, RESPECTIVAMENTE.



FONTE: A autora (2020).

A classe predominante é a urbanização com 55% e 56,1% para 2015 e 2019, respectivamente, seguida da vegetação (42,4% e 40,7) e corpos hídricos (2,5% e 3,1) (TABELA 2). No intervalo de tempo de quatro anos, é possível ver que houve uma pequena mudança. Diminuição da cobertura vegetal provavelmente decorrente do aumento da urbanização e um aumento da área dos corpos hídricos. Isso pode ser devido à crise hídrica que a cidade passou entre 2014 e 2015.

Nesse período a represa Guarapiranga tornou-se a principal fonte de água na região metropolitana de São Paulo, superando o Sistema Cantareira (SORIANO et al., 2016). Soma-se o fato dos sistemas de abastecimento de

água já apresentarem estado de seca moderada a grave em junho de 2014 que só foi melhorar após fevereiro de 2015 (SORIANO et al., 2016).

TABELA 2: EXTENSÃO DA ÁREA EM HECTARES (HA) DE CADA CLASSE E SUA RESPECTIVA PORCENTAGEM PARA O MAPA GERADO PELA MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA.

Classe	Máxima Verossimilhança 08/11/2015		Máxima Verossimilhança 09/09/2019	
	Área (ha)	Percentual (%)	Área (ha)	Percentual (%)
Vegetação	64 744,96	42,4	62 147,56	40,7
Urbanização	83 976,12	55	85 676,96	56,1
Corpos hídricos	3 876,4	2,5	4 773,36	3,1
Total	152 597,48	99,9	152 597,88	99,9

FONTE: A autora (2020).

Ao verificar a acurácia, os resultados foram satisfatórios com concordância excelente, já que o índice Kappa variou de 0,9 a 1 (TABELA 3). Embora a validação em campo seja ideal, às vezes isso é inviável pela demanda por tempo, deslocamento, custo e disponibilidade de acesso à área de estudo. No entanto, os índices de avaliação da qualidade da classificação garantem a confiabilidade dos resultados. Dessa forma, é uma das vantagens do uso do sensoriamento remoto, já que permite estimativas confiáveis, pois são avaliados parâmetros de qualidade da classificação a partir dos índices.

TABELA 3 – VALORES DO ÍNDICE KAPPA PARA OS TRÊS ALGORITMOS TESTADOS PARA AS IMAGENS DE 11/08/2015 E 09/09/2019. ALÉM DO RANKING DE DESEMPENHO DE CADA ALGORITMO.

Imagem	Classificação	K	Ranking
11/08/2015	MaxVer	1	1
	Distância Mínima	0,9904	3
	Ângulo espectral	0,9985	2
09/09/2019	MaxVer	0,9899	1
	Distância Mínima	0,9669	3
	Ângulo espectral	0,9891	2

Fonte: A autora (2020).

O melhor classificador foi a MaxVer seguido do Ângulo espectral e da Distância Mínima. A MaxVer também foi o melhor indicador encontrado por Vasconcellos et al. (2016) ao analisar a variação multitemporal a partir de imagens do Landsat 5 e 8. Baseado em outros trabalhos e os resultados obtidos, a MaxVer tem melhor desempenho, por isso foi usada para as análises .

Ao analisar a distribuição das classes no município, é possível ver que a maior parte da vegetação encontra-se no sul da cidade e no extremo norte que corresponde a Serra da Cantareira. Além disso, é possível ver alguns fragmentos de vegetação no meio da área urbana (FIGURA 2).

A região central da cidade e a zona leste são as com menor quantidade de vegetação, um resultado semelhante foi percebido por Buckeridge (2015). O autor mostrou que essas regiões são as menos arborizadas. Locatelli et al. (2018) também concluiu que a região central é a menos arborizada e atribuiu ao fato de ser uma região comercial. Portanto, sofre maiores pressões da urbanização. Em relação à zona leste, na amostragem de Locatelli et al. (2018) apenas o distrito Mooca foi analisado e foi apontado como sem área vegetada. No entanto, o extremo da zona leste apresenta uma área de vegetação facilmente visualizada correspondente ao Parque do Carmo.

Outros fragmentos podem ser visualizados no meio da mancha urbana, correspondendo aos distritos do Butantã e Morumbi. Isso é similar ao visto por Buckeridge (2015) e Locatelli et al. (2018). Além de fragmentos menores, que provavelmente representam o Parque do Ibirapuera, Parque Villa Lobos e Jardim Botânico de São Paulo contínuo ao Parque do Estado.

Os resultados mostram que a vegetação na cidade de São Paulo é fragmentada e heterogênea, conclusão similar a de Buckeridge (2015) e Locatelli et al. (2018). No entanto, Locatelli et al. (2018) encontraram maior quantidade de área vegetada em distritos mais nobres, como o Morumbi, por exemplo. Assim, eles levantaram a possibilidade da quantidade de vegetação estar relacionada à renda da população. Contudo, distritos com menor renda, como os da zona norte e do extremo da zona sul e leste apresentaram grande quantidade de vegetação. Dessa forma, contradiz o resultado encontrado pelos autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise temporal da ocupação da terra em São Paulo é possível dizer que houve uma pequena diferença no uso e cobertura da terra de São Paulo no intervalo de tempo analisado. Pode-se inferir que a cidade continua crescendo, já que a região urbanizada aumentou 2,03% (1 700,84 ha), enquanto a extensão da vegetação diminuiu 4,01% (62 597,4 ha). Os corpos hídricos também apresentaram um aumento na sua extensão, 23,14% (896,96 ha)

A vegetação está distribuída de forma heterogênea, concentrando-se principalmente no extremo sul e ao norte da cidade. Além disso, é possível ver manchas de vegetação em meio à urbanização, evidenciando os distritos bastante arborizados e os parques da cidade. Foi possível perceber também a diferença nas duas represas provavelmente em decorrência da crise hídrica pela qual a cidade passou entre 2014 e 2015.

Por fim, o sensoriamento remoto pode ser usado para analisar as mudanças no uso e ocupação da terra, porém necessita de imagens com alta resolução e boa qualidade. Embora o intervalo de tempo tenha sido pequeno foi suficiente para notar algumas diferenças. No entanto, a análise temporal poderia ser ampliada para um intervalo maior, permitindo visualizar provavelmente outras mudanças. Isso permitiria um acompanhamento mais detalhado do uso e ocupação do solo, fornecendo informações mais precisas para auxiliar no planejamento urbano de São Paulo.

REFERÊNCIAS

BUCKERIDGE, M. Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 85-101. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142015000200085>. Acesso em: 05 maio 2017.

CIDADE-BRASIL. Município de São Paulo. 2020. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-sao-paulo.html>>. Acesso em: 24 jan. 2020.

CLIMATE-DATA. Clima São Paulo. 2020. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/sao-paulo-655/>>. Acesso em: 24 jan. 2020.

FELIX, C. S.; FÁVERO, O. A. Contribuição da cobertura vegetal urbana para a qualidade ambiental e de vida no centro da cidade de São Paulo. **Revista Geografar**, v. 13, n. 1, p. 8-35, 2018. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/46964>>. Acesso em: 09 jan. 2020.

FERRAZ, A. S. et al. Estimativa do estoque de biomassa em um fragmento florestal usando imagens orbitais. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 3, p. 286-296, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/floram/v21n3/aop_floram_052213.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2019.

HENTZ, A. M. K. et al. Técnicas de sensoriamento remoto para estimativa de biomassa em ambientes florestais. **Enciclopédia biosfera**, v. 10, n. 18, p. 2810-2823, 2014. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/tecnicas.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2019.

IBGE. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 24 jan. 2020.

LOCATELLI, M. M. et al. Panorama atual da cobertura arbórea da cidade de São Paulo. **Revista LABVERDE**, v. 9, n. 1, p. 29-48, 2018. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/134400>>. Acesso em: 09 jan. 2020.

MIGUEL, E. P. et al. Redes neurais artificiais para a modelagem do volume de madeira e biomassa do cerrado com dados de satélite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 9, p. 829-839, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-204X2015000900829&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 08 jun. 2019.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858. 2000. Disponível em: <http://server.ethz.ch/staff/af/Fi159/M/My042.pdf>. Acesso em: 08 dez 2015.

REIS, G. I.; PINHEIRO, A. G. Técnicas de sensoriamento remoto para o estudo do uso e ocupação das terras do município de Cardoso Moreira – RJ. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 1, 2017, Campinas. **Anais...** Curitiba: Unicamp, 2017. p.7366-7371.

REIS, R. F. et al. Classificação do uso e cobertura do solo da APA do São João em uma abordagem orientada a objeto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 7087-7094.

SORIANO E. et al. Crise hídrica em São Paulo sob o ponto de vista dos desastres. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 21-42. 2016. Disponível em:

< http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2016000100003&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 29 jan. 2020.

USGS. Earth Explorer Home. 2020. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 24 jan. 2020.

VASCONCELLOS, B. L. V. Identificação de área inundável na região oeste da cidade de Belo Horizonte/MG através de técnicas de geoprocessamento. 33 f. 2018. Monografia de Especialização (MBA em Gestão Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

VASCONCELLOS, B. N. et al. Teste de algoritmos de classificação para a análise temporal de uso e ocupação do solo no município de São Gabriel – RS. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 24, p. 1034-1042. 2016. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2016b/agrarias/teste%20de%20algoritimos.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

VASCONCELOS, C. H.; NOVO, E. M. L. M. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens – fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí – PA. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 3, p. 487-493. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v34n3/v34n3a14.pdf>>. Acesso em; 17 jan. 2020.