

Análise das mudanças na vegetação nativa da APA Lago de Palmas

Analysis of changes in native vegetation of the APA Lago de Palmas

Paulo Alexandre Oliveira^I, Joênes Mucci Pelúzio^{II}, Warley Gramacho da Silva^{III}

Resumo

Neste estudo propõe-se conhecer a dinâmica da vegetação de Cerrado e Floresta Estacional, no período de 2000 a 2017, na Área de Preservação Ambiental (APA) Lago de Palmas, utilizando-se imagens do satélite Landsat e o *software* livre Spring 5.5.3. Foram construídos dois mapas temáticos da área estudada para estimar, por meio de análise comparativa, o processo de substituição da vegetação nativa, utilizaram-se os métodos Maxver e Isepeg para as classes de cobertura da terra: Vegetação nativa – Mata densa, Vegetação nativa – Campo, Solo exposto e Curso hídrico, na correção e validação recorreram-se às imagens históricas do *Google Earth Pro*. Os resultados indicam que houve uma perda de 38,56% da vegetação nativa, o centro urbano expandiu em uma proporção de 14 vezes, cerca de 10.760,13 ha foram inundados pelo reservatório da usina do Lajeado, resultando a perda de terra, árvores e biodiversidade. Infere-se que a APA não cumpre o papel previsto na legislação ambiental, pois sua ocupação é feita de forma desordenada, não existe plano de manejo, os mapeamentos indicam uma sistemática substituição da vegetação nativa por massa d'água, áreas agrícolas e de urbanização.

Palavras-chave: Desmatamento; Geoprocessamento; Landsat; Spring

Abstract

This study aimed to understand the dynamics of Cerrado and Seasonal Forest vegetation, from 2000 to 2017, in 'Lago de Palmas' Environmental Preservation Area (APA). To do so, images from the Landsat satellite and the Spring 5.5.3 free software were used. Two thematic maps of the study area were made to estimate, through comparative analysis, the process of native vegetation replacement. The Maxver and Isepeg methods were used for the following land cover classes: Native Vegetation – Dense Forest and Native Vegetation – Campo, exposed soil and watercourse. For the correction and validation, historical images from *Google Earth Pro* were used. The results indicate there was a loss of 38.56% of native vegetation, the urban center expanded at a ratio of 14 times, and about 10,760.13 ha were flooded by the reservoir of Lajeado plant, resulting in loss of land, trees, and biodiversity. It is inferred that APA does not fulfill the role established by the environmental legislation, because its occupation occurs in a disorderly way, there is no management plan, and the mappings show a systematic replacement of native vegetation by water mass, agricultural areas, and urbanization.

Keywords: Deforestation; Geo-processing; Landsat; Spring

^I Matemático, MSc., Doutorando da Rede Bionorte, Universidade Federal do Tocantins, Quadra 109 Norte, Av. NS 15, ALCNO 14, Palmas CEP 77001-090, Palmas (TO), Brasil. paulooliveira@uft.edu.br (ORCID: 0000-0003-0790-2886)

^{II} Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor da Rede Bionorte, Universidade Federal do Tocantins, Quadra 109 Norte, Av. NS 15, ALCNO 14, Palmas CEP 77001-090, Palmas (TO), Brasil. joenesp@uft.edu.br (ORCID: 0000-0002-9336-2072)

^{III} Bacharel em Ciência da Computação, Dr., Professor do curso de Ciência da Computação, Universidade Federal do Tocantins, Quadra 109 Norte, Av. NS 15, ALCNO 14, Palmas CEP 77001-090, Palmas (TO), Brasil. wgramacho@uft.edu.br (ORCID: 0000-0003-3400-5216)

Introdução

A proteção adequada dos ecossistemas naturais vem aumentando, principalmente, a partir de 1972 quando aconteceu a Conferência das Nações Unidas para o Ambiente Humano, é notória a importância da manutenção do ambiente natural para a vida do homem, com isso surgiram progressivamente normas legais internacionais, nacionais e locais para assegurar a conservação da natureza (BORGES; REZENDE, 2011).

Reforçando a política de conservação da natureza, a Constituição Federal Brasileira em vigor, no seu art. 225, § 1º, III, determinou a necessidade de definir, em todos os Estados da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção. O primeiro dispositivo legal brasileiro a dispor sobre a proteção ambiental foi a Lei Federal n. 6.902 de 1981, que em seu oitavo artigo dispõe que “*O Poder Executivo, quando houver relevante interesse público, poderá declarar determinadas áreas do Território Nacional como de interesse para a proteção ambiental*”, essas áreas têm como principal objetivo assegurar o bem-estar das populações humanas e conservar ou melhorar as condições ecológicas locais.

A APA Iago de Palmas é uma unidade de conservação do Bioma Cerrado. Conhecido como a savana mais rica do mundo, este bioma é o segundo maior da América do Sul, abriga cerca de 12.000, 250 e 800 espécies de flora, mamíferos e aves, respectivamente (BRASIL, 2015b). O Cerrado brasileiro possui área de aproximadamente 2.000.000 km², atualmente é o bioma brasileiro que mais sofre com a antropização, em 2009/2010 apenas 7,44% de sua área total era protegida por algum tipo de unidade de conservação, em 2010/2011 houve um pequeno acréscimo, que totalizou 8,46% (BRASIL, 2015a, 2011).

O geoprocessamento é um conjunto de tecnologia que tem sido utilizado para identificar e caracterizar áreas degradadas (PONS; PEJON, 2008). Segundo Fernandes et al. (2015), as pesquisas da cobertura e uso da terra, sua dinâmica e seus impactos cresceram na última década. O uso do sensoriamento remoto (SR) é adequado, principalmente, quando a área de estudo é muito extensa, permitindo estudos de alta confiabilidade nas escalas espaciais e temporais (SANTOS et al., 2015).

Segundo Jensen (2009), o sensoriamento remoto por imagens de satélites pode ser aplicado em diversas áreas da ciência bem como na resolução de diversos problemas relacionados à atividade humana. Por exemplo, Diniz et al. (2014) aplicaram SR para detectar a evolução de área minerada ao longo de 26 anos, Bayma e Sano (2015) utilizaram séries temporais para detecção de desmatamento no cerrado, Piazza et al. (2016) estudaram a recomposição natural de florestas perturbadas, Waltzlawick, Kirchner e Sanquetta (2009) utilizaram imagens de satélites para estimar a biomassa de carbono, entre outras diversas aplicações.

O Spring é um Sistema de informações Geográficas (SIG) de uso gratuito, distribuído pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), possui módulos – INPIMA e SCARTA, permite realizar a conversão, o processamento e a análise de imagens de satélites bem como a criação de cartas topográficas, sendo praticamente autossuficiente para o estudo de geoprocessamento (SANTOS; PELUZIO; SAITO, 2010).

Neste estudo, o objetivo foi analisar as mudanças na vegetação nativa da APA desde 2000, ano de sua criação, até 2017, para isto utilizaram-se imagens dos Satélites Landsat 5 e 8, o Spring 5.5.3 e as imagens históricas do *Google Earth Pro* para estimar as áreas que sofreram algum grau de antropização, por meio de comparação das classes equivalentes em cada ano. É importante frisar que não pretendeu classificar o tipo de vegetação, mas tão somente estimar a perda da vegetação nativa como um todo.

Material e método

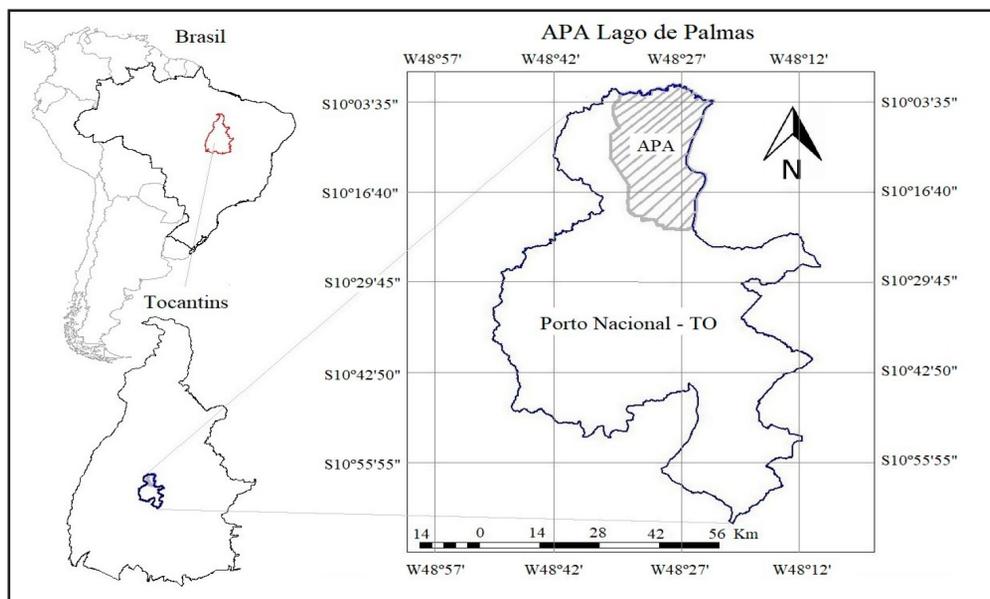
Caracterização da área de estudo e aquisição do plano de manejo

A APA Lago de Palmas está localizada no município de Porto Nacional – TO (Figura 1), no retângulo de coordenadas (10°0'5" S; 48°21'50" O e 10°22'14" S; 48°34'50" O). Conforme classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na área predominam o Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd46) e Latossolo Vermelho distrófico (LVd12), mas ocorrem também o Neossolo quartzarênico órtico (RQo5), Cambissolo Háplico Tb distrófico (Cxbd) e Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFc66) em menores proporções (IBGE, 2007).

Na área predominam as formações savânicas e campestres, isto é, os tipos de vegetação do Cerrado em sentido amplo (Cerradão, Campo Sujo, Campo Limpo, Veredas), mas ocorrem formações florestais, com presença de vegetações do tipo Floresta Estacional (matas ciliares, matas de galerias) e regiões de tensão ecológica entre estas duas fitofisionomias (IBGE, 2012; TOCANTINS, 2013).

Figura 1 – Localização da área de estudo; Projeção: Lat/Long, Datum Planimétrico: Sirgas 2000.

Figure 1 – Location of study area; Projection: Lat/Long, Planimetric Datum: Sirgas 2000.



Fonte: Autores (2019)

Inicialmente optou-se por trabalhar com as classes: Vegetação nativa, Solo antropizado, Corpo d'água e Área urbanizada. Após as primeiras tentativas de classificações percebeu-se a necessidade de dividir a classe vegetação nativa em Mata densa e Campo. A primeira compreende as formações mais densas, tais como, matas ciliares, matas de galerias, matas secas, Cerradão e Cerrado denso, enquanto a segunda agrupa as vegetações menos densa, por exemplo, as formações savânicas e campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre).

Importante ressaltar que a divisão foi baseada em aspectos físicos do sensoriamento remoto, o agrupamento levou em conta as reflectâncias das vegetações, não importando a qual bioma pertence.

Elaboraram-se mapas de uso do solo, um para o ano 2000 e outro para o ano 2017, com as classes mata densa, campo, solo antropizado e corpos d'água, para cada mapa a metodologia foi estruturada nas seguintes etapas:

- 1 – Aquisição das imagens de satélites e do arquivo *shapefile* do limite da APA;
- 2 – Cortes das imagens no ambiente Inpima do Spring, posteriormente cortes utilizando o limite da APA;
- 3 – Georreferenciamento das imagens;
- 4 – Contraste das imagens em várias composições;
- 5 – Elaboração dos mapas de referências com 280 pontos levantados via *Google Earth Pro*;
- 6 – Classificação digital não supervisionada das classes mata densa e corpos d'água;
- 7 – Segmentação das imagens em diversos parâmetros;
- 8 – Classificação digital supervisionada com base no mapa de referência;
- 9 – Mapeamento das classes: Mata densa, campo, solo antropizado e corpos d'água;
- 10 – Correção dos mapas e classificação das áreas urbanizadas por meio da edição vetorial, com base no mapa de referências;
- 11 – Cálculo das áreas das respectivas classes.

Aquisição e processamento das imagens

Utilizaram-se imagens dos satélites Landsat 5, bandas 1 a 5 e 7, do dia 16/06/2000 e Landsat 8, bandas 2 a 7, do dia 29/06/2017, todas disponibilizadas no formato “tif” (SILVA et al., 2014), ambas referentes à órbita 222 e ponto 67. Para delimitação do perímetro da APA utilizou-se o arquivo *shapefile* disponibilizado no site institucional da Secretaria do Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins (SEPLAN-TO).

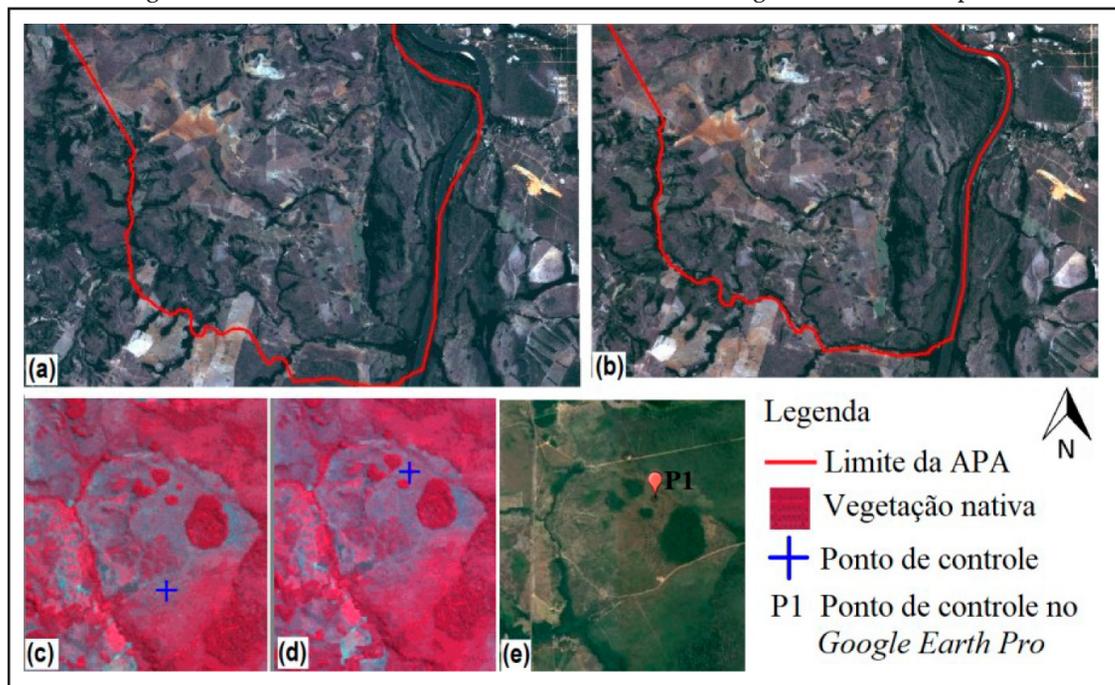
O processamento digital, a análise de dados e a criação das cartas foram realizados através do *software* Spring versão 5.5.3, disponibilizado gratuitamente pelo INPE. As imagens Landsat utilizadas têm resolução de 30 m por pixel (BARSI et al., 2014), cada cena cobre um quadrado com medidas de 185 km para cada lado na superfície da terra, totalizando uma área de 34.225 km². Como a área de estudo é bem menor, todas as bandas foram recortadas, no módulo Inpima do Spring, antes do processamento digital, isso garante um processamento mais rápido e evita o travamento do computador, optaram-se pelos cortes utilizando o menor retângulo que contém internamente a área de estudo, no caso das imagens do Landsat 5 foram utilizadas as coordenadas $x1 = 2700$, $x2 = 3700$, $y1 = 2920$ e $y2 = 4350$, em que $x1$ e $x2$ são as linhas, $y1$ e $y2$ são as colunas dos *pixels*.

Conforme Junior e Centeno (2016), devido às variações no processo de formação da imagem, como o posicionamento do satélite, por exemplo, as imagens de um mesmo ponto e órbita, de datas diferentes, podem sofrer distorções e não ter uma correspondência perfeita quando comparadas, então é necessário eliminar esta distorção, por meio do registro que é uma transformação geométrica que relaciona coordenadas geográficas (MENESES; ALMEIDA, 2012), neste estudo, as imagens do ano 2000 foram registradas com base nas imagens do Landsat 8 referente ao ano 2017, utilizou-se a ferramenta ‘registro’ no modo tela (SILVA et al., 2014). Na Figura 2, nota-se em (a) o perímetro da APA antes e em (b) após o registro da imagem, bem como, em (c), (d) e (e), um ponto de controle antes do registro, após o registro e no *Google Earth Pro*, respectivamente.

As imagens de satélites originalmente são geradas na escala de cinza (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012), mas através de funções matemáticas a qualidade visual das imagens pode ser alterada, de forma a facilitar a interpretação visual (JENSEN, 2009), para o realce das imagens utilizou-se a ferramenta ‘Contraste’ no próprio Spring.

Figura 2 – Correção geométrica das imagens Landsat 5 e ponto de controle.

Figure 2 – Geometric correction of Landsat 5 images and control point.



Fonte: Autores (2019)

Mapas de referências e plano de manejo

A partir da análise visual das imagens históricas do *Google Earth Pro* elaboraram-se mapas de referências para cada ano, utilizando-se 280 pontos de referências, distribuídos da seguinte maneira: 100 – mata densa, 100 – campo, 50 – solo antropizado e 30 – corpos d'água.

Utilizaram-se os mapas de referências como máscara para associação das classes nas classificações supervisionadas, pontos de treinamento para as classificações não supervisionadas (*pixel a pixel*) e para a avaliação da exatidão dos mapas temáticos finais.

Para aquisição do plano de manejo foram consultados diversos sites na internet, durante os estudos, principalmente, os institucionais: Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e Ministério do Meio Ambiente (MMA), bem como aqueles voltados à conservação ambiental: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio) e *World Wide Fund for Nature* (WWF-Brasil).

Composição e Segmentação

Uma boa composição de bandas depende do que é estudado, por exemplo, no estudo do desmatamento do bioma Cerrado foi utilizado a composição canais/bandas 5R4G3B (BRASIL, 2015b) em consonância com Fernandes et al. (2015) que estudaram uma região semiárida, por outro lado, Silva et al. (2014) usou a composição canais/bandas 3B2G1R no estudo de áreas irrigadas.

Segundo Resende, Bernuccci e Quintanilha (2012), segmentação de uma imagem é o processo de agrupamento, em regiões ou objetos, e *pixels* próximos com atributos similares, neste trabalho para a classificação supervisionada utilizou-se a segmentação da imagem por crescimento de Regiões, foram testados vários parâmetros de segmentação.

Para cada ano foram testadas várias composições escolhendo-se a que melhor separou as classes de interesse, seguidamente, avaliaram-se as segmentações, fixando-se o parâmetro de menor área em 30 ha e variando os demais.

Classificação

Neste processo ocorre a extração de informação para mapear áreas (SILVA; ARAKI, 2015; NASCIMENTO; FERNANDES, 2017) é a etapa que mais sofre influência do pesquisador, pois depende de pontos amostrais levantados em campo previamente e do bom senso na interpretação, para diminuir estas interferências foram utilizadas e comparadas as classificações digitais supervisionada e não supervisionada.

Partiu-se da classificação não supervisionada para estimativa das classes mata densa e corpos d'água, que apresentaram um contraste nítido separando-se facilmente das demais classes. Em seguida, testaram-se as classificações supervisionadas, optando-se por aquela em que houve maior proximidade nas estimativas destas classes.

As classes temáticas do mapa de uso do solo foram definidas com base nos mapas de referências, em seguida, por meio da edição vetorial os mapas foram corrigidos devido à confusão ocorrida em algumas áreas das classes campo e solo exposto, aproveitando-se esta etapa para classificar as áreas urbanizadas.

Resultados e discussão

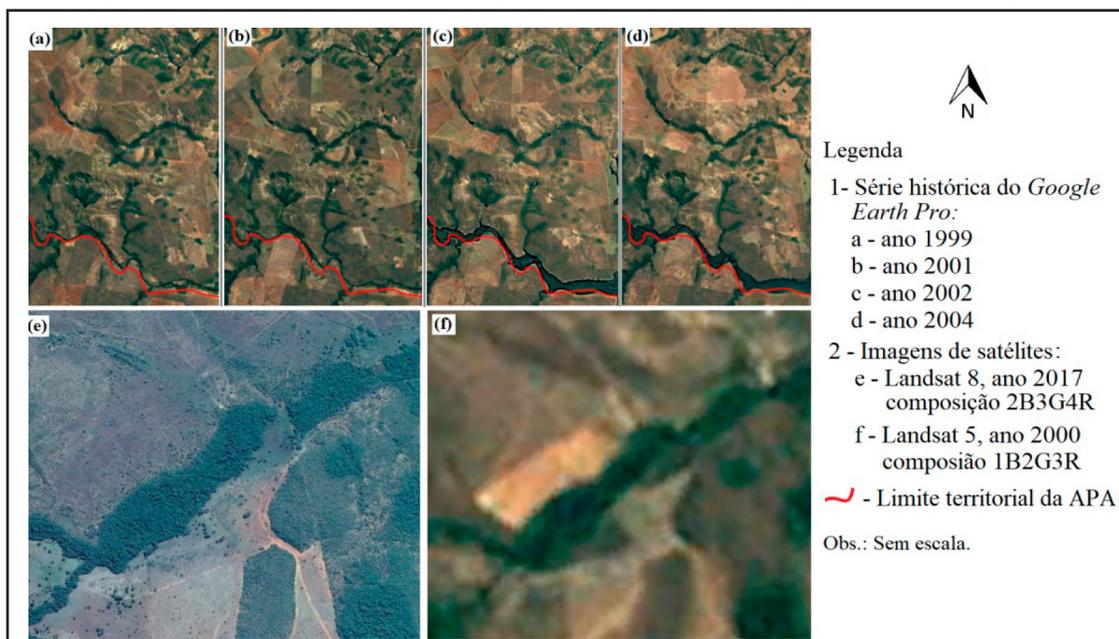
As APAs são definidas pela resolução nº 10, de 14 de dezembro de 1988, do Conama, e atualmente são reguladas pela Lei Federal n. 9.985 de 2000. A APA Lago de Palmas foi criada no ano 2000 através da publicação da Lei Estadual n.º 1098, que em seu primeiro artigo diz: “*É declarada área de proteção ambiental, sob a denominação de APA - LAGO DE PALMAS, uma gleba de terras com 50.370 ha. (cinquenta mil e trezentos e setenta hectares), situada no Município de Porto Nacional.*” (TOCANTINS, 1999).

Toda unidade de conservação deve ter um plano de manejo, que é um documento técnico no qual se estabelece o zoneamento e as normas que devem regular o uso da área e o manejo dos recursos naturais (BRASIL, 2000), contudo se passaram mais de 18 anos da criação da APA Lago de Palmas e este documento não existe, de acordo com vastas pesquisas realizadas juntos aos sites descritos na metodologia, além das pesquisas, solicitou-se junto ao NATURATINS, órgão responsável pela APA, via *e-mail*, o plano de manejo da APA, mas o órgão não respondeu.

O estudo mostra que a área real da APA é 29,62% maior que a prevista na sua Lei de criação, enquanto a área encontrada na pesquisa foi de 65.289.06 ha, na Lei consta 50.370 ha (TOCANTINS, 1999).

Para datas anteriores ao ano 2005, o *Google Earth Pro* faz uso das imagens Landsat com resolução de 30 m o que dificulta a interpretação visual das imagens, por este motivo, para a elaboração do mapa de referência ano 2000 analisou-se a série histórica de imagens de 1995 a 2005, comparado aos dados e mapas da época disponibilizados pelo governo do Estado do Tocantins. Na Figura 3, notam-se nas imagens (a), (b), (c) e (d) referentes aos anos de 1999, 2001, 2002 e 2004, respectivamente, os traçados das áreas antropizadas, além disso, percebe-se a melhor resolução espacial em (e) ano 2017 do que em (f) ano 2000.

Por outro lado, para a edição do mapa de referência do ano 2017 foi suficiente a análise da imagem do dia 5/6/2017 disponibilizada pelo *Google Earth Pro*, com a resolução de espacial de 1 m (Figura 3), que não deixou dúvidas na interpretação visual. As imagens do Landsat 8 e do *Google Earth Pro* apresentaram característica superiores comparadas àquelas utilizadas para o ano 2000.

Figura 3 – Série histórica e resolução espacial das imagens do *Google Earth Pro*.Figura 3 – Historical series and spatial resolution of *Google Earth Pro* images.

Fonte: Autores (2019)

Novo (2010) descreve que é importante realizar a classificação *pixel a pixel* antes da classificação supervisionada para conhecer o número de classes espectrais existentes, neste sentido, inicialmente pretendia-se trabalhar com as classes: Vegetação nativa, Solo exposto, Corpos d'água e Área urbanizada, mas durante as primeiras classificações percebeu-se que a primeira classe deveria ser subdividida e que algumas áreas com vegetação menos densa eram confundidas com áreas de solo exposto, o que mostrou a impossibilidade de utilizar-se apenas este tipo de classificação.

Devido às suas assinaturas espectrais bem definidas, as classes mata densa e corpos d'água, que se correlacionam diretamente com a banda do infravermelho próximo (NIR) de acordo Jensen et al. (2009), foram estimadas através da classificação não supervisionada, utilizou-se o algoritmo Máxima verossimilhança (Maxver), com limiar de aceitação de 95%.

Por outro lado, as classes campo e área antropizada apresentaram assinatura espectral parecidas em algumas áreas, isso acontece devido à soma das propriedades do solo, vegetação e presença de água, conforme relata Novo (2010), deste modo o algoritmo não separou satisfatoriamente estas classes, houve confusão na classificação em todos os testes, por tal motivo optou-se por trabalhar com quatro classes (mata, campo, solo exposto e corpo d'água), de forma análoga à utilizada por Souza et al. (2104).

Na segmentação das imagens, escolheram-se os parâmetros cujas estimavas das classes mata densa e corpo d'água mais se aproximaram das encontradas na classificação não supervisionada, fixando o parâmetro de área mínima em 30 *pixels*, ou seja, o algoritmo não separou áreas menores que 2,7 ha.

Para classificação supervisionada foram testadas várias composições de imagens, segmentações e parâmetros. Para os anos 2000 e 2017, as composições 3B4G5R e 2B5G6R, respectivamente, segmentadas pelo método crescimento de regiões com fatores similaridade 5 e 500, nessa ordem, classificadas pelo método Ioseg com limiar de aceitação de 95% e 5 iterações, foram as que melhor separaram as classes.

Foi necessária a correção por edição vetorial, dos mapas temáticos, principalmente,

devido à confusão entre as classes campo e área antropizada (agricultura ou solo exposto).

As eficiências das classificações foram calculadas por comparação do mapa temático com o mapa de referência, mapas e dados disponíveis, segundo as fórmulas apresentadas por Fidalgo (1995), para o ano 2000, de acordo a Tabela 1, a exatidão global e o índice Kappa foram 0,81 e 0,75, respectivamente. Para o mapa do ano 2017, adotou-se a mesma metodologia e os índices foram 0,91 e 0,87, respectivamente.

Tabela 1 – Matriz de erro da classificação para o ano 2000.

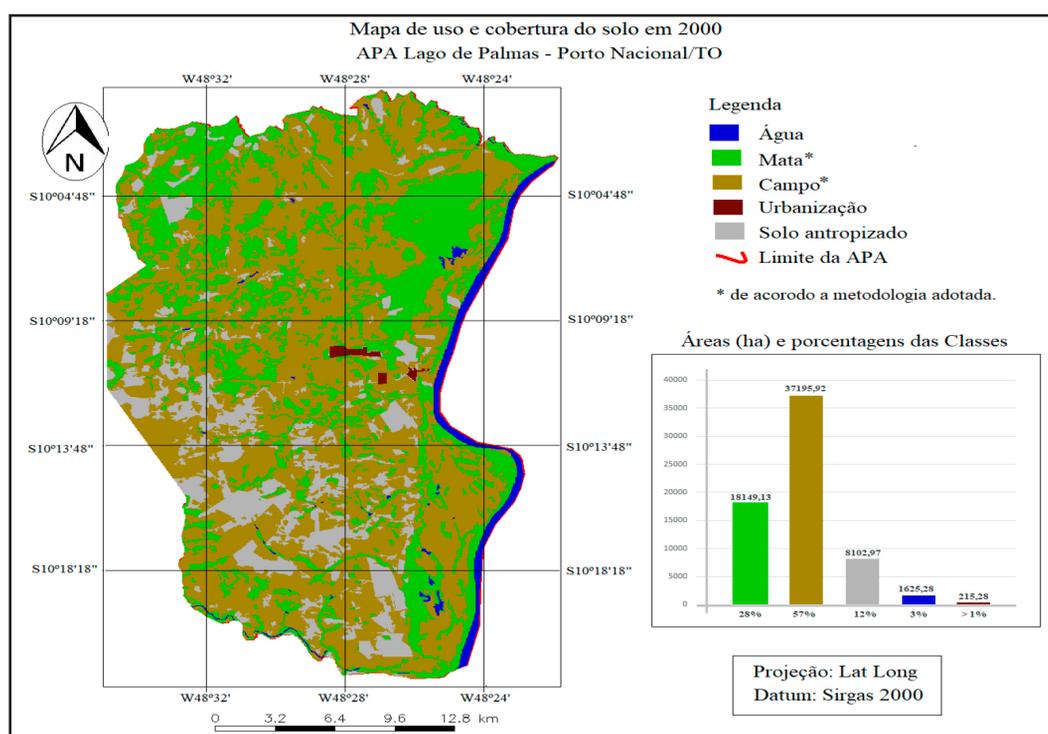
Table 1 – Classification error matrix of the year 2000.

	Mata	Campo	Água	Solo	Total
Mata	44	4	2	0	50
Campo	4	39	0	7	50
Água	4	0	26	0	30
Solo	0	12	0	38	50
Total	52	55	28	45	180

Em 2000, conforme a Figura 4, a área de estudo estava ocupada da seguinte maneira: Mata densa – 18.149,13 ha (27,8 %), campo – 37.195,92 ha (56,97 %), corpos d'água – 1.625,76 ha (2,49 %), área urbanizada 215,28 ha (0,33 %) e solo antropizado – 8.102,97 ha (12,41 %). Observa-se uma extensa área com vegetação nativa, somando 55.345,05 ha, que representa 84,77 % da extensão territorial total e uma pequena área de urbanização o que justifica a escolha desta área para preservação do bioma Cerrado, nesta época o fator antrópico predominante era a agricultura.

Figura 4 – Mapa de uso e cobertura da terra, áreas e porcentagens das classes para o ano 2000.

Figure 4 – Land use and land cover mapping, surfaces areas and percentages of classes for year 2000.

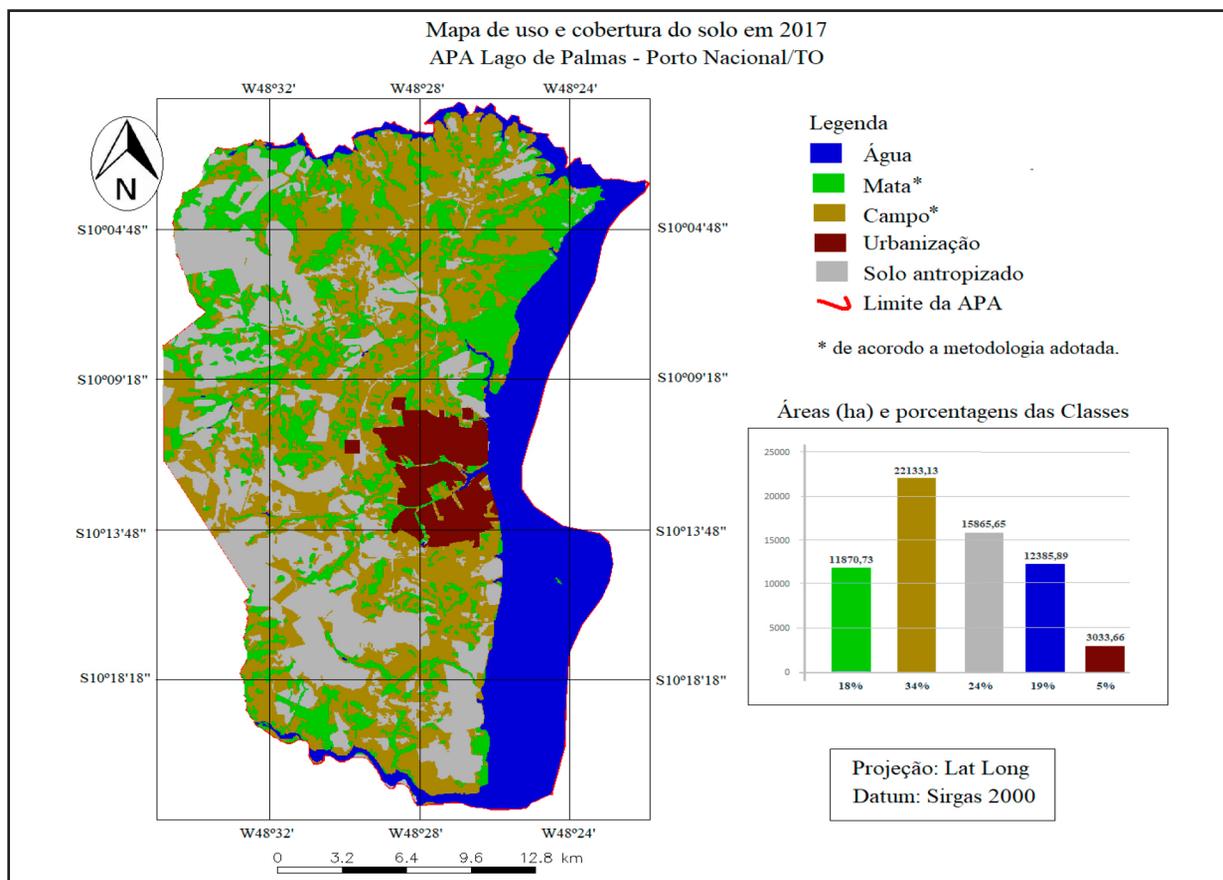


Fonte: Autores (2019)

Na Figura 5, nota-se que para o ano 2017 as estimativas das classes foram: Mata densa – 11.870,73 ha (18,18 %), campo – 22.133,13 ha (33,9 %), corpos d'água – 12385,89 ha (18,97 %), área urbanizada – 3.033,66 ha (4,65 %) e solo antropizado – 15.865,65 ha (24,3 %). Chama a atenção, visualmente, o processo de antropização em todas as direções, efeito da falta do plano de manejo e de adoções de outras políticas públicas capazes de frearem a ocupação desordenada da APA.

Figura 5 – Mapa de uso e cobertura da terra, áreas e porcentagens das classes para o ano 2017.

Figure 5 – Land-use and land-cover mapping, surfaces areas and percentages of classes for year 2017.



Fonte: Autores (2019)

No mapeamento para o ano 2000, a vegetação nativa cobria 84,8 % (55.345,05 ha) da área da APA, sendo que 27,8 % (18.149,13 ha) eram cobertos por vegetação densa, tais como, Floresta Estacional, Cerradão, mata ciliar e mata de galerias. No decorrer dos 17 anos estudados, houve perda de 34,6% da classe mata densa e 40,5% da classe campo.

Entre os anos 2001 e 2002 houve um aumento de 10.760,13 ha na massa d'água devido ao surgimento do reservatório da usina hidrelétrica Luiz Eduardo Magalhães, também conhecida como Usina de Lajeado, para uma análise mais detalhada da perda da cobertura florestal calcularam-se separadamente as áreas que foram inundadas e aquelas que passaram por outro tipo de antropização, conforme os dados da Tabela 2. Segundo Queiroz et al. (2013), a construção de grandes reservatórios para hidrelétricas traz vários impactos ambientais, tais como, deslocamento das populações, má qualidade da água causada pelo lançamento de esgoto e vegetação na área alagada, baixo teor de oxigênio na camada superficial, que prejudicam a fauna e flora, além dos impactos socioeconômicos e culturais.

Tabela 2 – Mudança no uso e cobertura da terra na APA Lago de Palmas (2000-2017).

Table 2 – Land use and land cover change in EPA Lago de Palmas (2000-2017).

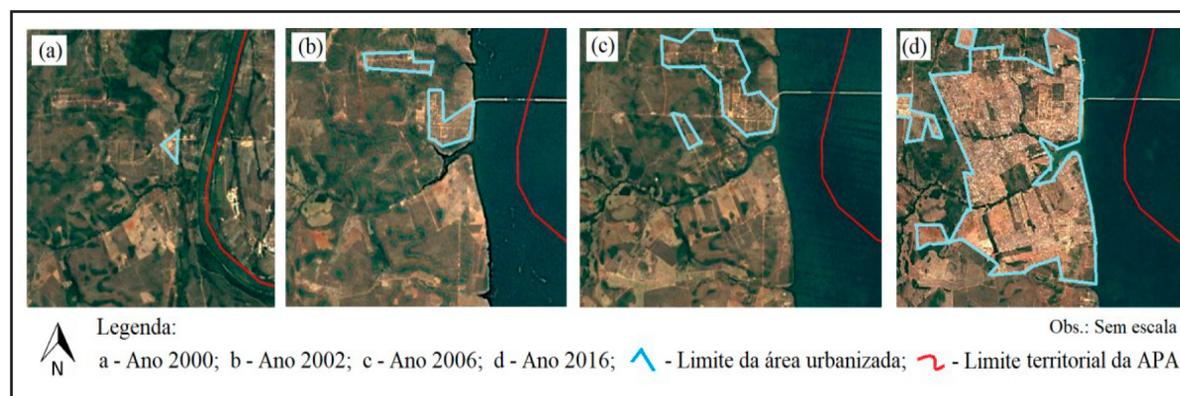
Classes	Ano 2000 (ha)	Ano 2017 (ha)	Diferença (%)	Alagamento (%)	
Vegetação Nativa	mata	18.149,13	11.870,73	- 34,59	26,37
	campo	37.195,92	22.138,38	- 40,48	15,08
	total	55.345,05	34009,11	-38,56	18,78
Urbanização	215,28	3.033,66	+ 1.309,17	17,56	
Solo antropizado	8.102,97	15.865,70	+ 95,80	3,48	
Corpo D'água	1.625,76	12.385,90	+ 661,85	----	

Os cálculos mostram que houveram perdas de 38,56 % da vegetação nativa no período, sendo que 18,78 % foram cobertos pelas águas do reservatório e o restante pela ação direta do homem (agricultura, urbanização, estradas, etc.).

Na Figura 6 nota-se a evolução da área de urbanização, com sucessivos loteamentos ao longo dos 17 anos estudados, dando origem ao distrito de Luzimangues, atualmente, com mais 20 mil habitantes em 2017, segundo o senso do IBGE de 2014.

Figura 6 – Evolução do distrito Luzimangues na APA.

Figure 6 – The evolution of Luzimangues district in EPA.



Fonte: Autores (2019)

Sales, Grigio e Silva (2013) apontam o desmatamento desenfreado, construções, *deficit* do saneamento ambiental, vulnerabilidade e deterioração dos sistemas naturais, problemáticas como o descarte de resíduos sólidos, abastecimento de água, mobilidade populacional, descarga de efluentes as margens dos córregos e lago, entre diversos outros, como impactos ambientais do crescimento desordenado dos centros urbanos.

A classe urbanização foi delimitada por análise visual das imagens, por apresentar padrões e formas realçadas, conforme Novo (2010), este método é útil e complementar ao método de classificação digital, esta classe teve um aumento de 1.309,17 % sendo a que mais variou durante o período estudado. A especulação imobiliária em Palmas - TO, aliado à pequena distância entre esta e a APA (separadas pelo lago, aproximadamente por 8 km), são fatores que explicam este aumento. Os terrenos nos loteamentos no interior da área estudada são mais acessíveis economicamente, se tornando uma alternativa mais atraente à população de menor renda.

Descontadas as áreas que foram inundadas, em 2000 existiam 7.998,66 ha de solo antropizado, deste total 177,48 ha eram de área urbanizada, já em 2017 estas áreas eram 18.899,55 e 3.033,66 ha, respectivamente. Ou seja, ocorreu um acréscimo de 236,29 % de área antropizada, somente pela ação direta do homem, principalmente através da agricultura e urbanização.

Os mapeamentos e a análise quantitativa das classes sugerem que o maior agente de pressão antrópica é a agricultura, pois de toda a vegetação nativa que existia no ano 2000, 18,78% foram cobertos pelas águas do reservatório, 5,1 % foram transformados em áreas urbanizadas e o restante foi ocupado pela agricultura. No mapeamento do ano 2017 é possível notar grandes áreas contínuas, com geometria das bordas retilíneas e formas regulares, estas são as principais características de áreas ocupadas pela agricultura (NOVO, 2010).

Segundo o atual Código Florestal com alterações, as matas ciliares são caracterizadas como Áreas de Preservação Permanente (APP), devem manter-se intocadas na faixa de 30 a 100 m em área rural e de 15 a 30 m em área urbana (BRASIL, 2012), mas na área da APA há supressões destas vegetações, principalmente, nas margens do lago. Importante ressaltar que, devido à média resolução das imagens do Landsat e aos parâmetros utilizados nas classificações, pequenas áreas desmatadas ao longo das margens dos córregos e do reservatório não foram detectadas, mas pelas imagens do *Google Earth Pro* posteriores ao ano 2005 foi possível notar vários pontos de desmatamento das matas ciliares.

É interessante notar que na data de criação da APA, antes da entrada em vigor do atual código, a questão era regulamentada pela Lei n. 4.771 de 1965, com as alterações da Lei Federal n.º 7.083 de 1989, que trazia uma faixa maior no caso de curso d'água com largura superior a 600m, como é o caso do reservatório que se formou ao lado da APA Lago de Palmas (BRASIL, 1989).

Observa-se na totalidade da extensão territorial da APA o processo de fragmentação da vegetação nativa, ou seja, a divisão em partes de uma área antes contínua. Este processo fez as partes adquirirem condições ambientais diferentes, do ponto de vista ecológico é um ponto fundamental para determinar a vida ou a morte de um ecossistema, pois diminuí significativamente o fluxo de animais, pólen ou sementes, provocando redução no número de plantas, animais e microrganismos que conseguem viver naquele lugar (SANTOS et al., 2017).

Conclusão

A APA Lago de Palmas não recebe os cuidados previstos na legislação ambiental, a análise comparativa dos mapas temáticos indica que a área está sendo ocupada de forma desordenada, 10.760,13 ha de seu território foram inundados pelas águas do reservatório da usina de Lajeado e a vegetação nativa foi suprimida em 38,56%. Após 18 anos de sua criação, o plano de manejo não existe, a efetividade desta área depende deste plano norteador com os objetivos de criação, ou seja, ações de conservação e medidas de proteção dos recursos naturais.

A composição que melhor separou a vegetação nativa do solo antropizado foi a 3B4G5R para as imagens do Landsat-5 – equivalente a 4B5G6R para as imagens do Landsat-8 – porém, não foi satisfatória para distinguir a área de urbanização. É necessário um estudo com imagens de maior resolução para detecção de pequenas áreas desmatadas ao longo das margens do lago e córregos.

Referências

BARSI, J. A. et al. The Spectral Response of the Landsat-8 Operational Land Imager. **Remote Sensing**, [s.l.], v. 6, n.10, p. 10232-10251, oct. 2014.

BAYMA, A. P.; SANO, E. E. Séries temporais de índices de vegetação (NDVI e EVI) do sensor modis para detecção de desmatamentos no bioma cerrado. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 21, n. 4, p. 797-813, dez. 2015.

- BERTUCINI JUNIOR, J. J. B.; CENTENO, J. A. S. Registro de série de imagens Landsat usando correlação e análise de relação espacial. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 22, n. 4, p. 685-702, dez. 2016.
- BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P. Áreas protegidas no interior de propriedades rurais: a questão da APP e RL. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 210-222, jun. 2011.
- BRASIL. **Lei Federal n. 7.803 de 18 de julho de 1989**. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7803.htm>. Acesso em: 12 abr. 2018.
- BRASIL. **Lei Federal n. 12.651 de 25 de maio de 2012**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do uso e cobertura do cerrado**: Projeto TerraClass Cerrado 2013. Brasília: MMA, 2015a. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/tccerrado/TCCerrado_2013.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do desmatamento nos biomas Brasileiros por satélites**: monitoramento do Bioma Cerrado 2010-2011. Brasília: MMA, 2015b. Disponível em: <www.mma.gov.br/images/arquivo/80120/PPCerrado/Relatorio%20Tecnico_Bioma%20Cerrado_2011vfinal.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2018.
- DINIZ, J. M. F. S. *et al.* Detecção da expansão da área minerada no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais, no período de 1985 a 2011 através de técnicas de sensoriamento remoto. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 20, n. 3, p. 683-700, set. 2014.
- FERNANDES, M. R. M. *et al.* Mudanças do uso e de cobertura da terra na região semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro v. 22, n. 4, p. 472-482, dez. 2015.
- IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. Rio de Janeiro, 2012. 271 p.
- IBGE. **Mapas Exploratório de Solos**. Rio de Janeiro, [2007]. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/unidades_da_federacao/to_pedologia.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2018.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2. ed. São José dos Campos: Parênteses, 2009. 598 p.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UNB, 2012.
- NASCIMENTO, T. V.; FERNANDES, L. L. Mapeamento de uso e ocupação do solo de uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 170-178, abr. 2017.
- NOVO, E. M. L. **Sensoriamento remoto**: princípios e aplicações. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- PIAZZA, G. A. *et al.* Mapeamento de remanescentes em estágio inicial de sucessão na floresta subtropical Atlântica do sul do Brasil. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 22, n. 4, p. 774-789, dez. 2016.
- PONS, N. A. D.; PEJON, O. J. Aplicação do SIG em estudos de degradação ambiental: o caso de São Carlos (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 295-302, jun. 2008.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 176 p.
- QUEIROZ, R. *et al.* Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais. **REGET**, Santa Maria, v. 13, n. 13, p. 2774-2784, ago. 2013.

RESENDE, M. R.; BERNUCCCI, L. L.; QUINTANILHA, J. A. Classificação híbrida: Pixel a Pixel e baseada em objetos para o monitoramento da condição da superfície dos pavimentos rodoviários. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 18, n. 3, p. 397-420, set. 2012.

SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S. **Spring 5.1.2 passo a passo**: aplicações práticas. Alegre: CAUFES, 2010. 153 p.

SANTOS, R. D. B. *et al.* Avaliação da dinâmica da vegetação em áreas desmatadas na Floresta Amazônica. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 22, n.4, p. 512-523, dez. 2015.

SALLES, M. C. T.; GRIGIO, A. M.; SILVA, M. R. F. da. Expansão urbana e conflito ambiental: Uma descrição da problemática do município de Mossoró, RN – Brasil. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 281-290, ago. 2013.

SILVA, E. A. *et al.* Uso de imagens orbitais no geoprocessamento algébrico da microrregião da campanha ocidental, Rio Grande do Sul. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 277-285, set. 2014.

SILVA, F. M. M.; ARAKI, H. Integração de dados de imagens orbitais de alta resolução e als para detecção semi-automática de edificações em área urbanas. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 21, n. 3, p. 548-571, set. 2015.

SOUZA, C. G. *et al.* Análise da fragmentação florestal da área de proteção ambiental Coqueiral, Coqueiral – MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 631-644. set. 2014.

TOCANTINS. **Lei Estadual n. 1.098 de 1999**. Disponível em: <www.al.to.leg.br/arquivo/7346>. Acesso em: 14 abr. 2018.

TOCANTINS. **Mapa das Regiões Fitoecológicas**. 2013. Disponível em: <<https://seplan.to.gov.br/zonamento/mapas/>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R. Estimativa de biomassa e carbono em floresta com araucária utilizando imagens do satélite Ikonos II. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 169-181, jun. 2009.