

# Avaliação do desmatamento em Itaiópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil, usando imagens *RapidEye*

Lucas Vincent Lopes de Barros

Universidade do Estado de Santa Catarina. Centro de Ciências Tecnológicas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Rua Paulo Malschitzki, 200. Zona Industrial Norte. Joinville-SC, Brasil (CEP 89219-710). E-mail: [lucaslopes102@gmail.com](mailto:lucaslopes102@gmail.com).

**Resumo.** Através de imagens do satélite *RapidEye*, disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente, efetuou-se a classificação supervisionada para avaliar o progresso do desmatamento no Município de Itaiópolis, no Estado de Santa Catarina, Brasil, entre 2011 e 2013. A classificação foi pautada em seis classes de cobertura do solo, florestas nativas, florestas exóticas, lavouras, corpos hídricos, capoeirinhas e solo exposto. Como verdades terrestres, foram utilizados casos de perícia criminal atendidos pelo Instituto Geral de Perícias de Santa Catarina (IGP-SC) no período compreendido pela série, totalizando 27 casos de apuração de danos à flora. A série temporal obtida teve acurácia global variando de 54,46% (2013) a 65,83% (2012) e coeficientes Kappa entre 0,415 e 0,520, considerados de bom desempenho. De 2011 para 2013, 23,71% da cobertura florestal nativa foi suprimida no município. As áreas correspondentes foram convertidas em lavouras ou cultivo de espécies exóticas (*Pinus elliottii* e *Eucalyptus globulus*). Conclui-se que o uso de imagens do satélite *RapidEye* para avaliação da progressão do desmatamento é adequado e pode ser replicado para outras regiões.

**Palavras-chave:** Classificação supervisionada de imagens; Desmatamento; Perícias criminais ambientais.

**Abstract.** *Assessment of deforestation in Itaiópolis, Santa Catarina State, Brazil, using RapidEye images.* Using images from the RapidEye satellite, provided by the Brazilian Ministry of the Environment, a supervised classification was carried out to evaluate the progress of deforestation in the Municipality of Itaiópolis, in the State of Santa Catarina, Brazil, between 2011 and 2013. The classification was based on six classes of soil cover: native forests, exotic forests, crops, water bodies, initial vegetation and exposed soil. As terrestrial truths, cases of environmental forensics attended by the General Institute of Forensics of Santa Catarina (IGP-SC) during the period covered by the series were used, totaling 27 cases of damage to flora. The time series obtained had global accuracy ranging from 54.46% (2013) to 65.83% (2012) and Kappa coefficients between 0.415

Recebido  
21/04/2021

Aceito  
26/07/2021

Disponível *on line*  
31/07/2021

Publicado  
31/08/2021



Acesso aberto



ORCID

0000-0002-0723-8391  
Lucas Vincent Lopes  
de Barros

and 0.520, considered to be of good performance. From 2011 to 2013, 23.71% of the native forest cover was eliminated in the municipality. The corresponding areas were converted into crops or cultivation of exotics (*Pinus elliottii* and *Eucalyptus globulus*). It is concluded that the use of images from the RapidEye satellite to assess the progress of deforestation is adequate and can be replicated to other regions.

**Keywords:** Supervised image classification; Deforestation; Environmental forensics.

## Introdução

Nos últimos anos, os estudos ambientais têm sido focados na degradação do solo, mudanças climáticas e segurança hídrica e alimentar. Mudanças no uso do solo e desmatamento podem intensificar os desafios das mudanças climáticas e ameaçar a segurança hídrica e alimentar (Baldassini e Paruelo, 2020). O desmatamento tem sido identificado globalmente como o mais grave tipo de conversão do uso do solo (Smith et al., 2016), causando o maior impacto na biodiversidade, degradação do solo e mudanças climáticas (Foley et al., 2007).

Zeraatpisheh et al. (2020) aplicaram uma metodologia baseada na análise de oito propriedades do solo em amostras antes e depois do desmatamento, concluindo que a conversão de florestas nativas em áreas de cultivo provoca redução na qualidade do solo. No tocante às mudanças climáticas, recente estudo empreendido no Estado de São Paulo demonstrou que o desmate de fragmento da Mata Atlântica eleva a temperatura em escala local, sendo na magnitude de 1 °C caso haja supressão de 25% de uma área de 1 ha, implicando aumento de 4 °C caso todo o fragmento seja suprimido (Wanderley et al., 2019).

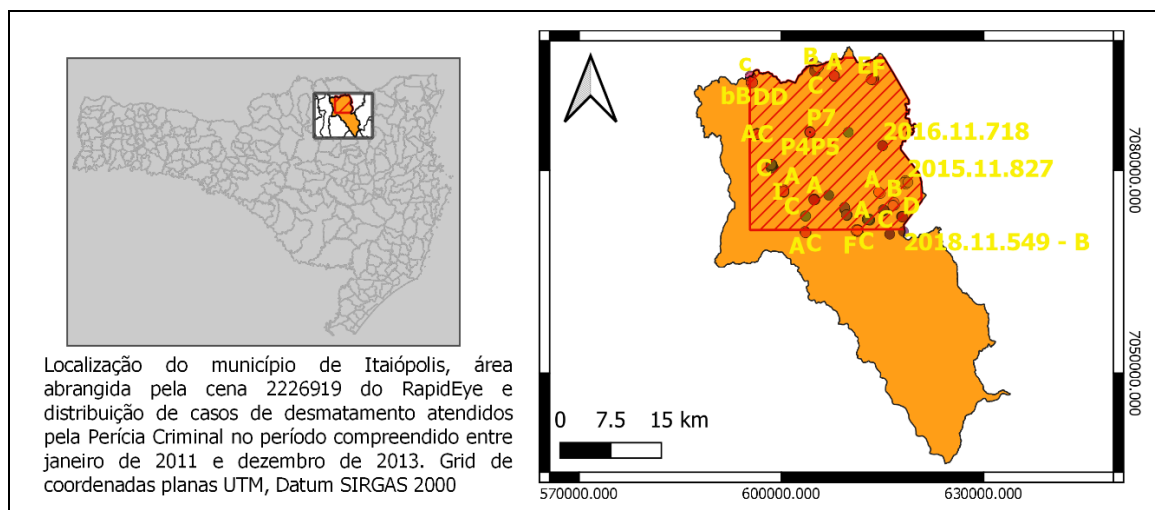
Em 2014, a Fundação SOS Mata Atlântica em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), divulgou que o Município de Itaiópolis, no Estado de Santa Catarina, foi o campeão em desmatamento de áreas verdes em Santa Catarina entre 2000 e 2014 (SOS Mata Atlântica, 2014).

Diante deste cenário, este artigo objetiva avaliar o avanço do desmatamento em Itaiópolis a partir da análise de imagens do satélite *RapidEye* disponibilizadas gratuitamente no portal “Geocatálogo” do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2020), tendo como verdades terrestres os casos de perícia criminal em local de danos à flora atendidos pelo Instituto Geral de Perícias de Santa Catarina (IGP/SC).

## Material e métodos

### Local de estudo

O Município de Itaiópolis/SC localiza-se no planalto norte catarinense, tendo como limites políticos os municípios de Mafra (ao norte), Papanduva, Santa Terezinha, Vitor Meireles, José Boiteux, Doutor Pedrinho e Rio Negrinho. Na Figura 1, um mapa de localização indica a área abrangida pela cena 2226929 do *RapidEye*, assim como os pontos correspondentes a 27 casos de perícia em local de danos à flora atendidos na região.



**Figura 1.** Localização da região de interesse.

### Obtenção e processamento das imagens *RapidEye*

O sistema *RapidEye* consiste em cinco satélites idênticos, no mesmo plano orbital e calibrados entre si, permitindo o registro de múltiplas imagens de uma mesma área. Tem resolução espacial de 5 m e sensor multiespectral de cinco bandas (blue, green, red, red edge e NIR), o que é importante para caracterizar diferentes estratos arbóreos (Galvão, 2015). Na Tabela 1, tem-se um resumo das características dos satélites da constelação.

**Tabela 1.** Características técnicas dos satélites *RapidEye*.

Altitude da órbita	630 km, heliossíncrona
Hora de passagem no Equador	11h00
Velocidade	27.000 km/h
Largura da imagem	77 km
Tempo de revisita	5,5 dias (nadir)
Capacidade de coleta	5 milhões de km <sup>2</sup> /dia
Tipo do sensor	Push Broom Multiespectral
Bandas espectrais	5 (Red, Green, Blue, Red-Edge, Near IR)
Resolução espacial (nadir)	6,5 m
Tamanho do pixel (ortorretificado)	5 m
Resolução radiométrica	12 bits

Fonte: Black Bridge (2015).

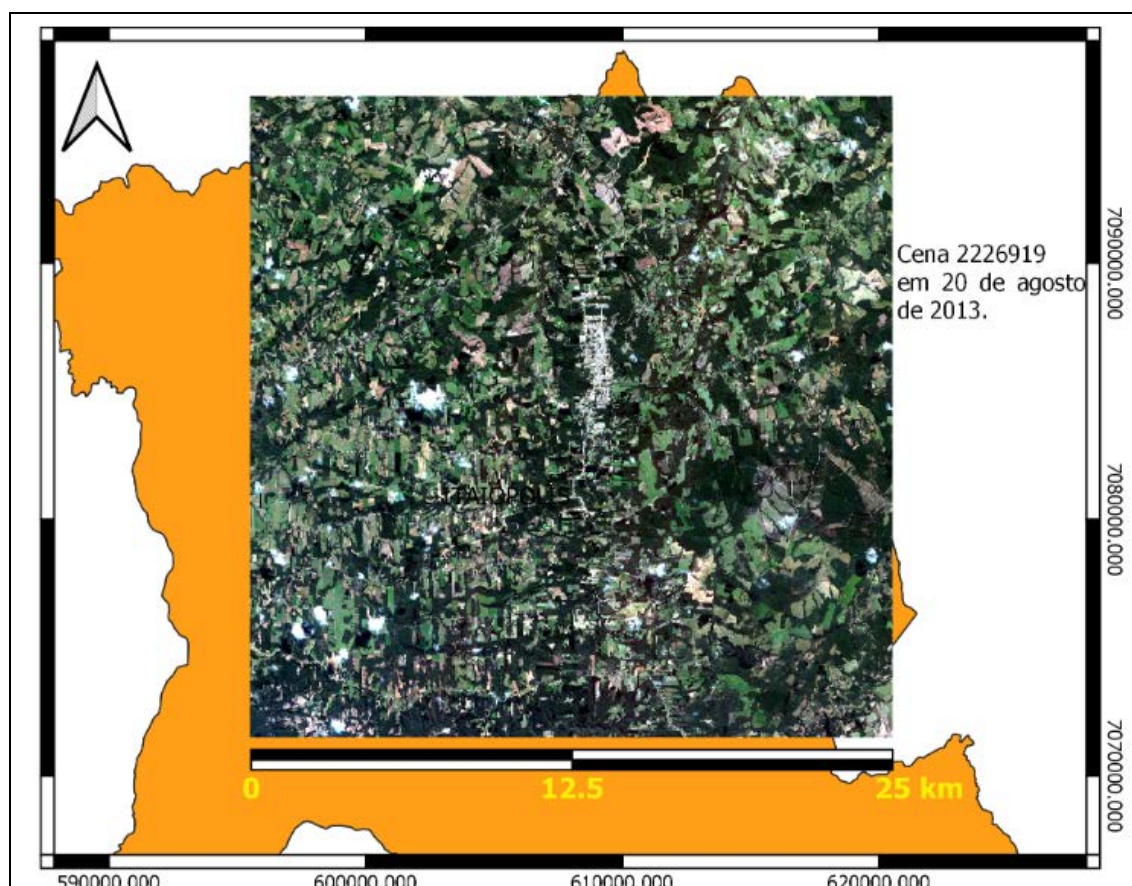
O catálogo de imagens espaciais do satélite *RapidEye* do MMA (“geocatálogo”) foi disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2020) para todos os órgãos públicos federais, estaduais e municipais, assim como para uso das universidades públicas. Nele, estão disponíveis imagens pré-processadas com correção de cobertura de nuvens, ortorretificadas (com pixel de 5 m) e projetadas no DATUM WGS 1984. As cenas têm dimensões de 25 km por 25 km, totalizando 625 km<sup>2</sup>. Estão disponibilizadas imagens da primeira à quarta cobertura, que têm as características listadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Coberturas abrangidas no Geocatálogo do Ministério do Meio Ambiente.

Cobertura	Características
Primeira	Ano de referência 2011, imagens complementares de 2012.
Segunda	Ano de referência 2012, imagens complementares de 2013.
Terceira	Ano de referência 2013, imagens complementares de 2014.
Quarta	Ano de referência 2014, imagens complementares de 2015.

Fonte: MMA (2020).

Mais de 40% da área de estudo está coberta pela cena 2226919, tendo sido a escolhida para avaliar o avanço do desmatamento na região, já que cobre boa parte da área rural na porção norte do município. A cena totaliza 625 km<sup>2</sup>, dos quais 567,85 km<sup>2</sup> estão no Município de Itaiópolis e o restante no Município de Mafra, também no Estado de Santa Catarina. O Município de Itaiópolis tem uma área total de 1.295 km<sup>2</sup>, portanto a amostra estudada compreende 43,91% do total do território municipal. É importante ressaltar que a escolha da cena também se deveu à disponibilidade de verdades terrestres na região de interesse. A extensão da cena (em composição de cor verdadeira 3-2-1) é exibida na Figura 2.

**Figura 2.** Extensão da cena analisada (coordenadas UTM, Datum: SIRGAS 2000).

Para a cena escolhida, havia disponibilidade de imagens dos anos de 2011 a 2015. Contudo, as imagens referentes aos anos de 2014 e 2015 apresentavam extensas falhas (dados faltantes em mais de 30% da área da cena), o que impossibilitou o emprego na análise da série temporal. Assim, neste estudo, empregaram-se três imagens da cena 2226919, em 06 de maio de 2011, 07 de agosto de 2012 e 20 de agosto de 2013. As imagens obtidas do site do MMA passaram por simples projeção do DATUM WGS 84 para o SIRGAS 2000, em ambiente SIG do software livre QGIS 3.10.10 ("A Coruña"), estando aptas para a posterior classificação.

A análise da imagem se deu em composição 5R3G1B, ou seja, banda 5 (NIR) no canal vermelho, banda 3 (vermelho) no canal verde e banda 1 (azul) no canal azul. A escolha da melhor composição deu-se por base em Silva e Sano (2016), que calcularam o *Optimum Index Factor* (OIF) para todas as combinações de banda do satélite *RapidEye*, obtendo o melhor valor na combinação 5-3-1. A banda 3 é ideal para discriminar espécies de plantas e fitofisionomias, apresentando bom contraste entre áreas vegetadas e não vegetadas, enquanto a banda 5 é útil na identificação de culturas agrícolas e no realce de áreas ocupadas com lavouras em pleno crescimento vegetativo e solo exposto ou palhada seca (Jensen e Epiphany, 2009). De maneira geral, esta composição implica cores vermelhas fechadas para a vegetação nativa, vermelhas mais abertas para vegetação exótica e cores mais claras ou esverdeadas em áreas antropizadas (solo exposto, capoeirinhas e lavouras).

#### **Classificação supervisionada por pixel**

Para a classificação supervisionada (pixel a pixel), empregou-se o *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), um complemento desenvolvido para o QGIS visando à classificação semiautomática ou supervisionada de imagens de sensoriamento remoto. O plugin foi desenvolvido por Congedo (2015) e consiste na criação de Regiões de Interesse (*Regions of Interest* - ROI), que compreendem as amostras de treinamento, com posterior aplicação de um algoritmo a escolha do usuário. No presente estudo, empregou-se o algoritmo de máxima verossimilhança (MAXVER) com um limiar (*threshold*) máximo igual a 100 (valor aplicado a cada assinatura espectral, implicando a não classificação de pixels quando a probabilidade for inferior ao limiar informado). Para cada imagem da cena escolhida, foram definidas 100 amostras aleatórias de treinamento, cuja classificação inicial teve por base a análise de imagens de alta resolução (*basemap* do Google Earth). Posteriormente, criaram-se pixels correspondentes às verdades terrestres, baseadas nos exames periciais em campo, que serviram como referência para geração da matriz de confusão e avaliação da acurácia da classificação.

A classificação foi pautada em seis classes de cobertura do solo: florestas nativas, florestas exóticas, lavouras, corpos hídricos, capoeirinhas e solo exposto, sendo que as três últimas foram resumidas na categoria "outros" nos resultados, devido ao objetivo de se apurar a conversão de florestas nativas em outros tipos de cobertura, dando-se menos relevância àqueles que não compreendem florestas nativas, exóticas e lavouras (para as quais as áreas costumam ser convertidas). Logicamente, em períodos intermediários às safras, o solo poderá estar exposto, por isso a necessidade de se cobrir todas as reflectâncias possíveis e adequadamente distinguíveis.

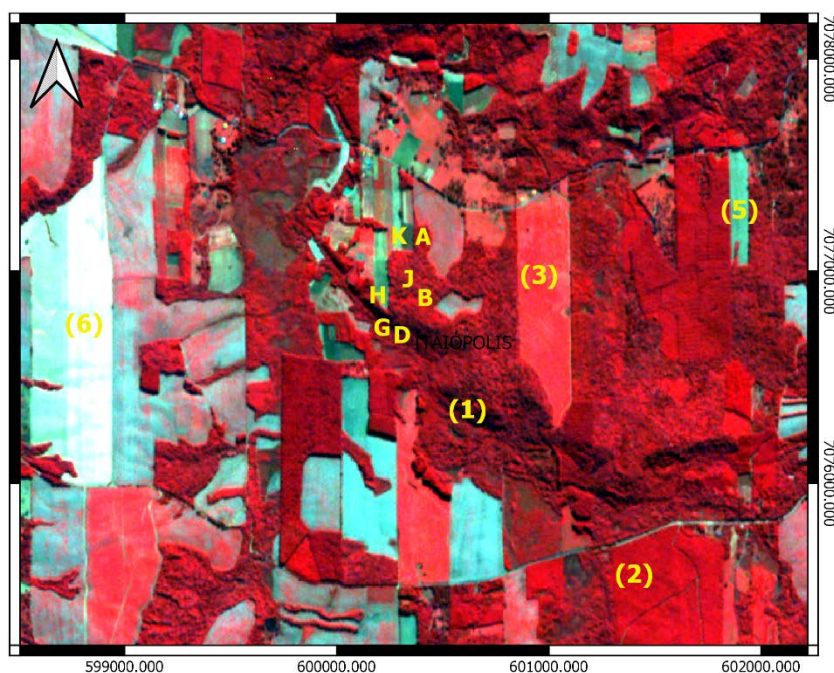
#### **Verdades terrestres: perícias ambientais de natureza criminal**

Tendo origem em 1917 com o Gabinete de Identificação e Serviço Médico-Legal, o hoje denominado Instituto Geral de Perícias de Santa Catarina (IGP/SC) está estruturado em quatro institutos: Instituto de Análises Forenses (IAF), Instituto de Criminalística (IC), Instituto de Identificação Civil e Criminal (II) e Instituto Médico Legal (IML). Por definição da Constituição Estadual, art. 109-A, o IGP é "o órgão permanente de perícia oficial, competindo-lhe a realização de perícias criminais, os serviços de identificação civil e



criminal, e a pesquisa e desenvolvimento de estudos nesta área de atuação” (Santa Catarina, 1989).

Dentro do Instituto de Criminalística (IC), o Setor de Crimes Contra o Meio Ambiente realiza exames periciais de crimes tipificados especialmente na Lei nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais) (Brasil, 1998), destacando-se os crimes de poluição, contra a flora e contra a fauna. No contexto dos crimes contra a flora, cabe ao perito caracterizar os danos provocados, determinar o estágio sucessional em que se encontrava o fragmento de vegetação afetado (por meio de análises qualitativas e quantitativas) e valorar os danos provocados. Portanto, a adequada caracterização do uso e cobertura do solo é parte intrínseca da perícia criminal em casos de crimes contra a flora. Assim, os dados obtidos em tais empreitadas podem ser utilizados como verdades terrestres na avaliação de acurácia da classificação supervisionada de imagens de sensoriamento remoto visando à progressão do desmatamento em uma região. No caso concreto, foram levantados 27 exames periciais realizados principalmente no período compreendido entre 2011 e 2013, com exceção de quatro casos que se realizaram entre 2014 e 2016. Contudo, mesmo nos casos posteriores, o perito precisa efetuar uma análise da cobertura vegetal pregressa, baseada na análise do entorno e de imagens históricas. Na Figura 3, tem-se um exemplo de área periciada onde estão destacadas as classes de cobertura do solo em composição 5R3G1B.

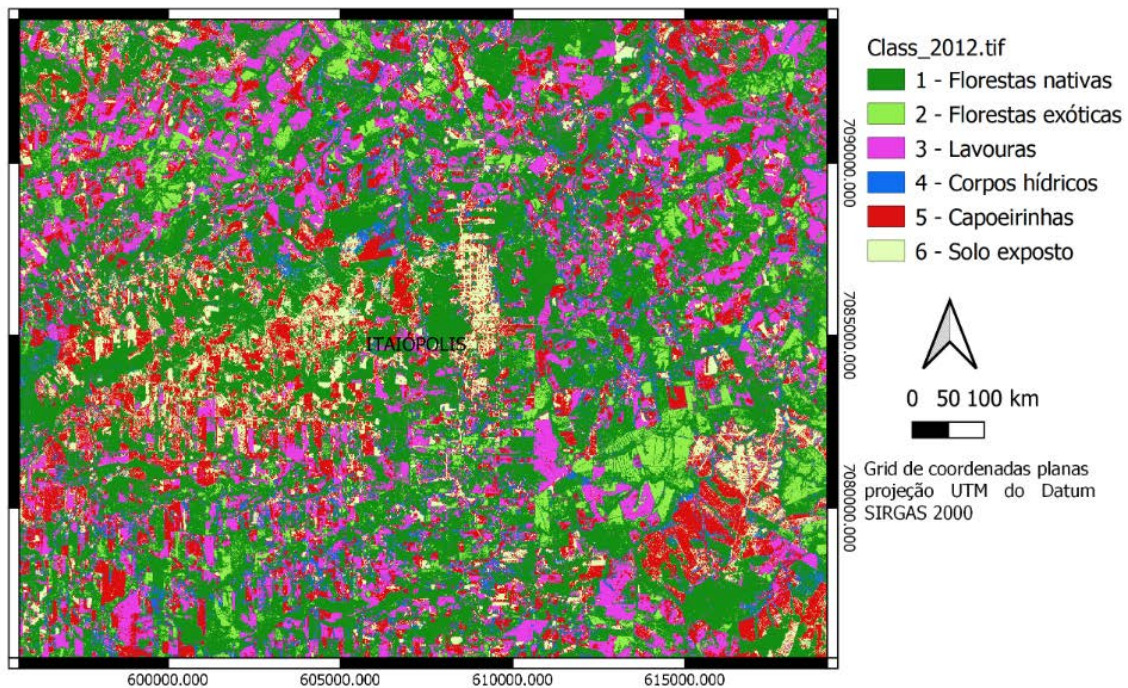


**Figura 3.** Imagem de 2012 da cena 2226919 com indicação das classes (1) florestas nativas; (2) exóticas; (3) lavoura; (5) capoeirinhas e (6) solo exposto.

## Resultados

Após executar a classificação supervisionada, o SCP gera um relatório contendo as principais informações do procedimento realizado. Para cada imagem da cena, foram gerados *rasters* correspondentes à classificação, que foram renderizados com base nas

categorias previamente definidas. Como exemplo, as Figuras 4 e 5 e as Tabelas 3 e 4 compreendem os resultados das classificações das imagens de 2012 e 2013, com respectivas acurácias e índices Kappa.

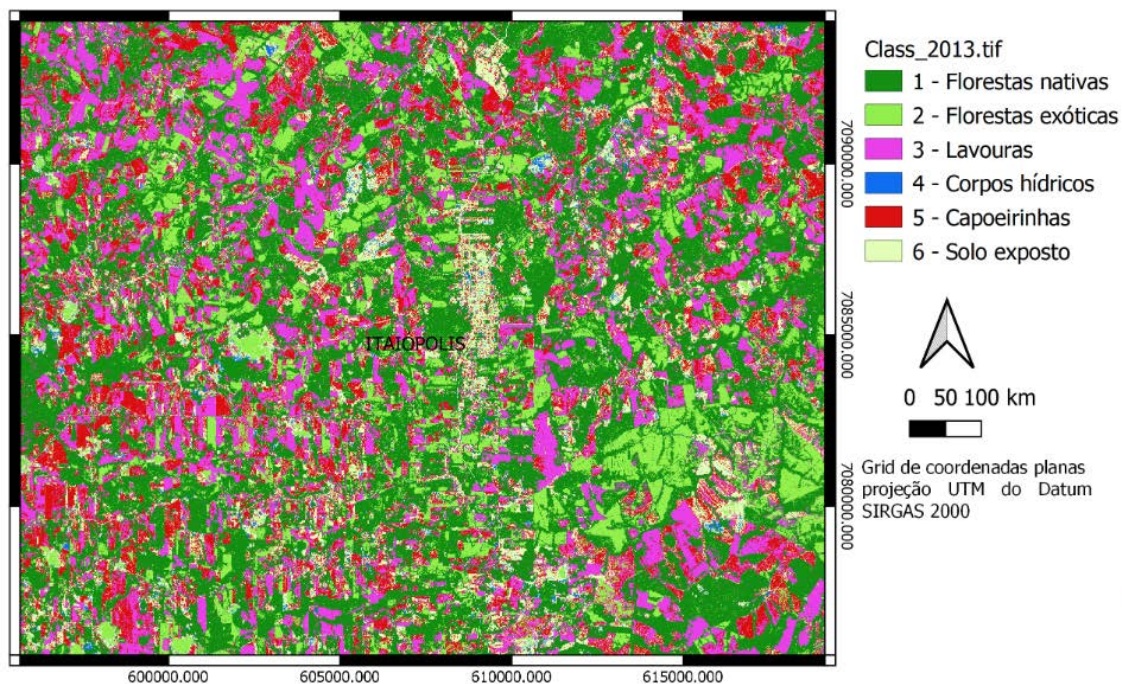


**Figura 4.** Parte da cena 2226919 em 2012 classificada por pixel com algoritmo de máxima verossimilhança.

**Tabela 3.** Resultado da classificação da imagem em 2012.

Classe	Pixels	%	Área (km <sup>2</sup> )
Florestas nativas	11.416.896	45,67	285,42
Florestas exóticas	1.654.288	6,62	41,36
Lavouras	3.932.128	15,73	98,30
Outros	7.996.688	32	200
<b>Total</b>	25.000.000	100,00	625,00
Overall accuracy [%] = 65.8331			
Kappa hat classification = 0.5204			





**Figura 5.** Parte da cena 2226919 em 2013 classificada por pixel com algoritmo de máxima verossimilhança.

**Tabela 4.** Resultado da classificação da imagem em 2013.

Classe	Pixels	%	Área (km <sup>2</sup> )
Florestas nativas	11.133.674	44,53	278,34
Florestas exóticas	3.212.504	12,85	80,31
Lavouras	4.409.104	17,64	110,23
Outros	6.244.718	25	156
<b>Total</b>	<b>25.000.000</b>	<b>100</b>	<b>625</b>
Overall accuracy [%] = 54.4610			
Kappa hat classification = 0.4150			

A avaliação da qualidade da classificação foi procedida a partir das respectivas matrizes de confusão, geradas com base nas verdades terrestres fornecidas pelos exames periciais realizados *in loco*. O plugin SCP dispõe de um módulo de pós-processamento que possibilita a avaliação de acurácia da classificação (com a ferramenta “accuracy”) por validação cruzada. Nele, insere-se o arquivo TIFF, correspondente à classificação e um *shapefile* compreendendo o conjunto de pixels classificados com base nas verdades terrestres. Com estas entradas, o programa fornece um relatório contendo a matriz de confusão por contagem de pixels ou de área. O número de pixels compreende os “confrontos” efetuados entre o arquivo da classificação e as verdades terrestres. A título de ilustração, a Tabela 5 traz a matriz de erro por pixels da imagem de 2012.



**Tabela 5.** Matriz de confusão por contagem de pixels da imagem de 2012.

2012	> Reference	> ERROR MATRIX (pixel count)					Total
V_Classified	1	2	3	4	5	6	
1	29	2	0	0	1	0	32
2	2	2	0	0	0	0	4
3	0	0	14	0	13	0	27
4	1	0	0	0	2	0	3
5	0	0	1	0	3	2	6
6	0	0	4	0	1	5	10
Total	32	4	19	0	20	7	82

## Discussão

Como resultados da avaliação, a acurácia global para cada classificação foi de 60,54% (2011), 65,83% (2012) e 54,46% (2013), enquanto os coeficientes Kappa foram de 0,472 (2011), 0,520 (2012) e 0,415 (2013). Tais índices caracterizam classificações de qualidade “boa”, conforme escala proposta por Landis e Koch (1977). Acurácias maiores poderiam ser obtidas com maior número de amostras de treinamento, assim como verdades terrestres mais abrangentes. Como exposto na Tabela 5, não foram inseridas verdades terrestres compreendendo “cursos d’água” para o ano de 2012. Nos dois outros anos, foram fornecidas ao menos duas áreas de validação desta categoria. Ainda, há de ressaltar a grande extensão da área classificada, novamente apontando-se a necessidade de ter inserido maior número de amostras de treinamento, o que exigiria mais tempo de trabalho e processamento (Congalton e Green, 2008).

Na Tabela 6, há um resumo das alterações no uso e ocupação do solo na cena que compreende parte do município de Itaiópolis entre os anos de 2011 e 2013.

**Tabela 6.** Variação na cobertura do solo.

Classe	Área (km <sup>2</sup> )			Variação (%)		
	2011	2012	2013	2011-2012	2012-2013	2011-2013
Florestas nativas	364,83	285,42	278,34	-21,77%	-2,48%	-23,71%
Florestas exóticas	25,32	41,36	80,31	63,35%	94,19%	217,22%
Lavouras	31,32	98,30	110,23	213,91%	12,13%	251,99%
Outros	203,53	199,92	156,12	-1,78%	-21,91%	-23,30%
Total	625,00	625,00	625,00	-	-	-

No período de 2011 a 2013, houve uma redução de 23,71% em florestas nativas, que foram convertidas principalmente em áreas de cultivo de espécies exóticas (*Pinus elliottii* e *Eucalyptus globulus*, por exemplo) e em lavouras (com grande participação da soja). Nota-se que a maior redução da vegetação nativa se deu entre os anos de 2011 e 2012. A variação na classe “outros” (que engloba solo exposto, capoeirinhas e corpos hídricos) pode ser atribuída à natural variação das áreas cultivadas, havendo períodos de entressafra em que o solo permanece sem culturas, seguidos de cultivos intensificados.

## Conclusões

O satélite *RapidEye* é considerado de alta resolução espacial, além de possuir sensor multiespectral que dispõe de faixas adequadas para análise do desenvolvimento da cobertura vegetal. A disponibilização gratuita pelo MMA facilita o emprego por órgãos públicos e instituições de ensino, possibilitando a realização de análises antes muito custosas, que exigiriam a aquisição de imagens de forma comercial.

O uso de verdades terrestres baseadas em exames periciais de natureza criminal se mostrou eficaz, ainda que um pouco pulverizado, tendo em vista que o período analisado acabou sendo limitado em virtude da disponibilidade de imagens completas da cena estudada. Com apenas 27 casos e apoiado em outras imagens de alta resolução, foi possível empreender classificação supervisionada com bom desempenho em uma área de grande extensão, cobrindo mais de 40% do território do município. Com uma amostra desta magnitude, embora tenha sido empregada por conveniência (disponibilidade de imagens cobrindo a cena e quantidade de exames periciais realizados na região), os dados de alterações na cobertura do solo podem ser prontamente extrapolados para a realidade de todo o território municipal. Portanto, corroboram-se as estimativas realizadas pelo INPE e pela fundação SOS Mata Atlântica com base em outros produtos de sensoriamento remoto, demonstrando-se a pronta aplicabilidade das imagens do satélite *RapidEye* na avaliação da progressão do desmatamento em qualquer município brasileiro.

## Conflito de interesses

O autor declara não haver conflito de interesses.

## Referências

- Baldassini, P.; Paruelo, J. M. Deforestation and current management practices reduce soil organic carbon in the semi-arid Chaco, Argentina. **Agricultural Systems**, v. 178, 102749, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102749>
- Black Bridge. **Imágenes satelitales**: Especificaciones Técnicas. Berlim: Black Bridge, 2015.
- Brasil. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm)>. Acesso em: 13 nov. 2020.
- Congedo, L. Semi-automatic classification plugin documentation. Release 4.8.0.1. 29 out. 2015. Disponível em: <<https://buildmedia.readthedocs.org/media/pdf/semiautomaticclassificationmanual-v4/latest/semiautomaticclassificationmanual-v4.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2020.
- Foley, J. A.; Asner, G. P.; Costa, M. H.; Coe, M. T.; DeFries, R.; Gibbs, H. K.; Howard, E. A.; Olson, S.; Patz, J.; Ramankutty, N.; Snyder, P. Amazonia revealed: Forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. **Frontiers in Ecology and Environment**, v. 5, n. 1, p. 25-32, 2007. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[25:ARFDAL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[25:ARFDAL]2.0.CO;2)
- Galvão, L. S.; Breunig, F. M.; Santos, J. R.; Teles, T. S.; Gaida, W.; Moura, Y. M. Uso de imagens *RapidEye* no estudo das variações sazonais de índices de vegetação no Parque Estadual do Turvo (PET). Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa, p. 1145-1152, 2015.

- Jensen, J. R.; Epiphany, J. C. N. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009.
- Landis, R.; Koch, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. Geocatálogo. 2020. Disponível em: <<http://geocatalogo.mma.gov.br/index.jsp>>. Acesso em: 13 nov. 2020.
- Santa Catarina. **Constituição do Estado de Santa Catarina de 1989**. Disponível em: <[http://leis.alesc.sc.gov.br/html/constituicao\\_estadual\\_1989.html](http://leis.alesc.sc.gov.br/html/constituicao_estadual_1989.html)>. Acesso em: 13 nov. 2020.
- Silva, L. R.; Sano, E. E. Análise das imagens do satélite *RapidEye* para discriminação da cobertura vegetal do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 7, p. 1269-1283, 2016.
- Smith, P.; House, J. I.; Bustamante, M.; Sobocká, J.; Harper, R.; Pan, G.; West, P. C.; Clark, J. M.; Adhya, T.; Rumpel, C.; Paustian, K.; Kuikman, P.; Cotrufo, M. F.; Elliott, J. A.; McDowell, R.; Griffiths, R. I.; Asakawa, S.; Bondeau, A.; Jain, A. K.; Meersmans, J.; Pugh, T. A. M. Global change pressures on soils from land use and management. **Global Change Biology**, v. 22, n. 3, p. 1008-1028, 2016. <https://doi.org/10.1111/gcb.13068>
- SOS Mata Atlântica. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2014.
- Wanderley, R. L. N.; Domingues, L. M.; Joly, C. A.; Rocha, H. R. Relationship between land surface temperature and fraction of anthropized area in the Atlantic Forest Region, Brazil. **PLoS ONE**, v. 14, n. 12, e0225443, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225443>
- Zeraatpisheh, M.; Bakhshandeh, E.; Hosseini, M.; Alavi, S. M. Assessing the effects of deforestation and intensive agriculture on the soil quality through digital soil mapping. **Geoderma**, v. 363, p. 114-139, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114139>



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.