

# Dinâmica do uso e ocupação da terra na área de proteção ambiental Cuesta, Perímetro Botucatu-SP, entre 2000 e 2016

César de Oliveira Ferreira Silva

Unesp

e-mail: cesaroliveira.f.silva@gmail.com

Rodrigo Lilla Manzione

Unesp

e-mail: manzione@tupa.unesp.br

p. 198-214

revista

Geo 

USP

espaço e tempo

Volume 23 • nº 1 (2019)

ISSN 2179-0892

## Como citar este artigo:

SILVA, C. O. F. S.; MANZIONE, R. L. Dinâmica do uso e ocupação da terra na área de proteção ambiental Cuesta, Perímetro Botucatu-SP, entre 2000 e 2016. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 23, n. 1, p. 198-214, abr. 2019. ISSN 2179-0892.

Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/147582>. doi: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2019.147582>.



Este artigo está licenciado sob a Creative Commons Attribution 4.0 License.

# Dinâmica do uso e ocupação da terra na área de proteção ambiental Cuesta, Perímetro Botucatu-SP, entre 2000 e 2016

---

## Resumo

Esta pesquisa analisa a dinâmica do uso da terra na área de proteção ambiental (APA) Corumbataí-Botucatu-Tejupá (Perímetro Botucatu), conhecida como APA Cuesta, ou APA Botucatu, dos anos de 2000, 2005, 2010 e 2016, por meio de matrizes de transição. Em todo o período estudado, as culturas anuais e silvicultura cresceram continuamente, enquanto a pastagem manteve-se como ocupação majoritária, embora decrescendo continuamente, havendo forte transição entre ambientes pastoris e florestais. O Novo Código Florestal reduziu o avanço da pastagem na área de preservação ambiental (APP), convertendo-se, entre 2010 e 2016, pastagem em floresta. Evidencia-se a necessidade de ações de gestão ambiental como recuperação da mata ciliar e monitoramento da abertura de fronteiras agropecuárias sobre recursos naturais para garantir a sustentabilidade da APA e a segurança hídrica e ambiental da região.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto. APP. Uso da terra. Gestão ambiental. Matriz de transição

---

## Dynamic of land use/cover change processes of the Environmental Protection Area Cuesta – Botucatu Perimeter-SP, between 2000 and 2016

---

## Abstract

This research analyzed the dynamics of land-use and land-cover change (LULCC) on the Corumbataí-Botucatu-Tejupá (Botucatu Perimeter) Environmental Protection Area (EPA), so-called EPA Cuesta or EPA Botucatu, by the years of 2000, 2005, 2010 and 2016 through transition matrices. During the studied period annual crops and silviculture grew continuously, while pasture remained as the major occupation, despite a continuous decreasing, with a strong transition between pasto-

ral and forest environments. The New Forest Code reduced the advance of pasture in the permanent preservation area (PPA), occurring between 2010 and 2016 the conversion of pasture into forest. There is evidence of the need for environmental management actions such as recovery of riparian forest and monitoring the opening of agricultural frontiers over natural resources to ensure the sustainability of the EPA and the water and environmental security of that region.

**Keywords:** Remote sensing. PPA. Land use. Environmental management. Cross tabulating.

---

## Introdução

A base legal para a criação de áreas de proteção ambiental (APA) remonta ao início da década de 1980, quando da publicação da Lei Federal n. 6.902, de 27 de abril de 1981. Em seu artigo 8º, a lei estabelece a delimitação de “determinadas áreas [...] de interesse para a proteção ambiental, a fim de assegurar o bem-estar das populações humanas, a proteção, a recuperação e a conservação dos recursos naturais” (Brasil, 2012).

Atualmente, com base na Lei Federal n. 9.985, de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Snuc), a APA constitui uma categoria de unidade de conservação de uso sustentável, que são áreas com qualidades ambientais de relevante interesse para o equilíbrio do meio ambiente em convívio com atividades produtivas exploradoras de recursos naturais e preservação dos atributos naturais e/ou paisagísticos (Brasil, 2000), existindo uma série de restrições quanto ao uso da terra e dos recursos naturais para disciplinar a exploração dos recursos ambientais por parte das populações existentes que garantem a manutenção dessas unidades de conservação.

A APA Corumbataí-Botucatu-Tejupá – Perímetro Botucatu (APA Cuesta ou APA Botucatu) foi criada pelo Decreto Estadual n. 20.960, de 8 de junho de 1983. Tem por objetivo proteger os recursos naturais de áreas compreendidas nas três regiões fisiográficas existentes, sendo elas: depressão periférica, frente e reverso da cuesta de Botucatu, especialmente pela relevância na proteção das áreas de recarga do Aquífero Guarani, assim como na preservação da vegetação nativa. Reissler e Manzione (2016) destacam que a caracterização do uso da terra de áreas de recarga de aquífero é crucial para proteção e prevenção de impactos ambientais negativos originados de ocupação desordenada dessas regiões, que ocasionam impermeabilização e empobrecimento do solo, escoamento superficial, erosão e contaminação. Coelho et al. (2014) e Mendoza et al. (2011) destacam que a substituição de áreas de vegetação nativa por diversos tipos de usos da terra influencia negativamente a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais.

Tendo em vista o impacto ambiental positivo da implantação e do funcionamento de unidades de conservação e a necessidade de monitoramento espaço-temporal contínuo, o uso de produtos multitemporais de sensoriamento remoto é interessante para o acompanhamento e o diagnóstico ambiental de características físicas de grandes espaços de terra durante períodos anteriores e monitoramento contínuo para detectar tendências de uso e ocupação da terra, gerando subsídios para a tomada de decisões (Gao; Zha; Ni, 2001; Lopes et al., 2010; Pang et al., 2010; Romero-Ruiz et al., 2012; Coelho et al. (2014).

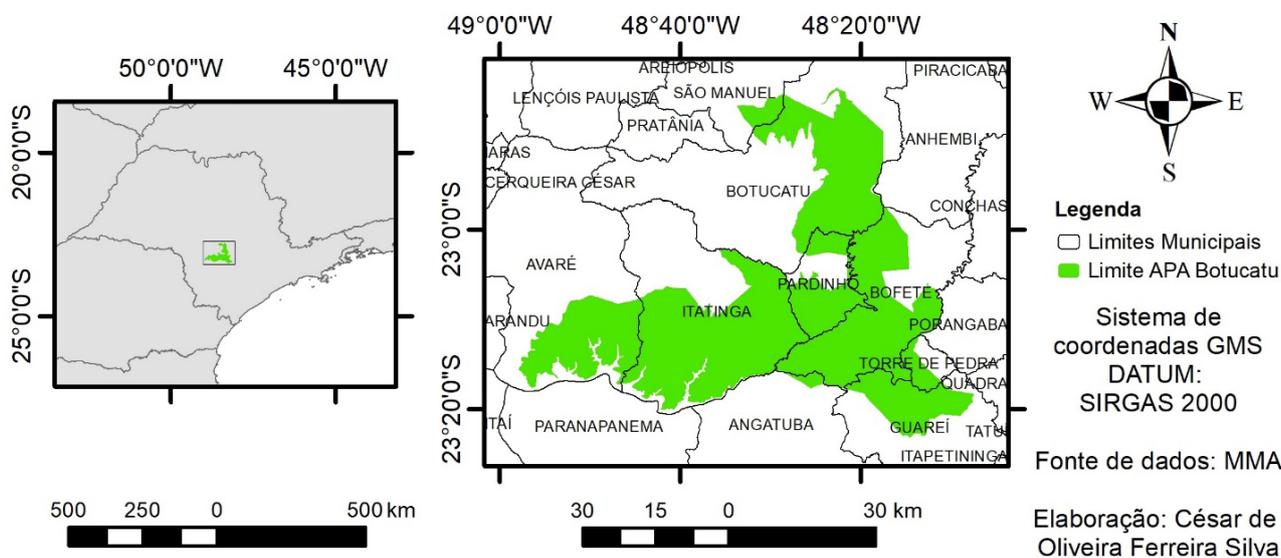
Cabe destacar a Lei n. 12.651/2012 (Brasil, 2012, Art. 3º, II), conhecida como Novo Código Florestal, que classifica como área de preservação permanente (APP) as nascentes, várzeas, lagoas, lagoas, veredas, restingas e margens de cursos d'água, estipulando raios de distância ao redor desses corpos hídricos e áreas que devem ser ocupadas por vegetação nativa. Os resultados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) foram divulgados recentemente em formato vetorial pelo Sicar ([2017]), programa que está atualmente em fase de validação.

O presente estudo diagnosticou o uso e ocupação da terra na APA Botucatu com imagens de satélite dos anos de 2000, 2005, 2010 e 2016 e avaliou a dinâmica do uso da terra por meio de matrizes de transição entre cada período do estudo. Destacou-se a ocupação na área de preservação ambiental (APP) da APA Botucatu nos anos de estudo para avaliar impacto do Novo Código Florestal, instituído pela Lei n. 12.651 Brasil (2012), e identificar conflitos de uso da terra.

## Área de estudo

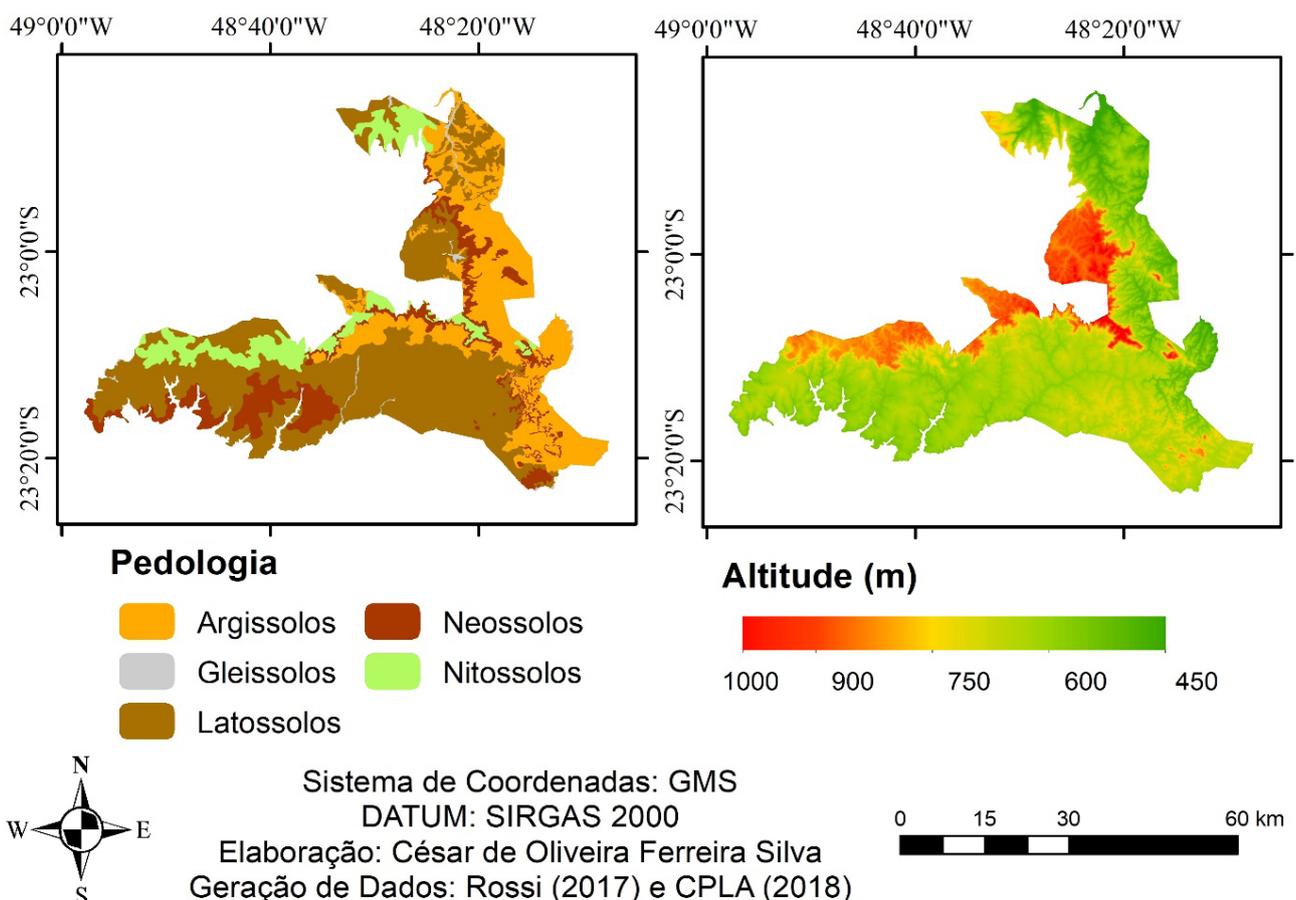
A APA Corumbataí-Botucatu-Tejupá está subdividida em três perímetros, ocupando cada um deles: Perímetro Corumbataí (2.727 km<sup>2</sup>), Perímetro Botucatu (2.183 km<sup>2</sup>) e Perímetro Tejupá (1.588 km<sup>2</sup>). O Perímetro Botucatu fica no centro-leste do estado de São Paulo, entre os paralelos de 22°35' e 23°06' de latitude sul e entre os meridianos de 48°12' e 48°52' de longitude oeste de Greenwich. Os municípios abrangidos pela APA são Itatinga, Bofete, Botucatu, Avaré, Guareí, Porangaba, São Manuel, Angatuba e Pardinho (Figura 1). O clima predominante da região, classificado segundo o sistema Köppen, é do tipo Cwa – clima temperado úmido com inverno seco e verão quente, sendo sudeste (SE) a direção predominante do vento (Alvares et al., 2013).

**Figura 1 – Localização da APA Corumbataí-Botucatu-Tejupá – Perímetro Botucatu (ou APA Botucatu) destacada no estado de São Paulo (esquerda) e em seus limites municipais (direita)**



Foi criada para proteger as cuestras basálticas, seus atributos ambientais e paisagísticos, morros testemunhos, recursos hídricos superficiais, remanescentes de vegetação nativa e patrimônio arqueológico (Figueiroa, 2007). A cuesta também é um importante divisor de águas com várias nascentes que correm tanto para o rio Tietê quanto para o rio Paranapanema (Albuquerque Filho et al., 2011). Geologicamente, a APA Botucatu é composta por arenitos do grupo Bauru – Formação Marília e Adamantina – e do grupo São Bento, constituído de rochas eruptivas basálticas da Formação Serra Geral e arenitos das Formações Botucatu e Piramboia (Vilas Boas, 1991). Segundo Carrega et al. (2015), as unidades geológicas predominantes são a depressão periférica (com a deposição dos arenitos da Formação Botucatu e Piramboia), frente da cuesta (com arenitos da Formação Botucatu e do basalto da Formação Serra Geral) e o reverso da cuesta (depositado sobre a Formação Bauru e ocorrência de afloramentos). A Figura 2 apresenta a distribuição espacial das classes pedológicas e da altitude na APA Botucatu.

**Figura 2 – Distribuição espacial das classes pedológicas (esquerda) e altitude (direita) da APA Corumbataí-Botucatu-Tejupá – Perímetro Botucatu (ou APA Botucatu)**



Os solos nessa região são compostos por latossolos (49,73%), argissolos (26,59%), neossolos (13,35%), nitossolos (9,56%) e gleissolos (0,735%). Entre as sub-ordens, apresentam-se latossolos vermelho-amarelos, latossolos vermelhos, nitossolos vermelhos, argissolos

SILVA, C. O. F. S.; MANZIONE, R. L.

vermelho-amarelos, gleissolos, neossolos litólicos e neossolos quartzarênicos. De acordo com Guerra e Botelho (2001) e Campos, S. et al. (2002), latossolos são bastante porosos e permeáveis, de textura que varia de média a muito argilosa, com fertilidade natural muito baixa, fortemente ácidos e de baixa suscetibilidade à erosão, enquanto os argissolos, por conter maior teor de argilas, são mais férteis (pela maior capacidade de troca catiônica) mas menos permeáveis, o que provoca escoamento superficial e mais suscetibilidade a erosões.

As altitudes da APA variam entre 450 e 1.004 metros. As maiores altitudes concentram-se nos municípios de Botucatu, Pardinho e Itatinga (no chamado reverso da depressão periférica), enquanto as menores ocorrem em Botucatu, Bofete e São Manuel. O reverso da depressão periférica apresenta um grande e abrupto gradiente de altitude nessa região, indicando alta declividade. Por meio de análise morfométrica, Rodrigues, Cardoso e Pollo (2015) diagnosticaram altos índices de circularidade e compacidade em suas bacias hidrográficas, que, aliados à alta declividade da frente da cuesta (42%), têm relação com a maior velocidade da água, resultando em erosão e alterações na recarga da água subterrânea.

## Procedimentos metodológicos

### Metodologia de mapeamento do uso e ocupação da terra

Para classificar o uso e a cobertura da terra nos anos de 2000 e 2005, usaram-se imagens do satélite Landsat-5 dos dias 21-22 de junho de 2000 e 15-16 de junho de 2005; para o ano de 2010, usou-se uma imagem do satélite Landsat-7 do dia 20 de junho de 2010 e, para 2016, uma imagem do satélite Landsat-8 do dia 5 de junho de 2016, todas sem cobertura de nuvens, obtidas em USGS ([2018]). As imagens foram classificadas pelo método de classificação supervisionada multivariada por máxima verossimilhança (MaxVer) no processo de identificação de classes temáticas. Essa técnica usa a média e a covariância de amostras de treinamento para computar a probabilidade estatística de um pixel desconhecido pertencente a determinada classe reconhecida em campo. Depois da avaliação probabilística, o pixel é assinalado na categoria de maior probabilidade (Liu, 2007). As classes identificadas foram adaptadas do *Guia de boas práticas para mapeamento do uso da terra, mudança do uso da terra e florestas* (IPCC, 2003), a saber: pastagem, silvicultura, culturas atuais, floresta densa, floresta aberta, áreas úmidas naturais, hidrografia, área degradada e indefinido (em *pixels* que não tiveram resposta espectral adequada a nenhuma classe anterior), consistindo a adaptação em tornar mais específicas as classes sugeridas pelo IBGE (2013).

O mapeamento de uso da terra foi comparado aos resultados de MAPBiomias ([2018]), SOS Mata Atlântica ([2017]), Sicar ([2017]) e Inpe ([2013]). No que tange à acurácia dos mapas, optou-se pelo uso do índice Kappa, que avalia a diagonal principal da matriz de erros, o número total de observações e o somatório dos elementos da linha e coluna (Ponzoni; Rezen-de, 2002). Os valores obtidos para ambos os índices expressam a concordância entre a classificação dos produtos de sensoriamento remoto considerados e a realidade (verdade terrestre), demonstrando a qualidade da classificação.

A identificação de áreas úmidas e hidrografia foram auxiliadas pelo uso do índice de diferença de vegetação normalizada (NDVI), que é nulo ou negativo em lâminas de água (Rouse et al., 1974). Para localizar as áreas de preservação ambiental (APP), foi criado um *buffer* se-

guindo a Lei Federal n. 12.651/2012 (Novo Código Florestal). Posteriormente esse *buffer* foi validado a partir da comparação com dados vetorizados do Cadastro Ambiental Rural disponibilizados pelo Sistema Florestal Brasileiro (Sicar, [2017]).

## Diagnóstico da dinâmica do uso da terra via matriz de transição

Analisaram-se as alterações e mudanças no uso da terra e cobertura vegetal a partir da construção de matrizes de transição pela comparação de mapas bitemporais entre os períodos de 2000 a 2005, 2005 a 2010 e 2010 a 2016 pelo software ArcGIS 10.4 e sua ferramenta Tabulate Area. Quantificaram-se as áreas que permaneceram na mesma categoria entre os anos inicial e final do período (diagonal da matriz) e as que sofreram conversão de uso da terra e cobertura vegetal no mesmo período (fora da diagonal da matriz). A comparação bitemporal é feita no nível de pixel, segundo Campos, P. e Queiroz Filho (2017), por uma grade de comparação cruzada, que permite identificar quais *pixels* mantiveram-se na mesma classe de uso da terra e quais mudaram, localizando espaço-temporalmente a conversão de uso da terra. As matrizes de transição para avaliação da dinâmica do uso da terra são discutidas em Macedo et al. (2013), Coelho et al. (2014) e Campos, P. e Queiroz Filho (2017). Avaliou-se, em particular, o uso da terra em APP durante o período de estudo, para verificar o impacto do Novo Código Florestal e os conflitos do uso da terra na APA Botucatu.

## Resultados e discussão

### Classificação do uso da terra

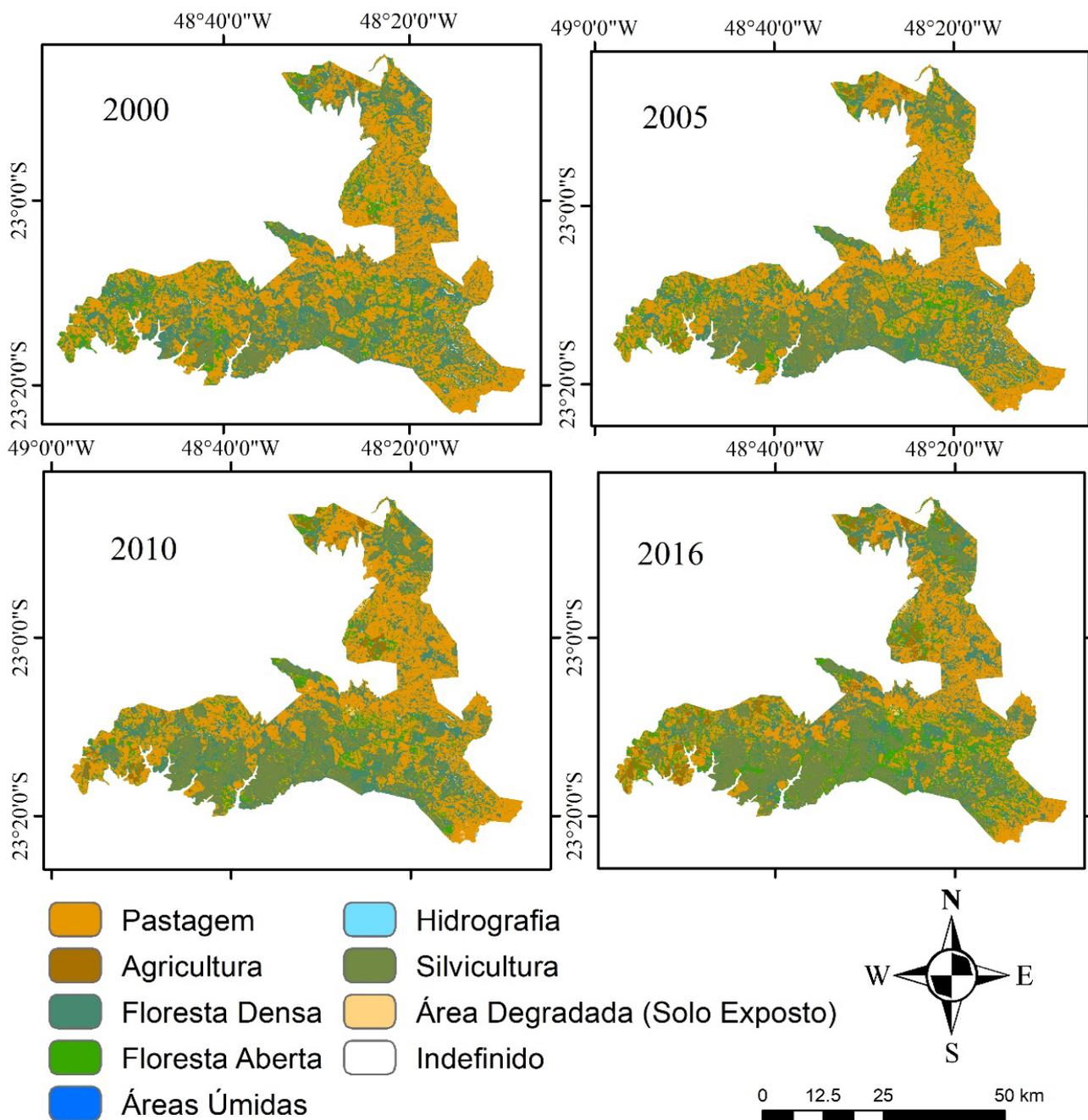
Houve sobreposição dos pontos nas imagens de satélite com as respectivas composições coloridas (consideradas verdade de campo) para cada um dos anos de análise e novamente dos mesmos pontos sobre os mapas do uso do solo e cobertura vegetal de cada ano. A Tabela 1 expõe a área correspondente a cada classe de uso da terra nos anos de estudo (2000, 2005, 2010 e 2016) em hectares e em porcentagem.

**Tabela 1 – Uso da terra na APA Botucatu entre 2000 e 2016**

uso da terra	2000		2005		2010		2016	
	área (ha)	área (%)						
pastagem	97.634,53	51,77	95.114,96	50,43	88.032,14	46,68	69.838,13	37,04
culturas anuais	2.392,43	1,27	2.047,32	1,09	4.007,17	2,12	7.882,31	4,18
floresta densa	57.924,59	30,71	48.196,38	25,55	44.347,55	23,51	44.236,89	23,46
floresta aberta	16.531,31	8,77	16.926,80	8,97	13.767,38	7,30	22.774,98	12,08
áreas úmidas nat.	6,20	0,00	6,63	0,00	4,88	0,00	7,22	0,00
hidrografia	158,05	0,08	247,64	0,13	268,56	0,14	259,31	0,14
silvicultura	13.076,44	6,93	25.433,21	13,49	37.268,01	19,76	42.757,53	22,68
área degradada	15,45	0,01	95,13	0,05	603,32	0,32	479,54	0,25
indefinido	861,24	0,46	532,17	0,28	301,22	0,16	292,47	0,16

A pastagem é o uso majoritário em todos os anos de estudo, apesar de sua área ter perdido 27.796,40 ha entre 2000 e 2016 (diminuição de 14,2% em relação à área total da APA Botucatu). Em termos absolutos, o uso que apresentou maior crescimento foi a silvicultura, que cresceu 29.681,09 ha no mesmo período (aumento de 15,75%). Os mapas temáticos de uso da terra estão na Figura 3.

**Figura 3 – Uso e ocupação da terra da APA Botucatu em 2000, 2005, 2010 e 2016**



Sistema de Coordenadas: GMS  
 DATUM: SIRGAS 2000  
 Elaboração e Geração de Dados: César de Oliveira Ferreira Silva

Para a classificação das imagens foram coletadas 314 amostras de treinamento para oito classes para a imagem de 2000, 320 amostras para a imagem de 2005, 415 amostras para a imagem de 2010 e 457 amostras para a imagem de 2016. O número de amostras de treinamento de imagem para imagem varia pela diferença de resolução espacial entre elas, que dá às imagens mais antigas mais pixels indefinidos e menos amostras, por terem menor resolução. Na avaliação estatística de desempenho da classificação, obteve-se no mapeamento de 2000 um índice Kappa de 94,61%, 94,35% no de 2005, 95,57% em 2010, e 95,94% na imagem de 2016. Todos os valores encontrados podem ser considerados excelentes (Liu, 2007).

Os pixels indefinidos mostram nas matrizes de transição o impacto da melhora de resolução dos satélites, já que essa classe diminui com o tempo, e alguns pixels indefinidos em um momento do estudo passam a ser identificados no momento seguinte.

### **Diagnóstico da dinâmica do uso da terra entre 2000 e 2016**

As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam as matrizes de transição das classes de ocupação da terra nos períodos de 2000 a 2005, 2005 a 2010 e 2010 a 2016, respectivamente. A Tabela 5 apresenta o uso da terra na APP no ano de 2016. As Tabelas 6, 7 e 8 apresentam as matrizes de transição das classes de ocupação da terra na APP nos períodos de 2000 a 2005, 2005 a 2010 e 2010 a 2016, respectivamente.

A leitura da matriz é feita pelo cruzamento de uma classe de um ano (uma linha) com a classe de outro ano (uma coluna) devidamente indicados. Cada matriz de transição exibe a área total de cada uso da terra em cada ano (última linha e última coluna) e as áreas que se converteram de ocupação de um ano ao outro (parte interna da tabela).

Em 2000, a ocupação majoritária foi pastagem (97.634,53 ha), seguida de florestas densa (57.924,59 ha) e aberta (16.531,31 ha) e silvicultura (13.076,44 ha). No período de 2000 a 2005, houve conversão de 8.458,29 ha de floresta densa e 6.205,83 ha de floresta aberta e 861,09 ha de culturas anuais em pastagem; em contrapartida, a pastagem deu lugar a 7.358,74 ha de floresta aberta, 3.709,58 ha de floresta densa e 6.077,81 ha de silvicultura. Nesse mesmo período, 5.040,37 ha de floresta densa, 801,24 ha de floresta aberta e 439,8786 ha de culturas anuais se converteram em silvicultura. Vale destacar que florestas densas e silvicultura têm possíveis interfaces espectrais de menor diferenciação, piorando a identificação desses alvos.

Já no período de 2005 a 2010, houve grandes transições entre pastagem e florestas abertas e densas, tendo havido maior conversão de floresta para pastagem do que o inverso. Também destaca-se a grande conversão de pastagem a silvicultura (8.356,45 ha) e culturas anuais (1.901,66 ha). A silvicultura também avançou sobre as florestas densa (2.377,63 ha) e aberta (1.075,34 ha).

O período de 2010 a 2016 mantém o domínio da pastagem e seu avanço sobre as florestas densa (4.639,57 ha) e aberta (2.993,35 ha), mas menos que nos períodos anteriores. Nesse período, há grande incremento de floresta aberta sobre pastagem (9.856,50 ha) e culturas (433,03 ha), mas também maior conversão de floresta densa em aberta (6.106,40 ha), indicando diminuição na densidade de vegetação nesses pontos.

**Tabela 2 – Matriz de transição do uso da terra na APA Botucatu entre 2000 e 2005**

	2005 (ha)										total – 2000 (ha)
	pastagem	culturas anuais	floresta densa	floresta aberta	áreas úmidas nat.	hidrografia	silvicultura	área degradada	indefinido		
2000 (ha)	pastagem	79.555,47	814,65	3.709,59	7.358,74	2,41	30,62	6.077,82	85,15	0,07	97.634,53
	culturas anuais	861,09	549,74	344,09	194,13	0,00	0,51	439,88	0,58	2,41	2.392,43
	floresta densa	8.458,29	272,79	40.867,18	3.279,70	1,02	3,21	5.040,38	1,53	0,51	57.924,59
	floresta aberta	6.205,83	405,40	3.046,27	6.027,66	0,00	43,08	801,24	1,82	0,00	16.531,31
	áreas úmidas nat.	3,06	0,00	0,58	0,07	1,60	0,87	0,00	0,00	0,00	6,20
	hidrografia	2,55	0,07	1,31	4,23	1,60	148,28	0,00	0,00	0,00	158,04
	silvicultura	0,29	2,92	0,15	0,44	0,00	0,00	13.072,65	0,00	0,00	13.076,44
	área degradada	8,96	0,29	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	6,05	0,00	15,45
	indefinido	19,39	1,46	227,16	61,75	0,00	21,07	1,2393	0,00	529,18	861,24
	<b>total – 2005 (ha)</b>	<b>95.114,96</b>	<b>2.047,32</b>	<b>48.196,38</b>	<b>16.926,80</b>	<b>6,63</b>	<b>247,64</b>	<b>25.433,21</b>	<b>95,13</b>	<b>532,17</b>	

**Tabela 3 – Matriz de transição do uso da terra na APA Botucatu entre 2005 e 2010**

	2010 (ha)										total – 2005 (ha)
	pastagem	culturas anuais	floresta densa	floresta aberta	áreas úmidas nat.	hidrografia	silvicultura	área degradada	indefinido		
2005 (ha)	pastagem	73.138,45	1.901,66	6.217,20	4.980,52	2,18	20,99	8.356,45	497,39	0,07	95.114,96
	culturas anuais	500,68	1.201,75	51,70	230,29	0,07	0,00	57,95	4,81	0,00	2.047,32
	floresta densa	6.339,31	195,44	35.698,47	3.569,62	0,94	5,68	2.377,63	9,25	0,00	48.196,38
	floresta aberta	7.997,56	664,77	2.197,27	4.913,24	0,29	21,43	1.075,34	56,86	0,00	16.926,80
	áreas úmidas nat.	3,06	0,00	0,58	0,00	0,58	2,40	0,00	0,00	0,00	6,63
	hidrografia	5,75	0,00	3,35	27,84	0,58	210,02	0,00	0,073	0,00	247,64
	silvicultura	0,00	39,73	0,00	0,00	0,00	1,45	25392,01	0,00	0,00	25.433,21
	área degradada	43,88	3,71	3,57	0,36	0,21	0,00	8,45	34,91	0,00	95,13
	indefinido	3,42	0,07	175,32	45,48	0,00	6,56	0,14	0,00	301,14	532,17
	<b>total – 2010 (ha)</b>	<b>88.032,14</b>	<b>4.007,17</b>	<b>44.347,55</b>	<b>13.767,38</b>	<b>4,88</b>	<b>268,56</b>	<b>37.268,01</b>	<b>603,32</b>	<b>301,22</b>	

**Tabela 4 – Matriz de transição do uso da terra na APA Botucatu entre 2010 e 2016**

	2016 (ha)										total – 2010 (ha)
	pastagem	culturas anuais	floresta densa	floresta aberta	áreas úmidas nat.	hidrografia	silvicultura	área degradada	indefinido		
2010 (ha)	pastagem	61.270,12	4.016,79	10.495,70	9.586,50	4,30	15,09	2482,17	62,99	58,32	88.032,14
culturas anuais	782,29	2.451,04	204,78	433,03	0,00	11,59	109,79	10,21	2,26	4.007,17	
floresta densa	4.639,57	421,80	30.361,68	6.452,23	1,97	2,11	2356,35	0,80	91,42	44.347,55	
floresta aberta	2.993,35	867,73	3.119,32	6.106,40	0,07	34,63	615,57	0,15	24,93	13.767,38	
áreas úmidas nat.	3,13	0,00	0,80	0,15	0,29	0,51	0,00	0,00	0,00	4,88	
hidrografia	10,42	0,15	3,72	55,19	0,58	192,24	4,59	0,00	1,53	268,56	
silvicultura	0,00	83,54	0,36	0,07	0,00	0,00	37.179,87	0,00	0,00	37.268,01	
área degradada	138,66	40,97	5,98	2,77	0,00	0,22	8,75	405,40	0,22	603,32	
indefinido	0,58	0,29	44,54	138,66	0,00	2,92	0,44	0,00	113,80	301,22	
<b>total – 2016 (ha)</b>	<b>69.838,13</b>	<b>7.882,31</b>	<b>44.236,89</b>	<b>22.774,98</b>	<b>7,22</b>	<b>259,31</b>	<b>42.757,53</b>	<b>479,54</b>	<b>292,47</b>		

**Tabela 5 – Uso da terra na área de preservação ambiental (APP) declarada no Cadastro Ambiental Rural na APA Botucatu entre 2000 e 2016**

uso da terra	2000		2005		2010		2016	
	área (ha)	área (%)						
pastagem	3.649,81	31,28	3.841,40	32,92	4.002,13	34,33	3.100,53	26,59
culturas anuais	61,73	0,53	17,43	0,15	22,44	0,19	60,57	0,52
floresta densa	6.996,70	59,95	6.889,65	59,03	6.453,81	55,35	5.906,13	50,66
floresta aberta	798,03	6,84	783,07	6,72	1.046,56	8,98	2.428,22	20,83
áreas úmidas nat.	0,51	0,00	0,94	0,01	1,31	0,01	1,09	0,01
silvicultura	22,80	0,05	41,54	0,07	74,52	0,64	128,26	1,10
área degradada	0,73	0,02	1,89	0,36	7,26	0,06	5,66	0,05
indefinido	131,82	0,01	84,25	0,02	51,35	0,44	28,91	0,25

**Tabela 6 – Matriz de transição do uso da terra da APP declarada no Cadastro Ambiental Rural na APA Botucatu entre 2000 e 2005**

	2005 (ha)									total – 2000 (ha)
	pastagem	culturas anuais	floresta densa	floresta aberta	áreas úmidas nat.	hidrografia	silvicultura	área degradada		
2000 (ha)	pastagem	3.078,45	5,30	320,65	235,53	0,58	7,63	1,67	0,00	3.649,81
culturas anuais	26,22	2,69	29,63	3,05	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	61,73
floresta densa	546,88	7,92	6.204,63	227,54	0,15	9,59	0,00	0,00	0,00	6.996,70
floresta aberta	186,80	1,53	299,59	308,59	0,00	1,53	0,00	0,00	0,00	798,03
áreas úmidas nat.	0,15	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51
silvicultura	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	22,66	0,00	0,00	0,00	22,80
área degradada	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,73
indefinido	2,69	0,00	35,37	9,44	0,00	0,07	0,00	84,25	0,00	131,82
<b>total – 2005 (ha)</b>	<b>3.841,84</b>	<b>17,43</b>	<b>6.889,86</b>	<b>784,16</b>	<b>1,09</b>	<b>41,54</b>	<b>1,89</b>	<b>84,32</b>		

**Tabela 7 – Matriz de transição do uso da terra da APP declarada no Cadastro Ambiental Rural na APA Botucatu entre 2005 e 2010**

	2010 (ha)									total – 2005 (ha)
		pastagem	culturas anuais	floresta densa	floresta aberta	áreas úmidas nat.	hidrografia	silvicultura	área degradada	
2005 (ha)	pastagem	3.131,69	10,46	449,13	224,20	1,02	19,10	5,74	0,07	3.841,40
	culturas anuais	5,37	4,94	4,72	2,18	0,00	0,22	0,00	0,00	17,43
	floresta densa	584,58	5,08	5.821,08	467,43	0,00	11,04	0,44	0,00	6.889,65
	floresta aberta	279,03	1,89	154,04	345,05	0,00	2,61	0,44	0,00	783,07
	áreas úmidas nat.	0,51	0,00	0,15	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,94
	silvicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,54	0,00	0,00	41,54
	área degradada	1,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	1,89
	indefinido	0,22	0,07	24,84	7,77	0,00	0,00	0,00	51,35	84,25
total – 2010 (ha)	4.002,64	22,44	6.453,96	1.046,63	1,31	74,52	7,26	51,42		

**Tabela 8 – Matriz de transição do uso da terra da APP declarada no Cadastro Ambiental Rural na APA Botucatu entre 2010 e 2016 (durante a implantação do Código Florestal, de 2012)**

	2016 (ha)									total – 2010 (ha)
		pastagem	culturas anuais	floresta densa	floresta aberta	áreas úmidas nat.	hidrografia	silvicultura	área degradada	
2010 (ha)	pastagem	2.452,26	36,46	961,37	535,19	0,22	14,23	0,36	2,03	4.002,13
	culturas anuais	7,48	6,83	3,78	4,29	0,00	0,00	0,00	0,07	22,44
	floresta densa	551,97	11,77	4.576,97	1265,24	0,87	36,89	0,07	10,02	6.453,81
	floresta aberta	86,28	5,52	354,86	594,82	0,00	2,61	0,00	2,47	1.046,56
	áreas úmidas nat.	1,16	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,31
	silvicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	74,52	0,00	0,00	74,52
	área degradada	1,38	0,00	0,44	0,22	0,00	0,00	5,23	0,00	7,26
	indefinido	0,00	0,00	8,57	28,47	0,00	0,00	0,00	14,31	51,35
total – 2016 (ha)	3.100,53	60,57	5.906,13	2.428,22	1,09	128,26	5,66	28,91		

Cabe destacar que ocorreram áreas degradadas a partir de pastagem entre os anos de 2000 e 2005 (85,10 ha), 2005 e 2010 (497,40 ha), o período mais crítico, e de 2010 a 2016 (63 ha). Essa é uma classe preocupante, onde há erosão e deslocamento de sedimentos (Medeiros et al., 2016).

Em todo o período, as culturas anuais e a silvicultura cresceram continuamente, enquanto a pastagem manteve-se como ocupação majoritária, embora decrescendo continuamente. Houve fortes transições entre ambientes pastoris e florestais.

## Diagnóstico do uso da terra nas APP da APA Botucatu

De acordo com a Tabela 5, em 2016, aproximadamente 71% da APP estavam ocupados irregularmente, com ambiente florestal (densa, 5.906,13 ha, ou aberta, 2.428,22 ha, com predomínio da primeira). Entretanto, 26,59% da APP foram ocupados por pastagem (3.100,53 ha), 1,1% por silvicultura (128,26 ha) e 0,05% por área degradada (5,66 ha). Em anos anteriores, a floresta densa era a ocupação majoritária das APP (7.794,73 ha em 2000, 7.672,72 ha em 2005 e 7.500,37 ha em 2010), seguida da pastagem (3.649,81 ha em 2000, 3.841,40 ha em 2005 e 4.002,13 ha em 2010). Assim, antes do Novo Código Florestal (de 2012), havia a tendência de aumento da pastagem e leve queda da floresta, que foi revertida com a nova legislação.

Na matriz de transição da Tabela 6, verifica-se que entre 2000 e 2005 converteram-se 546,88 ha de floresta densa e 186,80 ha de floresta aberta em pastagem, enquanto entre 2005 e 2010 (Tabela 7), converteram-se 584,58 ha e 279,03 ha de floresta densa e aberta, respectivamente, em pastagem, em contrapartida, no período de 2010 a 2016 (Tabela 8), converteram-se de 551,97 ha e 86,28 ha de floresta densa e aberta, respectivamente, em pastagem, indicando que o avanço da pastagem diminuiu sobre a floresta aberta e manteve sua intensidade na floresta densa. Analisando a conversão no sentido contrário, entre 2000 e 2005, converteram-se 320,65 ha de pastagem em floresta densa e 235,53 ha em floresta aberta; entre 2005 e 2010, converteram-se 449,13 ha de pastagem em floresta densa e 224,20 ha em floresta aberta, enquanto, entre 2010 e 2016, converteram-se 961,37 ha de pastagem em floresta densa e 535,19 ha em floresta aberta, evidenciando tanto a diminuição do avanço da pastagem sobre a floresta como a reversão de pastagem em floresta. O fato novo que surgiu após 2010, que possivelmente explica esse fenômeno, foi a nova legislação florestal (Brasil, 2012), que, apesar de ser considerada retrógrada, já que atenuou algumas exigências da legislação florestal anterior, como a mudança nas faixas de APP a ser recompostas e a anistiou proprietários que desmataram ilegalmente até 2008 (Lamim-Guedes, 2013), também trouxe uma ferramenta de monitoramento e controle por meio do CAR (Sicar, [2017]), tornando públicas informações sobre a regularização das propriedades rurais.

Assim, evidenciou-se que, apesar do aumento da ocupação legalmente correta nas APP, ainda há necessidade de intervenções para a regularização ambiental. Santos et al. (2014) diagnosticaram que 69,09% da APP da bacia do rio Lavapés, localizada na APA Botucatu, não apresentam vegetação nativa ciliar, corroborando a avaliação de que é preciso restaurar a mata ciliar na APA. Campos, S. et al. (2017) verificaram conflitos de uso da terra na microbacia do ribeirão da fazenda Barreiro, identificando pastagem e cana-de-açúcar nas APP. A possibilidade de degradação em margens de rios pela presença de pastagens é grave: que Rodrigues, Cardoso e Pollo (2015) constataram que algumas bacias da APA têm alta declividade (característica da região de cuesta), fator que agrava impactos ambientais negativos na produção de água como maior erosão e assoreamento de corpos hídricos e maior velocidade de escoamento superficial.

## Sugestões de diretrizes de gestão ambiental

A ocupação irregular de APP, a existência de áreas degradadas por pastagem e a possível falta de manejo agrícola geram erosão das margens dos rios (Rodrigues, 2014), assoreamento e escoamento superficial pela impermeabilização do solo, impactando a produção de água e a

recarga de aquífero (Medeiros et al., 2016). Assim, primordialmente, é necessário recuperar a mata ciliar das APP ocupadas irregularmente e identificar em campo as áreas diagnosticadas como degradadas para fazer intervenções que ensejem a regeneração da vegetação nativa nessas áreas.

Quanto ao uso da terra em geral, é necessário verificar a proximidade entre locais de patrimônio histórico e ambiental e ocupações produtivas como pastagem, culturas e silvicultura, como enfatizado em Fflorestral (2011), que também recomenda a criação de um Zoneamento Ambiental ou Zoneamento Ecológico-Econômico para a APA Botucatu. Esse tipo de mapeamento foi estudado por Pollo (2017) na bacia do Ribeirão Paraíso (no município de São Manuel-SP), por Campos, S. et al. (2016) na bacia do Ribeirão das Agulhas e por Traficante et al. (2017) na bacia do rio Capivara (ambas no município de Botucatu-SP), que identificam diversas potencialidades e vulnerabilidades em bacias hidrográficas da APA Botucatu, sendo um dos pontos centrais desses estudos um acurado diagnóstico da ocupação da terra e contínuo monitoramento.

Traficante et al. (2017) ressaltaram que uma forte causa de fragilidade ambiental foi a heterogeneidade apresentada na bacia estudada (integrante da APA Botucatu), resultante de ações antrópicas em fragmentos florestais que estavam conectadas a áreas agrícolas, diminuindo a proteção ambiental vinda da vegetação nativa, sendo essa constatação corroborada e complementada por Carrega et al. (2015), que diagnosticaram que 70% da bacia do rio Capivara foi antropizada, indicando a urgência por ações de gestão ambiental e ordenamento territorial na APA Botucatu.

## Considerações finais

As classes de uso da terra da APA Botucatu apresentaram significativas mudanças entre 2000 e 2016, sendo que, em todo o período, as culturas anuais e a silvicultura cresceram continuamente, enquanto a pastagem manteve-se como ocupação majoritária, embora decrescendo continuamente, havendo forte transição entre ambientes pastoris e florestais, indicando a abertura constante de novas fronteiras agropecuárias na APA Botucatu.

Na APP, possivelmente por efeito do Novo Código Florestal de 2012 e a necessidade de regularização das áreas desmatadas após 2008 para o CAR, diminuiu o avanço da pastagem sobre a floresta e aumentou o de florestas sobre áreas antes ocupadas por pastagem. Em 2016, a APP mostrou predomínio de floresta (71,43%), mas também grande área ocupada por pastagem (26,57%), evidenciando que ainda há necessidade de ações de gestão ambiental como reflorestamento de APP e atenção ao manejo de áreas agrícolas. Para tornar mais efetiva a proteção ambiental, é fundamental o sensoriamento remoto para monitorar e detectar tendências de ocupação, sendo necessário acompanhar a dinâmica da ocupação da terra na APA para assegurar seu desenvolvimento sustentável e manter seu patrimônio histórico e ambiental.

Nesse sentido, a complexa dinâmica de um ambiente agrosilvopastoril junto à preservação ambiental, como é o caso da APA Botucatu, deve ser conduzida por um planejamento do uso da terra que alie de forma sustentável suas ocupações, para evitar impactos negativos ao abastecimento hídrico superficial e subterrâneo, resultando em ganhos à população e segurança hídrica e ambiental.

## Referências

- ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; CARVALHO, A. M.; BARBOSA, M. C.; IKEMATSU, P.; FREITAS, C. G. L.; MONTEIRO, A. C. M. C.; IRITANI, M.; PRESSINOTTI, M. M. N.; ROCHA, G., TAKASHI; SILVA, M. P. M.; KOVACS, A.; CAMARGO, G. G. **Subsídios ao Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2011.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BRASIL. Lei Federal n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, n. 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga a Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 196. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 28 maio 2012.
- BRASIL. Lei Federal n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 19 jul. 2000.
- CAMPOS, P. B. R.; QUEIROZ FILHO, A. P. Matriz de transição na detecção das mudanças do uso e ocupação do solo: estudo de caso do Centro Educacional Unificado da Paz – Zona Norte de São Paulo. **Raega – O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 42, p. 225-238, 2017.
- CAMPOS, S.; CAMPOS, M.; NARDINI, R. C.; RODRIGUES, B. T.; RODRIGUES, M. T.; TAGLIARINI, F. S. N.; TRAFICANTE, D. P. Geotecnologia aplicada na obtenção das subclasses de capacidade de uso das terras de uma microbacia, visando a conservação dos recursos naturais. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 10, n. 3, p. 339-348, 2016.
- CAMPOS, S.; SANTOS, T. G.; SILVA, C. L.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G. Capacidade de uso das terras da bacia do Ribeirão Água Fria – Bofete (SP). **Irriga**, Botucatu, v. 7, n. 2, p. 91-97, 2002.
- CAMPOS, S.; SILVEIRA, G. R. P.; GARCIA, Y. M.; CAMPOS, M.; CAMPOS, M. Técnicas de geoprocessamento na caracterização de APP numa microbacia, em função da legislação ambiental. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 32, p. 184-188, 2017.
- CARREGA, E. F. B.; CAMPOS, S.; NARDINI, R. C.; GARCIA, Y. M.; FELIPE, A. C. Diagnóstico de potencialidade das unidades ambientais da bacia do rio Capivara, Botucatu (SP). **Caminhos da Geografia**, São Paulo, v. 16, n. 53, p. 1-14, 2015.
- COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, E. R. V.; RIBEIRO NETO, A.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 64-72, 2014.

- CPLA. COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL. **Cessão de dados:** modelo digital de elevação. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/modelo-digital-de-elevacao-mde-do-estado-de-sao-paulo/>. Acesso em: 15 out. 2018.
- FFLORESTAL. FUNDAÇÃO FLORESTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Plano de Manejo da APA Corumbataí, Botucatu e Tejupá – Perímetro Botucatu.** São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente, 2011. v. 2.
- FIGUEIROA, J. C. **Conto, canto e encanto com a minha história:** Botucatu cidade dos bons ares e das boas escolas. São Paulo: Noovha América, 2007.
- GAO, J.; ZHA, Y.; NI, S. Assessment of the effectiveness of desertification rehabilitation measures in Yulin, northwestern China using remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**, Amsterdam, v. 22, p. 3783-3795, 2001.
- GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos solos. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. 2a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 181-227.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3a ed. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>. Acesso 15 maio de 2018.
- INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Canasat:** mapeamento da cana via imagens de satélite de observação da Terra. [2013]. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/index.html>. Acesso em: 15 maio 2018.
- IPCC. INTERGOVERNAMENTAL PAINEL CLIMATE CHANGE. **Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry**. Hayama: IGES, 2003.
- LAMIM-GUEDES, V. O código florestal brasileiro: divergências entre a política e evidências científicas. **Holos Environment**, v. 13, n. 2, p. 122-129, 2013.
- LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Uniderp, 2007.
- LOPES, F.; MIELNICZUK, J.; OLIVEIRA, E. S.; TORNQUIST, C. G. Evolução do uso do solo em uma área piloto da região de Vacaria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 1038-1044, 2010.
- MACEDO, R. C.; ALMEIDA, C. M.; SANTOS, J. R.; RUDORFF, B. F. T. Modelagem dinâmica espacial das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira. **Boletim Ciências Geodésicas**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 313-337, 2013.
- MAPBIOMAS. **Coleções MapBiomias**. [2018]. Disponível em: [http://mapbiomas.org/pages/database/mapbiomas\\_collection](http://mapbiomas.org/pages/database/mapbiomas_collection). Acesso em: 15 maio 2018.
- MEDEIROS, G. A.; MARQUES, B. V.; FENGLER, F. H.; MACHADO, F. H.; MORAES, J. F. L.; PECHE FILHO, A.; LONGO, R. M. ; RIBEIRO, A. I. Environmental assessment using landscape analysis methodology: the case of the Jundiá Mirim river basin, Southeast Brazil. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, Amsterdam, v. 203, p. 26-36, 2016.

- MENDOZA, M. E.; GRANADOS, E. L.; GENELETTI, D.; PÉREZ-SALICRUP, D. R.; SALINAS, V. Analyzing land cover and land use change process at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003). **Applied Geography**, Amsterdam, v. 31, p. 237-350, 2011.
- PANG, A.; LI, C.; WANG, X.; HU, J. Land use/cover change in response to driving forces of Zoige County, China. **Procedia Environmental Sciences**, Amsterdam, v. 2, p. 1074-1082, 2010.
- POLLO, R. A. **Mapeamento do zoneamento da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, São Manuel-SP, visando o planejamento e gestão ambiental**. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.
- 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**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 403-410, 2002.
- REISSLER, J.; MANZIONE, R. L. Classificação do uso do solo em área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani entre 2002 e 2011: o caso da bacia do Ribeirão do Jacu, Tejupá-SP. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 30, p. 172-189, 2016.
- RODRIGUES, V. A. **Avaliação dos processos hidrológicos em microbacias hidrográficas**. Tese (Livre-Docência em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.
- RODRIGUES, V. A.; CARDOSO, L. G.; POLLO, R. A. Caracterização Morfológica de Microbacia na Cuesta de Botucatu – São Paulo – Brasil. **Irriga**, Botucatu, v. 1, p. 211-220, 2015.
- ROMERO-RUIZ, M. H.; FLANTUA, S. G. A.; TANSEY, K.; BERRIO, J. C. Landscape transformation in savannas of northern South America: Land use/cover changes since 1987 in the Llanos Orientales of Colombia. **Applied Geography**, Amsterdam, v. 32, p. 766-776, 2012.
- ROSSI, M. **Mapa pedológico do estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Florestal, 2017.
- ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. **Proceedings**. Washington: Nasa, 1974. p. 309-317.
- SANTOS, J. B.; PEZZONI FILHO, J. C.; DANTAS, M. J. F.; ZIMBACK, C. R. L.; LESSA, L. G. F. Avaliação da adequação da ocupação do solo em áreas de preservação permanente (APP). **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 2, p. 333-344, 2014.
- SICAR. SISITEMA NACIONAL DE CADASTRO AMBIENTAL RURAL. **Cadastro Ambiental Rural**. [2017]. Disponível em: <http://www.car.gov.br/publico/municipios/downloads>. Acesso em: 15 maio 2018.

- SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas de Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**. [2017]. Disponível em: <http://mapas.sosma.org.br/>. Acesso em: 15 maio 2018.
- TRAFICANTE, D. P.; CAMPOS, S.; MANZIONE, R. L.; RODRIGUES, B. T. Fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Capivara, Botucatu-SP. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 32, p. 25-40, 2017.
- USGS. **EarthExplorer**. [2018]. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 15 out. 2018.
- VILAS BOAS, S. **Parâmetros da rede de drenagem e do relevo na discriminação de solos do município do Botucatu-SP**. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1991.