



**Análise da Fragmentação Florestal em Áreas do
Bioma Mata Atlântica a Partir de Diferentes Sistemas Sensores**
Analysis of Forest Fragmentation in
Areas of the Atlantic Forest Biome from Various Sensor Systems

Robson Righi da Silva¹; Elisiane Alba¹; Juliana Marchesan¹;
Matheus Morais Ziembowicz¹ & Rudiney Soares Pereira²

¹Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, n° 1000, Campus UFSM,

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Prédio 44, sala 5255, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

²Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, n° 1000, Campus UFSM, Centro de Ciências Rurais,

Laboratório de Sensoriamento Remoto, Prédio 44 J, Sala 214, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

E-mails: robson.righi@yahoo.com.br; elisianealba@gmail.com;

marchesan.ju@gmail.com; mmziembowicz@hotmail.com; rudiney.s.pereira@gmail.com

Recebido em: 13/06/2018 Aprovado em: 19/07/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_390_396

Resumo

Conforme o crescimento da população humana vem se intensificando, aumenta também o desmatamento das áreas de florestas nativas. Um dos biomas brasileiros mais degradados é a Mata Atlântica, que após intensa ação do homem se tornou altamente fragmentado. O presente estudo teve como objetivo analisar a influência da resolução espacial de imagens orbitais na detecção automática de fragmentos florestais na sub-bacia do arroio Segredo, situada dentro do bioma Mata Atlântica. Assim, foram utilizados os sistemas sensores RapidEye/REIS, Sentinel-2A, Landsat8/OLI e Modis/TERRA, com resoluções espaciais de 5 m, 10 m, 30 m e de 250 m, respectivamente. As imagens foram processadas realizando o mapeamento do uso e cobertura da terra por meio da classificação supervisionada utilizando o algoritmo *Bhattacharya* 99,9%, de acordo com sete classes temáticas: Água, Solo Exposto, Área Urbana, Floresta Nativa, Floresta Plantada, Campo e Agricultura. Após foi realizado o estudo isolado da classe Floresta Nativa. A análise da fragmentação florestal foi realizada em Linguagem R. Observou-se uma grande variação quando realizada comparação entre as imagens dos sistemas sensores RapidEye/REIS e Modis/TERRA, apresentando um decréscimo de 96% no número de fragmentos encontrados. Considerando os resultados apresentados neste estudo, pode-se concluir que o sistema sensor Modis / TERRA não apresenta resolução espacial suficiente para adequada análise da área de estudo.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; Fragmentação Florestal; Imagens orbitais

Abstract

As human population growth has intensified, deforestation of native forest areas has also intensified. One of the most degraded Brazilian biomes is the Atlantic Forest, which after intense man action has become highly fragmented. The present study aimed to analyze the real influence of the spatial resolution of orbital images in the automatic detection of forest fragments in the sub-basin of the secret stream that is located within the Atlantic Forest biome. Thus, the RapidEye / REIS, Sentinel-2A, Landsat8 / OLI and Modis / TERRA sensors were used, with spatial resolutions of 5 m, 10 m, 30 m and 250 m, respectively. The images were processed mapping the land use and cover by supervised classification using the *Bhattacharya* algorithm 99.9%, according to seven thematic classes: Water, Exposed Soil, Urban Area, Native Forest, Forest Planted, Field and Agriculture. After the isolated study of the Native Forest class was carried out. From this, a great variation was observed when comparing the images of the RapidEye / REIS and Modis / TERRA sensor systems, showing a 96% decrease in the number of fragments found. Considering the results presented in this study, it can be concluded that the Modis/TERRA sensor system does not present sufficient spatial resolution to properly image the study area.

Keywords: Remote Sensing; Forest Fragmentation; orbital images

1 Introdução

O sensoriamento remoto é uma ciência por meio do qual são obtidos dados a respeito dos recursos naturais renováveis e/ou não renováveis do planeta, a partir do uso de sensores instalados em diferentes plataformas como aviões, satélites ou até mesmo na superfície da Terra. As informações obtidas a partir de sensores são submetidas ao tratamento e análise desses dados para que se conheça melhor os fenômenos que ocorrem na superfície (Moreira, 2003).

A utilização de imagens orbitais em sensoriamento remoto para reconhecimento de usos e cobertura da terra consiste em uma prática bem difundida na área florestal. As imagens são uma fonte de dados que, juntamente com ferramentas disponíveis em SIG, são capazes de auxiliar o monitoramento de florestas em áreas de difícil acesso e/ou grande extensão de forma rápida, eficiente e de baixo custo.

Para Ponzoni *et al.* (2001), as imagens obtidas pelos diferentes sistemas sensores, possuem particularidades quanto a resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal. Neste sentido, destaca-se a resolução espacial, a qual interfere diretamente na identificação de alvos situados na superfície terrestre, uma vez que define a área mínima detectada pelo sensor. As imagens orbitais podem ser de alta, média ou baixa resolução espacial, dependendo da área mínima que os sistemas sensores conseguem identificar a campo. Um sistema sensor de maior resolução conseguirá identificar mais os detalhadamente de um objeto, tendo as suas feições melhor definidas.

Ainda, segundo Ponzoni *et al.* (2001), a resolução espacial de uma imagem orbital, pode ser entendida como sendo o tamanho do menor objeto passível de detecção pelo sensor. Sendo assim, no caso de um estudo de monitoramento de uso e cobertura da terra, com ênfase no uso Floresta, que não necessite de muitos detalhes ou que compreenda extensas áreas de florestas podemos utilizar sistemas sensores com média resolução espacial, pois esse tipo de monitoramento se tornaria muito

dispendioso, pelo alto custo na obtenção de imagens de alta resolução.

Os dados espaciais disponíveis no sensoriamento remoto frequentemente são relacionados para o monitoramento da cobertura florestal. Segundo Kleinpaul (2005), nos últimos cinquenta anos a perda da cobertura florestal no Brasil vem se dando, principalmente, pelo avanço da agricultura nas áreas de floresta, pelas queimadas, assim como pelos intensos desmatamentos. Por conta disso a fragmentação de área florestal tem sido muito discutida pela sociedade e causando grande interesse nacional e internacional.

A fragmentação do habitat é frequentemente definida como o processo através do qual uma grande área é transformada em pequenas manchas, com área total menor, isoladas por uma matriz diferente do habitat original (Wilcove *et al.*, 1986 apud Fahrig, 2003). O processo global de fragmentação de habitats é uma das mais profundas alterações causadas pelo homem ao meio ambiente, muitos habitats naturais tornaram-se em paisagens semelhantes a um mosaico, composto por manchas isoladas (Cerqueira *et al.*, 2003).

Neste sentido, a sub-bacia do arroio Segredo está localizada dentro do bioma Mata Atlântica, compreendendo a fitofisionomia de Floresta Estacional Decidual, denominada de Mata Caducifólia. O local é conhecido por apresentar vegetação secundária e atividades agrícolas (Fundação SOS Mata Atlântica, 2016). Sendo assim, o monitoramento é de grande relevância para fins de acompanhamento do desenvolvimento dos fragmentos de florestas frente aos diversos conflitos existentes.

Devido as inúmeras aplicações e a importância do monitoramento em extensas áreas, o presente estudo teve como objetivo analisar a influência da resolução espacial de diferentes sistemas sensores na identificação automática de fragmentos florestais do bioma Mata Atlântica.

2 Material e Método

2.1 Área de Estudo

A área de estudo consiste na sub-bacia do arroio Segredo, localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 29°19'44" e 29°27'06" de latitude Sul e 53°01'08" e 52°54'24" de longitude Oeste, abrangendo uma área de 6.530 ha (65,3 km²), fica localizada em uma área entre os municípios de Segredo, Passa Sete e Sobradinho conforme nos mostra a Figura 1.

Segundo a classificação de Köppen o clima da região é subtropical úmido (Cfa), com temperaturas médias que variam de 16 °C a 20 °C. Com relação às precipitações, as chuvas são bem distribuídas durante o ano, com variações entre 1.600 mm e 1.900 mm (Alvares *et al.*, 2012).

2.2 Fragmentação da Paisagem

Para a análise de fragmentação foram obtidas imagens do ano de 2016 a partir de sistemas sensores com diferentes resoluções espaciais. O estudo englobou imagens RapidEye/REIS com resolução

espacial de 5 m, Sentinel-2A com 10 m, Landsat8/OLI com 30 m e Modis/TERRA com 250 m.

Para a análise da área com o sistema sensor Modis/TERRA, foram usadas imagens já classificadas do produto MOD13Q1 observando a variação do índice de vegetação (NDVI) dos fragmentos florestais no ano de 2016. Essas imagens com diferentes resoluções espaciais foram importadas no *software* SPRING 5.3 para a posterior classificação.

As imagens foram segmentadas por meio de crescimento de regiões utilizando os limares de Similaridade e Área, os quais variaram em função do sistema sensor. Assim, os parâmetros de Similaridade e Área foram de 100 e 10, 100 e 15, 100 e 15 para RapidEye, Sentinel-2A e Landsat 8, respectivamente. Ressaltando que a imagem Modis/TERRA foi disponibilizada já classificada, não havendo a necessidade de efetuar esse procedimento metodológico.

Realizou-se a classificação das imagens, com o auxílio do *Google Earth* para melhor observar espacialmente as amostras e conferir a veracidade

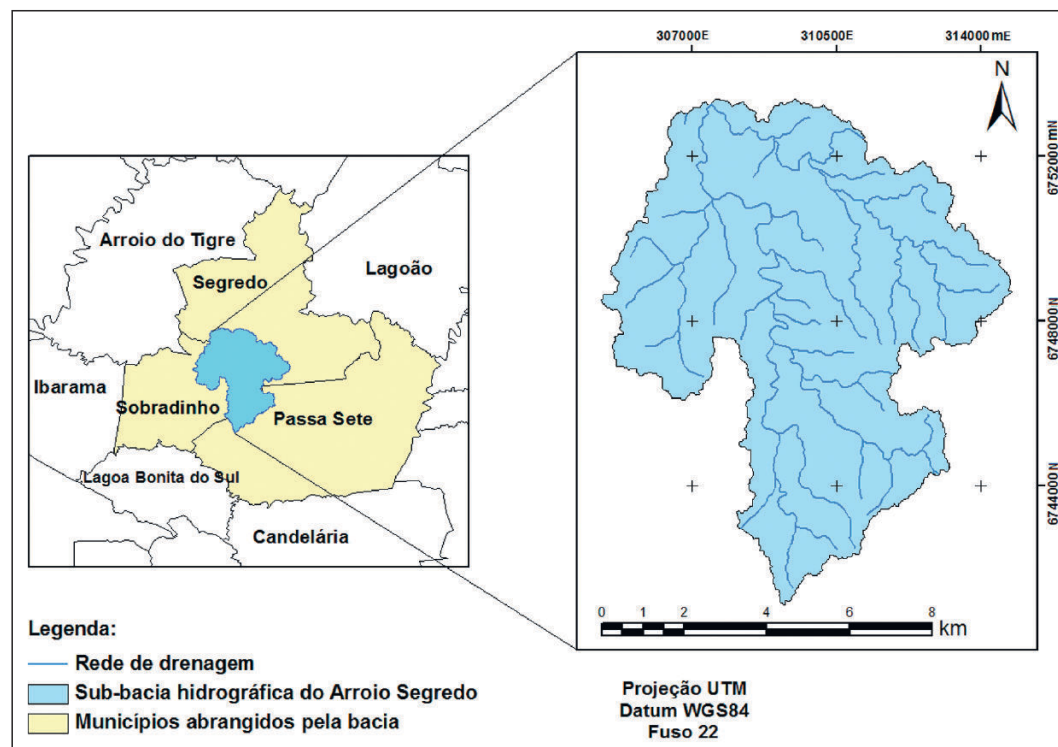


Figura 1
Localização da Sub-bacia hidrográfica Arroio Segredo.

do resultado final das imagens classificadas. Foram obtidas amostras de diferentes usos da terra, porém neste estudo, está apresentada somente a classe “Floresta Nativa”, a qual é o objeto do estudo. A classificação então foi realizada de forma supervisionada pelo algoritmo *Bhattacharya* e limiar de aceitação 99,9%, sendo utilizada a medida da distância para medir a separabilidade estatística entre os pares de classes espectrais, e com isso, medir a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais (Brites *et al.*, 2012).

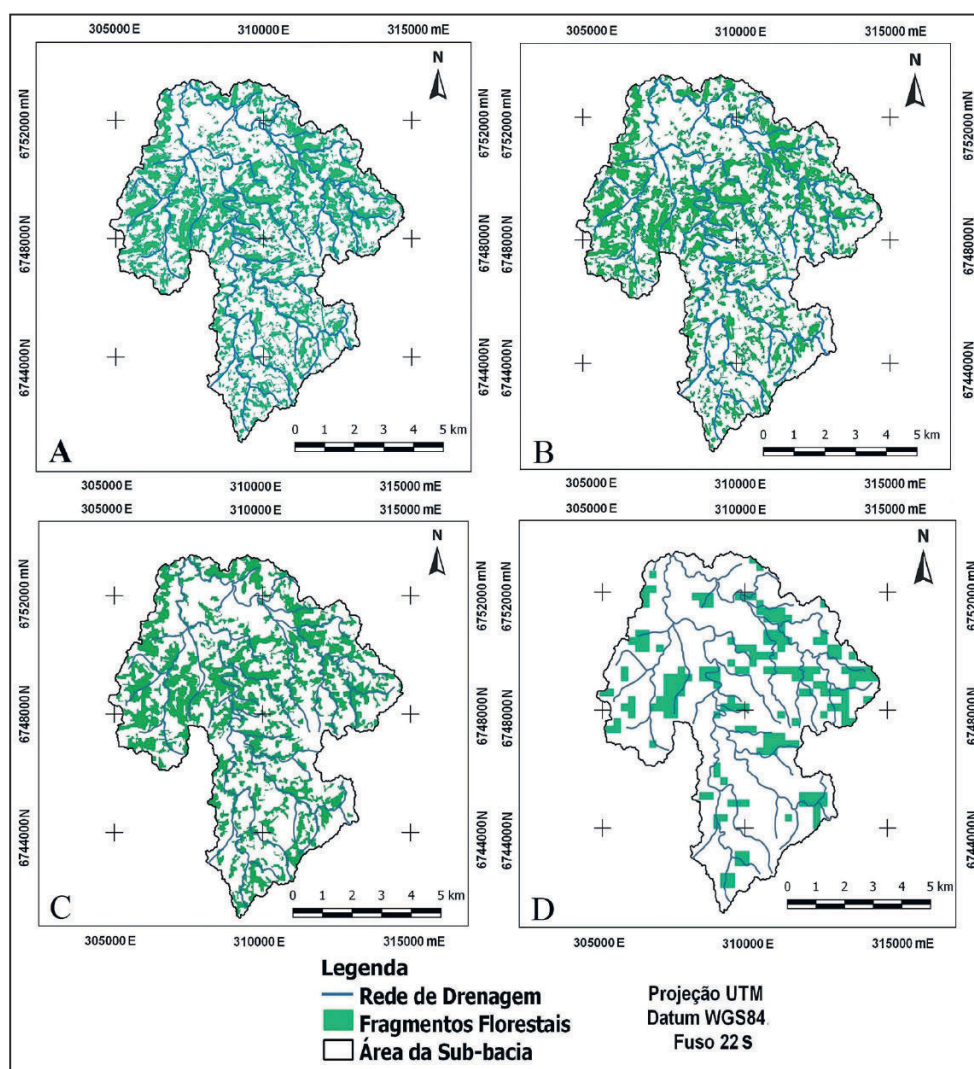
Ao final foi utilizado o *software* RStudio versão 0.99.896 (Rstudio Team, 2015) para a estratificação por classes de tamanho. Os fragmentos

de floresta foram agrupados em classes de tamanho, adaptadas da metodologia de Ribeiro *et al.* (2009) e Hentz (2015). Os intervalos de classe estão dispostos na Tabela 1.

Classe de Tamanho	Tamanho dos Fragmentos (ha)
1	< 5
2	5 – 50
3	50 – 100
4	100 – 250
5	250 – 500
6	500 – 1.000
7	≥ 1.000

Tabela 1 Classes de tamanho adotadas para análise das métricas de paisagem.

Figura 2 Análise de fragmentação florestal dos diferentes sistemas sensores: RapidEye/REIS (A), Sentinel-2A (B); Landsat 8/OLI (C); Modis/TERRA (D).



3 Resultados

A partir da classificação supervisionada pelo algoritmo *Bhattacharya* 99,9% foram gerados os mapas temáticos de fragmentação florestal para os quatro diferentes sistemas sensores. A Figura 2 demonstra a dispersão da cobertura florestal na área de estudo.

Após a geração dos mapas temáticos, foi realizada a quantificação dos valores totais de área de floresta nativa ou fragmentos florestais para os diferentes sensores. Esses valores estão apresentados na Figura 3.

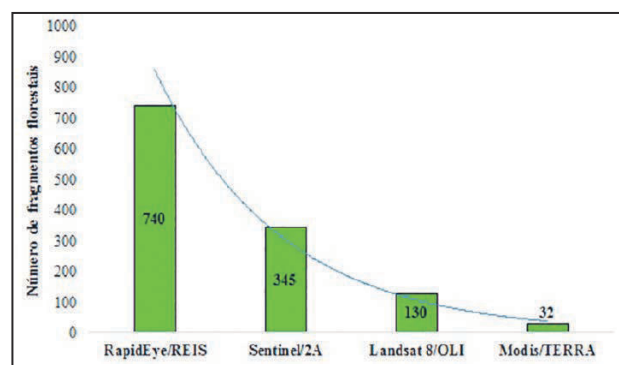


Figura 3 Quantificação dos números de fragmentos florestais nos diferentes sistemas sensores analisados para área da Sub-bacia de Arroio Segredo, RS, no ano de 2016.

A partir dos valores apresentados na Figura 2 e 3, foi possível notar que à medida que a resolução espacial das imagens diminui ocorre também um decréscimo substancial no número de fragmentos florestais identificados pelos sensores orbitais. A imagem do sistema sensor RapidEye/REIS identificou 740 fragmentos florestais, enquanto a imagem do sistema sensor Sentinel/2A apresentou 345 fragmentos, acarretando um decréscimo de aproximadamente 53% no número total desses fragmentos. O decréscimo na quantidade de fragmentos da imagem do sistema sensor Sentinel/2A para a do sistema sensor Landsat8/OLI foi de cerca de 62%, enquanto o decréscimo desta para a imagem do sistema sensor Modis/TERRA foi de 75%.

Quando comparado às imagens do Landsat, o sistema sensor Modis/TERRA apresenta como desvantagem sua menor resolução espacial. Porém, muitas das mudanças na cobertura florestal ocorrem numa escala compatível com pixel de 250

m (Townshend & Justice, 1988). Segundo Costa & Souza Junior (2005), o sistema sensor Modis/TERRA é mais relevante em monitoramento de grandes florestas como a Amazônia. Portanto, apesar de não recomendada para a área de estudo, essas imagens são úteis para o monitoramento de florestas que ocupam grandes extensões.

Os sensores utilizados neste estudo apresentam características distintas quanto a escala e a generalização. O sensor Modis/TERRA possui uma escala menor que os demais sistemas sensores estudados, influenciando na generalização das feições. Enquanto o sensor RapidEye/REIS apresenta uma maior escala e com isso, proporciona um maior grau de detalhamento dos objetos situados na cobertura terrestre.

Teixeira *et al.* (2018) utilizaram imagens da série Landsat, a partir do NDVI, para a classificação dos tipos de vegetação. Os autores observaram boa resposta desse sistema sensor para a análise da degradação da cobertura vegetal do Cerrado, permitindo a quantificação do nível de degradação dessa fisionomia. Do mesmo modo, Prates *et al.* (2017) ao utilizar dados de sensoriamento remoto, obtiveram resultados positivos, os quais permitiram identificar a evolução da silvicultura na área de interesse.

Os resultados obtidos no presente estudo evidenciam a relação diretamente proporcional entre a resolução espacial dos sensores e a identificação dos números de fragmentos florestais do bioma Mata Atlântica. Para entendermos melhor esses resultados analisamos, ainda, esses valores de forma estratificada por classe de tamanho conforme demonstrado na Tabela 2.

Classes	RapidEye/REIS		Sentinel /2A		Landsat8/OLI		Modis/TERRA	
	Nº Frag	%	Nº Frag	%	Nº Frag.	%	Nº Frag.	%
1 (< 5 ha)	706	95	305	88	87	67	0	0
2 (5 — 50 ha)	27	4	37	11	36	28	27	84
3 (50 — 100 ha)	2	0	0	0	3	2	2	6
4 (100 — 250 ha)	3	0	2	1	3	2	3	9
5 (250 — 500 ha)	2	0	0	0	0	0	0	0
6 (500 — 1.000 ha)	0	0	0	0	0	0	0	0
7 (≥ 1.000 ha)	0	0	1	0	1	1	0	0
TOTAL	740	100	345	100	130	100	32	100

Nº frag.= número de fragmentos

Tabela 2 Número de fragmentos florestais por classes de tamanho.

Quando realizada a estratificação por classes de tamanho dos fragmentos florestais de cada sistema sensor, observou-se que dos 740 fragmentos identificados pelo sistema sensor RapidEye/REIS aproximadamente 95% desses fragmentos detectados são de até 5 ha. Os valores expressos por dados Sentinel-2A demonstram que os fragmentos com área de até 5 ha representaram 88% do total de fragmentos encontrados, enquanto o Landsat8/OLI apresentou um percentual de 67%, referente aos fragmentos com área de até 5 ha. Entretanto, o sistema sensor Modis/TERRA apresentou maior variação de comportamento, com 0% de fragmentos florestais de até 5 ha.

Observa-se que os dados Sentinel-2A apresenta grande relação com os percentuais obtidos ao utilizar imagens RapidEye. Esse resultado é expressivo para a análise de paisagem em área fragmentadas da Mata Atlântica, uma vez que os dados Sentinel-2A, diferente dos dados RapidEye, são disponibilizados gratuitamente, correspondendo a uma importante fonte de dados a estudos de pequena, média e grande escala.

Os dados Sentinel-2A passaram a ser disponibilizados a partir de 2015, sendo gerenciados pela Agência Espacial Europeia (Esa, 2017), dispo de faixas espectrais de diferente resolução espacial, sendo as bandas da região do visível e infravermelho próximo as faixas de maior resolução, apresentando 10 m. Esse sistema demonstrou ser mais eficiente que o tradicional sistema Landsat na discriminação de feições relacionadas a cobertura florestal em áreas altamente fragmentadas. Assim, as imagens Sentinel-2A representam a evolução das análises em estudos de paisagem, contemplando maior qualidade e precisão na observação dessas fisionomias.

Existem inúmeros sistemas sensores disponíveis, com características radiométricas, espectrais, espaciais e temporais diferenciadas. Assim, a escolha de um determinado sistema sensor depende do objetivo do estudo, a escala de trabalho e o nível de detalhamento que é necessário para o reconhecimento das fisionomias de interesse. Entretanto, os sensores de média resolução espacial, quando destinados ao monitoramento da cobertura

florestal, demonstraram ser uma importante fonte de dados, especialmente por serem disponibilizadas gratuitamente.

4 Conclusão

Na quantificação total de área de Floresta Nativa identificou-se uma maior similaridade entre as imagens RapidEye/REIS, Sentinel/2A. Contudo, apesar de não ter apresentado a mesma capacidade de detecção, a imagem Landsat8, dentre aquelas de resolução espacial moderada, demonstrou capacidade de identificação de grande parte de fragmentos de pequeno porte. Assim, esses três sistemas sensores apresentaram um padrão similar quanto à quantificação de área, diferente da imagem do Modis/TERRA, que apresentou uma grande variação em comparação às demais, sendo este erro gerado pelo baixo nível de detalhes apresentado.

A partir da análise das imagens classificadas foi possível constatar que, para a área de estudo, o número de fragmentos florestais obtidos apresentou uma relação direta com a resolução espacial das imagens analisadas. Desse modo, à medida que a resolução espacial das imagens foi diminuindo, houve também significativo decréscimo no número de fragmentos florestais, porém não tão significativo quanto a variação apresenta entre os sistemas sensores de 5 m e 250 m.

5 Referências

- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.C.M. & Sparovek, G. 2012. Köppen's Climate Classification Map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- Brites, R.S.; Bias, E.S. & Rosa, A.N.C.R. 2012. Classificação por regiões. In: MENESES, P. R. & ALMEIDA, T. (Orgs.). *Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto*. Brasília: CNPQ, p. 209-220.
- 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.
- Costa, A.S. & Souza Jr., C.M. 2005. Comparação entre imagens Landsat e MODIS para Detecção de Incrementos de Desmatamento: um estudo de caso na região do Baixo Acre. Instituto do Homem e Meio Ambiente da

- Amazônia - AMAZON. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, Goiânia, 2005. *Artigo completo*, INPE, p. 1469-1476.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, 34: 487-515.
- Fundação SOS Mata Atlântica. 2016. *Atlas da Mata Atlântica*. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2016/08/RA_SOSMA_2015-Web.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2017.
- Hentz, A.M.K. 2015. *Mapeamento, fragmentação florestal e influência das áreas de borda para a comunidade arbórea no Alto Iguaçu - estado do Paraná*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Dissertação de Mestrado, 199 p.
- Kleinpaul, J.J. 2005. *Análise multitemporal da cobertura florestal da Microbacia do Arroio grande, Santa Maria, RS*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Dissertação de Mestrado, 80 p.
- Moreira, M.A. 2007. *Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003, 307 p.
- Novo, E.M.L.M. & Ponzoni, F.J. 2001. *Introdução ao Sensoriamento Remoto*. Instituto Nacional de pesquisas Espaciais, Divisão de Sensoriamento Remoto, 2001.
- Prates, C.J.N.; Barbosa, R.P.; Fogaça, J.J.N.L.; Dutra, F.V. & Silva, R.M. 2017. Análise multitemporal de uso e ocupação do solo com enfoque na silvicultura no município de Cândido Sales, Bahia, nos anos de 2005 e 2015. *Anuário do Instituto de Geociências*, 40(1): 150-155.
- Ribeiro, M.C.; Metzger, J.P.; Mantensan, A.C.; Ponzoni, F.J. & Hirota, M.M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed: Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142(6): 1141-1153.
- Teixeira, M.B.; Camargo, P.L.T. & Martins Jr., P.P. 2018. Uso das Imagens de Sensores Remotos para Análise Crítica da Degradação do Cerrado no Alto Médio São Francisco – Minas Gerais. *Anuário do Instituto de Geociências*, 41(1): 245-254.
- Townshend, J.R.G. & Justice C.O. 1988. Selecting the spatial resolution of satellite sensors required for global monitoring of land transformations. *International Journal of Remote Sensing*, 9(2): 187-236.