

## Geração de mosaicos MODIS EVI espacialmente e temporalmente consistentes para o bioma Cerrado

Nilson Cardoso Amaral <sup>1</sup>  
Gitair Moreira dos Santos <sup>1</sup>  
Laerte Guimarães Ferreira <sup>2</sup>  
Marlon Nemayer Celestino de Pontes <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Católica de Goiás - UCG/CMP/HGSR  
Caixa Postal 86 - 74.605-010 - Goiânia - Goiás, Brasil  
laramacn@gmail.com  
gita@ucg.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás - UFG  
Instituto de Estudos Sócio-Ambientais - IESA  
Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LAPIG  
Caixa Postal 131 - 74001-970 - Goiânia - GO, Brasil  
laerte@iesa.ufg.br  
marlon@posgrad.ufg.br

**Abstract.** The Brazilian savannas include practically the totality of the state of Goiás and Tocantins, west of Minas Gerais and Bahia, east of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, south of the state of Maranhão and Piauí, and the Federal District. It also has some ramifications in the state of Rondônia, south of Pará and São Paulo. The importance of the savannas is in its high potential for agriculture. Environmental problems increase with the transformations of the land use, reducing therefore the preservation areas. In this study, the sensor MODIS and the products (MOD13Q1 2000 a 2007) are utilized for mosaicking. Re-compositing algorithms are applied (maximum EVI, average EVI and coefficient of variations EVI) for spatial and temporal consistence studies. The IDL – Interactive Data Language were utilized, integrated to the ENVI – Environment for Visualizing Images. The results were evaluated through a selection of two areas of study: natural vegetation and agriculture (converted). From this selection we generate images for the composite C09, that is, may 2002 and images generated by the algorithms for the years 2000 thru 2007, composite C09. The results show distinct behavior for the natural and converted areas: The EVI maximum and average values have a significant difference from the values of reference for the natural vegetation. The coefficients of variation for the converted area are very high, suggesting that the study must proceeds.

**Palavras-chave:** Algorithm, Savannas, Compositing, Metrics, Image Processing, Remote Sensing, Algoritmo, Processamento de Imagens, Cerrado, Composite, Re-compositing, Métricas, Sensoriamento Remoto.

### 1. Introdução

O domínio dos Cerrados inclui praticamente a totalidade dos Estados de Goiás e Tocantins, oeste de Minas Gerais e Bahia, leste dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, sul dos Estados de Maranhão e Piauí e Distrito Federal. Desta área contínua e maciça há finas ramificações em Rondônia, sul do Pará e São Paulo. Com uma área de aproximadamente 2.046 milhões de km<sup>2</sup>, é reconhecido como a savana mais rica do mundo em biodiversidade, com a presença de diversos ecossistemas e riquíssima flora.

Por outro lado, a expansão das áreas produtivas tem contribuído com a diminuição significativa das áreas naturais do cerrado brasileiro, provocando significativos desequilíbrios ecológicos. Estima-se que cerca de 40% de sua área já foram convertidas em pastagens, áreas urbanas ou degradadas (Sano et al., 2008). Daí a necessidade de se realizar o monitoramento sistemático desse bioma utilizando tecnologia de sensoriamento remoto com imagens de qualidade e dados consistentes.

Certamente, entre os inúmeros dados orbitais disponíveis para esse fim, destacam-se os produtos MODIS (*MODerate-resolution Image Spectroradiometer*), em particular os índices

de vegetação (Huete et al., 2002). Contudo, estes produtos, apesar dos sofisticados processos de filtragem e *compositing* dos dados, apresentam qualidade variável, principalmente em função da contaminação por aerossóis e nuvens. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo, a partir de dados filtrados, gerar mosaicos para o bioma Cerrado, com consistência e continuidade espacial e temporal.

## 2. Metodologia do Trabalho

Para este estudo, foi considerada toda a área do bioma Cerrado, a qual compreende cinco *tiles* MODIS (h12v10, h12v11, h13v09, h13v10 e h13v11) (Figura 1a). Especificamente, foram utilizados 23 mosaicos anuais (cinco *tiles* cada) para o período de 2000 (a partir de abril) a 2007, totalizando assim 890 *tiles* de 1200 x 1200 km. Todas estas imagens (*tiles*) foram reprojetaadas e filtradas, com base no *pixel reliability*, para eliminação de *pixels* contaminados com nuvens, sombras e aerossóis.

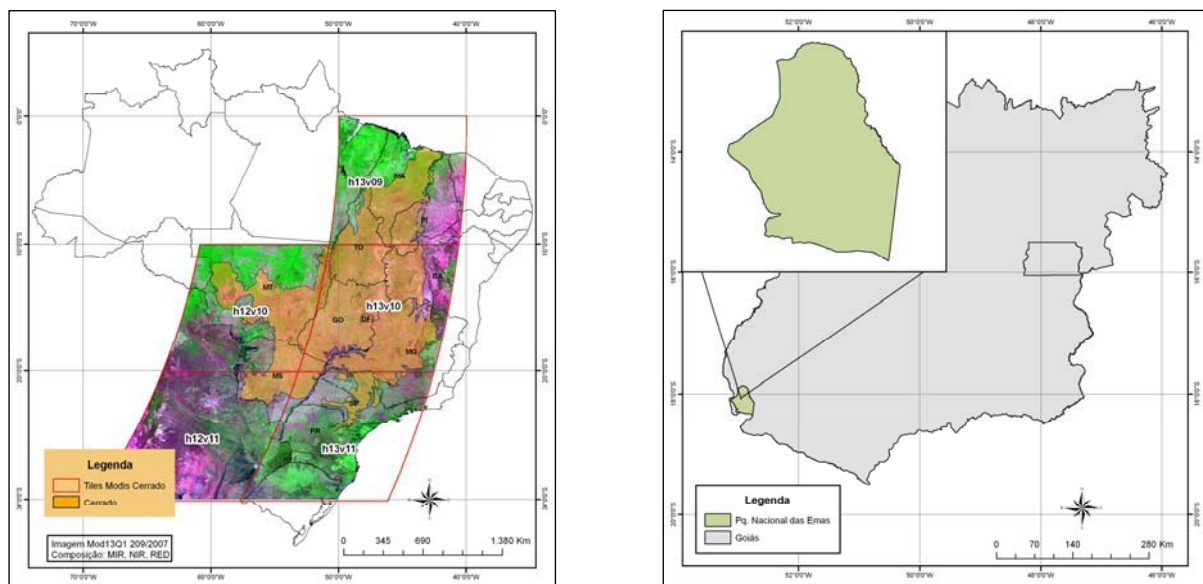


Figura 1. (a) Área contínua do bioma Cerrado; (b) Área de validação – Parque Nacional das Emas (Goiás).

Para cada um dos 23 *composites*, *pixel a pixel*, foram obtidos, utilizando os oito anos considerados, os valores EVI máximo (EVI<sub>max</sub>) e médio (EVI<sub>med</sub>), além do coeficiente de variação (EVI<sub>cva</sub>), conforme Figura 2, onde são apresentados os processos e componentes do algoritmo e métricas utilizadas.

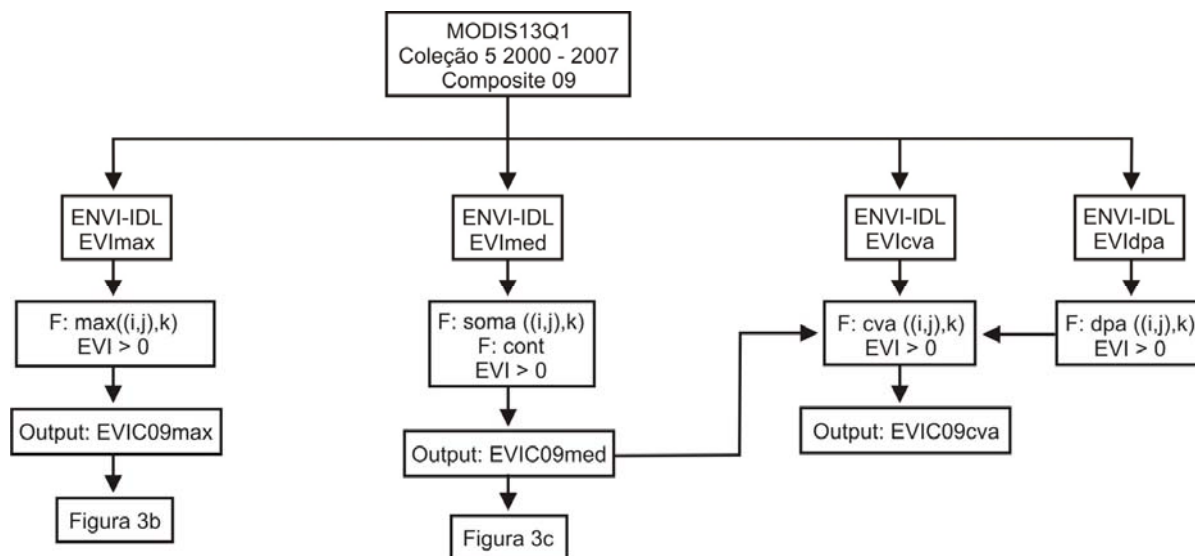


Figura 2 – Fluxograma: Algoritmo e Processos.

Com vistas à validação dos 23 novos mosaicos gerados (i.e. para cada ciclo de 16 dias), foram consideradas amostras de áreas de cerrado nativo do Parque Nacional das Emas (PNE), bem como uma área de agricultura, no entorno do parque (Figura 1b).

### 3. Resultados e Discussão

Nas Figuras 3a, 3b e 3c são mostrados, a título de exemplo, para todo o bioma Cerrado, os mosaicos EVI relativos ao dia 129 do ano 2002, valor máximo e valor médio. Como podem ser observados nessas imagens, os valores gerados em comparação com os valores reais, diferem significativamente em uma pequena parte do bioma cerrado. Na primeira imagem, na sua extremidade norte, há uma faixa que aparece em pequenos pontos claros (amarelo) e na maioria predomina ausência de dados; nas outras imagens, esta mesma faixa, os alvos respondem em tonalidade clara padronizada (amarelado). No restante, os alvos respondem em tonalidade variável.

Em fato, e conforme podemos observar na Figura 4, relativa à área de Cerrado nativo (PNE), tanto os valores máximos quanto os valores médios do EVI, tendem a acompanhar as variações sazonais da imagem do EVI para o ano 2002. Por outro lado, para áreas antrópicas (Figura 5), há pouca semelhança entre os valores reais (i.e. das imagens de 2002); e, aqueles derivados, a partir dos oito anos de dados, o que pode ser atribuído a uma maior variabilidade inter-anual dos valores de um mesmo *pixel*, haja vista as peculiaridades da dinâmica agrícola, cujos calendários de preparo da terra, plantio, colheita e safras alternadas tendem a variar de um ano para outro, explicitado pelo coeficiente de variação conforme pode ser observado na Figura 6.

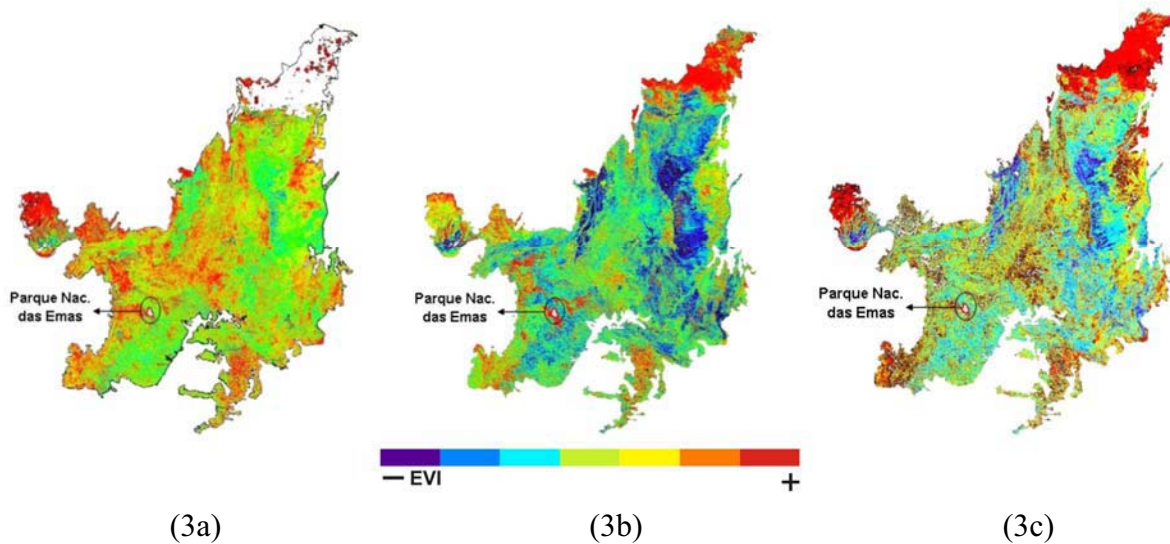


Figura 3. Mosaicos EVI relativos ao dia 129 para o ano de 2002 (a), valor máximo (b) e valor médio (c).

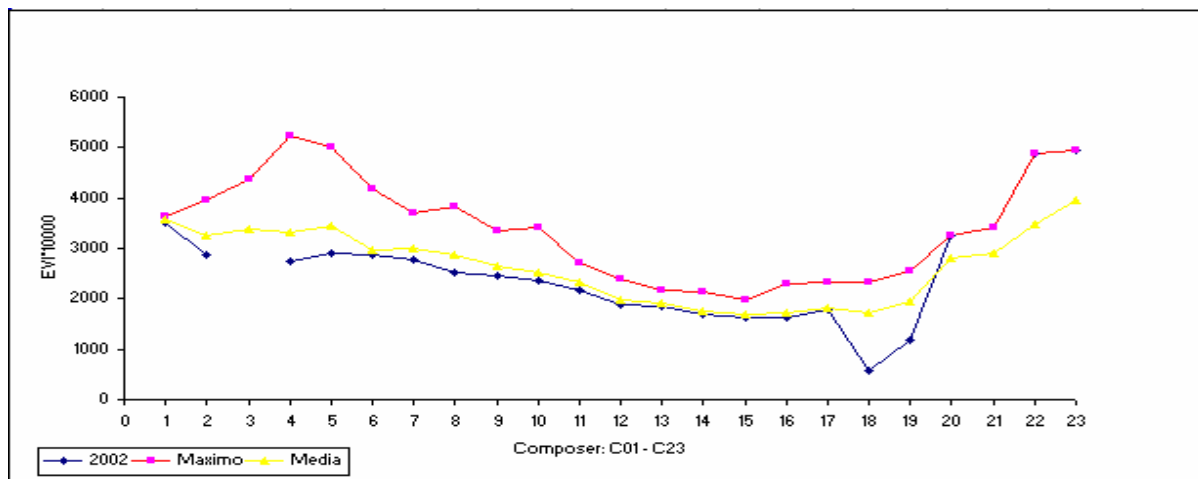


Figura 4. Assinatura temporal para a classe de vegetação natural relativa ao ano 2002, e valores (máximo e médio) do *composite 09*, 2000 a 2007.

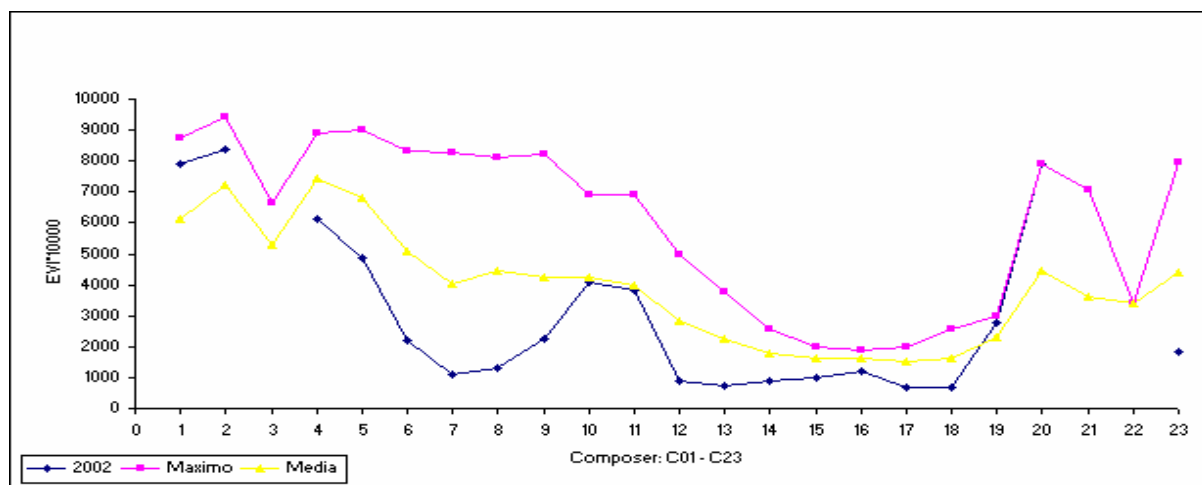


Figura 5. Assinatura temporal para a classe de agricultura relativa ao ano 2002, e valores (máximo e médio) do *composite 09*, 2000 a 2007.

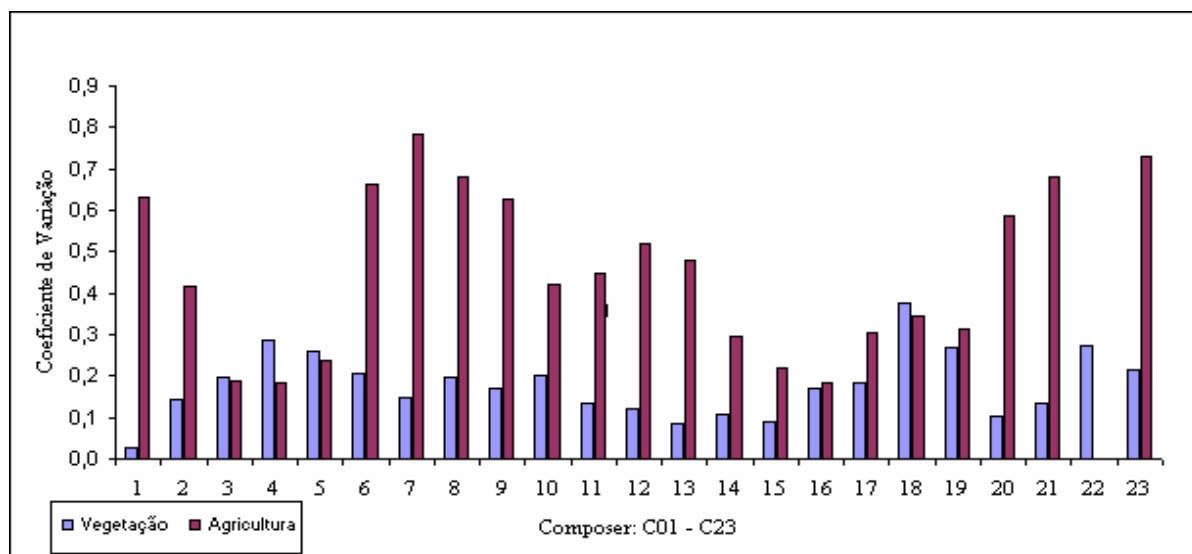


Figura 6. Valores de coeficiente de variação para as classes vegetação natural e agricultura para cada *composite* do ano (1 a 23).

#### 4. Considerações Finais

Os procedimentos desenvolvidos apresentaram resultados de comportamentos distintos entre áreas naturais e antrópicas: os valores máximos e médios diferem de forma significativa dos valores de referência de 2002 (Figura 6); enquanto que os valores de coeficiente de variação para a área antrópica são bem maiores, isto sugere que este método exige mais estudos e pesquisas para áreas convertidas.

Os resultados mostraram a necessidade de se buscar a geração de mosaicos mais limpos. Por isso os trabalhos terão continuidade onde, serão feitas avaliações de possibilidade de combinar *composites* observando variações climáticas, análise de grupos, uso de Transformada Rápida de *Fourier (FFT)* e técnicas de alta resolução de imagens, com utilização de análise de sinais nos domínios temporal e de frequência.

#### Agradecimentos

Este trabalho se insere no âmbito do projeto “*A Historical Reconstruction of Vegetation Change and a Carbon Budget for the Brazilian Cerrado Using Multiple Satellite Sensors and Historical Aerial Photography*”, projeto financiado no âmbito do *NASA Carbon Cycle Award* e fruto da colaboração envolvendo a *University of New Hampshire (Complex Systems Research Center)*, o Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da UFG (LAPIG) e o Departamento de Ecologia da UnB. O terceiro autor é bolsista de produtividade do CNPq.

#### Referências Bibliográficas

Andrade, L. A. Z.; Felfili, J. M.; Violatti, L. **Fitossociologia de uma área de Cerrado denso na Recor-IBGE, Brasília-DF**. Acta bot. bras. 2002. 16p. Dissertação de Mestrado. Brasília. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abb/v16n2/a09v16n2.pdf>>. Acesso: 20 ago. 2008.

Arai, E.; Freitas, R. M. Pré – Processamento. In: Rudorf, B. F. T; Shimabukuro, Y. E.; Ceballos, J. C. (Org.). **O Sensor MODIS e suas Aplicações Ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Ed. Parêntese, 2007. cap 5, p.71-82.

Arvor, D.; Neto, J. L. S.; Dubreuil, V.; Almeida, I. R., Meirelles, M. S. P. Análise dos Perfis Temporais de EVI/MODIS para Monitoramento de Cultura da soja no Estado de Mato Grosso. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos

p.51-58. On-line. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.12.19/doc/51-58.pdf>>. Acesso: 20 ago. 2008.

Ferreira, M. E.; Ferreira, L. G.; Huete, A. R.; Peccinini, A. A. Análise Comparativa dos Produtos MODIS Ecologia para o Monitoramento Biofísico Ambiental do Bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 24 n. 3, p. 01-10, 2006.

Huete A. R.; Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E, P.; Gao, X.; Ferreira, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices (Special Issue). **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1-2, p. 195–213, 2002.

Latorre, M. L.; Shimabukuro, Y.E; Anderson, L. O. Produtos para Ecossistemas Terrestres - Modland. In: Rudolf. B. F. T.; Shimabukuro, Y. E; Ceballos, J. C. (Org.). **O Sensor MODIS e suas Aplicações Ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Ed. Parêntese, 2007. cap. 2, p.23-35.

Ribeiro, C. A. D.; Abrahão, C. P.; Xavier, A. C.; Ferreira, D. S.; Paiva, Y. G. Análise fenológica de dados multitemporais EVI do Sensor MODIS em variáveis climáticas. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos p.1817-1822. On-line. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.00.19.49/doc/1817-1822.pdf>>. Acesso: 20 ago. 2008.

Ribeiro, C. A. D.; Paiva, Y. G.; Ferreira, D. S.; Xavier, A. C. **Banco de Dados Temporal de Imagens EVI do MODIS para o Espírito Santo**. X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, Univap. Disponível em: <[http://www.inicepg.univap.br/INIC\\_2006/inic/inic/01/INIC0000226%20ok.pdf](http://www.inicepg.univap.br/INIC_2006/inic/inic/01/INIC0000226%20ok.pdf)>. Acesso: 20 de agosto 2008.

Rosendo, J. S. **Índices de Vegetação e Monitoramento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal na Bacia do Rio Araguari – MG – Utilizando Dados do Sensor MODIS**. 2005, 131p. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Uberlândia – MG, Instituto de Geografia, 2005.

Sano, E. E.; Rosa, R.; Brito, J. L. S.; Ferreira, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43 n. 1, p. 153-156, 2008.

Soares, J. V.; Batista, G. T.; Shimabukuro, Y. E. Histórico e Descrição. In: Rudolf. B. F. T.; Shimabukuro, Y. E.; Ceballos, J. C. (Org.) **O Sensor MODIS e suas Aplicações Ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Ed. Parêntese, 2007. cap. 1, p.3-21.