



**Uso de Imagens de Alta Resolução Espacial para o
Monitoramento da Cobertura Florestal na Região Central do Rio Grande do Sul**
Use of High Spatial Resolution Images for the Monitoring of Forest Cover

Dionatas Henrique Honnef¹; Elisiane Alba¹; Juliana Marchesan¹; José Augusto Spiazzi Favarin¹;
Mateus Schuh¹; Tiago Badin¹; Helena Oliveira¹; Matheus Woffler¹ & Rudiney Soares Pereira²

¹Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, nº 1000, Campus UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Prédio 44, sala 5255, Bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

²Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, nº 1000, Campus UFSM, Centro de Ciências Rurais, Laboratório de Sensoriamento Remoto, Prédio 44 J, Sala 214, Bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

E-mails: dionatas.honnef@gmail.com; elisianealba@gmail.com; marchesan.ju@gmail.com; jasflorestal@yahoo.com.br; mateuschuh@gmail.com; eng.tiagobadin@gmail.com; oliveira.h23@gmail.com; matheuswolfer@gmail.com; rudiney.s.pereira@gmail.com

Recebido em: 16/04/2019 Aprovado em: 30/07/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_4_148_154

Resumo

O presente estudo teve por objetivo avaliar as mudanças ocorridas nos usos e cobertura da terra na sub-bacia hidrográfica do Arroio Jaquirana, situada na região central do Rio Grande do Sul em área de Mata Atlântica, utilizando imagens de alta resolução espacial. Para o mapeamento do uso e cobertura da terra foram utilizadas imagens do sensor REIS/RapidEye nos anos de 2011 e 2017, as quais passaram pelo processo de segmentação e classificação de forma supervisionada utilizando o algoritmo *Bhattacharya*. Posteriormente, realizou-se edições de ajustes da classificação de modo a refinar o resultado obtendo maior precisão na quantificação das classes temáticas. O mapeamento do uso e cobertura da terra para o ano de 2011 e 2017 evidenciaram a evolução das classes temáticas, demonstrando que a floresta nativa obteve um acréscimo de área de 3,03%. Esse mesmo comportamento foi observado pela floresta plantada, solo exposto e água. Entretanto, o campo foi a classe que mais perdeu área no período estudado. As imagens de alta resolução espacial foram eficientes no monitoramento da fragmentação florestal do bioma Mata Atlântica, demonstrando uma tendência de expansão da cobertura florestal.

Palavras-chave: REIS/RapidEye; Fragmentação Florestal; Mata Atlântica

Abstract

This study aimed to evaluate the changes in uses and land cover at the Jaquirana Stream sub-basin, located in the central region of Rio Grande do Sul, area of Atlantic Forest, using high spatial resolution images. For the use and land cover mapping, were used REIS / RapidEye sensor images for the 2011 and 2017 years, which passed through the segmentation and classification process on a supervised way using the *Bhattacharya* algorithm. Subsequently, adjustments editions of the classification were made in order to refine the result obtaining greater precision on the thematic classes quantification. The land use and cover mapping for 2011 and 2017 years showed the thematic classes evolution, demonstrating a 3.03% increase in the native forest area. This same behavior was observed by the planted forest, exposed soil and water classes. However, the field class lost most area in the studied period. The high spatial resolution images were efficient in the Atlantic Forest biome fragmentation monitoring, and showed a expand forest cover tendency.

Keywords: REIS/RapidEye; Forest Fragmentation; Atlantic forest



1 Introdução

As mudanças no uso e cobertura da terra ocorreram de forma acelerada nos últimos anos causando impactos na biodiversidade, recursos naturais e nas populações (Rosa, 2016), resultado de interações biofísicas e humanas (Caldas et al., 2013). Neste contexto, gestores estão cada vez mais preocupados em desenvolver políticas públicas de modo a melhorar o manejo de terras com mínimo impacto sobre a biodiversidade e aos ecossistemas (Sharma et al., 2018). O processo de degradação de áreas florestais nativas está presente nos diferentes biomas, contudo, a Mata Atlântica destaca-se como um dos biomas mais devastados e ameaçados do mundo (Jenkins et al., 2013). O presente bioma destaca-se por ser o mais rico em diversidade, contudo, nos dias atuais, restam 12,4% da floresta original, dos quais, 80% localizam-se em áreas privadas (SOS Mata Atlântica, 2018).

Com as alterações na paisagem, as áreas de vegetação nativa sofrem perdas ocasionando a degradação de áreas e consequente fragmentação florestal. A perda da cobertura florestal ocorreu principalmente pelo uso intensivo das terras tanto para agricultura quanto para pecuária, ocorrendo exploração dos recursos naturais desconsiderando sua importância ambiental (Estevam & Pereira, 2015). A ausência de práticas voltadas à sustentabilidade ambiental e econômica acarretou em diversos problemas e impactos negativos ao meio ambiente, como a erosão hídrica, perda de qualidade dos solos, redução de água disponível e perda de vegetação nativa (Coutinho, 2010).

Com isso, investigar as mudanças da paisagem por meio de análise temporal torna-se importante de modo a subsidiar o manejo adequado. Neste contexto, inserem-se as técnicas de sensoriamento remoto integradas aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) as quais permitem mapear, monitorar e analisar as mudanças no uso e cobertura da terra (Rosa, 2016), devido à coleta periódica de informações de um mesmo local (Cemin & Ducati, 2015). Assim, as imagens orbitais são utilizadas para o mapeamento do uso e cobertura da terra possibilitando monitorar grandes extensões de terra e áreas de difícil acesso.

A área de estudo, a sub-bacia hidrográfica do Arroio Jaquirana, está localizada no estado do Rio Grande do Sul, sob domínio do bioma Mata Atlântica,

e caracteriza-se por altas taxas de desmatamento. Além disso, a região apresenta intensa atividade agrícola com predomínio de pequenas propriedades rurais (Farias, 2010). Dessa forma, torna-se importante analisar as alterações no uso e cobertura da terra de modo a compreender as mesmas e servir de base para o planejamento da área visando recuperar ou preservar áreas de vegetação nativa.

Neste contexto, o presente estudo teve por objetivo avaliar as mudanças ocorridas nos usos e cobertura da terra na sub-bacia hidrográfica do Arroio Jaquirana, situada na região central do Rio Grande do Sul em área de Mata Atlântica, utilizando imagens de alta resolução espacial.

2 Material e Métodos

2.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

A sub-bacia hidrográfica do Arroio Jaquirana está situada no estado do Rio Grande do Sul e compreende os municípios de Arroio do Tigre, Lagoão, Segredo, Sobradinho e Passa Sete, estando inserida na bacia hidrográfica do Alto Jacuí. Localiza-se entre as coordenadas 29°12'56" a 29°28'24" de Latitude e 52°45'45" a 53°08'32" de Longitude (Figura 1).

A sub-bacia está inserida na segunda região funcional do Conselho Regional de Desenvolvimento (COREDE) Vale do Rio Pardo, na qual predominam propriedades coloniais com economia de base agrícola, sendo fumo, milho, feijão e soja os principais cultivares (IBGE, 2016). Caracteriza-se pela ocupação por pequenas propriedades rurais devido à topografia que dificulta a implementação de lavouras extensivas (Farias, 2010).

De acordo com a classificação de Köppen o clima é Subtropical Úmido (Cfa) com precipitações distribuídas durante o ano variando entre 1.600 e 1.900 mm e temperaturas médias entre 16°C e 20°C (Alvares et al., 2014). A área de estudo está compreendida na região fisiográfica do Planalto Médio, tendo como principal tipo fitogeográfico a Floresta Estacional Decidual, pertencente desse modo ao bioma Mata Atlântica (Sema, 2003).

2.2 Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra

A sub-bacia do Arroio Jaquirana foi delimitada de forma automática utilizando o *software* QGIS

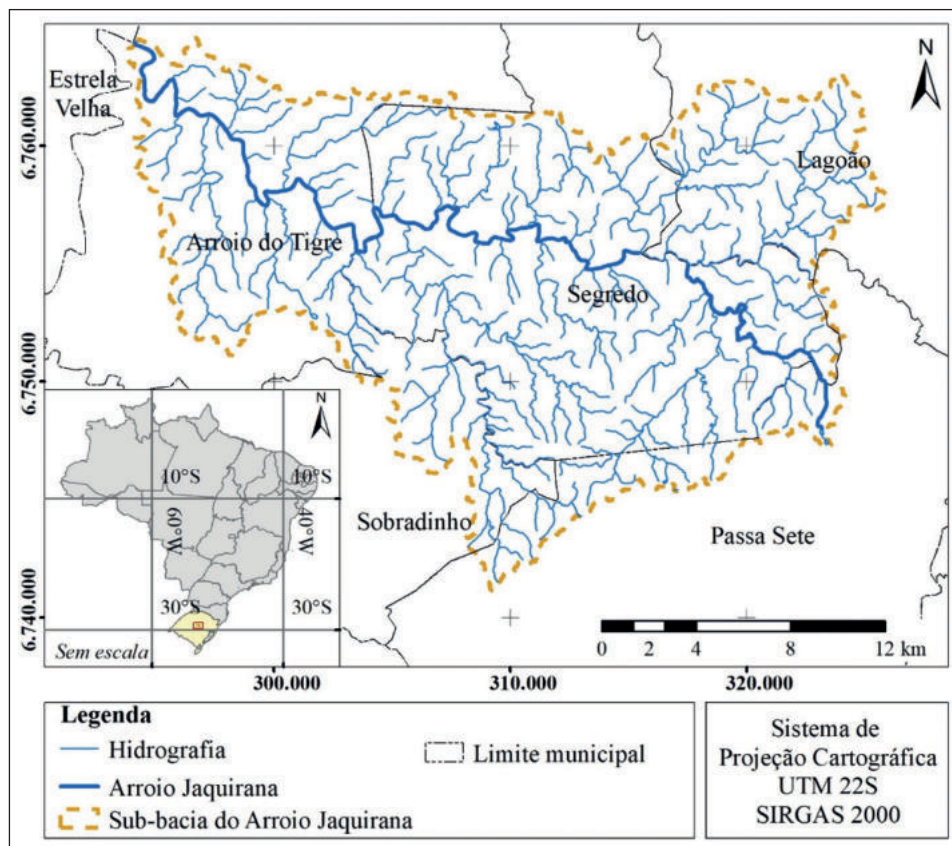


Figura 1 Localização da sub-bacia Arroio Jaquirana.

(QGIS Development Team, 2016), versão 2.14.7, por meio dos módulos do GRASS versão 7.0.4. Para tal, utilizou-se duas cenas SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução espacial de 30 metros disponibilizadas pelo USGS (*United States Geological Survey*).

Para o mapeamento do uso e cobertura da terra foram utilizadas imagens do sensor REIS (*RapidEye Earth Imaging System*), satélite RapidEye, com resolução de 5 metros, compostas de 5 bandas multiespectrais, capturadas nos anos de 2011 e 2017. As mesmas foram obtidas por meio de um projeto entre a Universidade Federal de Santa Maria e o Sindicato Interestadual da Indústria do Tabaco o qual objetiva monitorar a cobertura florestal em áreas de Floresta Estacional Decidual na região Centro-Serra do RS.

As imagens foram importadas para o *software* SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (Câmara *et al.*, 1996), versão 5.3, no qual foi desenvolvido um banco de dados, utilizando sistema de coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*), Fuso 22S e Datum Sirgas 2000. Foram realiza-

dos testes de composição de bandas de modo a selecionar as composições que melhor diferenciassem os alvos de interesse possibilitando o processo de treinamento do algoritmo de classificação. Assim, optou-se pelas composições falsa cor RGB 453 e natural RGB 321 uma vez que estas discerniram adequadamente os alvos.

No processo de segmentação, etapa que antecede a classificação, utilizou-se o método de crescimento de regiões, o qual busca agrupar em uma mesma região pixels vizinhos com características semelhantes, tais como cor, textura e/ou forma (Happ *et al.*, 2013). Para tal, necessitou-se definir os parâmetros de similaridade e área, assim, utilizou-se os valores de 10 e 100, respectivamente, visto que estes se adequaram a área de estudo.

A classificação foi efetuada de forma supervisionada utilizando-se o algoritmo *Bhattacharya* com limiar de aceitação de 99%. Neste, a medida de distância *Bhattacharya* é empregada para medir a separação estatística entre pares de classes espectrais, assim, mede a distância média entre as distri-

buições de probabilidade destas classes (Brites et al., 2012). Posteriormente, realizou-se edições de ajustes da classificação de modo a refinar o resultado obtendo maior precisão na quantificação das classes temáticas.

Foram classificadas seis classes de uso e cobertura da terra, sendo essas: Floresta Nativa, compreendendo áreas de vegetação arbórea nativa; Floresta Plantada, abrangendo áreas de plantios florestais, principalmente eucalipto e pinus; Agricultura, englobando áreas com cultivos agrícolas; Solo Exposto, representando regiões em preparo do solo ou em pousio; Campo, abrangendo áreas com vege-

tação nativa rasteira; e Água, representando rios e açudes. As regiões compreendidas por área urbana foram delimitadas manualmente de modo a evitar interferência nos resultados de quantificação dos usos e cobertura da terra.

3 Resultados e Discussão

A partir das imagens de alta resolução espacial do sensor REIS/RapidEye obteve-se a espacialização dos diferentes usos e coberturas da terra. A Figura 2 demonstra o mapeamento do uso e cobertura da terra para o ano de 2011.

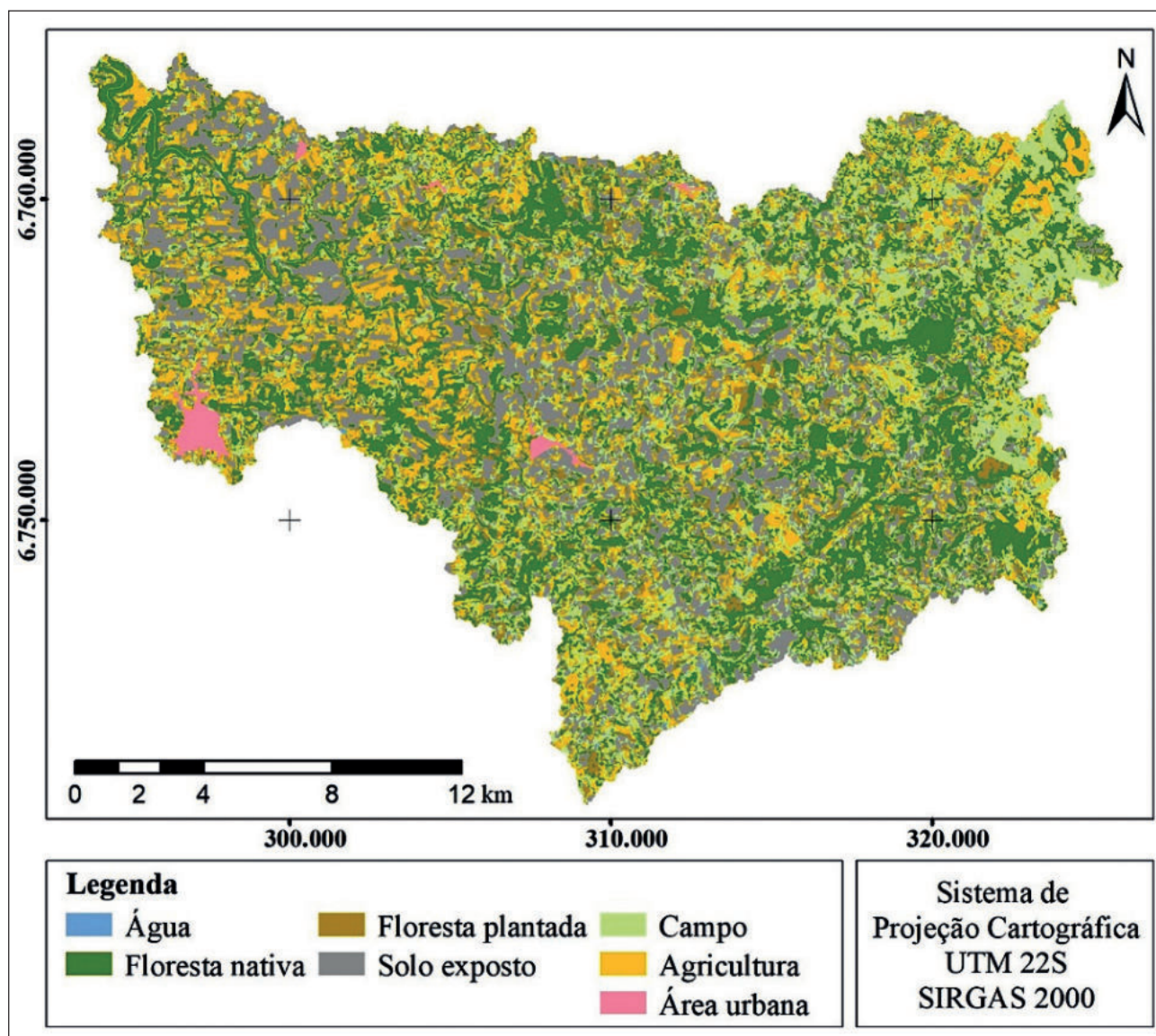


Figura 2 Uso e cobertura da terra para a sub-bacia Arroio Jaquirana no ano de 2011.

Nesse sentido, observou-se a distribuição da floresta nativa, apresentando alta fragmentação, característica essa do bioma Mata Atlântica. O processo de fragmentação de habitats é uma das mais profundas alterações causadas pelo homem ao meio ambiente, formando mosaicos na paisagem, sendo esses habitats compostos por manchas isoladas (Cerqueira *et al.*, 2003).

A Figura 3 demonstra o mapeamento do uso e cobertura da terra para a sub-bacia Arroio Jaquirana para no ano de 2017. A cobertura florestal esteve presente especialmente junto aos corpos d'água da área de estudo.

A partir da classificação digital das imagens, foi possível quantificar as classes de uso e cobertura do solo presentes na área de estudo. A Tabela 1 demonstra a quantificação do uso e cobertura da terra para cada classe temática, obtida para os anos de 2011 e 2017.

A análise dos dados para o ano de 2011 demonstra que a classe Floresta nativa abrangeu maior parte da área de estudo, englobando 11.829,49 ha, correspondendo a 28,53% da área total. Na sequência, o solo exposto ocupou uma área expressiva, totalizando 11.691,92 ha, equivalente a 28,20%. Destaca-se que a Floresta nativa e Solo exposto são

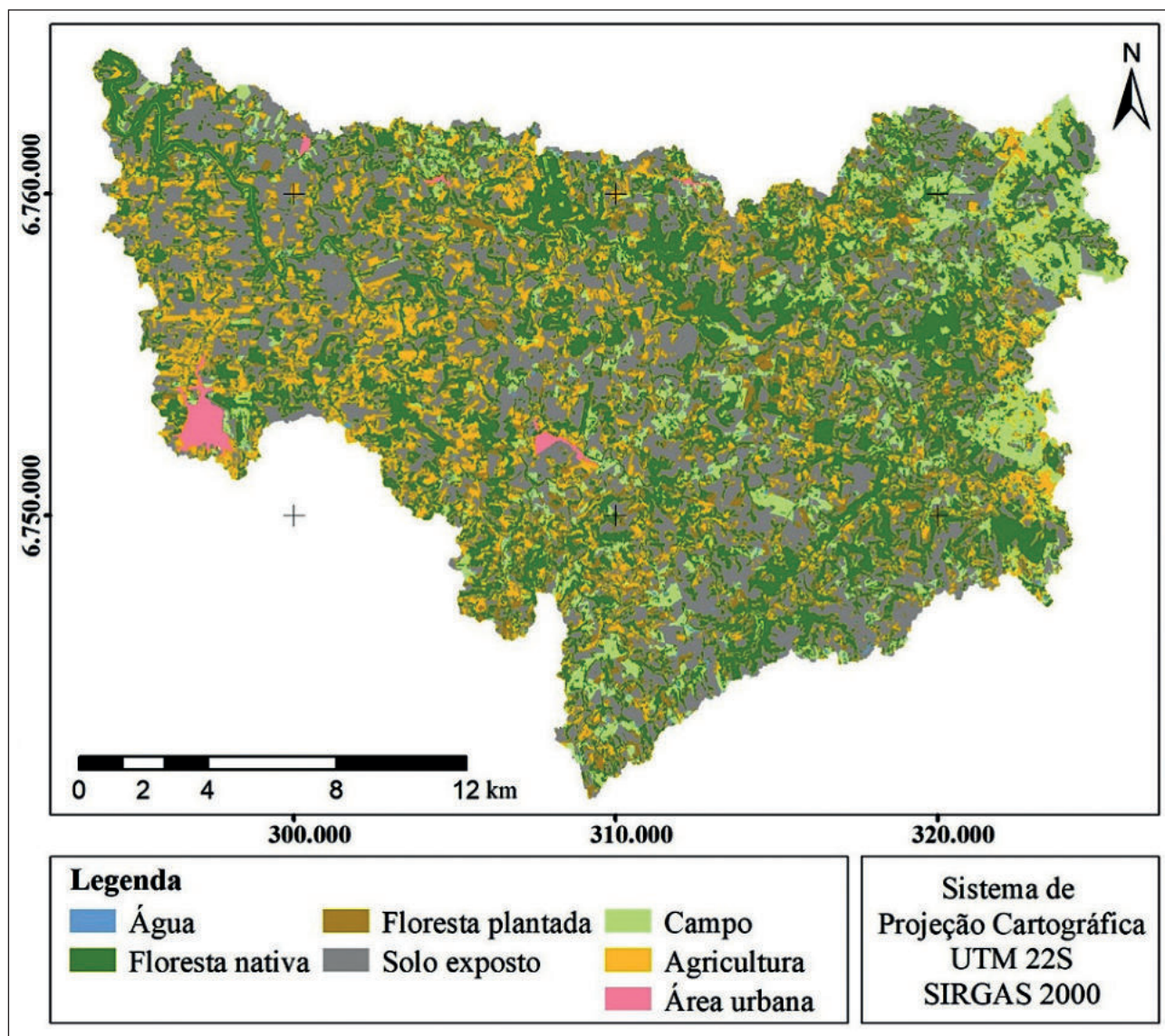


Figura 3 Uso e cobertura da terra para a sub-bacia Arroio Jaquirana no ano de 2017.

os principais usos dentro da sub-bacia hidrográfica do Arroio Jaquirana, representando mais de 50% da área. A área ocupada pela agricultura e campo foram similares, englobando 8.188,45 ha e 7.776,58 ha, respectivamente no ano de 2011. Assim, a agricultura foi responsável por 19,75% da área total da sub-bacia, enquanto que o campo representou 18,76%. Em menor fração de área encontra-se a floresta plantada, os quais ocuparam 1.447,52 ha, representando 3,49%. Os plantios florestais são representados, em sua grande maioria, pelas espécies de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. Áreas de Campo são predominantemente formadas por gramíneas e herbácea, típicas da região.

Classes Temáticas	2011		2017		Diferença
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	
Floresta nativa	11.829,49	28,53	13.086,39	31,57	+ 3,03
Floresta plantada	1.447,52	3,49	1.684,56	4,06	+ 0,57
Solo exposto	11.691,92	28,20	15.964,90	38,51	+ 10,31
Campo	7.776,58	18,76	3824,74	9,23	-9,53
Agricultura	8.188,45	19,75	6.261,17	15,10	-4,65
Água	218,53	0,53	330,66	0,80	+ 0,27
Área urbana	305,32	0,74	305,32	0,74	-
Total	41.457,80	100,00	41.457,74	100,00	-

Tabela 1 Quantificação da área ocupada pelos usos e coberturas da terra nos anos de 2011 a 2017.

O mapeamento do uso e cobertura da terra para o ano de 2017, permitiu acompanhar a evolução das classes temáticas no período de seis anos. Assim, observou-se que a floresta nativa englobou 13.086,39 ha (31,57%), representando um acréscimo de 3,03% da área total de estudo ao longo de seis anos. A floresta plantada no mapeamento obtido no ano de 2017 evidenciou uma área de 1.684,56 ha (4,06%), apresentando um aumento de 0,57%.

A classe solo exposto em 2017 englobou uma área de 15.964,90 ha (38,51%), sendo identificado um aumento deste uso em 10,31% da área da sub-bacia. Agricultura ocupou em 2017 área de 6.261,17 ha (15,10%). Entretanto, essa classe temática apresentou uma redução de 10,31% na área monitorada.

Ressalta-se que o solo exposto está associado, em grande parte, aos cultivos agrícolas visto que se refere a áreas sob o regime de pousio ou no período de preparo do solo para o novo ciclo do plantio. A economia dos municípios dessa região é principalmente voltada à agricultura, com predominância da pequena propriedade familiar, em que são cultivados principalmente fumo, soja, milho e arroz.

A agricultura apresentou perdas em sua área de ocupação, expondo um decréscimo de 4,65%. Esse resultado está diretamente relacionado ao período do imageamento, o qual foi realizado no período de preparo do solo para a implantação de uma nova cultura, assim áreas de cultivo agrícola foram classificadas como solo exposto.

Regiões de campo são utilizadas para pecuária, tanto de corte como para a produção de leite. Apesar da baixa representatividade desta atividade frente às demais nesta região, cabe ressaltar que esta classe teve uma redução significativa em sua área, 9,53% da área total. Esse decréscimo pode estar relacionado a conversão de suas áreas para a produção agrícola.

Rosa (2016), em avaliação da condição bioma Mata Atlântica, encontrou resultados similares, observando que áreas de agricultura apresentaram acréscimo, enquanto que áreas campestres sofreram redução de sua abrangência.

Para Nunes & Roig (2015), as práticas agrícolas, assim como políticas de contenção da expansão descontrolada dessa atividade, devem ser aplicadas em áreas de sensibilidade ambiental, como é o caso da área de estudo, a qual está inserida em uma das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica.

A cobertura vegetal é um fator importante na manutenção dos recursos naturais renováveis, contribuindo para a manutenção do ciclo da água, proteção do solo contra o impacto das gotas da chuva, reduzindo o escoamento superficial, dentre outros (Amaral, 2012). Diante dos inúmeros benefícios disponibilizados pela cobertura florestal, é primordial estudos de monitoramento dessa fisionomia, identificando as áreas de manutenção e as áreas que eventualmente ocorreu alterações na condição natural.

4 Conclusões

As imagens de alta resolução espacial demonstraram eficiência no monitoramento da fragmentação florestal do bioma Mata Atlântica. Foi possível observar que a cobertura florestal ao longo do período de 2011 a 2017 segue uma tendência de expansão, enquanto que o campo nativo, apresentou um decréscimo em sua área de ocupação.

Esse estudo expõe informações acerca da evolução dos diferentes uso e cobertura da terra, os quais são fundamentais para o estabelecimento de ações de planejamento ambiental e econômico, não apenas para a área de estudo, como para o bioma como um todo. A partir das informações obtidas pode ser desenvolvido em estudos posteriores análises mais detalhadas sobre a cobertura florestal, identificando áreas de desmatamento, de regeneração, assim como aquelas que se mantiveram preservadas ao longo do período.

5 Referências

- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M. & Sparovek, G. 2014. Köppen's Climate Classification Map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- Amaral, A.B. 2012. Geoprocessamento: mapeamento do uso e ocupação do solo no alto curso do Rio Piedade. *Revista Geografia*, 2 (1): 1-8.
- Brites, R.S.; Bias, E.S. & Rosa, A.N.C.R. 2012. Classificação por regiões. In: MENESES, P. R. & ALMEIDA, T. (Org.). *Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto*. Brasília: CNPQ, p. 209-220.
- Caldas, M.M.; Goodin, D.; Sherwood, S.; Krauer, J.M.C. & Wisely, S.M. 2013. Land-cover change in the Paraguayan Chaco: 2000–2011. *Journal of Land Use Science*, 10 (1): 1-18.
- Câmara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M. & Garrido, J. 1996. Spring: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, 20 (3): 395-403.
- Cemin, G. & Ducati, J.R. 2015. Modelos estocásticos aplicados à avaliação dinâmica da paisagem florestal de remanescentes de Mata Atlântica no município de Caxias do Sul -RS. *Revista Árvore*, 39 (6): 1019-1030.
- Cerqueira, R.; Nascimento, M.T. & Pardini, R. 2003. Fragmentação: alguns conceitos. In: RAMBALDI, D.M; OLIVEIRA, D.A.S.(Org.). *Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas*. Brasília: MMA/SBF, p. 23-40.
- Coutinho, L.M. 2010. *Impacto das áreas de preservação permanente sobre a erosão hídrica na bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo-ES*. Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Dissertação de Mestrado, 101p.
- Estevam, L.S. & Pereira, S.A. 2015. As áreas de preservação permanente a luz do novo código florestal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17, João Pessoa, 2015. *Trabalho completo*, João Pessoa, INPE, p. 2301-2308.
- Farias, A.J. 2010. *Atividade Florestal no Contexto da Fumicultura: Oportunidade de Desenvolvimento Regional, Diversificação, Geração de Emprego e Renda*. Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Tese de Doutorado, 166p.
- Happ, P.N.; Feitosa, R.Q.; Bentes, C. & FARIAS, R. 2013. Um algoritmo de segmentação por crescimento de regiões para GPUS. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 19 (2): 208-226.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. Produção Agrícola: Lavoura temporária. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 26 jun. 2016.
- Jenkins, C.N.; Pimm, S.L. & Joppa, L.N. 2013. Global patterns of terrestrial vertebrate diversity and conservation. *PNAS*, 110 (28): 1-9.
- Nunes, J.F. & Roig, H.L. 2015. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do alto do descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. *Revista Árvore*, 39 (1): 25-36.
- QGIS Development Team. 2016. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://www.qgis.org/>>.
- Rosa, M.R. 2016. Comparação e análise de diferentes metodologias de mapeamento da cobertura florestal da Mata Atlântica. *Boletim Paulista de Geografia*, 95: 25-34.
- Secretaria Estadual do Meio Ambiente do RS. 2003. Inventário florestal contínuo. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/ifcers/frame.htm>>. Acesso em: 27 jun. 2018.
- Sharma, R.; Nehren, U.; Rahman, S.A.; Meyer, M.; Rimat, R.; Seta, G.A. & Baral, H. 2018. Modeling land use and land cover changes and their effects on biodiversity in central Kalimantan, Indonesia. *Land*, 7(2):1-814.
- SOS Mata Atlântica. 2018. *Atlas da Mata Atlântica: Dados mais recentes*. Disponível em: <<https://sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/dados-mais-recentes/>>. Acesso em: 02 jul. 2018.