

Mapeamento da cobertura da terra no município de Alfenas-MG utilizando imagens do satélite RapidEye

Nelson Oliveira de Almeida Filho¹
Ericson Hideki Hayakawa²
Bruno Rodrigues do Prado³

¹Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL
Caixa Postal 37130-000 – Alfenas – MG, Brasil
nelson.noa@hotmail.com

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná – GEOGRAFIA-GEA/UNIOESTE
CEP 85960-000 – Marechal Cândido Rondon – PR, Brasil.
ericson_geo@yahoo.com.br

³Imagem - Soluções de Inteligência Geográfica
CEP 12216-440 – São José dos Campos - SP, Brasil
bprado@img.com.br

Abstract: The knowledge about land use and land cover is fundamental to several actions to planning and organize the earth surface and to identify the agents of changes. In this context, remote sensing data and digital image processing techniques has been widely utilized, and actually Brazil is an important benchmark in actions involving the land use and land cover mapping. The main goal of this research is to apply the classification in RapidEye multispectral image in Alfenas-MG for mapping and quantifying the following land cover and land use classes: water, bare soil, cultures of coffee, pasture and cultures of sugarcane, natural forest fragments, urban areas and eucalyptus plantations. The methodology involves ISOSEG unsupervised classification, based in a segmented image. The final result is a land cover and land use map, with high concordance level, demonstrated by the global kappa index of 0,83. The values overall accuracy and Kappa found indicate the quality of the generated map. The main errors were observed in vegetation classes, as forest fragments, coffee cultures and eucalyptus plantations. The high spatial resolution (5m) and radiometric resolution (12 bits) images of RapidEye satellite also contributed to better delineate the classes of interest. There is a need of a systematic tracking of the region to map land cover and land use changes, as a mean to monitoring the patterns of change.

Palavras-chave: mapeamento, Alfenas, RapidEye, uso e cobertura da terra, mapping, land use and land cover.

1. Introdução

O conhecimento e a representação do uso e cobertura da terra sempre foram de interesse da sociedade e sua origem remonta há vários séculos. Essa atividade é de importante e subsidia diferentes áreas do conhecimento científico (e.g., geografia, agronomia, biologia, florestal, arquitetura, etc.). O mapeamento da dinâmica do uso e cobertura da terra é fundamental para inúmeras ações de planejamento e gestão do espaço geográfico, registrando a variabilidade e peculiaridades de diferentes áreas de interesse. Atualmente, em território brasileiro, é possível identificar uma série de iniciativas que promovem o mapeamento sistemático do uso e ocupação da terra. Dentre essas iniciativas podemos destacar o Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia - PRODES (INPE, 2008), o Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real na Amazônia - DETER (INPE, 2008), o CanaSat (Rudorff, et al., 2010), e o CafeSat (Moreira et al., 2008).

No Brasil, os primeiros esforços consolidados com o objetivo de identificar e mapear o uso e cobertura da terra remete às décadas de 1930 e 1940 (IBGE, 2006). Nesse período, os objetivos consistiam na busca de informações sobre o processo de colonização ou o reconhecimento das áreas ainda desconhecidas ou pouco descritas. Nas décadas seguintes, nos anos de 1950 e 1960, os esforços estavam voltados para contextualizar os processos

produtivos existentes, obtidos a partir da identificação dos padrões espaciais de uso e cobertura. A partir da década de 1970, quando os processos de classificação do solo passaram a estar consolidados, surgiram procedimentos padronizados para o mapeamento.

As possibilidades do mapeamento do uso e cobertura da terra foram significativamente melhoradas a partir da década de 1970, devido o surgimento das primeiras imagens de satélites, bem como do aprimoramento das ferramentas de processamento digital de imagens. Baseando-se em sensoriamento remoto, atualmente o Brasil é uma das referências mundiais em projetos de mapeamento sistemático de uso e ocupação da terra em largas escalas. Atualmente, o bioma com maior número de iniciativas dessa natureza, baseando-se principalmente em dados obtidos por sensoriamento remoto, é o Amazônico. O entendimento e monitoramento dessa dinâmica são fundamentais, visto que alterações no uso e cobertura da terra promovem impactos diversos sobre os ecossistemas locais, geram redução da biodiversidade, promovem degradação dos solos, criam tensões sociais e aceleram profundas alterações nos ciclos hidrológicos (Houghton et al., 2000; Carreiras et al., 2005; Fearnside, 2005; Vieira et al., 2005), bem como impactos atmosféricos decorrentes da emissão de gases do efeito estufa, com destaque para o dióxido de carbono (Moram, 2000; Roberts et al., 2003; Rosenqvist et al., 2003; Vieira et al., 2003).

Conhecer essa dinâmica é fundamental, independente da área do estudo, visto a geração de subsídios necessários para ações e políticas públicas de uso adequado do território. Neste contexto, a região de Alfenas, uma das principais cidades do sul do estado de Minas Gerais, e expressiva região produtora de café, ainda carece de informações referentes ao entendimento do uso e cobertura da terra. As informações produzidas por iniciativas dessa natureza poderão ser empregadas como importante instrumento para projetos de planejamento e gestão do uso da terra.

2. Materiais e Métodos

Este trabalho utilizou uma cena coletada pela constelação de satélites RapidEye na data de 07/05/2010. A imagem possui nível de processamento 3A, o qual inclui ortoretificação e tamanho do pixel de 5m. A imagem contém as bandas do azul (440-510nm), verde (520-590nm), vermelho (630-690nm), *rededge* (690-730nm) e infravermelho próximo (760-880nm) e resolução radiométrica de 12 bits. Os aplicativos utilizados para o processamento digital das imagens e estruturação do bando de dados foram os softwares ArcGIS 10 e Spring 5.2 (Câmara et al., 1996). O banco de dados geográfico foi estruturado em Projeção UTM - Fuso 23 sul e Datum Sirgas 2000.

A área de estudo abrange parte do município de Alfenas - MG (Figura 1). Este se localiza na Macro Região Sul/Sudeste desse estado. Inserida na bacia hidrográfica do Rio São Tomé, o município de Alfenas possui uma área de aproximadamente 848 km², e está a uma altitude média de 855m em relação ao nível do mar, sendo banhado pela represa da UHE (Usina Hidrelétrica de Furnas). A região destaca-se pela atividade agropecuária, principalmente pecuária bovina e cultura de café.

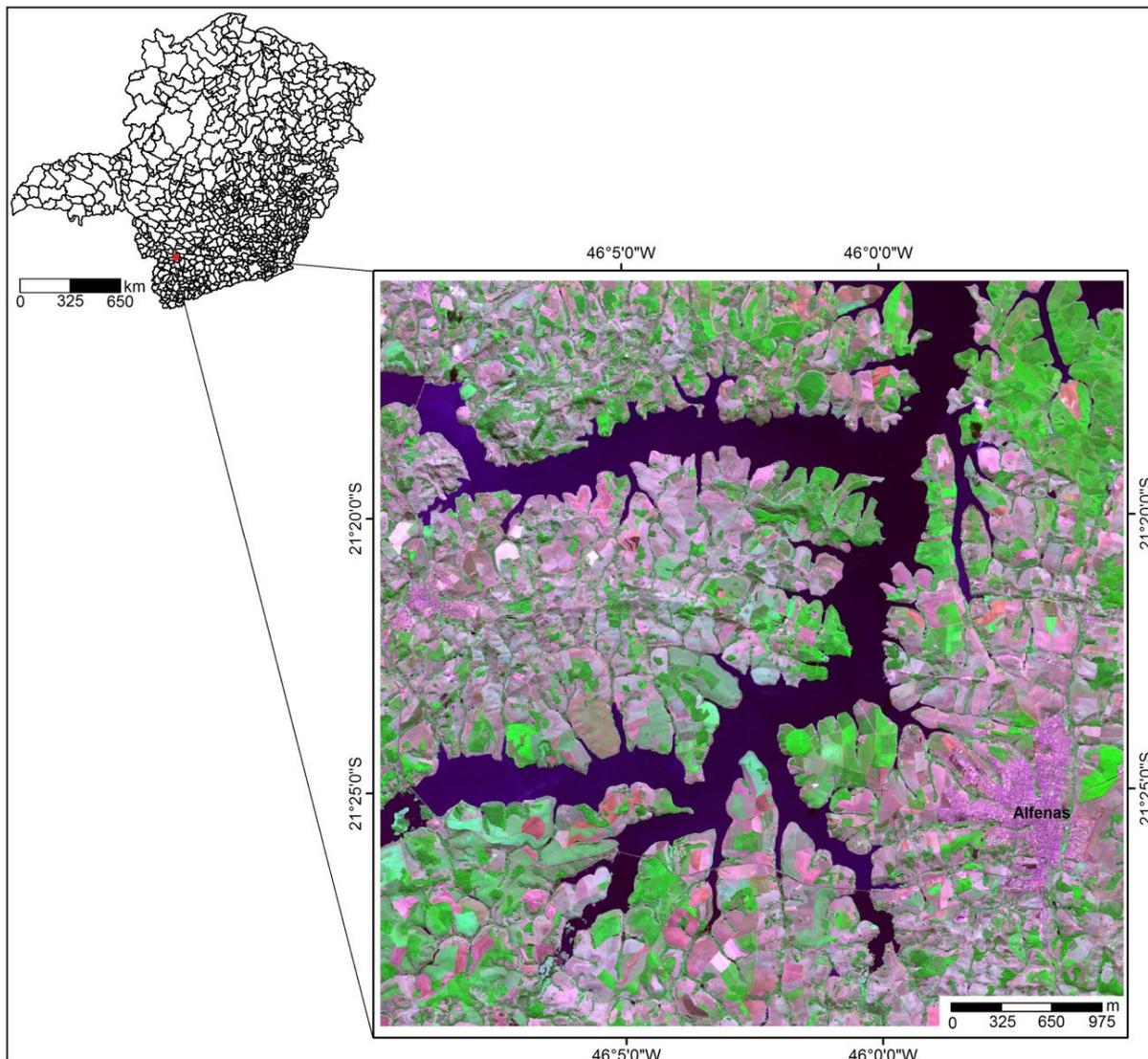


Figura 1. Área de estudo. Imagem RapidEye, na composição 3R5G2B.

Fluxo de trabalho utilizado para o mapeamento seguiu as etapas descritas no fluxograma ilustrado na Figura 2.

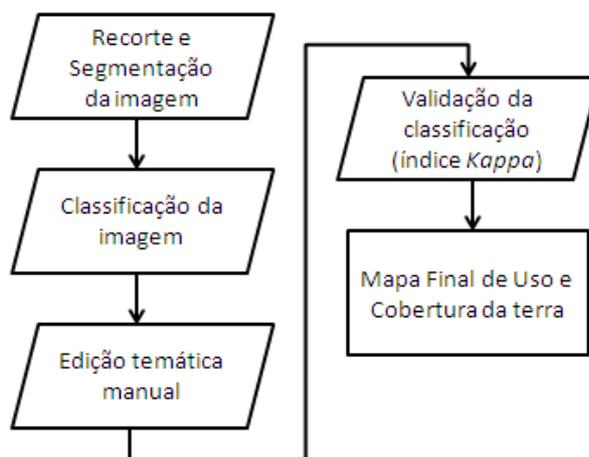


Figura 2. Fluxograma das atividades realizadas.

O trabalho utilizou a técnica de classificação digital ISOSEG. A etapa de segmentação foi efetuada como pré-requisito da classificação. Baseando-se no método de crescimento de regiões, e na realização de testes para a definição dos limiares de similaridade e área (*pixels*), foram adotados respectivamente o valor 100 e o valor 200. Por se tratar de uma imagem com alta resolução radiométrica, o valor 100 de similaridade foi suficiente para a geração de um elevado número de segmentos, contribuindo assim para a identificação dos diferentes alvos de interesse. Devido ao tamanho do pixel de 5m, o valor de área de 200 garantiu a obtenção de segmentos correspondentes a grande maioria dos alvos de representatividade espacial. Em relação ao procedimento de classificação, utilizou-se o algoritmo ISOSEG, implementado no software Spring 5.2. Esse classificador é um algoritmo de agrupamento de dados não supervisionados, que dever ser aplicado sobre o conjunto de regiões, que por sua vez são caracterizadas por atributos estatísticos de média, matriz de covariância, bem como pela área definida na fase de extração de regiões (Jensen, 2005; Moreira, 2011;). Esse método de classificação é comumente utilizado para classificar regiões de uma imagem segmentada. O procedimento de classificação considerou apenas a utilização das bandas do verde, vermelho e infravermelho próximo.

Para a classificação foram definidas as seguintes classes de uso e cobertura da terra: i) água, ii) solo exposto, iii) agricultura café, iv) agricultura pastagem e cana de açúcar, v) floresta, vi) área urbana, e vii) silvicultura. A classe água refere-se aos corpos hídricos, como lagos e reservatórios, além da rede de drenagem perene. A classe solo exposto abrange superfícies de solo sem aparente cobertura vegetal ou ocupação antrópica. A classe agricultura café refere-se às áreas que apresentam o cultivo da cultura de café, e a classe agricultura pastagem e cana de açúcar correspondem aos dois respectivos cultivos. A classe floresta corresponde aos fragmentos florestais, e a silvicultura às áreas referentes predominantemente a presença da cultura de eucaliptos. A classe área urbana corresponde aos limites urbanos presentes na área de estudo. Para evitar a confusão do classificador, na identificação da classe de área urbana, optou-se pela geração de uma máscara para os núcleos urbanos, gerada a partir de fointerpretação.

Para verificação da qualidade da classificação foi empregado o índice de concordância *Kappa* (Hudson e Ramm, 1987; Brites et al., 1996; Foody, 2002). Para geração do índice foram selecionadas aleatoriamente 140 amostras representativas, as quais foram arranjadas em uma matriz de erros para proporcionar comparação com a verdade de campo. Em decorrência da ausência de verificação em campo, a elaboração da matriz de confusão baseou-se na identificação de pontos assumidos como verdade de campo a partir de fointerpretação, utilizando como referência imagens de resolução espacial submétrica. A avaliação das classificações utilizou os limiares de concordância estabelecidos por Landis e Koch (1977), e apresentados pela Tabela 1.

Tabela 1. Limiares do índice Kappa e seus graus de concordância

Índice Kappa	Concordância
0.00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito Boa
0,81 a 1,00	Excelente

3. Resultados e discussão

O mapeamento do uso e cobertura do solo a partir das imagens RapidEye, e de técnicas de classificação digital de imagens, alcançaram resultados satisfatórios, fato observado tanto pelo índice *Kappa* considerado como “excelente” (0,83), como também através da percepção visual identificada no mapeamento final (Figura 3).

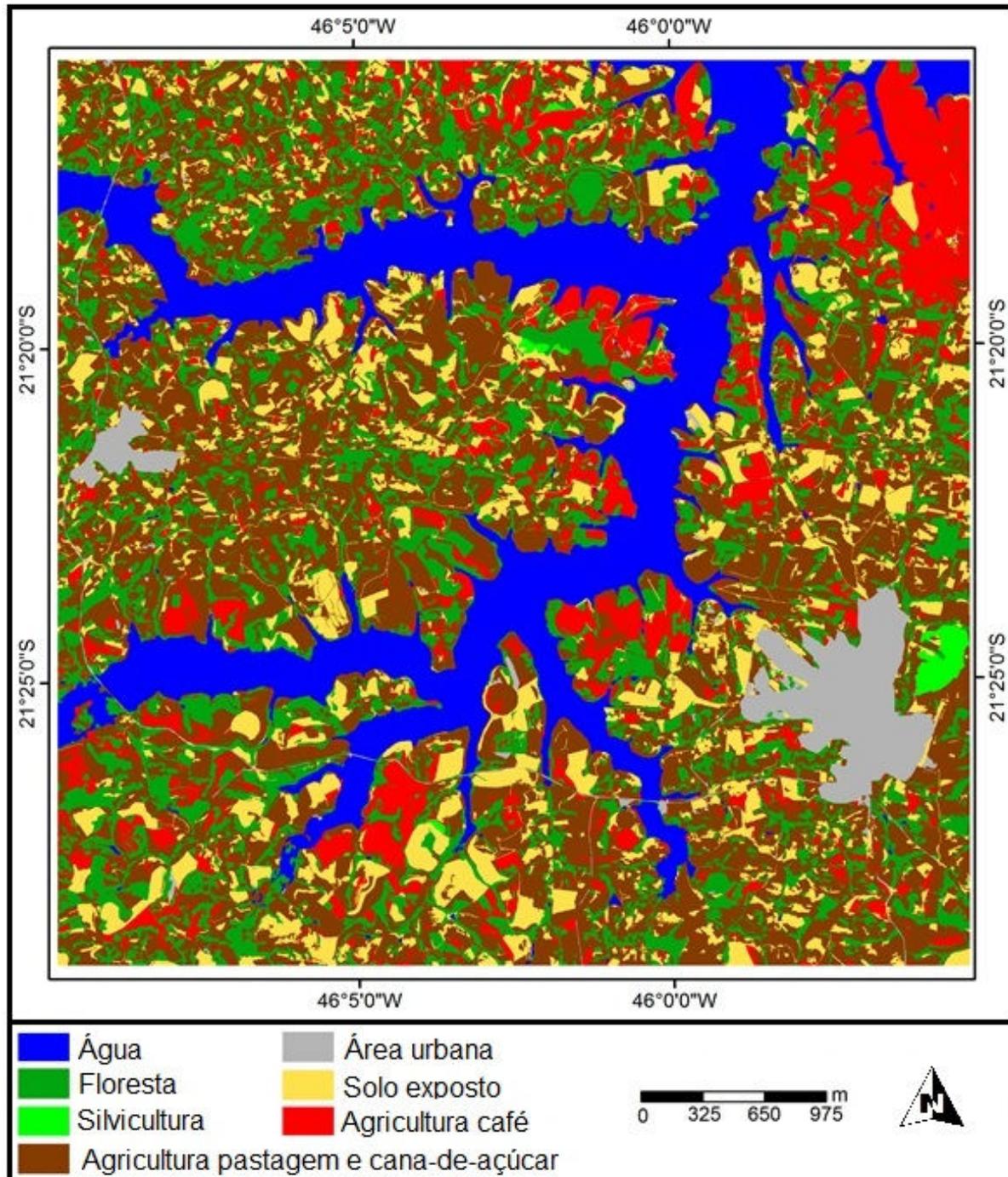


Figura 3. Mapa temático com as classes estabelecidas

De modo geral, os erros mais comuns na classificação (erros de omissão e de comissão) ocorreram entre as classes do tipo ‘solo exposto’, ‘pastagem’ e ‘agricultura’. Por sua vez, a classe de ‘agricultura’ também foi omitida e inclusa erroneamente nas classes referentes à ‘floresta’ e ‘silvicultura’. A confusão do identificada pode ser atribuída pelo comportamento

espectral semelhante entre as feições de vegetação, neste caso, exemplificado pelas classes de café, floresta e eucaliptos. Contudo, mesmo considerando-se os erros, a resolução espacial e radiométrica potencializou a distinção entre as diferentes classes, já que alvos de pequena dimensão também puderam ser diferenciados satisfatoriamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Kazmierczak et al., (2011) em trabalhos de detecção de mudanças utilizando imagens RapidEye para mapeamento de uso e cobertura da terra em regiões do estado de Minas Gerais.

Os resultados obtidos pela classificação demonstram a presença predominante da classe 'pastagem', com cobertura de aproximadamente 35% da área de estudo. Os dados das demais classes são apresentados através da Tabela 2.

Tabela 2. Resultados obtidos pela classificação.

Classes	Km ²	(%)
Água	101,89	16,0 %
Pastagem	219,01	35,0 %
Área Urbana	20,86	4,0 %
Floresta	127,27	20,0 %
Agricultura	77,11	12,0 %
Solo Exposto	76,61	12,0 %
Silvicultura	2,25	1,0 %

4. Conclusão

A utilização das imagens RapidEye, e a metodologia adotada, apresentaram-se adequadas para a finalidade de mapeamento do uso e cobertura da terra. O classificador escolhido obteve índices elevados de concordância, denotando alto grau de qualidade nos resultados finais do mapeamento. Durante as etapas de classificação as maiores confusões ocorreram nas classes que envolviam vegetação, principalmente no mapeamento da agricultura, floresta e silvicultura. De modo geral, a resolução espacial e radiométrica das imagens RapidEye permitem satisfatoriamente a distinção entre as classes selecionadas, subsidiando trabalhos de caracterização do uso e cobertura do solo.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Santiago & Cintra Consultoria pela concessão da licença de uso das imagens RapidEye utilizadas nesse trabalho.

Referências Bibliográficas

- Brites, R. S.; Soares, V. P.; Ribeiro, C. A. A. S. Comparação de Desempenho entre três índices de exatidão aplicados a classificações de imagens orbitais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 8., 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. Artigos, p. 813-821.
- Carreiras, J. M. B.; Pereira, J. M. C. SPOT-4 VEGETATION multi-temporal compositing for land cover change studies over tropical regions. **International Journal of Remote Sensing**, v. 26, n. 7, p. 1323-1346, 2005.
- Câmara, G., Souza, R. C. M., Freitas, U. M., Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling". **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- Fearnside, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 113-123, 2005.

Foody, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing of Environment**, v. 80, n. 1, p. 185-201, 2002.

Houghton, R. A.; Skole, D. L.; Nobre, C. A.; Hacler, J. L.; Lawrence, K. T.; Chomentowski, W. H. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. **Nature**, v. 403, p. 301-304, 2000.

Hudson, W. D.; Ramm, C. W. Correct formulation of the kappa coefficient of agreement. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 53, n.4, p. 421-422, 1987.

Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística (IBGE). **Sistema de referência geocêntrico para a América do Sul: Relatório Final - Grupos de trabalho I e II**. Departamento de Geodésia. Rio de Janeiro, 1997. 100 p.

Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística (IBGE). **Manual Técnico de Uso da Terra**. Manual Técnico em Geociências número 7. 2. ed. Divisão de Geociências. Rio de Janeiro, 2006. 91 p.

INPE – Coordenação Geral De Observação Da Terra. **Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites**. São José dos Campos, 20 de Junho de 2008. Disponível em:
<http://www.obt.inpe.br/deter/metodologia_v2.pdf> Acesso em: 26 Jun. de 2012.

Jensen, J. R. **Introductory Digital Image Processing: A remote sensing perspective**. 3. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2005. 526p.

Kazmierczak, M. L.; Silva, P. H. A.; Caldas, G.; Felix, I. M.; Melo, W. Detecção de mudanças utilizando imagens RapidEye através do *Model Maker* do ERDAS Imagine. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 2011, INPE p.5941**

Landis, J. R.; Koch, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

Moran, E. F.; Brondizio, E. S.; Tucker, J. M.; Silva-Forsberg, M. C.; McCracken, S.; Falesi, I. Effects of soil fertility and land-use on forest succession in Amazônia. **Forest Ecology and Management**, v. 139, p. 93-108, 2000.

Moreira, M. A.. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. 4ª Ed. Viçosa-MG: Editora UFV, 2011. 422p.

Moreira, M. A.; Barros, M. A.; Faria, V. G. C.; Adami, M. Uso da geotecnologia para monitorar a cafeicultura brasileira. Fase II. São Paulo e Minas Gerais. In: XIII Simpósio Latino Americano De Percepção Remota Y Sistemas De Informacion Espacial, 2008, Havana,Cuba, v. CD-ROM.

Rudorf, B. F. T.; Aguiar, D. A.; Silva, W. F.; Sugawara, L. M.; Adami, M.; Moreira, M. A. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sensing**, v. 2, n. 4, p. 1057-1076, 2010.

Roberts, D. A.; Keller, M.; Soares, J. V. Studies of land-cover, land-use, and biophysical properties of vegetation in the Large Scale Biosphere Atmosphere experiment in Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, p. 377-388, 2003.

Rosenqvist, A.; Milne, A.; Lucas, R.; Imhoff, M.; Dobson, C. A review of remote sensing technology in support of the Kyoto Protocol. **Environmental Science & Policy**, v. 6, n. 5, p. 441-455, 2003.

Vieira, I. C. G.; Almeida, A. S.; Davidson, E. A.; Stone, T. A.; Carvalho, C. J. R.; Guerreiro, J. B. Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, p. 470-481, 2003.

Vieira, I. C. G.; Silva, J. M. C.; Toledo, P. M. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 153-164, 2005.