

## Caracterização dos fragmentos florestais na sub bacia do Alto Batalha por meio da fusão da imagem CBERS 4

Caroline Bessi Fávero <sup>1</sup>  
Thaís Berro Pompéia Fraga <sup>1</sup>  
Giovanna Osti Colaço <sup>1</sup>  
Anderson Antônio da Conceição Sartori <sup>1,2</sup>

Núcleo de Estudos e Pesquisas em Geotecnologias – NEPGEO

<sup>1</sup> Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Sagrado Coração - USC  
Caixa Postal 511 – 17011-160 - Bauru - SP, Brasil  
{caroline\_bessi, thaisbfraga, gi\_colaco}@hotmail.com

<sup>2</sup> Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade do Sagrado Coração - USC  
Caixa Postal 511 – 17011-160 - Bauru - SP, Brasil  
sartori80@gmail.com

**Abstract.** The Alto Batalha sub-basin is characterized by great sources of disturbances due to the excessive human intervention, caused by the great demand of food, in parallel to the necessities of raw material to the industries. This human intervention, messy and without discretion of management of the soil, has made the landscape extremely fragmented. The forest fragmentation is the main challenge of the biodiversity conservation. The purpose of this project was to diagnose the fragments of the sub-basin, through the image classification of the satellite CBERS 4, in a way that made possible the qualification and quantification of the landscape's forest fragments. To make the classification possible, and bring it closer to reality, we merged the image in the method Brovey with the software ArcGIS 10.3. After the image's classification was finished, it was possible to observe that the Alto Batalha sub-basin has a great amount of fragment with areas under 20 ha, which made it difficult to maintain the biodiversity's conservation. From this results it was possible to conclude that, even thou the number of fragments with areas under 20 ha is big, there are fragments with over 100 ha of area, which are extremely important to the conservation and maintenance of the biodiversity.

**Palavras-chave:** fragmentation, landscape analysis, remote sensing, GIS, fragmentação, análise da paisagem, sensoriamento remoto, SIG.

### 1. Introdução

A sub bacia do Alto Batalha é caracterizada por grandes fontes de distúrbios devido a excessiva intervenção antrópica, ocasionada pela grande demanda por alimentos, paralelamente, às necessidades de matéria prima para as indústrias, gerando consequentemente necessidade de novas áreas agrícolas ao processo produtivo. Essa intervenção antrópica, desordenada e sem critérios de manejo do solo, vem causando muitos problemas, dentre eles a perda da qualidade da água e do solo que compõe a paisagem da área de estudo. Como resultado desta forma desordenada de ocupação, a paisagem foi muito modificada, ocasionando diversos problemas para as populações que utilizam essa sub bacia como fonte de água limpa e renda.

Muitos estudos vêm sendo realizado com objetivos de analisar a integridade das paisagens (Viana, 1998; De Toni, 2014). Diagnósticos em paisagens com interferências antrópicas tem como intuito a análise em quantidade e qualidade em fragmentos florestais, para determinar o grau de comprometimento ecológico geográfico da área de estudo. A fragmentação das matas é um dos principais desafios da conservação da biodiversidade. Especialmente em paisagens intensamente cultivadas, a maior parte dos remanescentes florestais encontra-se em forma de pequenos fragmentos.

Dentre as consequências do processo de fragmentação florestal, destacam-se a diminuição da diversidade biológica, o distúrbio do regime hidrológico das bacias hidrográficas, as

mudanças climáticas, a degradação dos recursos naturais e a deterioração da qualidade de vida das populações tradicionais (Martins et al., 2002). As respostas das comunidades vegetais e de cada espécie à fragmentação variam de acordo com diversos fatores, como histórico da fragmentação, seu tamanho e forma, impactos das ações humanas atuais, grau de isolamento e a sensibilidade da comunidade e dos indivíduos de cada espécie a estes processos (Cantinho et al., 2010).

Portanto é importante entender que, a conservação da biodiversidade, até certo ponto, depende da compreensão da influência da configuração espacial dos remanescentes de matas e das chances de persistência em longo prazo das espécies presentes no local. Vale ressaltar então que estudos sobre o efeito da fragmentação são dessa forma, de grande importância para a conservação (Boscolo, 2007).

O sensoriamento remoto possui papel fundamental no processo de caracterização, análise e monitoramento de grandes áreas terrestres (Mascarenhas, 2008), auxiliando a interpretação e compreensão da dinâmica dos fragmentos florestais da paisagem permitindo o acompanhamento das mudanças das paisagens e seus efeitos sobre o meio ambiente e as espécies locais (Almeida, 2008). Para quantificar e qualificar os fragmentos são utilizados métodos de classificação de imagem.

O objetivo da classificação é descobrir agrupamentos naturais, possibilitando a formação e hipóteses sobre o objeto a ser estudado. A classificação é utilizada para classificar os pixels de uma imagem dentre várias classes de coberturas ou temas, podendo ser útil para a análise da cobertura do solo existente em uma paisagem e a produção de dados estatísticos dessas áreas (Oliveira, 1999).

O objetivo desse trabalho foi diagnosticar os fragmentos florestais da sub bacia do Alto Batalha – SP, por meio da classificação da imagem do satélite CBERS 4, de maneira que tornasse possível a quantificação e qualificação dos fragmentos florestais da paisagem.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo foi a sub bacia do Alto Batalha (Figura 1), está situada no centro geográfico do estado de São Paulo, entre os paralelos 22° 20' e 22° 30' Sul e os meridianos 49° 00' e 49° 10' WG, e possui uma área aproximada de 14.670 hectares inseridos na UGRHI 13 e 16, abrangendo o território pertencente aos municípios de Agudos, Bauru e Piratininga.

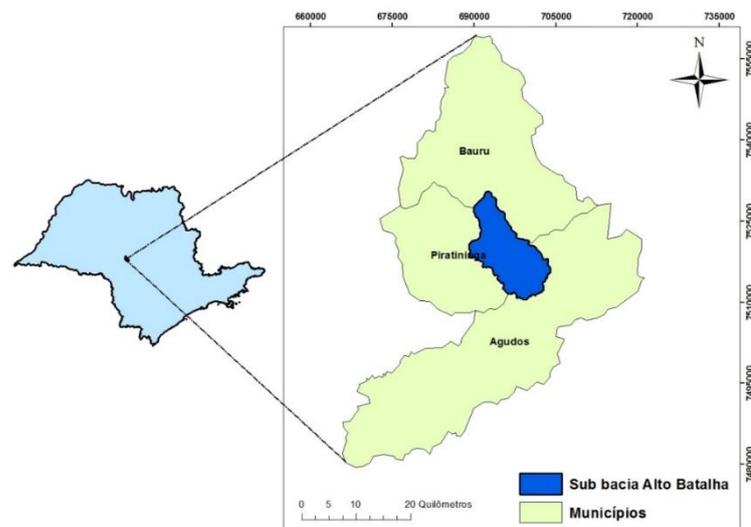


Figura 1. Localização da área de estudo: Sub bacia do Alto Batalha- Bauru, Piratininga e Agudos/SP.

De acordo com a Classificação de Köppen, a região de Bauru é classificada como Cwa - temperado macro térmico de inverno seco não rigoroso. Segundo dados coletados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a região tem precipitação média anual de 1.331 mm.

As vegetações nativas da área de estudo caracterizam-se por biomas de floresta tropical e cerrado, porém atualmente a área está ocupada, predominantemente, por pastagens, áreas agrícolas e área rural.

### 2.1. Imagens orbitais

Para a elaboração do plano de informação de uso e ocupação do solo, com ênfase nos fragmentos florestais, foram utilizadas as imagens do satélite CBERS-4, obtidas através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

Foram utilizadas as bandas pancromática (PAN 5) e multiespectral (PAN 10), bandas espectrais 2, 3 e 4, do dia 19 de março de 2016. As características das imagens CBERS 4 estão contidas na Tabela 1.

Tabela 1. Características das câmeras pancromática e multiespectral do CBERS 4

Bandas espectrais	0,51 – 0,85 $\mu$ m (Pan) 0,52 – 0,59 $\mu$ m (G) 0,63 – 0,69 $\mu$ m (R) 0,77 – 0,89 $\mu$ m (NIR)
Resolução	5 m (Pan) / 10 m (G, R, NIR)
Largura da faixa imageada	60 km
Apontamento	$\pm 32^\circ$
Revisita	5 dias
Revisita real	Não
Quantização	8 bits
Taxa de dados bruta	140 Mbit/s 100 Mbit/s

### 2.2. Fusão

O método de fusão aplicado foi o Brovey utilizando o *software* ArcGIS 10.3.

A transformação Brovey consiste na combinação aritmética entre uma imagem multiespectral RGB de baixa resolução espacial (10m) e uma imagem pancromática de alta resolução (5m). Cada banda da imagem multiespectral é multiplicada pela razão da imagem pancromática dividida pela soma das bandas da imagem multiespectral (Vrabel, 1996; Schneider, 2003; Pinho, 2005; ESRI, 2012).

### 2.3. Classificação

O método de classificação aplicado foi o *Maximum Likelihood Classification* utilizando o *software* ArcGIS 10.3.

Este método de classificação parte do pressuposto que o usuário conheça previamente a área analisada, bem com a distribuição das classes, para que desta forma, quando da aplicação da classificação, a seleção de amostras de treinamento possa ser o mais eficiente possível (Crósta, 1993).

O método também exige que sejam selecionadas algumas amostras de uso e ocupação do solo. Para realizar as amostras de cada uso de solo foi criado um *shape* em forma de ponto, sendo posicionados duzentos pontos de amostragem sobre os diferentes objetos e alvos, em sequência foram estabelecidas cinco classes de uso e ocupação: Agricultura, Área Urbana, Área de Reflorestamento, Mata Nativa e Recursos Hídricos.

Para a introdução dos pontos no mapa de uso e ocupação do solo foi utilizando o *Google Earth* como ferramenta de apoio para uma melhor definição da cobertura do solo.

Essas amostras de uso do solo são utilizadas para treinar o sistema para reconhecer o padrão estabelecido. Então o sistema computacional compara os pixels selecionados como amostras com os pixels contíguos, e quando o pixel contíguo é aceito, o processo continua para os demais pixels. Esse processo ocorre até que todos os pixels contidos na área de interesse da imagem estejam classificados.

#### 2.4. Análise dos fragmentos

Para a geração do plano de informação foi extraído do mapa de uso e ocupação do solo os fragmentos de floresta nativa. Primeiramente foi realizada uma análise com os fragmentos em conjunto. Após este processo os fragmentos foram analisados individualmente.

### 3. Resultados e Discussão

Com a fusão da imagem do satélite CBERS 4 realizada em Brovey (Figura 2) foi possível notar uma melhor visibilidade e distinção das classes de uso e ocupação do solo, resultando em uma imagem com resolução espacial de 5 m.

A análise visual da imagem obtida através da fusão possibilitou uma maior nitidez dos alvos terrestres, apresentando uma forma mais próxima da realidade. Esse processo facilitou a extração dos pontos amostrais para que fosse feita a classificação através do método escolhido conforme ilustrado na Figura 3.

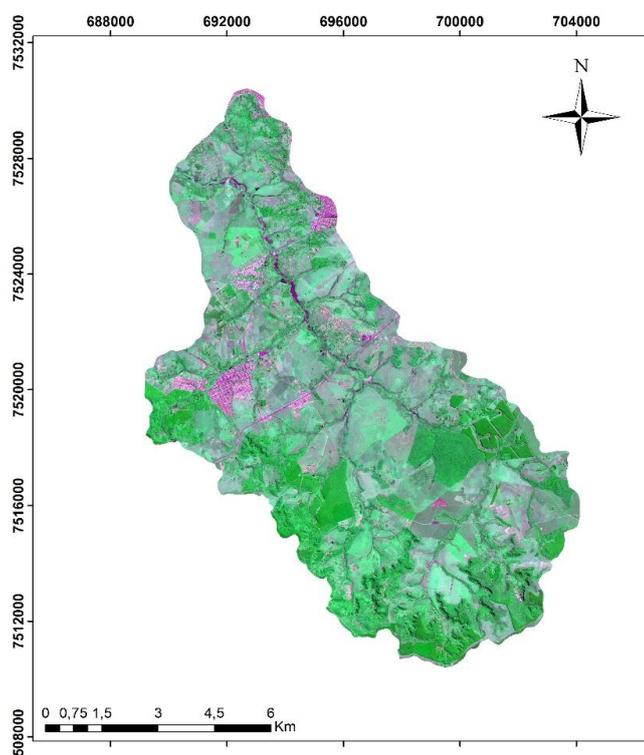


Figura 2. Imagem fusionada do satélite CBERS 4 referente a área de estudo com resolução espacial de 5m.

Após ter sido aplicado o método *Maximum Likelihood Classification* foram identificadas e calculadas as áreas de todas as classes de uso na sub-bacia, eliminando todos os polígonos que tivessem áreas menores que 0,1 ha. Essa eliminação foi realizada para que o resultado obtido chegasse o mais próximo possível da realidade e também não tivesse uma mistura espectral dos pixels.

Após a eliminação dos polígonos, com áreas menores que 0,1 ha, obtivemos a classificação de uso e ocupação do solo (Figura 3) da sub bacia do Alto Batalha, englobando todas as classes definidas e suas respectivas áreas (Tabela 2).

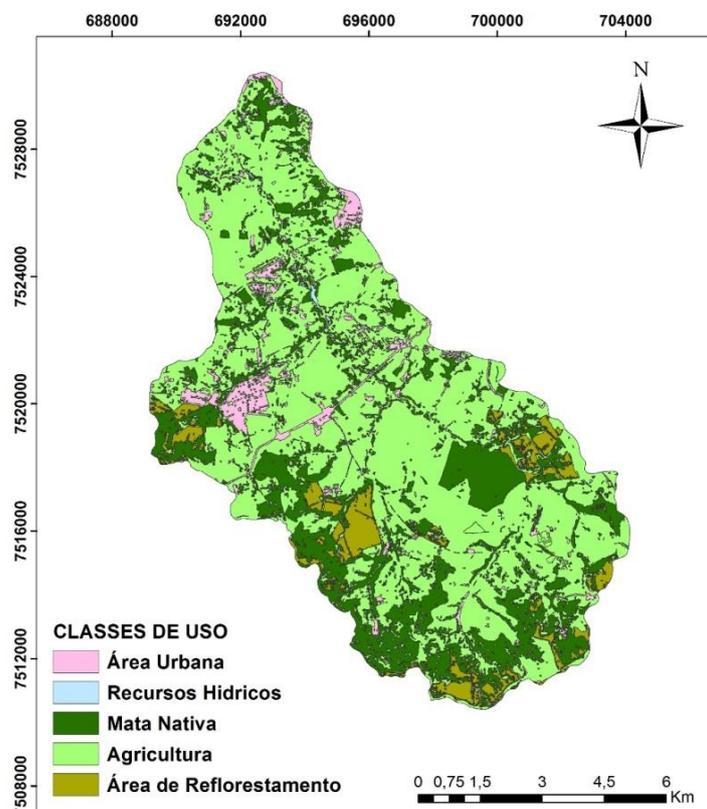


Figura 3. Classificação do uso do solo da área de estudo, sub bacia do Alto Batalha.

Pode-se observar que a agricultura ocupa a maior área na sub bacia estudada, cerca de 64% da área total, ou seja, 9.387,65 ha, conforme a Tabela 2, e que em toda a parte central da sub bacia hidrográfica está concentrada a agricultura, podendo ser avistados poucos focos de fragmentos de matas nativas.

A alta erodibilidade dos solos está associada a baixa cobertura do solo pela vegetação nativa. A principal consequência deste impacto é o assoreamento do solo que modifica a qualidade da fauna, da flora e das águas (Andrade et al. 2007). Outro impacto importante de grandes áreas de agricultura é o fato de elas atuarem como barreiras para o deslocamento animal e para a dispersão vegetal, influenciando diretamente na taxa de colonização dos fragmentos (Laurence e Vasconcelos, 2009). Embora a agricultura seja a principal atividade causadora desses impactos, relacionados ao desmatamento e erosão do solo, é uma atividade vital aos países em desenvolvimento, como o Brasil (Wood e Linne, 2005).

Tabela 2. Classes de uso do solo na sub bacia do Alto Batalha.

Classes de uso	Área (ha)	Porcentagem
Área Urbana	827,35	5,65%
Corpos d'água	33,77	0,23%
Mata Nativa	3.643,06	24,83%
Agricultura	9.387,65	63,99%
Área de Reflorestamento	777,53	5,30%

Quando comparados os fragmentos florestais de mata nativa de formas individuais (Tabela 3), pudemos observar o tamanho dos fragmentos, a quantidade e área ocupada pelos mesmo.

Tabela 3. Fragmentos florestais da sub bacia do Alto Batalha.

Tamanho dos fragmentos (ha)	Quantidade de fragmentos		Área total dos fragmentos		Área total (%)
	nº	%	ha	%	
Abaixo de 20,0	1133	98,78	1.044,58	28,67	7,12
20,0 – 100,0	9	0,78	384,59	10,56	2,62
Acima de 100,0	5	0,44	2.213,89	60,77	15,09

Foram encontrados 1.147 fragmentos florestais de mata nativa, sendo nítida a predominância de fragmentos com menos de 20 ha, 1133 fragmentos, que abrangem um total de 28,67% da área total ocupada pela mata nativa. Segundo Marcelino (2007), quanto menor for o fragmento, maiores as consequências deletérias em relação as grandes florestas contínuas.

Fernandez (2004) afirmou que, quanto mais isolados, e expostos os fragmentos estiverem, uma série de micro alterações começam a ocorrer em cadeia, desencadeando mudanças e alterações ainda mais profundas no interior do fragmento e na paisagem como um todo.

Devido a essas alterações, a comunidade animal começa a ser afetada também. Ocorre a perda do habitat natural, causando a exclusão de espécies raras ou endêmicas, o aumento da vulnerabilidade de espécies remanescentes pela redução da população, a diminuição das taxas de migração e o isolamento geográfico dos animais (Laurance e Vasconcelos, 2009).

A sub bacia também apresenta fragmentos de grande extensão (Tabela 3), que possuem área acima de 100 ha, que ocupam 60,77% da área total ocupada pela mata nativa. Fragmentos maiores estão menos sujeitos ao efeito de borda, conseqüentemente possibilitando a melhor conservação ambiental dentro do mesmo, além da ocorrência de maior quantidade de espécies, quando comparado aos fragmentos menores (Bierregard et al, 2001; Ludwig et al., 2001).

Os grandes fragmentos são muito importantes no panorama geral da conservação dos recursos naturais e das espécies de plantas e animais (Shea et al, 1998).

#### 4. Conclusões

Pode-se concluir que a sub bacia do Alto Batalha tem grande influência da agricultura, e que mais de 50% de sua área total está ocupada pela mesma.

Os fragmentos florestais com área menor que 20 ha predominam a paisagem, o que torna a sobrevivência da fauna e da flora mais difícil, devido aos impactos e distúrbios causados pela fragmentação.

A sub bacia também apresenta grandes fragmentos florestais que podem ser essenciais para a manutenção da biodiversidade da área de estudo.

A fusão da imagem do satélite CBERS 4 foi fundamental para a definição das amostras no processo de classificação da imagem.

#### Referências

Al-Ahmadi, F. S.; Hames, A. S. Comparison of four classification methods to extract land use and land cover from raw satellite images for some remote arid areas, Kingdom of Saudi Arabia. **JKAU; Earth Sci**, v. 20, n. 1, pp. 167-191, 2009.

Almeida, C. G. de. **Análise espacial dos fragmentos florestais na área do parque nacional dos campos gerais, Paraná.** 2008. 74 p. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Programa de Pós-graduação da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2008.

Andrade, E. M. de; et al. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.683-690, 2007.

Bierregaard, R. O.; et al. **Lessons from Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest.** Yale University Press, New Haven & London. 2001. 478 p.

Borges, A. F.; et al. Avaliação de técnicas de fusão aplicadas à imagem GeoEye. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 7950-7957. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0861.pdf>>. Acesso em: 02 de outubro de 2016.

Boscolo, D. **Influência da estrutura da paisagem sobre a persistência de três espécies de aves em paisagens fragmentadas da Mata Atlântica.** 2007. 244 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Biociência da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

Câmeras Imageadoras CBERS 3 e 4. Disponível em: <[http://www.cbears.inpe.br/sobre\\_satelite/cameras\\_imageadoras\\_cbears3e4.php](http://www.cbears.inpe.br/sobre_satelite/cameras_imageadoras_cbears3e4.php)>. Acesso em: 01 de outubro de 2016.

Cantinho, R. Z.; et al. (2010). Definição de áreas prioritárias para restauração Florestal no Vale do Paraíba. In: Seminário de atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados à Engenharia Florestal, 9., 2010, Curitiba, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2010. Artigos, p. 626-633. Disponível em: <<http://plutao.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/plutao/2010/12.02.13.12.27/doc/cantinho%20definicao.pdf?languagebutton=on=en>>. Acesso em: 01 de outubro de 2016.

Crosta, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Editora da Unicamp. Campinas, SP: IG/Unicamp. 1993. 170p.

Demarchi, J. C.; et al. Métodos de classificação de imagens orbitais para o mapeamento do uso do solo: estudo de caso na Sub-Bacia do Córrego das Três Barras. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p. 2644-2651. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0678.pdf>>. Acesso em: 01 de outubro de 2016.

Fernandez, F. A. S. **O poema imperfeito: crônicas de biologia, conservação da natureza e seus heróis.** 2.ed. Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná, 2004. 258 p.

Laurance, W. F.; Vasconcelos, H. L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 3, p. 434-451, 2009.

Lord, J. M.; Norton, D. A. Scale and the spatial concept of fragmentation. **Conservation Biology**, v. 2, n. 4, p. 197-262, 1990.

Ludwig, D.; et al. Ecology, conservation, and public policy. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 32, pp. 481-517. 2001.

Marcelino, V.R. **Influencia da fragmentação florestal e da estrutura da vegetação na comunidade de aves da Fazenda Figueira, Londrina – PR.** 2007. 101 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba/SP, 2007.

Martins, I. C. M.; et al. Diagnóstico ambiental no contexto da paisagem de fragmentos florestais naturais “IPUCAS” no município de lagoa da confusão, Tocantins. **Revista Árvore**, v. 26, n. 3, p. 299-309, 2002.

Mascarenhas, L. M de A.; et al. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 1, p. 5-18, 2009.

- Oliveira, H. N. B. de. **Segmentação e classificação de imagens LANDSAT TM**. 1999. 97 p. Dissertação (Pós-graduação em Informática) – Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1999.
- Putz, F. E.; et al. Tropical forest management and conservation of biodiversity: an overview. **Conservation Biology**, v. 1, n. 15, p. 7-20, 2001.
- São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. **Relatório de qualidade ambiental do Estado de São Paulo 2006**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2006. 498p.
- Sartori, A. A. da C. **Análise multicritérios na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais**. 2010. 112 p. Dissertação (Mestrado em agronomia, energia na agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu. 2010.
- Schneider, M. J.; et al. Experimentos em fusão de imagens de alta resolução. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 9, n. 1, p.75-88, 2003.
- Shea, K.; et al. Management of populations in conservation, harvesting and control. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 13, n. 9, pp. 371-375. 1998.
- Viana, V. M.; Pinheiro, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n.32, p. 25-42, 1998.
- Vrabel, J. Multispectral imagery band sharpening study. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 62, n. 9, p. 1075-1083, 1996.
- Wood, D.; Linne, J.M. Received wisdom in agricultural land use policy: 10 years on from Rio. **Land Use Policy**, v.22, p. 75-93. 2005.