

Análise multitemporal da cobertura da terra na micro-bacia hidrográfica do Rio Macururé, BA

Daniela Pinheiro Bitencurti Ruiz-Esparza ¹

Douglas Vieira Góis ¹

Felippe Pessoa de Melo ¹

Juan Ruiz-Esparza ¹

Rosemeri Melo e Souza ¹

¹ Universidade Federal de Sergipe - UFS

Av. Marechal Rondon, S/N, Pólo de Gestão/Pós-Graduação, sala 01. São Cristóvão - SE,
Brasil

{danibitencurti}@yahoo.com.br, {douglasgeograf, felippemelo,
juancolorado21}@hotmail.com, {rome}@ufs.br

Abstract. This study aims to conduct a multi-temporal analysis of land cover in the sub-basin of the Macururé River, BA, for the decades of 1980, 1990 and 2000. Therefore, the following procedures were performed: field work, acquisition and processing of satellite images (geometric correction, registration, classification, post-classification, photointerpretation), construction of thematic maps and analysis of the collected data. The results indicate that although there isn't much variation between classes during the three decades, it can be noted that the class with greater soil protection, the trees and shrubs, is the one occupying less space inside the area of the sub-basin, which allows a greater loss of soil by erosion and, therefore, aggradation of the watercourse. Moreover, the multi-temporal approach offers effective tools to the monitoring of deforestation through the delimitation, location and quantification of the degraded areas in the study area and it may subsidize the recovery activities of degraded areas.

Palavras-chave: remote sensing, multitemporal analysis, Sub-basin, sensoriamento remoto, análise multitemporal, Sub-bacia hidrográfica.

1. Introdução

A micro-bacia do Rio Macururé, pertence a Bacia do Rio São Francisco fazendo parte do bioma Caatinga. No Brasil, 95% das áreas suscetíveis à desertificação estão na Caatinga (MMA, 2011). Diante disso, o monitoramento e o combate do desmatamento, assim como a criação de atividades sustentáveis, são objetivos que devem ser utilizados para conter a desertificação protegendo a Caatinga. Diversos efeitos da degradação da Caatinga no Nordeste podem ser observados, como a exposição excessiva dos solos a insolação devido ao desmatamento, diminuição da disponibilidade de água, perda da umidade e redução da biodiversidade da Caatinga, assoreamento do Rio São Francisco (Leal et al., 2003).

A biodiversidade alta da Caatinga possui inúmeros endemismos (Silva et al., 2004). Por ser uma região árida inserida na diagonal de formações abertas secas (Zanella, 2010), a Caatinga funciona como um importante laboratório para estudos da flora e da fauna que se adaptam a seu regime de chuvas fortemente variável e estressante (Leal et al., 2005).

Realizar os mapeamentos e análises da cobertura da terra neste bioma são ferramentas utilizadas por órgãos públicos e privados como auxílio ao ordenamento territorial e ambiental (Weckmüller & Vicens, 2013).

O sensoriamento remoto é uma das tecnologias que permite realizar medições da vegetação em diferentes escalas temporais e espaciais (Carvalho Júnior et al., 2008). Dados provenientes de diferentes sensores orbitais e aerotransportados encontram-se disponíveis para pesquisas, onde se incluem a obtenção e análise de imagens multitemporais (Carvalho Júnior et al., 2006).

Segundo Novo (2011), a análise multitemporal, que é a manipulação de imagens de satélite de uma mesma área em datas diferentes, é uma técnica de mapeamento muito utilizada para o mapeamento e monitoramento da cobertura vegetal.

Como consequência das profundas alterações pelas quais vêm passando, a Caatinga apresenta grandes extensões onde a desertificação já se encontra instalada, existindo uma relação estreita entre este tipo de degradação, a vegetação e os solos, sendo o seu desenvolvimento iniciado com as modificações que venham a diminuir a presença da cobertura vegetal por períodos prolongados, aumentando os processos erosivos e deteriorando as propriedades físicas, químicas, biológicas e econômicas do solo (CCD, 1995).

Portanto, tendo em vista o processo de degradação ambiental em regiões semiáridas e a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, destaca-se a importância da análise da dinâmica do uso do solo para o diagnóstico do estado ambiental da área, podendo assim subsidiar ações voltadas ao manejo do solo e gestão dos recursos hídricos na sub-bacia hidrográfica.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo realizar análise multitemporal da cobertura da terra na micro-bacia hidrográfica do Rio Macururé, BA, para as décadas de 1980, 1990 e 2000.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de estudo

A área de estudo compreende a micro-bacia do Rio Macururé, que se localiza no setor submédio da Bacia do Rio São Francisco, com uma área de aproximadamente 4.921 km². Abrange os municípios de Abaré, Chorrochó, Macururé, Jeremoabo e Rodelas, no estado da Bahia (Figura 1).

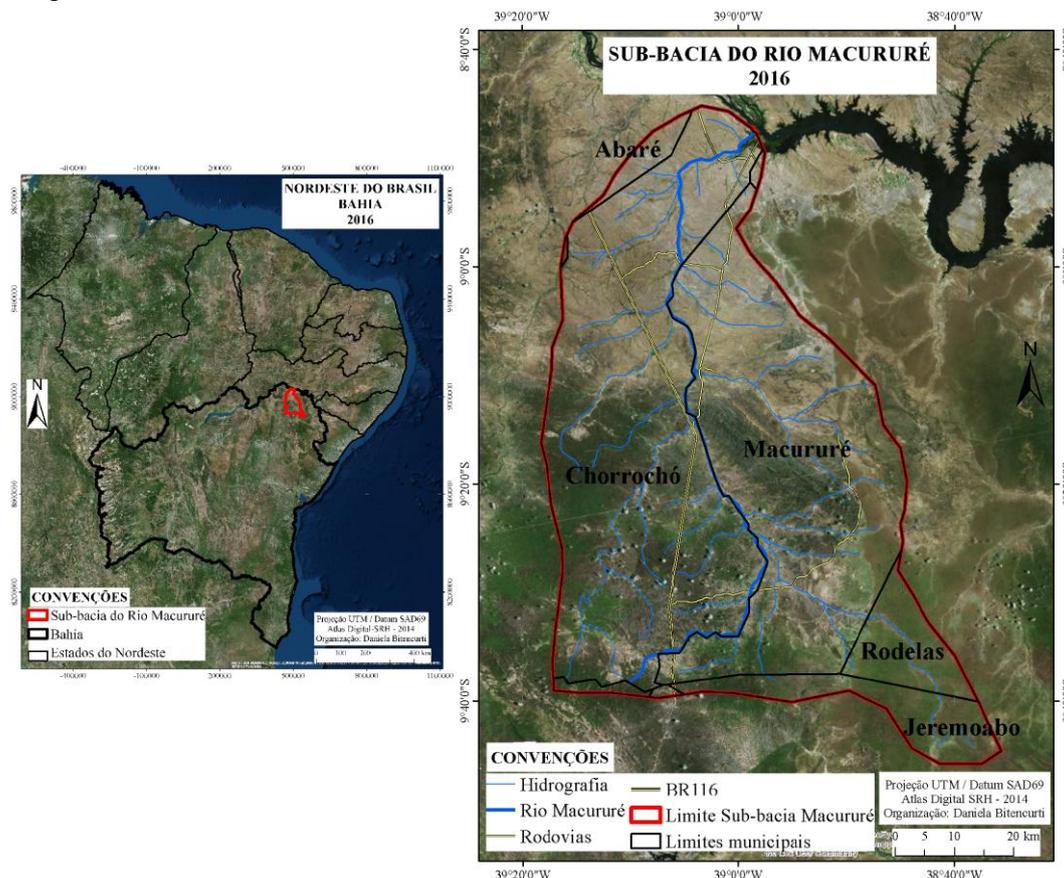


Figura 1 - Localização da área de estudo. Fonte: SRH (2014).

Na área de estudo, as temperaturas máximas oscilam entre 26 e 33 graus e as mínimas entre 16 e 22 graus. Dois regimes pluviométricos foram identificados no território: o árido – com precipitações oscilando entre 300mm e 500mm – e o semiárido, com chuvas anuais entre 500mm e 800mm, concentrando-se sobretudo entre a primavera e o verão (CBHSF, 2011).

2.2. Processamento das imagens

Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, coletadas nos arquivos da Divisão de Geração de Imagens (DGI, 2010) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) de Cachoeira Paulista referentes às décadas de 1980, 1990 e 2000. As características principais para seleção foram: cobertura mínima de nuvens e melhor visibilidade, além de uma adequada qualidade radiométrica. Foram utilizadas as cenas 216-66 (06/10/2010, 30/09/1999, 23/10/1987) e 217-67 (22/12/2003, 10/12/1993, 07/10/1987).

O registro dessas imagens foi realizado através do software SPRING 5.2.6 que realiza a transformação geométrica que relaciona as coordenadas de uma imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência (Câmara et al. 2005). Foram utilizadas imagens base já com correções geométricas de alta precisão e mesma resolução espacial (30 x30 m) da NASA (National Aeronautics and Space Administration) (NASA, 2010). Foi utilizado o Sistema de Projeção UTM (Universal Transversor de Mercator) e datum SAD69 (South American Datum 1969).

Após a seleção de áreas para análise nas imagens de satélite, foram realizadas visitas a campo para registrar pontos de controle através do receptor GPS (Geographic Positioning System) Gpsmap 64, com projeção UTM, Datum SAD69, e fotografados todos os pontos vistoriados de acordo com as classes definidas para a classificação (Caatinga arbórea, Caatinga arbórea-arbustiva, Caatinga arbustiva e Pasto).

Para auxiliar na classificação das imagens, foram geradas novas imagens distribuídas entre as operações IV (Índice de Vegetação) e ACP (Análise por Componentes Principais) para as cenas das três décadas de estudo. O Índice de Vegetação (IV), que é a razão entre duas bandas espectrais, se refere às medidas quantitativas, baseadas nos valores digitais, que tentam medir biomassa ou vigor vegetativo. Esta nova imagem de IV foi gerada no software SPRING 5.2.6, através da aplicação da subtração de bandas (B4 - B3) para identificação de diferentes tipos de cobertura vegetal. Um índice de vegetação com alto valor de brilho indica pixels cobertos por uma alta proporção de vegetação viva (Santos et al., 2010).

A Análise por Componentes Principais (ACP), pode ser empregada no estudo multitemporal da dinâmica da paisagem, gerando imagens dos parâmetros brilho e verdor a partir da primeira e da segunda componentes principais, respectivamente, e reduz ou remove a redundância espectral (Jesus & Epiphanyo, 2010). Estas análises e gerações de novas imagens foram realizadas no SPRING 5.2.6, utilizando as bandas 3, 4 e 5 do satélite Landsat 5.

Utilizamos também a técnica de fotointerpretação visual, onde identificamos os elementos básicos de leitura de uma fotografia ou imagem: tonalidade e cor; forma e tamanho; padrão; textura; associação e sombra (Moreira, 2011).

Para a classificação das imagens, foi utilizado o método de classificação por distância euclidiana, que é um procedimento de classificação supervisionada que utiliza esta distância para associar um pixel a uma determinada classe (Liu, 2015). Para a definição das classes temáticas foram consideradas as características de resposta espectral dos alvos de interesse, a observação em campo das formas de uso do solo dominantes e a capacidade das imagens orbitais utilizadas neste estudo em separar feições (Oliveira et al., 2015; Oliveira et al., 2013). O primeiro passo em um processo de classificação multiespectral é o treinamento. Treinamento é o reconhecimento da assinatura espectral das classes (Tso & Mather, 2009). Os campos de treinamento foram coletados através do software SPRING 5.2.6 através da

digitalização vetorial, onde os polígonos foram gerados a partir dos dados coletados em campo. A criação dos polígonos foi feita sobre as imagens Landsat, identificando as áreas mais homogêneas possíveis para cada classe.

A classificação também foi realizada no software SPRING 5.2.6 para cada cena separadamente, pois foram utilizadas as bandas originais (3, 4 e 5), assim como as novas bandas geradas de cada cena (o IV, a ACP1 e a banda 5 com correção radiométrica).

Após a classificação, foi realizado o processo de pós-classificação para uniformizar os temas, ou seja, eliminar pontos isolados, classificados diferentemente de sua vizinhança. Também utilizada para resolver possíveis confusões e erros de mapeamento (Gonçalves et al., 2006). O resultado é uma imagem classificada com aparência menos ruidosa. As pós-classificações foram geradas no SPRING 5.2.6, onde, após testes e comparações, utilizamos peso 3 e limiar 3.

Uma vez realizada a classificação das imagens, torna-se necessário fazer uma pré-auditoria do mapeamento resultante (Câmara et al. 2006). Essa etapa é denominada de “edição”, realizada por um fotointérprete, com a tarefa de analisar minuciosamente (diretamente na tela do computador tendo como plano de fundo, para comparabilidade, a imagem original em composição colorida) os polígonos temáticos gerados pela classificação. Os polígonos mapeados são aceitos ou reclassificados em outras categorias de uso da terra, baseado na experiência do fotointérprete, que avalia padrões e aspectos de contexto. As análises foram feitas no SPRING 5.2.6.

3. Resultados e Discussão

Identificamos em campo, que certas áreas sofrem pouca influência antrópica, muitas pelo difícil acesso, relevo acentuado e distâncias dos centros urbanos, como estas áreas de Caatinga arbórea-abustiva observadas na figura 2. Tais áreas são potencialmente interessantes para realizar estudos de espécies animais e vegetais, dado a pouca mudança na cobertura vegetal e isolamento durante as décadas analisadas.

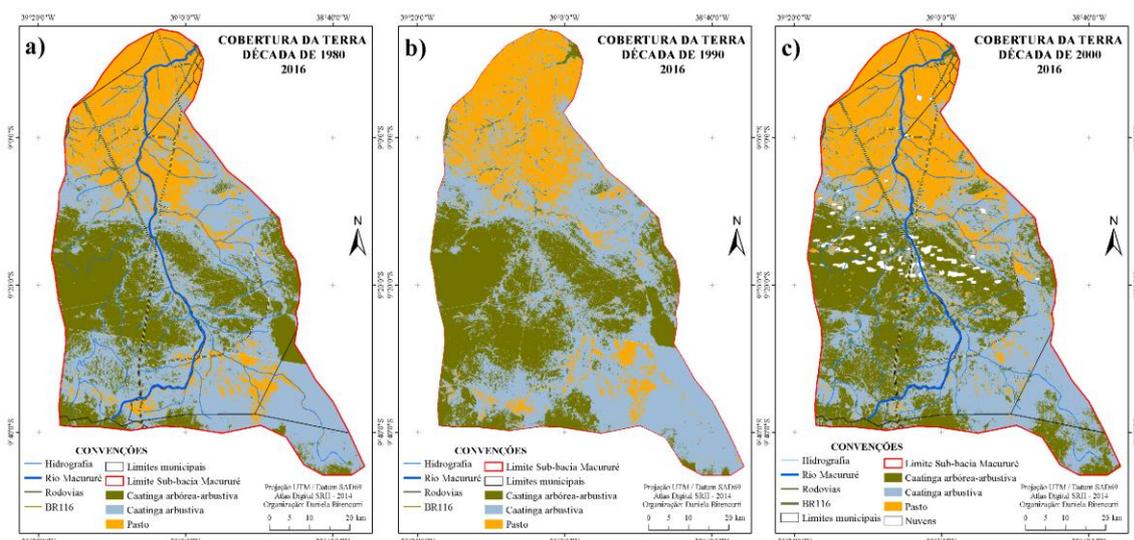


Figura 2 - Mapa de cobertura do solo da terra da área de estudo: a) década de 1980, b) década de 1990 e c) década de 2000.

As áreas classificadas para as três décadas em estudo estão descritas na tabela 1. Existe uma pequena diferença nas áreas classificadas em relação ao total, já que cenas são de décadas distintas e existem algumas diferenças comuns em relação a passagem do satélite,

onde no início e no final de coleta de cada cena podem ocorrer variações. A tabela 1 apresenta o cálculo das áreas classificadas assim como suas porcentagens em relação ao total classificado de cada década. As classes totais para cada década apresentam uma diferença devido a passagem do satélite, onde o início e final de uma cena possuem pequenas variações.

Tabela 1 – Total de áreas classificadas e porcentagens por década.

Classes	Area km ²		
	1980 (%)	1990 (%)	2000 (%)
Caatinga arbórea-arbustiva	1389,22 (28,23%)	1624,44 (33%)	1675,62 (33,39%)
Caatinga arbustiva	2378,06 (48,33%)	2268,11 (46,09%)	2015,07 (40,15%)
Pasto	1153,00 (23,43%)	1028,52 (20,90%)	1216,19 (24,23%)
Nuvens	0,00	0,00	111,49 (2,22%)
	4920,30	4921,08	5018,38

Podemos observar um pequeno aumento da classe Caatinga arbórea-arbustiva nas décadas de 1990 e 2000, e neste mesmo período houve uma diminuição da Caatinga arbustiva de quase 5%, a classe pasto foi relativamente constante ao longo das três décadas representando menos de 25%. No geral, a variação da cobertura vegetal desta micro-bacia não sofreu tanta mudança ao longo das três décadas.

Outro fator importante em relação à pouca mudança da cobertura vegetal é o tipo de solo associado ao relevo, onde áreas mais montanhosas, de mais difícil acesso, comumente são mais conservadas. Outra característica comum entre todas as áreas é a distância em relação às sedes municipais, o que significa outra vantagem já que tem menor pressão antrópica direta.

Também observamos uma grande área nos municípios de Ábore, Chorró e Macucuré classificada como pasto, que se manteve nas três décadas (Figura 3). Esta área possui basicamente solo Solonetz-Solodizado, que apresentam uma série de fatores limitantes e, por isso, são pouco aptos para agricultura, sendo mais apropriados para pastagens (Oliveira & Carvalho, 2010). Estes solos podem ser eutróficos ou distróficos, quase sempre apresentando bastante pedregosidade e rochiosidade na superfície. Possuem drenagem variando de moderada a acentuada e são, comumente, bastante susceptíveis à erosão, em decorrência de sua reduzida profundidade. São comuns nas partes baixas do relevo nas regiões áridas, semiáridas e naquelas próximas do mar. São desprovidos de cobertura vegetal devido à elevada salinidade (Jacomine, 2002). Além do tipo do solo, podemos também associar a topografia propícia para pastagem e agricultura, neste caso devido a cercania com o rio São Francisco, já que é uma região plana e de mais fácil acesso.

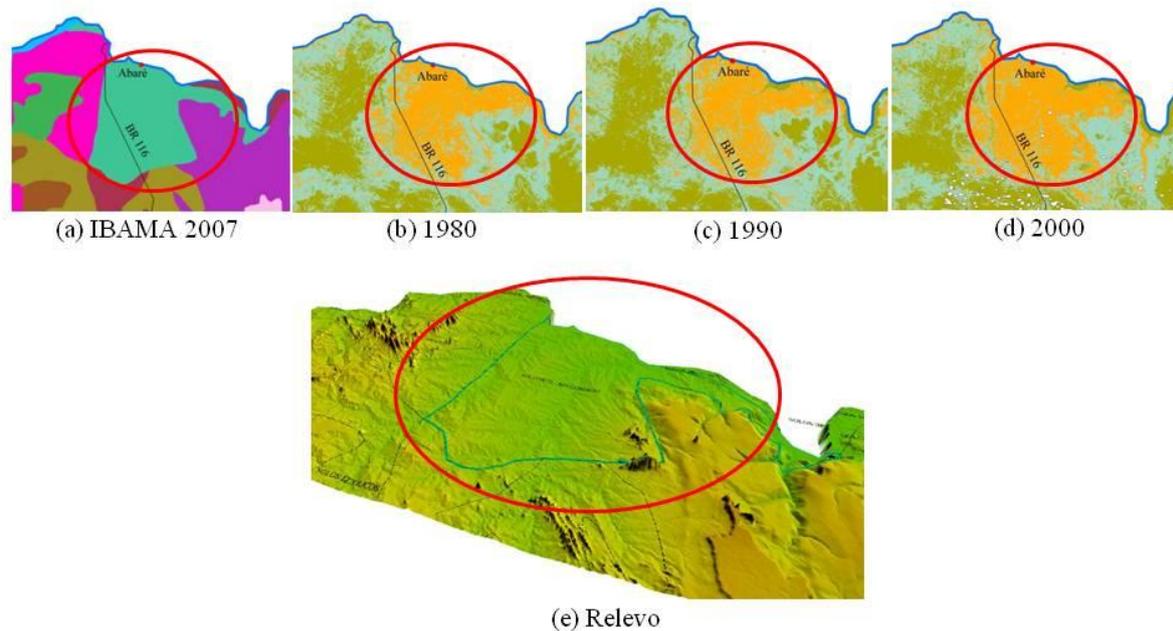


Figura 3 – Recortes dos mapas mostrando uma grande área de solo Solonetz-Solodizado que permaneceu como pasto ao longo das três décadas avaliadas (Ruiz-Esparza, 2014). (a) Solos; (b) Classificação da década de 1980; (c) Classificação da década de 1990; (d) Classificação da década de 2000; (e) Relevo.

Embora não haja muita variação entre as classes durante as três décadas, pode-se destacar que a classe com maior proteção ao solo, a arbórea-arbustiva (tabela 1), é a que ocupa menor espaço dentro da área da sub-bacia, o que possibilita uma maior perda de solos por processos erosivos e, por conseguinte, o assoreamento dos curso d'água.

A predominância de caatinga arbustiva e pastos atestam um maior grau de degradação da área, visto que tais estratos são predominantemente resultantes da sucessão ecológica decorrente da derrubada da cobertura arbórea primária. Nesse contexto, processos de perda de solos ou perda da capacidade produtiva dos mesmos poderão ocasionar o surgimento de áreas degradadas com possibilidade de desertificação da área, caso as práticas degradantes não sejam cessadas.

4. Conclusões

A abordagem multitemporal nos oferece ferramentas eficazes para o monitoramento do desmatamento através da delimitação, localização e quantificação das áreas degradadas ao longo do tempo.

Nesse sentido, a análise da cobertura vegetal da sub-bacia propiciou um diagnóstico da degradação ambiental na área, onde a predominância de baixos estratos vegetacionais não asseguram uma efetiva proteção dos solos frente aos agentes erosivos. Tal condição favorece a perda de solo e conseqüentemente o aumento de áreas com baixa produtividade e/ou improdutivas, visto que os horizontes de solo não criam condições para o desenvolvimento das plantas.

Ademais, o presente estudo poderá subsidiar ações de recuperação de áreas degradadas, apontando locais prioritários para recuperação da vegetação e por conseguinte, garantir a gestão equilibrada dos recursos hídricos na sub-bacia hidrográfica.

Agradecimentos

Agradecemos a CAPES pelo apoio financeiro e concessão de bolsas de estudo que auxiliaram na realização deste trabalho.

Referências bibliográficas

Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2005. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro>. Acesso em: 3 de abr. de 2011.

Câmara, G.; Valeriano, D. M.; Soares, J. V. **Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desflorestamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006. 24 p.

Carvalho Júnior, O. A.; SAMPAIO, C. S.; SILVA, N. C.; COUTO JUNIOR, A. F.; GOMES, R. A. T.; CARVALHO, A. P. F.; SHIMABUKURO, Y. E. **Classificação de padrões de savana usando assinaturas temporais NDVI do sensor MODIS no parque Nacional Chapada dos Veadeiros**. Revista Brasileira de Geofísica, v.26, n.4, p.505-517, 2008.

Carvalho Júnior, O. A.; Hermuche, P.M.; Guimarães, R. F.. **Identificação regional da floresta estacional decidual na bacia do rio Paraná a partir da análise multitemporal de imagens MODIS**. Revista Brasileira de Geofísica. v.24, n.3, p.319-332.

CBHSF. **Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Relatório de Situação CBHSF 2011, 2011.

CCD. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. Tradução: Delegação de Portugal. Lisboa (PT): Instituto de Promoção Ambiental, 1995. 55p

DGI. Divisão de Geração de Imagens. INPE. 2010. Disponível em <http://www.dgi.inpe.br>. Acesso em: 4 de abr. de 2010.

Gonçalves, F.D., Souza-Filho, P.W., Miranda, F.P., Paradella, W.R. (2006) - **Técnicas automáticas para geração de mapas de índices de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo na Baía de Guajará, Belém-PA**. Revista Brasileira de Cartografia., 58(3):255-262. Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Jesus, S. C.; Epiphanyo, J. C. N. **Sensoriamento remoto multissensores para a avaliação temporal da expansão agrícola municipal**. Bragantia. 2010. vol.69, n.4, pp. 945-956.

Leal, I. R.; Silva, J. M.; Tabarelli, M.; Lacher Jr.; T. E. **Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil**. In: **Conservação Internacional do Brasil** (ed.). Megadiversidade. Belo Horizonte, 2005. Vol. 1, p. 139-146. Disponível em: http://www.conservacao.org/publicacoes/files/19_Leal_et_al.pdf

Leal, I.R.; Tabarelli, M.; Silva, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. 2003.

Liu, W.T.S., 2015. Classificação de imagem digital. In: Liu, W.T.S. (Org.), **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. 2 ed. Oficina de Textos, São Paulo, pp. 724-757.

MMA.- Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento por Satélite do Desmatamento no Bioma Caatinga**. Núcleo do Bioma Caatinga – DCBIO/SBF. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Ministério do Meio Ambiente, 2011.

Moreira, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. 4. ed. atual. ampli. – Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011. 422p.

NASA- National Aeronautics and Space Administration. Imagens Landsat. 2010. Disponível em: <ftp://ftp.glcf.umd.edu/>. Acesso em : 19 de ago de 2010.

Novo, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4ª edição. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. 2011.

Oliveira, F. P.; Fernandes Filho, E. I.; Soares, V. P.; Souza, A. L. **Mapeamento de fragmentos florestais com monodominância de aroeira a partir da classificação supervisionada de imagens Rapideye**. Revista Árvore, vol. 37, núm. 1, enero-febrero, pp. 151-161. 2013.

Oliveira, F. P.; Fernandes Filho, E. I.; Souza, A. L. and Soares, V. P. **Mapeamento de Florestas Monodominadas por Myracrodruon urundeuva com Imagens TM - Landsat 5 e Rapideye**. Floresta Ambiente. [online], vol.22, n.3, pp.322-333. 2015. ISSN 1415-0980. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.090114>.

Ruiz-Esparza, D. P. B. **Análise multitemporal do desmatamento no baixo rio São Francisco e diagnóstico sobre as populações de *Callicebus***. 2014. 148p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 2014.

Santos, A. R.; Peluzio, T. M. O.; Saito, N. S. **SPRING 5.1.2. Aplicações e práticas**. Mundo da Geomática. Alegre: CAUFES, 2010.153p.

Silva, J.M.C., M. Tabarelli, M.T. Fonseca & L.V. Lins (orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2004.

Tso, B.; Mather, P. **Classification methods for remotely sensed data**. Danvers: Taylor & Francis Group, 2009.

Weckmüller, R.; Vicens, R. S. **Análise temporal da cobertura da terra do município de Petrópolis/RJ numa abordagem pós-classificação de detecção de mudanças**. Revista Brasileira de Geografia Física, 03, 456-469. 2013.

Zanella, F. C. V. **Evolução da Biota da Diagonal de Formações Abertas Secas da América do Sul**. 2010. In Carvalho, C. J. B. & Almeida, E. A. B. Biogeografia da América do Sul: padrões e processos. São Paulo.