

## Análise sazonal da qualidade e abrangência de imagens MODIS índice de vegetação para o bioma Cerrado

Laerte Guimarães Ferreira Junior<sup>1</sup>  
Joana Carolina Silva Rocha<sup>1</sup>  
Marlon Nemayer Celestino Pontes<sup>1</sup>  
Fernando Moreira de Araújo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás

Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (www.ufg.br/lapig)  
Caixa Postal 131 – 74001-970 – Campus Samambaia – Goiânia-GO, Brasil  
laerte@iesa.ufg.br, {joana, fernando}@geografia.grad.ufg.br,  
marlon@ geografia.posgrad.ufg.br

**Abstract.** The Cerrado biome, strategically situated in the Brazilian Central Plateau and widely and heterogeneously spread along a variety of latitudes, longitudes and altitudes, is the richest savanna in the world and a major contributor to some of the largest and most important watershed basins in South America. On the other hand, the Cerrado is the most severely threatened biome in Brazil, with more than 40% of its original area already converted to agricultural crops and cultivated pastures. In this study, which is part of a larger effort aiming at the monitoring of the Cerrado vegetative cover, we evaluated the effective availability of moderate spatial resolution remote sensing data for the 2001 - 2007 period. The analysis of the 16 day composited MOD13Q1 (vegetation indices) product indicated that only data from April to September is capable of covering more than 80% of the biome remnant vegetation. Depending on the frequency at which the biome is to be monitored, alternatives to this critical data gap may include spatial and temporal interpolation (e.g. via algorithms like Timesat or frequency domain transformations), as well as the combined use of optical and SAR imagery.

**Palavras-Chave:** Cerrado, séries temporais MOD13Q1, monitoramento de desmatamentos, Cerrado, MOD13Q1 time series, deforestation monitoring.

### 1. Introdução

O sensor de resolução moderada MODIS, com suas características inovadoras, entre as quais, a disponibilidade de *composites* de dados a cada 8 ou 16 dias, a elevada acuidade radiométrica e geométrica, resolução espectral compatível ou superior a de outros sensores temáticos (ex. Landsat ETM+ / TM) e resolução espacial de 250m para as bandas do vermelho e infravermelho próximo, possibilitou que o monitoramento sistemático da cobertura e uso da terra, à escala de semi-detulhe, se tornasse mais preciso e frequente. Entre as iniciativas no Brasil, destacam-se o sistema DETER (Monitoramento em Tempo Real), o qual utiliza imagens fração derivadas do produto MOD09 (imagens diárias) para o monitoramento mensal da floresta Amazônica (Shimabukuro et al., 2007), e o SIAD (Sistema Integrado de Alertas de Desmatamentos), o qual, baseado no uso de imagens índices de vegetação (produto MOD13Q1), tem sido utilizado principalmente para o monitoramento de todo o bioma Cerrado (Ferreira et al., 2007).

A maioria dos produtos MODIS, à exemplo do produto MOD13, são baseados em uma rigorosa filtragem das várias observações possíveis para um dado *pixel* (ex. em um ciclo de 16 dias, um mesmo *pixel* pode ser visto até 64 vezes), de tal forma que apenas a melhor observação seja selecionada (o que resulta em um *compositing* de várias datas) (Van Leeuwen et al., 1999; Huete et al., 2002). Ainda assim, e apesar do aprimoramento contínuo dos algoritmos usados para filtrar *pixels* contaminados com nuvens ou aerossóis, por exemplo, um grande número de *pixels* dos *composites* gerados a cada 8 ou 16 dias precisam ser descartados, com base nos metadados que acompanham cada produto.

Neste trabalho, analisamos, para o período de 2001 a 2007 e a cada 16 dias, a variação da qualidade das imagens MOD13Q1 coleção 5 para todo o bioma Cerrado. Em particular, e tendo por base os remanescentes de vegetação mapeados no âmbito da iniciativa PROBIO (Sano et al., 2007a), avaliamos a possibilidade de monitoramento destes remanescentes em função da disponibilidade efetiva de imagens a cada 16 dias.

## 2. Metodologia de Trabalho

Este trabalho considerou a totalidade da área do bioma Cerrado, a qual, segundo os limites propostos pelo IBGE (IBGE, 2004) compreende cinco *tiles* MODIS (h12v10, h12v11, h13v09, h13v10 e h13v11) (Figura 1).

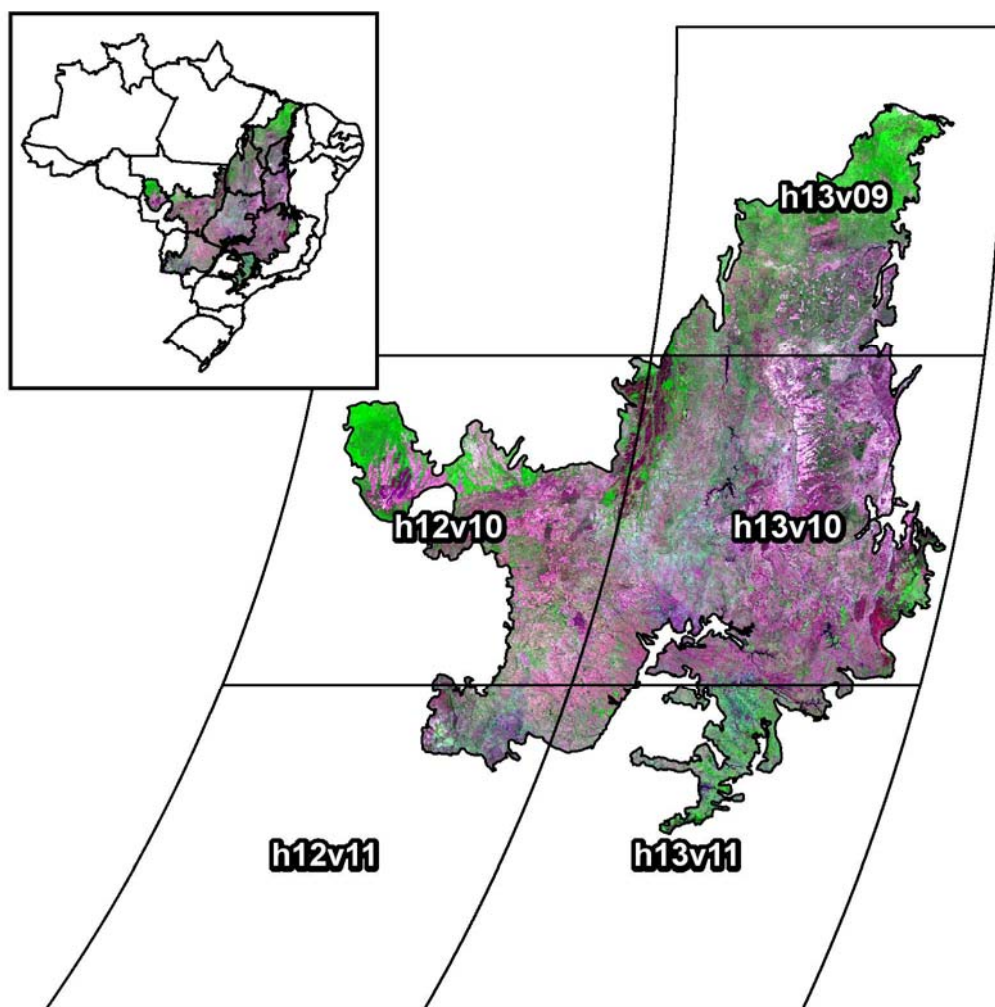


Figura 1 - Localização dos *tiles* MODIS em relação ao bioma Cerrado, cuja cobertura da terra mostra-se realçada através da composição MODIS *RGB/MIR,NIR,Red* (agosto 2007).

Para o período de 2001 a 2007 foram utilizados 805 *tiles*, i.e. 23 composites para cada ano. Em um primeiro momento, os *tiles* MODIS, originalmente em formato HDF (*hierarchical data format*) e projeção sinusoidal, foram reprojetoados (coordenadas

geográficas) e organizados em mosaicos relativos às imagens *EVI*, *Red*, *NIR*, *MIR* e *DOY* (*day\_of\_the\_year*)<sup>1</sup>.

No caso do produto MOD13, as imagens *pixel reliability* variam de -3 a 1, sendo que a melhor qualidade possível dos dados corresponde ao valor 0. Assim, para cada *composite* de 16 dias, de 2001 a 2007, foram criadas mascaras de qualidade, conforme as respectivas imagens *pixel reliability*. Com base nestas mascaras, determinou-se a proporção de *pixels* de boa qualidade (i.e. não afetados por nuvens, sombras ou aerossóis) para toda a área do bioma, a cada duas semanas.

Especificamente em relação as imagens para o ano de 2007, o conjunto de *pixels* de boa qualidade foi analisado, *composite a composite*, em relação a área de vegetação remanescente mapeada no âmbito da iniciativa PROBIO do Ministério do Meio Ambiente (Figura 2).

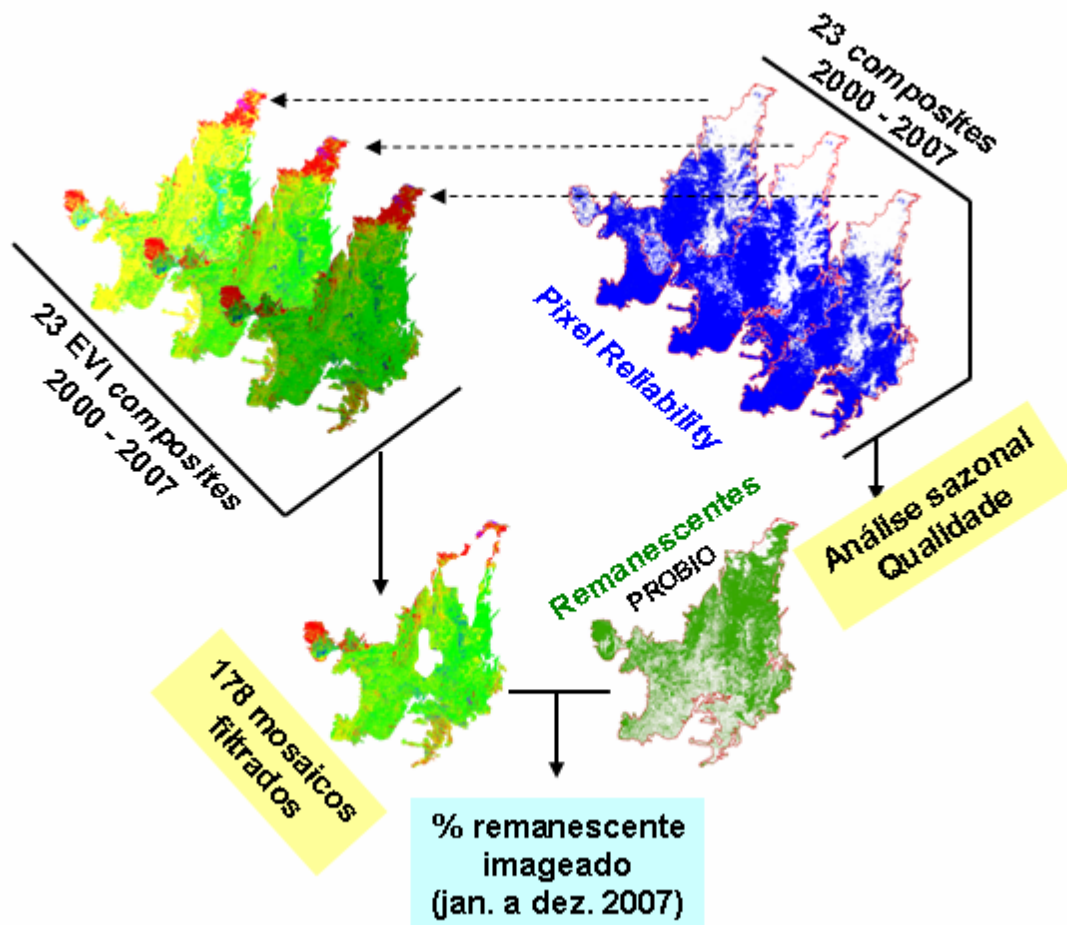


Figura 2 – Fluxograma relativo às principais etapas envolvidas no processo de filtragem dos *composites* MOD13Q1 (23 x 7 anos), análise sazonal da qualidade das imagens e avaliação da cobertura vegetal remanescente imageada a cada 16 dias.

### 3. Resultados e Discussões

A porcentagem de *pixels* (resolução espacial de 250m) de boa qualidade, para toda a área do bioma Cerrado (~ 2,040,000 km<sup>2</sup>), para os anos de 2001 a 2007 e ciclos (*composites*) de 16 dias é mostrada na Figura 3. As maiores proporções de *pixels* de boa qualidade,

<sup>1</sup> Cada arquivo HDF MOD13Q1 compreende 13 *science data sets*, referentes às imagens *EVI*, *NDVI*, *Quality Assurance*, *Pixel Reliability*, *Day\_of\_the\_Year*, *Blue*, *Red*, *NIR*, *MIR*, Ângulo Zenital Solar, Ângulo Azimutal Solar, Ângulo de Visada.

independentemente do ano considerado, ocorre entre os meses de maio e setembro (*composites* 129 e 225, respectivamente), os quais correspondem ao início e final da conspícua estação seca que caracteriza o Cerrado. Por outro lado, para os meses de janeiro a abril e outubro a dezembro, a qualidade das imagens decai de forma abrupta e variada. Em fato, como pode ser observado na Figura 4, os coeficientes de variação relativos à qualidade das imagens (i.e. proporção de *pixels* bons) são significativamente maiores para os meses da estação chuvosa.

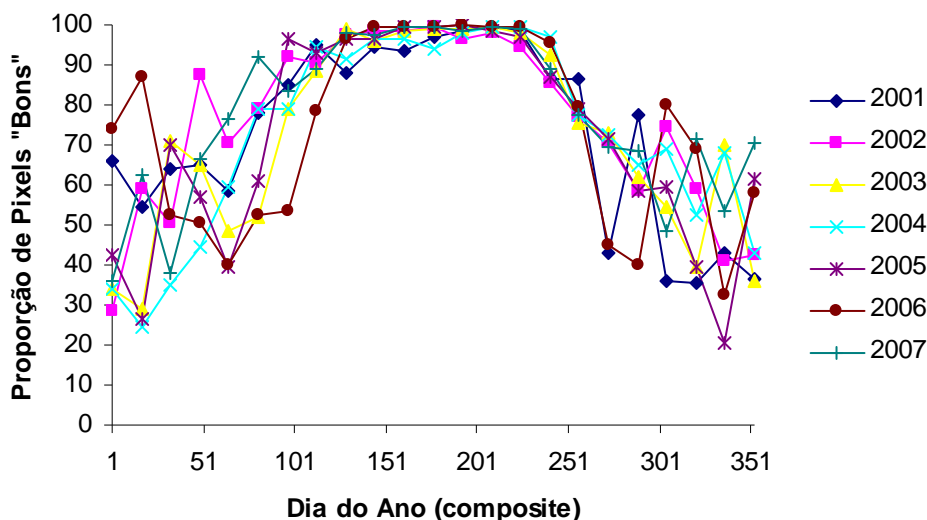


Figura 3 - Proporção de *pixels* "bons" (i.e. retidos após a aplicação da máscara *pixel reliability*) em relação à totalidade do bioma, conforme os intervalos de 16 dias para o período de 2001 a 2007.

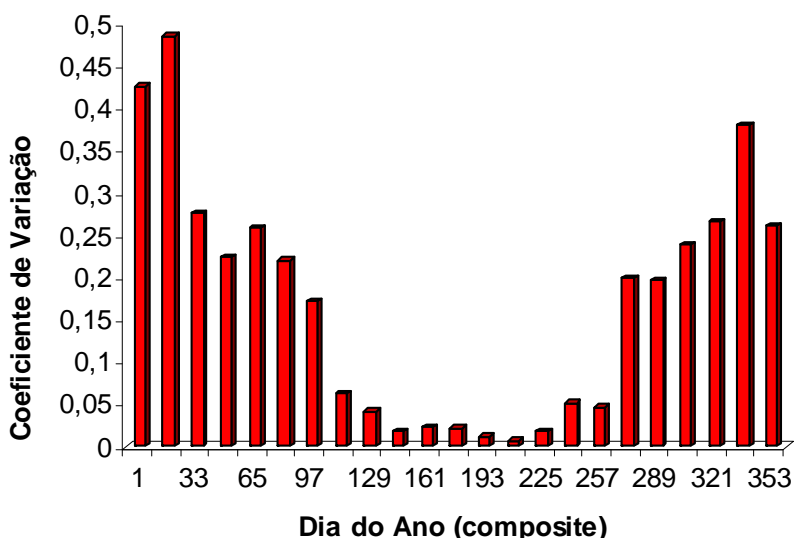


Figura 4 - Coeficiente de variação relativo à qualidade das imagens MOD13Q1 para os anos entre 2001 e 2007, conforme intervalo de 16 dias.

Em função da sazonalidade na qualidade dos mosaicos MOD13Q1, da qual depende a da disponibilidade efetiva de dados, a proporção da vegetação remanescente passível de ser

detectada / mapeada a cada 16 dias varia de aproximadamente 30% no início de fevereiro, à praticamente 100% nos meses de maio a agosto (Figura 5).

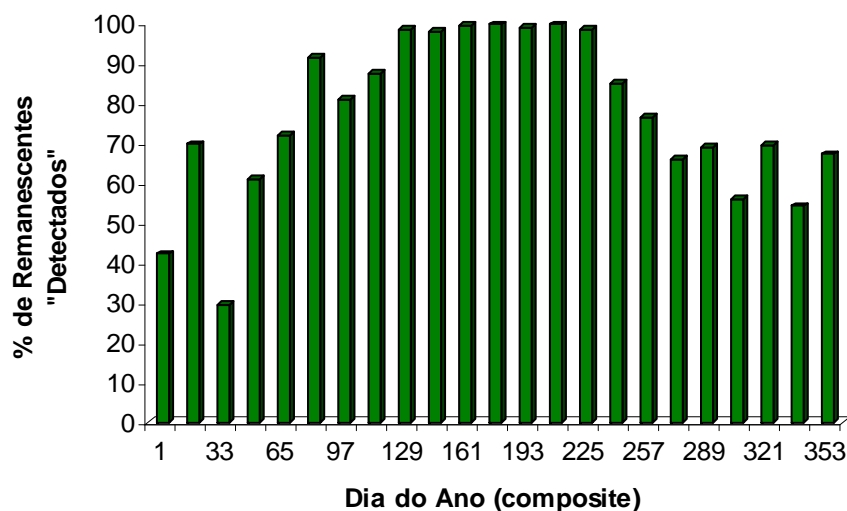


Figura 5 - Proporção da vegetação remanescente do bioma Cerrado passível de ser detectada nas imagens MOD13Q1 a cada 16 dias (ano 2007).

#### 4. Conclusões

O bioma Cerrado, com sua distribuição heterogênea (i.e. grande variação de latitudes, longitudes e altitudes) e localização estratégica (i.e. Planalto Central, em contato com os principais biomas brasileiros), caracteriza-se tanto por sua complexa mistura fitofisionômica e rica biodiversidade, quanto por seu papel decisivo na formação e manutenção do sistema hidrográfico da América do Sul. Por outro lado, o Cerrado é hoje o bioma mais severamente ameaçado, cuja cobertura original já foi substituída em aproximadamente 40%. Em fato, dados recentes, indicam desmatamentos da ordem de 19000 km<sup>2</sup> nos últimos quatro anos<sup>2</sup>.

Assim, o monitoramento sistemático do Cerrado assume caráter de urgência, para o que, imagens de resolução espacial moderada, como aquelas disponibilizadas pelo sensor MODIS, na forma de vários produtos, constituem importante alternativa. Contudo, e conforme demonstrado neste estudo, a possibilidade de uso destas imagens, ao contrário do que faz supor a elevada resolução temporal, é também bastante restrita, à exemplo das imagens Landsat (Sano et al., 2007b). Em relação à área de vegetação remanescente, e considerando ao menos 80% de imageamento sem nuvens residuais, a resolução temporal efetiva das imagens MODIS é restrita aos meses de abril a setembro. À esta realidade, quanto à disponibilidade de dados ópticos, alternativas, à depender da frequência necessária para se monitorar o bioma, incluem a interpolação espacial e temporal de dados (ex. TimeSat), com vistas à geração de mosaicos consistentes, ou mesmo o uso combinado de dados ópticos e de micro-ondas.

#### Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito da parceria entre a UFG/LAPIG, Conservação Internacional (CI) e The Nature Conservancy (TNC), cujo objetivo é a análise dos padrões espaciais e temporais dos desmatamentos no bioma Cerrado. O primeiro autor é bolsista de produtividade (1C) do CNPq. A segunda autora possui uma bolsa de iniciação científica da CI, enquanto o terceiro e quarto autores são bolsistas, de mestrado e IC, no âmbito dos

<sup>2</sup> - dados não publicados, disponíveis em [www.ufg.br/lapig](http://www.ufg.br/lapig)

projetos *Land Use Impacts on the Water Resources of the Cerrado Biome* (NASA LULCC / WHRC, UFG e UnB – FINATEC) e *A Historical Reconstruction of Vegetation Change and a Carbon Budget for the Brazilian Cerrado Using Multiple Satellite Sensors and Historical Aerial Photography* (NASA Carbon Cycle / UNH, UFG e UnB – FINATEC).

## Referências Bibliográficas

Ferreira, N. C.; Ferreira Jr., L. G.; Huete, A. R.; Ferreira, M. E. An operational deforestation mapping system using MODIS data and spatial context analysis. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, p. 47-62, 2007.

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

IBGE. (2004) Mapas interativos (Mapa de Biomas). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/mapas/>>. Acesso em 30.out.2007.

Sano, Edson Eijy; Rosa, R. ; Brito, J. L. ; Ferreira Jr, L. G. Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado: estratégias e resultados. Planaltina: **Embrapa Cerrados (Boletim de Pesquisa)**, 2007a.

Sano, E. E.; Ferreira Jr., L. G.; Asner, G.; Steinke, E. Spatial and Temporal Probabilities of Obtaining Cloud-Free Landsat Imagies over the Brazilian Tropical Savanna. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, p. 2739-2752, 2007b.

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

Shimabukuro, Y. E.; Duarte, V.; Moreira, M. A.; Arai, E.; Valeriano, D. M.; Anderson, L. O.; Espírito-Sanot, F. B. Desflorestamento na Amazônia - Sistema DETER. In: Bernardo Friedrich Theodor Rudorff; Yosio Edemir Shimabukuro; Juan Carlos Ceballos. (Org.). **O Sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007, v. 1, p. 389-401.

Van Leeuwen, W. J. D.; Huete, A. R.; Laing, T. W. MODIS vegetation index compositing approach: A prototype with AVHRR data. **Remote Sensing of Environment**, v. 69, n. 3, p. 264-280, 1999.