

## Verificação preliminar do sinergismo entre dados ópticos de resolução moderada (MODIS) e dados SAR aerotransportados (SIPAM) para o monitoramento da cobertura vegetal na região Amazônica

Manuel Eduardo Ferreira<sup>1</sup>  
Marcelo Cabral de Aguiar<sup>1</sup>  
Laerte Guimarães Ferreira Jr.<sup>1</sup>  
Nilson Clementino Ferreira<sup>1</sup>  
Edson Eyji Sano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás - UFG/IESA  
Lab. Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LAPIG  
Caixa Postal 131 - 74001-970 - Goiânia - GO, Brasil  
{manuel, laerte}@iesa.ufg.br

<sup>2</sup>Embrapa Cerrados - CPAC  
BR-020 km 18, Caixa Postal 08223 - 73301-970 - Planaltina - DF, Brasil  
sano@embrapa.cpac.br

**Abstract.** The widespread occurrence of clouds over the Amazon basin for most of the year makes radar data particularly interesting for mapping the vegetative cover and for monitoring deforestation and biophysical parameters in general. In this study, we presented the preliminary results of an airborne SAR campaign over two sites in the States of Rondônia and Amazonas. The SAR instrument, owned and operated by the Amazon Protection System (SIPAM), acquired L-band data at vv polarization mode and 6m spatial resolution. At this configuration, it was possible to detect clear cut areas with a variety of sizes and shapes, confirming the high precision and accuracy of the SAR-SIPAM instrument. In addition, the integration of the radar data with MOD13 reflectance images suggests a potential synergism between SAR and optical datasets, which can be used, among others, for ground truth purposes of deforestation detection based on moderate resolution optical imagery.

**Palavras-chave:** MODIS, airborne SAR, Amazon deforestation, SAR aerotransportado, desmatamento na Amazônia.

### 1. Introdução e objetivos

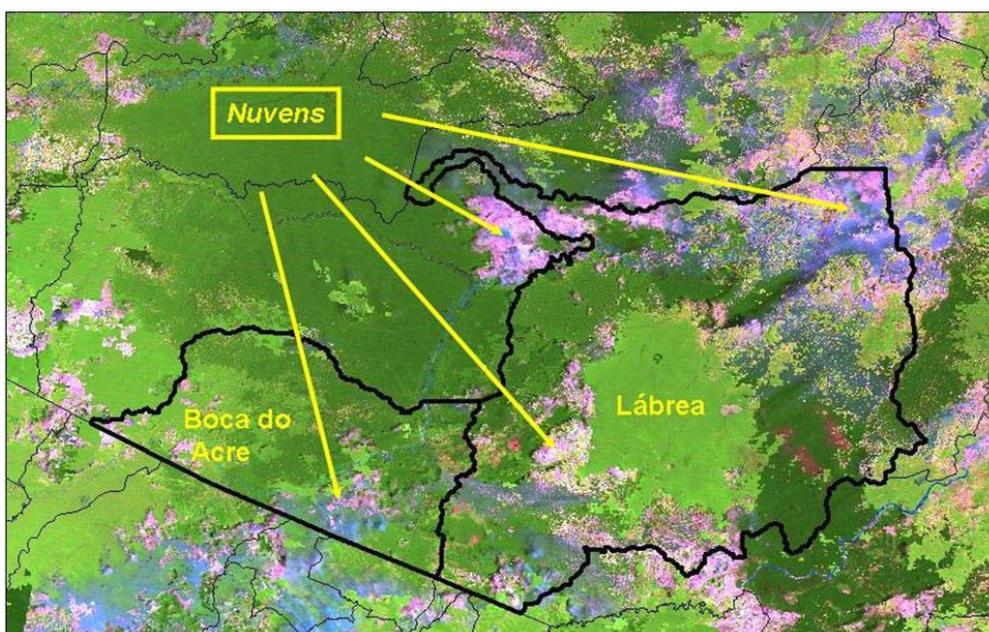
A intensa cobertura por nuvens na Amazônia, principalmente ao longo dos meses de novembro a março (Asner, 2001), representa um obstáculo para o monitoramento contínuo da região por meio do sensoriamento remoto, sobretudo aquele realizado com sensores passivos. Este é o caso de grandes projetos de monitoramento ambiental, tal como o SIAD (Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos) e o PRODES Digital (Programa de Controle do Desflorestamento na Amazônia), que empregam, respectivamente, dados do sensor MODIS (Produto MOD13) e Landsat para a detecção dos desmatamentos no referido bioma.

Especificamente em relação ao MODIS, mesmo com o uso do sistema de *compositing*<sup>1</sup>, que visa principalmente minimizar o impacto de nuvens e aerossóis, a presença de pixels contaminados com nuvens e sombras é inevitável. Em alguns casos, esta contaminação tem alcançado até 80% de uma cena (*tile*), o que prejudica ou acaba por inviabilizar a detecção do desmatamento para aquele período (**figura 1**).

---

<sup>1</sup> Geração de imagens compostas por múltiplas observações da mesma área, ao longo de 8 ou 16 dias, com a finalidade de filtrar os *pixels* comprometidos com ruídos, nuvens e baixa precisão geométrica e radiométrica.

Dessa forma, e com o intuito de auxiliar o monitoramento da cobertura vegetal em áreas críticas quanto às pressões antrópicas, neste estudo verificamos o sinergismo em potencial entre as imagens ópticas geradas pelo MODIS e imagens de RADAR, obtidas pelo sistema SAR-SIPAM aerotransportado<sup>2</sup>. Por outro lado, o estudo ora apresentado faz parte de um projeto maior, cujos objetivos incluem uma melhor compreensão do uso das múltiplas polaridades disponíveis no sistema SAR-SIPAM, principalmente no que diz respeito aos dados de vegetação (fisionomias e fases de regeneração), aspectos de solo e relevo, bem como a verificação do potencial destas imagens para a detecção de desmatamentos na região Amazônica.



**Figura 1.** Cena MODIS (MOD13Q1, tile h11v09), referente à região de Lábrea e Boca do Acre (Amazonas), obtida em fevereiro de 2004, com elevada contaminação por nuvens.

## 2. Sistemas sensores MODIS e SAR-SIPAM

O sensor óptico MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), abordo das plataformas orbitais Terra e Aqua, faz parte de um amplo programa da NASA, denominado de Sistema de Observação Terrestre (EOS). Este sensor apresenta uma alta resolução temporal (imageamento diário, 8 e 16 dias) e espectral (36 bandas, 0,4 - 14,3  $\mu\text{m}$ ), com resolução espacial moderada (250, 500 e 1000 metros). Suas aplicações são diversas, voltadas principalmente para o monitoramento global e regional das dinâmicas terrestres, incluindo a cobertura vegetal, uso e ocupação do solo (Ferreira et al., 2003; Justice et al., 2002).

O sensor SAR (Synthetic Aperture Radar) aerotransportado<sup>2</sup>, o qual equipa as aeronaves EMBRAER 145/R99-B do SIPAM/SIVAM, opera na banda espectral L (1,28 GHz - 23 cm), com multipolarimetria, ou seja, envia e recebe radiação eletromagnética nas polarizações vertical e horizontal (hh, vv, hv, vh), e na banda espectral X (9,23 GHz - 3 cm) com uma única polarização horizontal (hh) (Souza Filho e Ponzoni, 2004). Estas imagens podem cobrir uma faixa no terreno de 10 a 120 Km (faixa útil de 20 a 90 Km), com resolução espacial de 3, 6 e 18 metros.

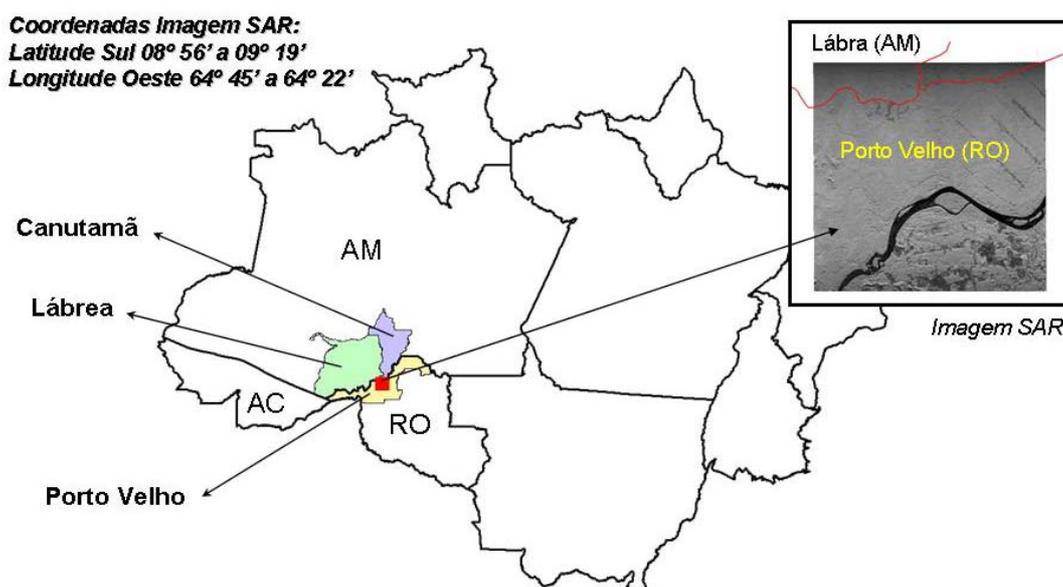
---

<sup>2</sup> SAR-SIPAM - Sistema RADAR aerotransportado em aeronaves do Sistema de Proteção da Amazônia/Sistema de Vigilância da Amazônia (SIPAM/SIVAM).

### 3. Aspectos metodológicos

#### Área de estudo

Para a realização da primeira etapa deste estudo, foi selecionada uma área inserida entre os municípios de Lábrea (AM) e Porto Velho (RO), onde há atualmente uma maior preocupação por parte dos órgãos fiscalizadores com a elevada ocorrência de desmatamentos. Tal área apresenta, em grande parte do ano, alta nebulosidade, a qual prejudica o monitoramento direto com sensores ópticos. Em termos de sua localização, a área restringe-se às coordenadas Latitude Sul 08° 56' a 09° 19' e Longitude Oeste 64° 45' a 64° 22' (**figura 2**).



**Figura 2.** Área de estudo, envolvendo os municípios de Lábrea (AM) e Porto Velho (RO).

#### Aquisição dos dados

Para esta análise foram selecionados os seguintes grupos de dados: (a) uma cena SAR-SIPAM, banda L, polarização vv, com resolução espacial de 6 metros, adquirida em julho de 2004 na região de Lábrea (AM) e Porto Velho (RO); (b) uma cena MODIS (Produto MOD13Q1, 250 metros), correspondente ao *tile* h11v09; (c) base temática IBGE, na escala 1:250.000, contendo limites políticos, hidrografia e malha viária; e (d) polígonos de desmatamentos detectados pelo sistema SIAD (baseado no sensor MODIS, produto MOD13Q1, índice de vegetação NDVI), para o período entre junho e julho de 2004.

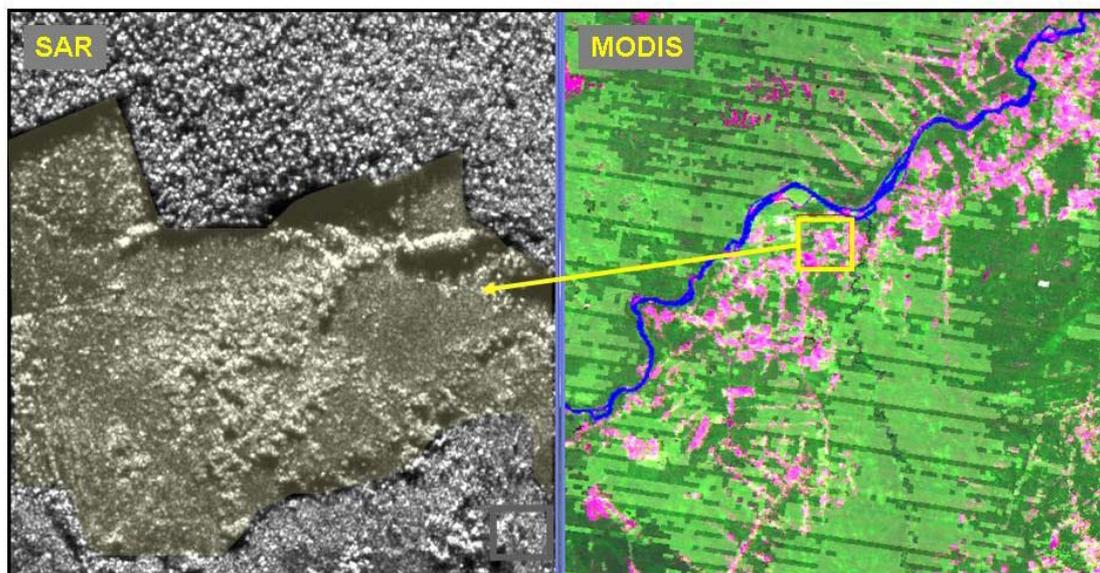
#### 4. Resultados preliminares

Em uma análise inicial, ressalta-se a boa precisão geométrica do sensor MODIS, possibilitando a complementaridade deste aos dados obtidos pelo SAR para a detecção dos desmatamentos na Amazônia. Deve-se levar em consideração a diferença significativa de resolução de imageamento (250 metros e 6 metros, respectivamente), o que, contudo, não mostrou ser um obstáculo ao “*image merge*” e à análise em questão (**figura 3**).

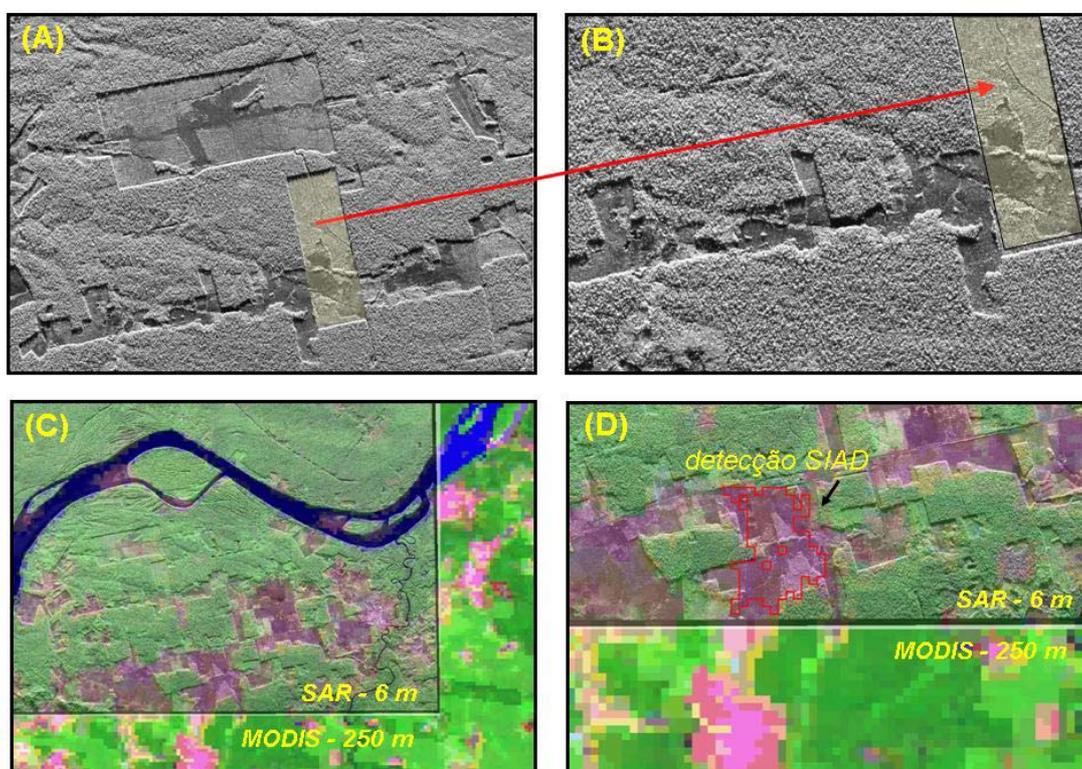
A **figura 4 (A e B)** destaca a elevada qualidade dos dados SAR (polarização vv, 6 metros), sobretudo em relação à nitidez de trechos de floresta desmatados, o que também possibilita a identificação das fases de regeneração da cobertura vegetal.

Em relação ao sinergismo MODIS e SAR-SIPAM, constatou-se uma boa integração entre os dados obtidos por ambos os sensores, ressaltando-se, principalmente, a continuidade dos

desmatamentos detectados por ambos os sistemas óptico e RADAR (i.e. MODIS e SAR-SIPAM) (figura 4 C).



**Figura 3.** Exemplos de desmatamentos, realçados pelas imagens do sistema SAR (6 metros) e MODIS (250 metros).



**Figura 4.** (A) e (B) exemplos de imagens obtidas pelo sistema SAR-SIPAM aerotransportado, banda L, polarização vv (6 metros); as áreas em cor amarela retratam uma área recentemente desmatada. (C) sinergismo óptico (sensor MODIS) e RADAR (SAR-SIPAM), demonstrando uma integração destes sensores. (D) detecção de desmatamento pelo sistema SIAD (polígono na cor vermelha), em sobreposição à imagem SAR-SIPAM.

Por último, sobrepondo-se aos dados SAR-SIPAM os polígonos de desmatamentos detectados pelo sistema SIAD, nota-se uma grande semelhança com as áreas reconhecidas como desmatamento na imagem de RADAR (**figura 4 D**). Esta constatação traz um resultado positivo para a realização do sinergismo entre estes sensores, principalmente no período em que o MODIS apresentar elevada cobertura de nuvens, podendo o desflorestamento ser detectado pelo sistema SAR-SIPAM em áreas críticas de municípios compreendidos na Amazônia Legal.

## 5. Considerações finais

A extensa e persistente cobertura de nuvens sobre a bacia Amazônica, para a maior parte do ano, faz com que o imageamento de radar adquira uma importância estratégica quanto ao monitoramento da cobertura florestal na região. Em particular, este é o caso das imagens SAR aerotransportadas, obtidas no âmbito do Sistema de Proteção da Amazônia. Neste estudo, de caráter eminentemente preliminar, procurou-se demonstrar o potencial destas imagens de alta resolução para a detecção de desmatamentos dos mais variados tamanhos, bem como o sinergismo entre estas imagens e aquelas obtidas pelo sensor MODIS.

Novos imageamentos com o sensor SAR-SIPAM para a área de estudo discutida neste trabalho estão programados para junho de 2005, quando então estarão sendo avaliadas diferentes polarizações (vv, vh, hh, hv) e resoluções espaciais possíveis (3, 6 e 18 metros). Todos estes dados serão comparados com imagens MODIS obtidas no mesmo período (julho de 2004/2005) e verificados a partir de levantamentos de campo.

## Referências

- Asner, G. P. Cloud cover in Landsat observations of the Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, preview article, p. 1-8, 2001.
- Ferreira, L. G.; Yoshioka, H; Huete, A; Sano, E. E. Seasonal landscape and spectral vegetation index dynamics in the Brazilian Cerrado: An analysis within the Large-Scale Biosphere–Atmosphere Experiment in Amazônia (LBA). **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 4, p. 534-550, 2003.
- Justice, C. O.; Townshend, J. R. G.; Vermote, E. F.; Masuoka, E.; Wolfe, R. E.; Saleous, N.; Roy, D. P.; Morisette, J. T. An overview of MODIS Land data processing and product status. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 3 -15, 2002.
- Souza Filho, C. R.; Ponzoni, F. J. Sensores hiperespectrais a bordo do SIVAM. **Infogeo**, n. 34, p. 32-34, 2004.