

Levantamento dos remanescentes da cobertura vegetal no município de Brejo, MA: comparação de imagens CCD/CBERS-2 e MODIS/TERRA

Sylvia Leticia Oliveira Silva¹
Juliane Borralho de Andrade²
Fabrício Brito Silva³
João Firminiano da Conceição Filho²

^{1,2} Núcleo Geoambiental / Laboratório de Geoprocessamento
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA
Caixa Postal 09 - 65054-970 - São Luís - MA, Brasil
{sylviaoliveira, julianeuema, filho.10}@bol.com.br

³Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
fabricio@dsr.inpe.br

ABSTRACT. The present work had as objective to accomplish rising of the remainders of the vegetable covering based on the to map and quantification of the area of the municipality of Brejo, MA with the intention of comparing the aptitude and revenue of the images of the sensor ones CCD/CBERS-2 and MODIS/TERRA 2007. It was used two images, being a CBERS and two MODIS, with composition BGR. For verification image NDVI was used, in the same date. In the image MODIS the Lineal Model of Ghasly Mixture was accomplished for generation and images fraction soil, shade and vegetation. It was observed that the Cerrado in the image CBERS occupied 31,46%, while in the image MODIS presented 32,47%. Still, the total of areas showing great antropic action levels was respectively of 14,15% and 7,98%. In this total of areas antropic, it was not possible to establish with accuracy the as of these areas they were altered in areas of Cerrado, due to a great part of this occupation him to find inserted in a transition zone of vegetation, not existing clear limit among them.

Palavras-chave: remote sensing, antropic action, different sensors, sensoriamento remoto, ação antrópica, sensores diferentes.

1. Introdução

O Cerrado ocupava, originalmente, cerca de dois milhões de km², cobrindo aproximadamente 23% do Território Nacional. Devido à intensa substituição das áreas nativas por áreas antropizadas, esse bioma se tornou altamente ameaçado. Estimativas recentes indicam que cerca da metade da área original do Cerrado foi modificada nas últimas quatro décadas (Klink e Machado, 2005). No Maranhão a explosão agrícola sobre o Cerrado deparou-se com uma região de solos caracteristicamente de baixo teor nutricional e ácido. Estes, na maioria dos casos, não submetidos a qualquer trato cultural e ainda expostos a ciclos periódicos de queimadas, em poucos anos, tornar-se inviáveis à produção em nível comercial. Esta situação iniciou um processo migratório das lavouras em busca de novas áreas de plantio.

O crescimento do agronegócio monocultor (soja, eucalipto) no município de Brejo iniciou-se na década de 90, mas, o grande crescimento dessa região, se deu nos últimos cinco anos, em decorrência de alguns fatores como redução de áreas disponíveis no Sul do Estado. Isso justifica a contínua necessidade de imagens orbitais, como alternativa de provimento de dados e informações que possam subsidiar o controle e a fiscalização de determinada região (Santos et al. 2005, Steininger, 1996).

O sensoriamento remoto, tido como uma fonte contínua e regular para a obtenção de dados da superfície terrestre, pode prover um monitoramento sistemático desse bioma. Entre

os sensores orbitais pela comunidade científica, destacam-se CBERS-2 (*China-Brazil Earth Resources Satellite*), e mais atualmente o MODIS (*Moderate resolution Imaging Spectroradiometer*). Trabalhos de comparações entre imagens LANDSAT ETM+ e MODIS/TERRA já foram realizados (Costa e Souza, 2005).

Nos estudos de Oliveira Júnior e Shimabukuro (2005), o produto MOD13, que contém os índices de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e EVI (*Enhanced Vegetation Index*), apresentou bons resultados na classificação da cobertura da terra em áreas de Cerrado. Sua funcionalidade já tinha sido comprovada em outros estudos envolvendo outras regiões, como Floresta Amazônica e Mata Atlântica. Porém, em áreas de Cerrado, poucos estudos tinham sido realizados com intuito de mapear e quantificar as áreas remanescentes. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi comparar as imagens CCD/CBERS-2 e MODIS/TERRA através do mapeamento temático dos remanescentes de cobertura vegetal no município de Brejo, Maranhão.

2. Metodologia de Trabalho

A área objeto de estudo está localizada no Estado do Maranhão (Figura 1), no Meio Norte brasileiro, no município de Brejo, entre as latitudes s 03° 52' 57" e s 03° 31' 48" e longitudes w 43° 01' 05" e w 42° 31' 48", e a imagem MODIS que a recobre pertence à quadrícula ("tile") h13v09. Uma região onde ocorre precipitação pluviométrica média anual de 1.835,5 mm, temperatura média anual superior a 27 °C, umidade relativa do ar anual entre 73 a 79%. Apresenta altitudes variando de 200 a 400 m com relevo ondulado a suave ondulado, a unidade fitoecológica presente em sua maior abrangência é o cerrado, com predominância do solo Latossolo Amarelo e com presença significativa de Argissolos (Atlas do Maranhão, 2002).

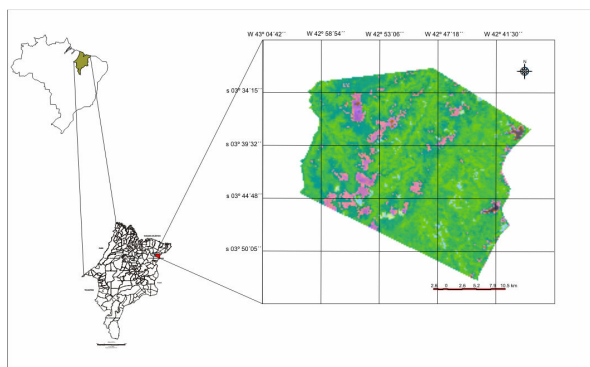


Figura 1. Mapa de localização do município de Brejo - MA.

Utilizou-se a imagem do produto MODIS MOD13Q1 com resolução espacial de 250m referente ao dia juliano 161 (10/06 a 25/06/2007), composição 16 dias, a qual aproxima-se à data de aquisição da imagem CBERS (10/06/2007). Os dados MODIS disponibilizados no formato HDF (*Hierarchical Data Format*) foram convertidos para o formato GEO-TIFF e da projeção ISIN (*Integerized Sinusoidal*) para a projeção UTM/WGS84, sendo utilizado para estes objetivos o programa MODIS *Reprojection Tool* (ModisTool). As bandas escolhidas foram as 2, 3 e 4 as quais foram combinadas para formar uma composição colorida tipo BGR (3B 4G 2R). Em seguida, as imagens foram convertidas de 16 para 8 bits, por meio do

software *Converter MODIS*, para que pudessem ser processadas no software *SPRING 4.2* (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas).

A aplicação do modelo linear de mistura espectral consiste no cálculo da relação linear entre todas as bandas espectrais utilizadas para representar a mistura espectral dos componentes encontradas em áreas de formações naturais, dentro do elemento de resolução (*pixel*) do sensor. Assim, a resposta espectral de cada *pixel* em qualquer banda espectral pode ser definida como uma combinação linear das respostas de cada componente, assumido estar no alvo sensoriado. Ou seja, para cada *pixel* da imagem, é calculada a informação sobre a proporção de cada componente (Shimabukuro, 1987). Assim, para qualquer imagem e sendo as respostas espectrais dos componentes conhecidas, as proporções de cada componente podem ser estimadas individualmente (Equações 1 e 2):

$$r_i = \sum_{j=1}^n (a_{ij} x_j) + e_i \quad (1)$$

onde: r_i = reflectância espectral para cada banda espectral i de um *pixel* que contém um ou mais componentes; a_{ij} = reflectância espectral da componente j em cada banda espectral i ; x_j = valor da proporção da componente j dentro de um *pixel*; e_i = erro para cada banda espectral i ; $ij = 1, 2, \dots, n$ (n = número de componentes); $i = 1, 2, \dots, m$ (m = número de bandas espectrais), com as restrições:

$$\sum x_j = 1 \text{ e } x_j \geq 0 \text{ para todas as componentes} \quad (2)$$

O modelo de mistura espectral transforma a informação espectral em informação física (valores de proporção das componentes *pixel*) gerando as imagens fração solo, sombra e vegetação. A imagem fração vegetação realça as áreas de cobertura vegetal; a imagem fração solo realça as áreas de solo exposto; enquanto que a imagem fração sombra/água realça áreas ocupadas com corpos d'água (rios, lagos, etc.) e também áreas com cicatrizes de queimadas, áreas alagadas, etc. Considera-se como imagem fração sombra/água, porque esses dois alvos apresentam respostas espectrais semelhantes (Shimabukuro et al. 2007).

A Figura 2 mostra a resposta espectral do componente vegetação (em verde) obtido em áreas da vegetação, o componente sombra (em azul) obtido na área correspondente a rios e lagos e, o componente solo (vermelho) obtido em áreas de solo exposto, extraída da imagem MODIS.

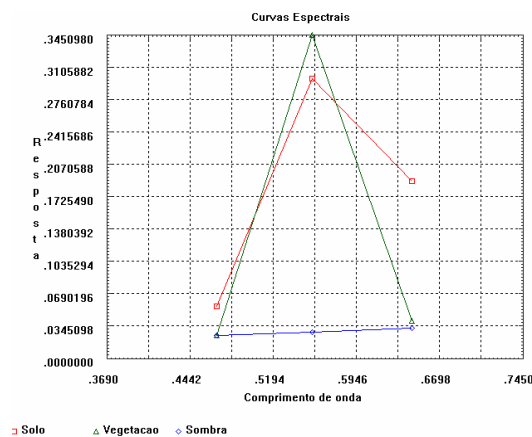


Figura 2. Resposta espectral dos componentes vegetação, solo e sombra – MODIS.

Após a geração das imagens fração (vegetação, solo e sombra) foi feita a classificação da imagem. Primeiramente a imagem foi segmentada, por meio do segmentador de crescimento por regiões, ferramenta do aplicativo SPRING, que tem como objetivo gerar polígonos espectralmente homogêneos. Os limiares utilizados neste processo foram 20 para similaridade e 30 para área. Estes limiares foram escolhidos depois de vários testes realizados e apresentarem os melhores resultados. O próximo passo foi criar um arquivo de contexto, no qual são armazenadas as seguintes informações: a) tipo de classificação por regiões; b) bandas ou imagens utilizadas e c) imagem segmentada. Em seguida foi realizada a extração de regiões e depois a classificação não supervisionada, através do classificador ISOSEG.

Para o levantamento dos remanescentes e comparação das imagens, utilizou-se o mapa de cobertura vegetal CBERS-2 de 2007 elaborado por Ferreira (2007). A comparação das imagens MODIS e CBERS foi baseada em resultados de quantificação de remanescentes da cobertura vegetal no município de Brejo-MA (Tabela 1). Utilizou-se imagem NDVI como material de apoio para diferenciação da vegetação.

Tabela 1. Quantificação dos remanescentes e comparação de imagens CBERS E MODIS.

Classes	CBERS - 2007		MODIS - 2007	
	ha	%	ha	%
Cerrado (Savana)	33.515,89	31,46	34.860,08	32,47
Floresta Ombrófila Aberta	30.671,74	28,80	31.445,41	29,29
Campo Cerrado (Savana Arborizada)	17.724,99	16,64	25.909,31	24,14
Floresta Xerófila (Savana Estépica)	2.604,21	2,44	3.710,06	3,46
Mata Ciliar	4.476,45	4,20	2.294,26	2,14
Corpos d'água	2.190,51	2,05	568,47	0,53
Uso Urbano	272,99	0,26	-	-
Uso da Terra	15.057,80	14,15	8.561,69	7,98
TOTAL	106.514,58	100	107.349,28	100

Fonte: Organizado por Silva, 2008, adaptado de Ferreira, 2007.

3. Resultados e Discussão

Como podemos observar na Figura 3, o Cerrado (Savana) ocupa 31,46% da cobertura vegetal da área de estudo pela imagem CBERS, enquanto que na imagem MODIS possui 32,47% (Figura 4). A segunda maior vegetação encontrada foi a Floresta Ombrófila Aberta, havendo diferença de apenas 0,5% entre as imagens. O Campo Cerrado (Savana Arborizada) 16,64% e 24,14% nas respectivas imagens, dando uma diferença de 7,5%. Na Floresta Xerófila (Savana Estépica) houve diferença de aproximadamente 1%. Para a Mata ciliar, 4,20% foi encontrado na imagem CBERS e 2,14% na imagem MODIS.

Para os corpos d'água, houve diferença de 1,52%. O uso urbano não foi identificado na imagem MODIS, uma vez que esta detecta apenas solo exposto, podendo confundir-se com uso da terra.

As áreas antropizadas, que ocupam 14,15% da cobertura do solo na imagem CBERS, apresentou apenas 7,98% na imagem MODIS. Neste total de áreas antropizadas, não foi possível estabelecer com exatidão o quanto destas áreas foram alteradas em áreas de Cerrados e Florestas, devido a uma grande parte desta ocupação se encontrar inserida em uma zona de transição não existindo um limite claro entre eles.

Segundo trabalho de Ferreira (2007), que realizou o levantamento de cobertura vegetal para o ano de 1990 neste mesmo município, foi constatado o Campo Cerrado como a vegetação mais atingida, já que possuía 28% de áreas remanescentes e em 2007 apresentou apenas 16% na imagem CBERS.

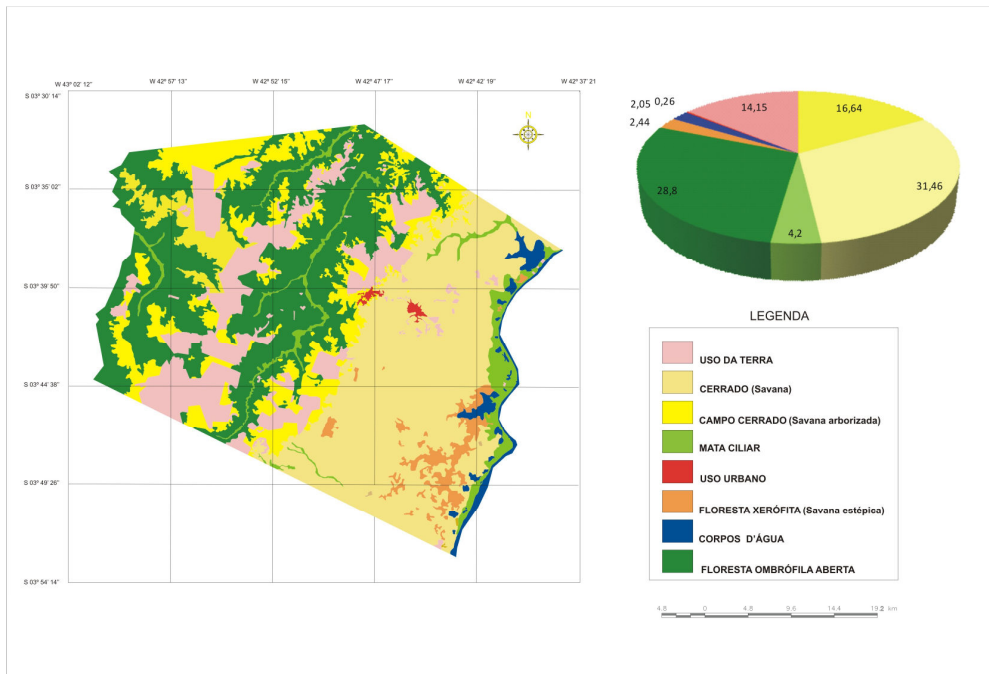


Figura 3. Mapa de Levantamento de remanescentes e percentual das classes temáticas identificadas na imagem CBERS.

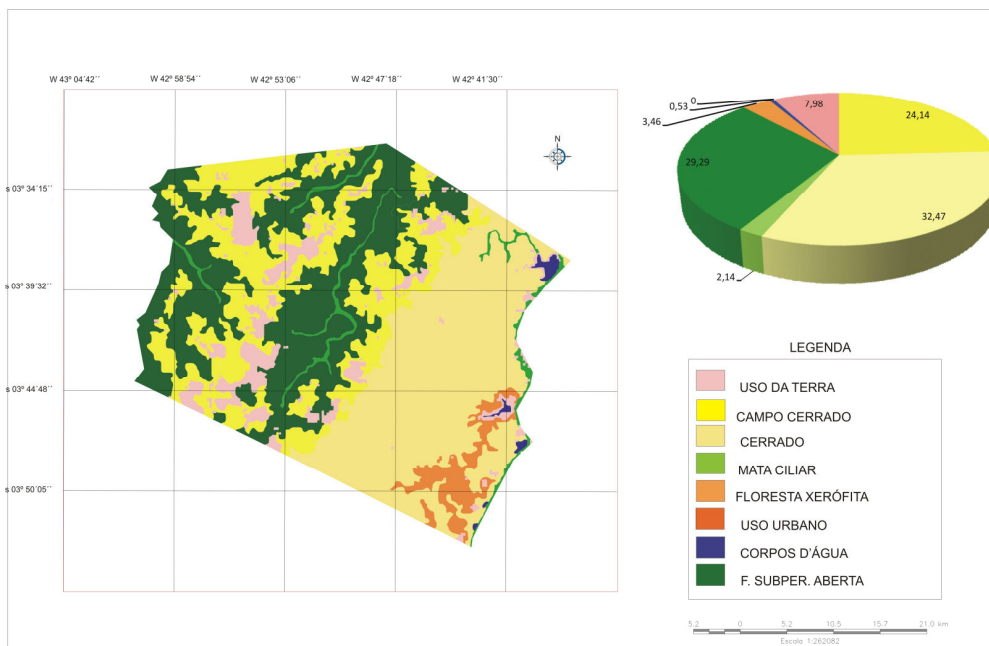


Figura 4. Mapa de Levantamento de remanescentes e percentual das classes temáticas identificadas na imagem MODIS.

No caso de haver necessidade de quantificar a área desflorestada, para fins de fiscalização, recomenda-se o uso de imagens com melhor resolução espacial como a CCD do CBERS-2 (Figura 5).

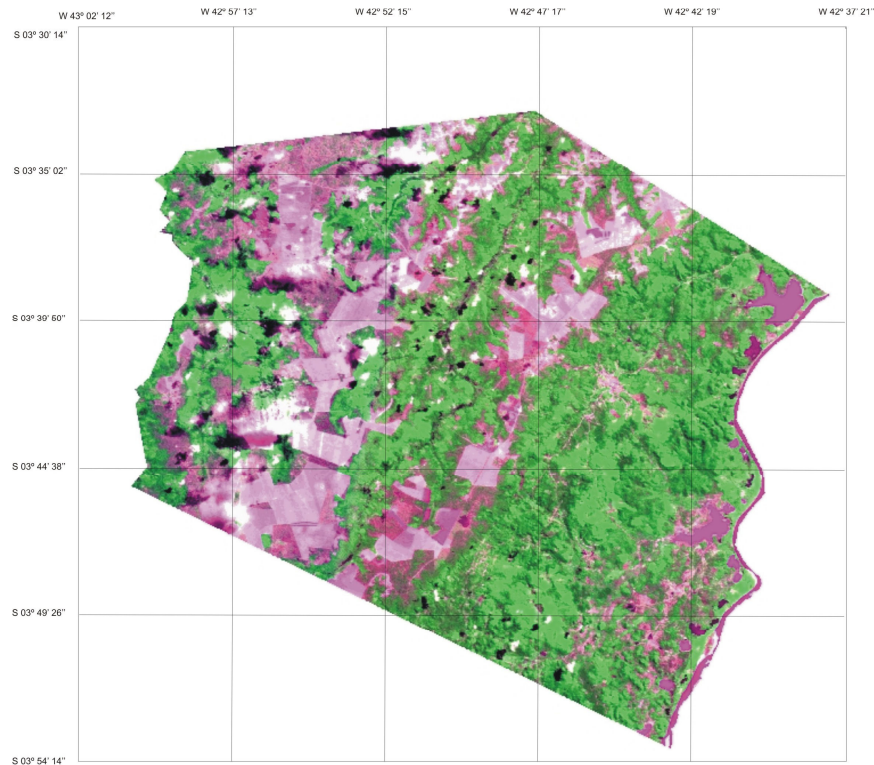


Figura 5. Imagem do satélite CBERS-2 - ANO 2007, referente ao município de Brejo – MA.

De acordo com Soares et al. (2007), os valores de área obtidos de imagens MODIS com resolução espacial de 250 m, servem para dar uma idéia do que está acontecendo num dado Estado ou numa região em particular (Figura 6A).

A Figura 6B mostra o índice de vegetação (NDVI) para o município de Brejo, na qual pode ser observado que os pixels mais claros correspondem à maior intensidade da vegetação e à medida que o pixel vai escurecendo a vegetação começa a ficar menos intensa, mostrando áreas de solos expostos.

A quantidade de radiação refletida no vermelho e no infravermelho próximo que chega ao sensor, proveniente da vegetação, varia com a irradiância solar, condições atmosféricas, substrato, estrutura e composição do dossel.

O NDVI tem se mostrado bastante útil na estimativa de parâmetros biofísicos da vegetação e o seu ponto forte é o conceito de razão que reduz várias formas de ruídos multiplicativos como diferenças de iluminação, sombra de nuvens, atenuação atmosférica e certas variações topográficas (Silva, 2004).

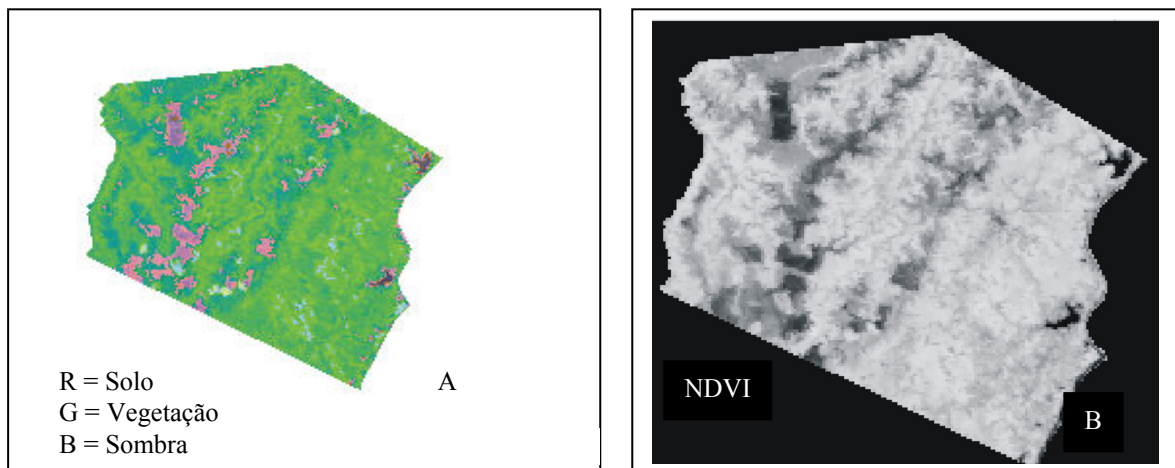


Figura 6. (A) Composição colorida (R = solo, G = vegetação B = sombra) e (B) Índice de vegetação NDVI.

4. Conclusões

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que a imagem CBERS por ter uma resolução maior, é mais eficiente para quantificar áreas de usos da terra e uso urbano. No entanto, a imagem MODIS é capaz de mostrar com clareza, através do NDVI, solo exposto e índice de vegetação. Além de detectar e monitorar o avanço do desmatamento, com maior eficácia devido a sua resolução temporal diária.

Ressalta-se que a pesquisa não realizou nenhuma verdade de campo, sendo de extrema importância para a validação dos resultados obtidos. O mesmo não aconteceu devido à indisponibilidade de recursos.

Referências Bibliográficas

Atlas do Maranhão / Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico, Laboratório de Geoprocessamento – UEMA. São Luís: GEPLAN, 2002. 39p.

Costa, A. S. e Souza Júnior, C.M. Comparação entre imagens de Landsat ETM+ e MODIS/TERRA para detecção de incrementos de desmatamento na região do Baixo Acre. **Revista Brasileira de Cartografia**. N 57/02, 2005.

Ferreira, F. E. S. C. **Uso de Geotecnologias no estudo da mudança na cobertura vegetal do município de Brejo – MA entre os anos de 1990 e 2007**. 2007. 28 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Estadual de Maranhão.

Klink, C.A.; Machado, R. B. **Conservation of the Brazilian Cerrado**. *Conservation Biology*, v 19, n.3, p. 707-713, 2005.

Oliveira Júnior, H. J. e Shimabukuro, Y. E Mapeamento da cobertura da terra dos Estados do Goiás e Tocantins utilizando imagens do sensor MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais XII** Goiânia, 2005, p. 1641-1648, 2005.

Santos, J. R., Maldonado, F. D., Graça, P. M. L. A. Integração de imagens LANDSAT/ETM+ E CBERS-2/CCD para detecção de mudanças em área da Amazônia sob domínio da floresta de transição. **Revista Brasileira de Cartografia** N° 57/01, 2005.

Silva, A. A. **Uso de dados MODIS para o monitoramento ambiental nos cerrados: Um estudo a partir de dados MOD13Q1 realçados através de um modelo de mistura espectral.** Dissertação de Mestrado, Goiânia, 2004.

Shimabukuro, Y. E.; Duarte, D. M.; Moreira, M.A; Arai, E; Valeriando, D. M; Anderson, L.O; Santo, F.D.B.E – Desflorestamento na Amazônia – Sistema DETER. In: RUDORFF, B.T.F; CEBALLUS, J.C. **O sensor Modis e suas aplicações ambientais no Brasil.** São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed, 2007. p.395.

Shimabukuro, Y.E. *Shade images derived from linear mixing models of multispectral measurements of forested areas.* 1987. 177 f. Dissertation (Ph.D.) - Colorado State University, Fort Collins, 1987.

Soares, J. V; Batista, G.T.; Shimabukuro, Y. E. Histórico e descrição. In: Rudorff, B.T.F; Ceballus, J.C. **O sensor Modis e suas aplicações ambientais no Brasil.** São José dos Campos, Editora Parêntese, 2007. p.28.

Steininger, M. Tropical secondary forest regrowth in Amazonian: age, área and change estimation with Thematic Mapper data. **International Journal of Remote Sensing.** V.1, p. 9-27, 1996.