



# LANDSAT-LIKE BRASIL: UMA PROPOSTA PARA GERAÇÃO DE SÉRIES TEMPORAIS CONSISTENTES DE IMAGENS BIOFÍSICAS PARA TODO O TERRITÓRIO BRASILEIRO

L. L. Parente<sup>1</sup>, M. R. Rosa<sup>2</sup>, L. G. Ferreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de processamento de imagens e geoprocessamento, Universidade Federal de Goiás, Brasil

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo, Brasil

Comissão IV - Sensoriamento Remoto, Fotogrametria e Interpretação de Imagens

## RESUMO

A crescente quantidade de sensores orbitando a terra produzirá um volume de dados gradativamente maior, que potencialmente podem ser combinados para produzir séries temporais satelitárias mais consistentes. Nesse sentido, este trabalho apresenta a iniciativa Landsat-Like Brasil, uma proposta para a geração de observações mensais compatíveis com o *grid-cell* do sensor Landsat 8 - OLI (i.e. 30m), a partir do ano 2000, com vistas a gerar uma série temporal consistente de imagens biofísicas para todo o território brasileiro. Sua implementação, ainda em desenvolvimento e baseada em *software* livres, combina dados de 13 satélites (e diferentes sensores), normalizados por meio de técnicas de reprojeção, reamostragem e registro automático de imagens. Tendo por referência uma área piloto, a cena Landsat 223/71, foi realizado o *download* de ~2.300 imagens para todo o período de estudo, a avaliação do registro automático de imagens Cbers e a definição de abordagens de *composite* e detecção de nuvem/sombra para todos os dados satelitários utilizados. Os resultados apresentados indicam que a proposta é consistente, viável e tem potencial para contribuir com estudos e produtos relacionados ao mapeamento da cobertura e uso da terra, estimativas de carbono e monitoramento de processos de degradação em ecossistemas naturais e antrópicos.

**Palavras-chave:** Landsat, Sentinel, CBERS, ResourceSat, PROBA-V, MODIS, ASTER, UK-DMC, Mabiomas.

## ABSTRACT

The increasing number of sensors orbiting the earth is systematically producing larger volumes of data, which can be combined to produce more consistent satellite time series. In this study we present the Brazil Landsat-Like Data Cube, an initiative with the goal of compiling monthly observations, since 2000, compatible with the Landsat 8-OLI grid-cell (i.e. 30m), in order to produce consistent time series of biophysical images for the entire Brazilian territory. Our implementation, in progress and open-source based, combines data from 13 satellites (and different sensors), using automatic approaches to reproject, resample and co-register the images. Considering as pilot area the Landsat scene 223/71, ~2.300 images were downloaded for the entire study period and an automatic Cbers image registration evaluation was conducted. Likewise, approaches regarding cloud/shadow screening and NDVI compositing have been defined. Our results indicates that the ongoing initiative is consistent, feasible, and has the potential to contribute with studies and products related to land cover and land use mapping, carbon estimations, and monitoring of degradation processes in natural and anthropic ecosystem.

**Keywords:** Landsat, Sentinel, CBERS, ResourceSat, PROBA-V, MODIS, ASTER, UK-DMC, Mabiomas.

## 1 - INTRODUÇÃO

A obtenção sistemática de dados satelitários sobre a superfície terrestre permitiu uma melhor compreensão das dinâmicas funcionais e estruturais de ecossistemas naturais e antrópicos (Hansen et al., 2013; Almeida et al., 2015). Um dos aspectos fundamentais neste processo foi a geração e análise de séries temporais, por meio dos produtos MODIS (Huete et al.,

2002), e mais recentemente Landsat (Wulder et al., 2015). A crescente quantidade de sensores orbitando nosso planeta produzirá um volume de dados gradativamente maior, que podem ser combinados com o objetivo de produzir séries temporais mais consistentes (Hansen & Loveland, 2012).

Vários estudos já avaliaram os desafios e benefícios associados a integração de múltiplos dados

satelitários (Scheftic et al., 2014; Wu et al., 2015), cuja complexidade tende a aumentar em função da maior resolução temporal e detalhe espacial. Entre os esforços neste sentido, destacam-se aqueles empreendidos pela NASA, que está disponibilizando dados combinados Landsat 8 e Sentinel 2 por meio produtos globais, harmonizados, com 30 metros de resolução espacial e resolução temporal de 5 dias (NASA, 2016).

O Brasil tem um enorme potencial para geração de produtos satelitários combinados, pois atualmente possui um acervo histórico de imagens CBERS, ResourceSat e UK-DMC (INPE, 2017), além dos dados satelitários mais populares, tais como, MODIS, Sentinel e Landsat (incluindo séries históricas Landsat 1, 2 e 3). No que diz respeito aos dados Landsat 8 (sensor OLI - *Operational Land Imager*), o território brasileiro dispõe, em média, de ~10 observações de qualidade em 2015 (i.e. livres de nuvens e sombras de nuvens), irregularmente distribuídas ao longo de um ciclo hidrológico (Parente & Ferreira, 2015). Tal distribuição poderia melhorar significativamente por meio da combinação de dados obtidos por sensores de diferentes resoluções espaciais, espectrais, radiométricas e temporais.

Diante dessa possibilidade, este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta para a geração de observações mensais *Landsat-Like*, a partir do ano 2000, produzindo, para todo o território brasileiro, uma série temporal, consistente e regular, de imagens biofísicas. Nas seções a seguir, apresentamos o framework conceitual, uma discussão sobre os avanços já alcançados e os próximos passos desta iniciativa, cuja implementação se encontra ainda em desenvolvimento.

## 2 - LANDSAT-LIKE BRASIL

Os dados e métodos desta proposta são detalhados na figura 1. Ao todo serão combinados dados de 13 satélites, obtidos por diferentes sensores. Tais dados, com diferentes resoluções, serão normalizados por meio de um fluxo de processamento, que irá reprojeter, reamostrar e proceder à retificação geométrica automaticamente, tendo por referência imagens Landsat (Gao et al., 2009). Este processamento produzirá imagens NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e máscaras de nuvens/sombras (por *pixel*), que serão armazenadas em um repositório de imagens normalizadas. Estas imagens serão utilizadas para gerar *composites* mensais NDVI, por outro fluxo de processamento que irá substituir as observações contaminadas por nuvens/sombras das imagens Landsat, aplicar uma correção radiométrica relativa (Biday et al., 2009) e por fim avaliar a qualidade de preenchimento (i.e. gap filling), *pixel-a-pixel*.

Para avaliar os desafios técnicos e conceituais da proposta, escolheu-se como área piloto a cena

Landsat 223/71, que compreende a maior parte da bacia hidrográfica do Rio Vermelho, localizada no estado de Goiás, e que possui extensas áreas de pastagens cultivadas e vegetação nativa do bioma Cerrado. Considerando apenas seu limite útil, realizou-se o download de todas as imagens obtidas por 13 satelitários (Fig. 1), desde o ano 2000, totalizando ~2.300 passagens, por meio dos sistemas provedores de dados: EarthExplorer; Vito Distribution Portal, NASA LAADS-DAAC e o Catálogo de Imagens do INPE.

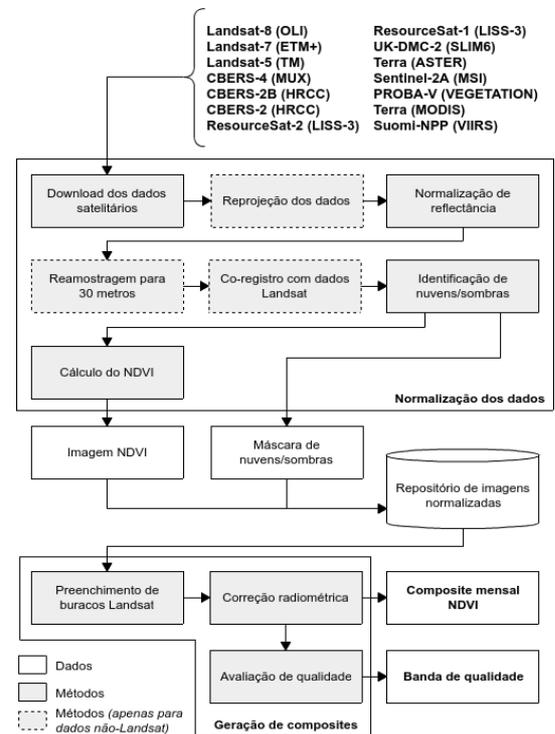


Fig. 1 – Dados e métodos para a geração de observações mensais *Landsat-Like*, desde o ano 2000, para todo o território brasileiro.

## 3- DISCUSSÃO

Dentre os sistemas provedores de dados acessados, o único que não dispõe de um mecanismo público para aquisição automática de imagens é o Catálogo de Imagens do INPE. A utilização de tal mecanismo é fundamental para implementação desta proposta, de forma ágil e otimizada, para todo o território brasileiro.

O registro automático das imagens produzirá imagens com 30 metros de resolução espacial, geometricamente equivalentes às imagens Landsat. Esse procedimento mostrou-se consistente ao corrigir, por exemplo, um deslocamento de ~11 km entre imagens Cbers 2 e Landsat 5 (Fig. 2). Entretanto, a expectativa é de que algumas imagens sejam descartadas, pois a elevada presença nuvens dificulta o registro automático das mesmas, pela não localização de *pixels* de referência ("âncoras").

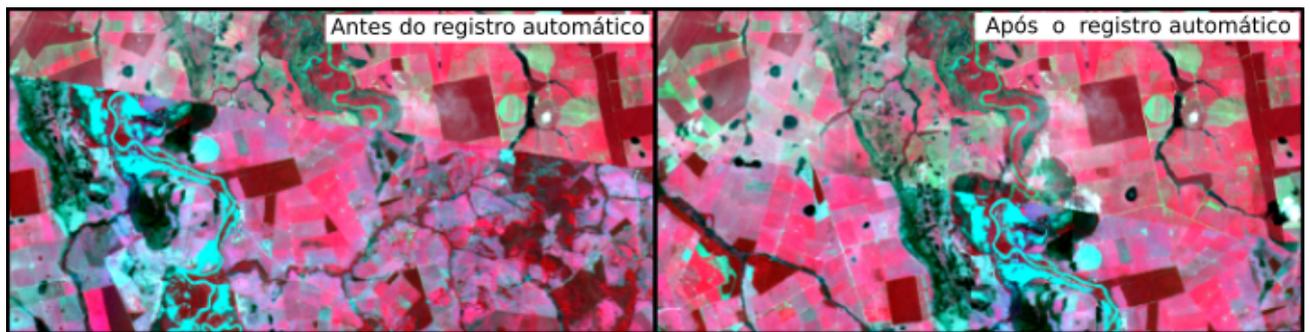


Fig. 2 – Resultado do registro automático da imagem CBERS\_2\_CCD1XS\_20040324\_161\_18\_L2 (CBERS 2) com a imagem LT52230712004072COA00(Landsat

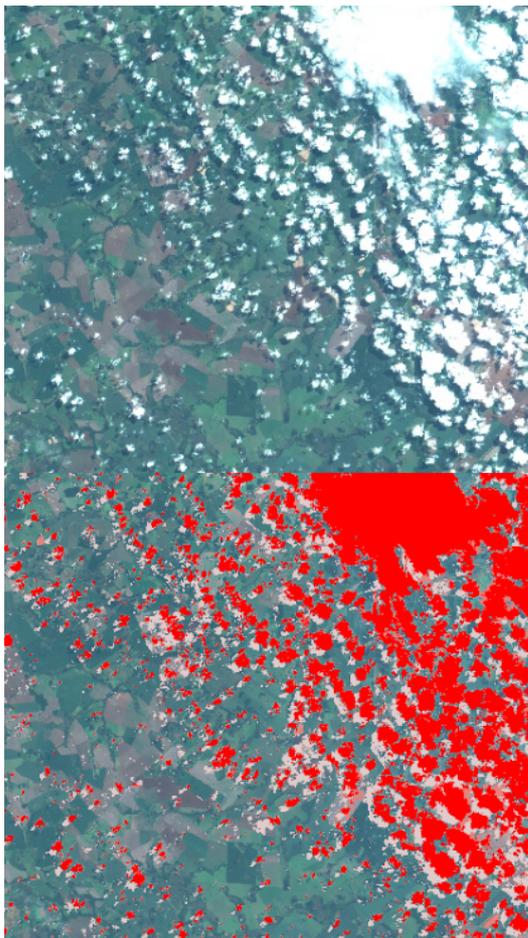


Fig. 3 – Abordagem empírica para detecção de nuvens aplicada na imagem CBERS\_4\_MUX\_20150407\_160\_119\_L2, para a qual identificou-se *pixels* contaminados por nuvens (em vermelho) e sombras de nuvens (em vermelho claro)

A identificação de nuvens/sombras tem por objetivo localizar e remover observações contaminadas de uma imagem, mantendo apenas as observações com potencial de utilização no processo de *composite*. As abordagens relacionadas a essa identificação variam conforme os dados satelitários. A utilização da banda de qualidade, quando existente, será priorizada nos dados

5). A imagem resultante foi reamostrada para 30 metros utilizando o algoritmo *nearest neighbor*.

Landsat (*Collection 1*), PROBA-V, MODIS e VIIRS. Especificamente para os dados Landsat essa banda será combinada com o resultado do F-Mask (Zhu et al., 2015), algoritmo utilizado também para dados Sentinel. Para os demais dados, desenvolveu-se uma abordagem empírica, baseada na identificação dos *pixels* com maior reflectância na banda do azul e na projeção de sombras de nuvens em diferentes altitudes (Fig. 3).

A estratégia de geração dos *composites* mensais NDVI utilizará uma janela temporal de 30 dias para selecionar uma imagem de referência Landsat (com data de aquisição próxima ao dia central da janela correspondente). As observações de baixa qualidade serão substituídas por observações de outras imagens (obtidas dentro da mesma janela temporal), por meio dos seguintes critérios de prioridade: P1 - demais dados Landsat (Ex: Landsat 7); P2 - dados com resolução espacial maior que 30 metros (ResourceSat 2); P3 - dados com resolução espacial menor que 30 metros (ex: MODIS). Este processo será concluído apenas quando todas as observações contaminadas forem preenchidas, produzindo uma imagem sem falhas e uma banda de qualidade indicando, *pixel a pixel*, qual dado satelitário foi utilizado no processo. Para minimizar o impacto das diferenças espectrais entre dados de vários sensores, optou-se por utilizar apenas imagens NDVI, corrigidas radiometricamente conforme a imagem de referência Landsat.

#### 4- CONSIDERAÇÕES E ENCAMINHAMENTOS

O Landsat-Like Brasil irá produzir, para cada pixel Landsat de 30 metros, uma observação mensal NDVI para toda a extensão territorial brasileira, por meio da combinação de dezenas de dados satelitários. Espera-se que essa série temporal consistente de imagens biofísicas contribua com estudos e produtos relacionados ao mapeamento da cobertura e uso da terra, estimativas de carbono e monitoramento de processos de degradação de ecossistemas naturais e antrópicos.

A implementação da proposta será realizada exclusivamente por *softwares* livres e terá seu código

fonte livre e aberto. Inicialmente ela será executada para a área piloto apresentada, com o intuito de permitir a validação das imagens produzidas, por meio da geração de observações ruins simuladas, as quais terão seus valores reais, obtidos pelo satélite Landsat, comparados àqueles de outros sistemas sensores. Tal comparação será fundamental para avaliar diferentes estratégias de *composite*, que priorizem dados com resoluções espectrais mais próximas dos dados Landsat e/ou considerem a fragmentação da paisagem no processo de escolha de um pixel de preenchimento. Essa implementação permitirá também produzir uma estimativa, real e viável, da proposta para todas as 380 cenas que recobrem o Brasil, considerando seus custos de produção e disponibilização para a comunidade científica.

#### AGRADECIMENTOS

Este trabalho, que se insere no âmbito das iniciativas MapBiomass e FIP Cerrado, contou com o apoio da Gordon and Betty Moore Foundation e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, T. I. R.; N. C. Penatti; L. G. Ferreira; A. E. Arantes e C. H. Amaral, 2015. Principal component analysis applied to a time series of MODIS images: the spatio-temporal variability of the Pantanal wetland, Brazil. Wetlands ecology and management, Vol. 23, Nº 4, pp. 737-748.
- Biday, S e U. Bhosle, 2009. Relative radiometric correction of cloudy multitemporal satellite imagery. World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 51, pp. 241-245
- Gao, F.; J. G. Masek; R. F. Wolfe, 2009. An automated registration and orthorectification package for Landsat and Landsat-like data processing. Journal of Applied Remote Sensing, Vol. 3, Nº 1, pp. 01-20.
- Hansen, M. C. e T. R. Loveland, 2012. A review of large area monitoring of land cover change using Landsat data. Remote sensing of Environment, Vol. 122, pp. 66-74.
- Hansen, M. C.; P. V. Potapov; R. Moore; M. Hancher; S. A. Turubanova; A. Tyukavina; D. Thau; S. V. Stehman; S. J. Goetz; T. R. Loveland; A. Kommareddy; A. Egorov; L. Chini; C. O. Justice e J. R. G. Townshend, 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. Science, Vol. 342, Nº 6160, pp. 850-853.
- Huete, A.; K. Didan; T. Miura; E. P. Rodriguez; X. Gao e L. G. Ferreira, 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote sensing of environment, Vol. 83, Nº 1, pp. 195-213.
- INPE, 2017. Catálogo de imagens, disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo>>. Acesso em: 16 de jul. 2017.
- NASA, 2017. Harmonized Landsat-8 Sentinel-2, disponível em: <<https://hls.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: 15 de jul. 2017.
- Parente L. P. e L. G. Ferreira, 2017. Desafios e oportunidades para o monitoramento da cobertura terrestre brasileira utilizando séries temporais Landsat, em Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Vol. I, Santos - SP, Brasil, pp. 2146-2152.
- Scheftic, W.; X. Zeng; P. Broxton e M. Brunke, 2014. Intercomparison of seven NDVI products over the United States and Mexico. Remote Sensing, Vol. 6, Nº 2, pp. 1057-1084.
- Zhu, Z.; S. Wang e C. E. Woodcock. 2015. Improvement and expansion of the Fmask algorithm: Cloud, cloud shadow, and snow detection for Landsats 4-7, 8, and Sentinel 2 images. Remote Sensing of Environment, Vol. 159, pp. 269-277.
- Wulder, M. A.; J. C. White; T. R. Loveland; C. E. Woodcock; A. S. Belward; W. B. Cohen; Fosnight E. A.; Shaw J.; Masek J. G. e D. P. Roy, 2016. The global Landsat archive: Status, consolidation, and direction. Remote Sensing of Environment, Vol. 185, pp. 271-283.
- Wu, M.; W. Huang, Z. Niu e C. Wang, 2015. Generating daily synthetic Landsat imagery by combining Landsat and MODIS data. Sensors, Vol. 15, Nº 9, pp. 24002-2402