

Detecção do desflorestamento da Amazônia Legal em tempo real - Projeto DETER

Dalton de Morrison Valeriano¹
Yosio Edemir Shimabukuro¹
Valdete Duarte¹
Liana Oighenstein Anderson¹
Fernando Espírito-Santo¹
Egidio Arai¹
Luis Eduardo Maurano¹
Ricardo Cartaxo de Souza¹
Ramon Morais de Freitas¹
Luigi Aulicino¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
dalton@dsr.inpe.br

Abstract. This paper presents a methodology for detecting deforestation activities in a near real time using Terra MODIS data. The proposed methodology, named “DETER” Project (“**D**etecção em **T**empo **R**eal do Desflorestamento na Amazônia” – Real Time Deforestation Detection in Amazonia), is based on the PRODES Digital methodology that uses the Landsat TM and/or ETM+ images. Then DETER methodology consists on generating fraction images, segmentation of soil fraction images, classification using non supervised approach, mapping and editing the classified image, using MODIS daily data. The PRODES Digital and DETER projects are part of the “Estimate of deforestation in Amazonia” activities performed annually by Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). DETER project is providing information about the deforestation occurring through the year and then PRODES Digital is mapping and estimating the annual deforestation. Therefore these informations are consistent between these two projects and useful for the Government Organizations Actions. These informations are available in the INPE/PRODES Website (<http://www.obt.inpe.br/prodes/>).

Palavras-chave: DETER, Deforestation detection, monitoring, mapping, MODIS sensor, fraction images, detecção de desflorestamento, monitoramento, mapeamento, sensor MODIS, imagens fração.

1. Introdução

Os processos de mudança do uso e na cobertura da terra entraram nas discussões globais de meio ambiente há algumas décadas, a partir do conceito de que processos que ocorrem na superfície do planeta influenciam o clima. A partir de estudos que demonstraram a relação entre a modificação do albedo terrestre devido as mudanças na superfície que influenciavam a troca de energia entre a superfície-atmosfera em escala local, estudos apontando os ecossistemas terrestres como fonte e armazenador de carbono podendo influenciar o clima global e estudos relacionados à contribuição da evapotranspiração no ciclo da água como outro grande fator de impacto tanto em escalas local quanto regional, vieram a tona, e ainda hoje são alvos de muitos trabalhos (Lambin et al., 2003).

A partir de dados de Sensoriamento Remoto é possível monitorar tais mudanças, no entanto, extrair informações deste tipo de dados requer o desenvolvimento de técnicas e metodologias eficazes e automatizadas.

Diversos trabalhos na literatura exploram diversas metodologias com diferentes sensores para a detecção e monitoramento de desmatamentos, como por exemplo Adams et al. (1995) que estudaram a utilização de imagens Landsat para a avaliação de desmatamentos na região amazônica, através da história espectral de cada pixel. Além da utilização de imagens

Landsat, alguns estudos analisam a viabilidade de integração dos sensores TM/ETM+ com outros sistemas sensores, objetivando uma maior disponibilização de imagens da região amazônica, para o monitoramento dos processos de desmatamento. Por exemplo, Almeida-Filho e Shimabukuro (2002) integraram o uso de imagens Landsat-5 TM e JERS-1 SAR para mapear e monitorar áreas de alterações antrópicas em uma região no estado de Roraima. Alves (2001) utilizou mapas derivados de cenas TM e MSS para estudar padrões de desmatamento nos anos 70 e década de 90 na Amazônia Legal.

Outros estudos analisaram a utilização de sensores de resolução espacial menor e maior resolução temporal com o objetivo de detectar desmatamentos na Amazônia. Por exemplo, Batista (1994) utilizou AVHRR para estimar o desmatamento no Estado do Mato Grosso, e Amaral (1992), analisou a possibilidade de utilizar os dados AVHRR para detectar desmatamentos, avaliando os resultados com base nos dados provenientes do sensor TM. Carreiras et al. (2002) testou a utilização de imagens SPOT-VEGETATION para detectar no Estado do Mato Grosso, a partir de análises de mistura espectral, obtendo resultados que indicam a potencialidade destes dados.

O monitoramento das áreas de florestas da Amazônia Legal (PRODES) realizado anualmente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) revela taxas de desflorestamento variando entre 1 e 3×10^6 ha ano⁻¹ no período 1991-1999 e a perda de cerca de 6×10^7 ha (mais de meio milhão de Km²) de florestas até o ano 2000. Do ponto de vista de políticas públicas, a análise de dados feita pelo INPE é ainda insuficiente como base de ação governamental. Como os dados são agregados por estado e publicados seis meses após as ocorrências dos eventos de desmatamento, os governos federal e estadual não podem se antecipar à dinâmica de mudança de uso da terra na Amazônia. Deste modo, é preciso complementar os dados do PRODES com outras iniciativas que permitam ao Estado Brasileiro uma ação preventiva de combate às atividades ilícitas de desmatamento.

Neste contexto, o lançamento do sensor MODIS (“Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer”) em 1999 (a bordo do satélite TERRA) e do sensor WFI, em 2003 (a bordo do satélite CBERS-2), que possuem características de resolução temporal, espacial e espectral favoráveis para suas utilizações para o monitoramento de alterações no uso e cobertura da terra mostram-se extremamente eficientes para as aplicações em um país que apresenta cerca de 5 milhões de km² de extensão de floresta tropical.

Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia de detecção de atividades de desflorestamento em tempo real utilizando dados do sensor MODIS e WFI. A metodologia proposta, chamada Projeto DETER (“Detecção em Tempo Real do Desflorestamento na Amazônia”), é fundamentada na metodologia do PRODES Digital que utiliza imagens dos sensores TM e ETM+ do satélite Landsat (Shimabukuro et al., 1998; Duarte, et al., 1999).

2. Área de estudo

A área de estudo deste trabalho compreende toda a Amazonia Legal brasileira (Figura 1).

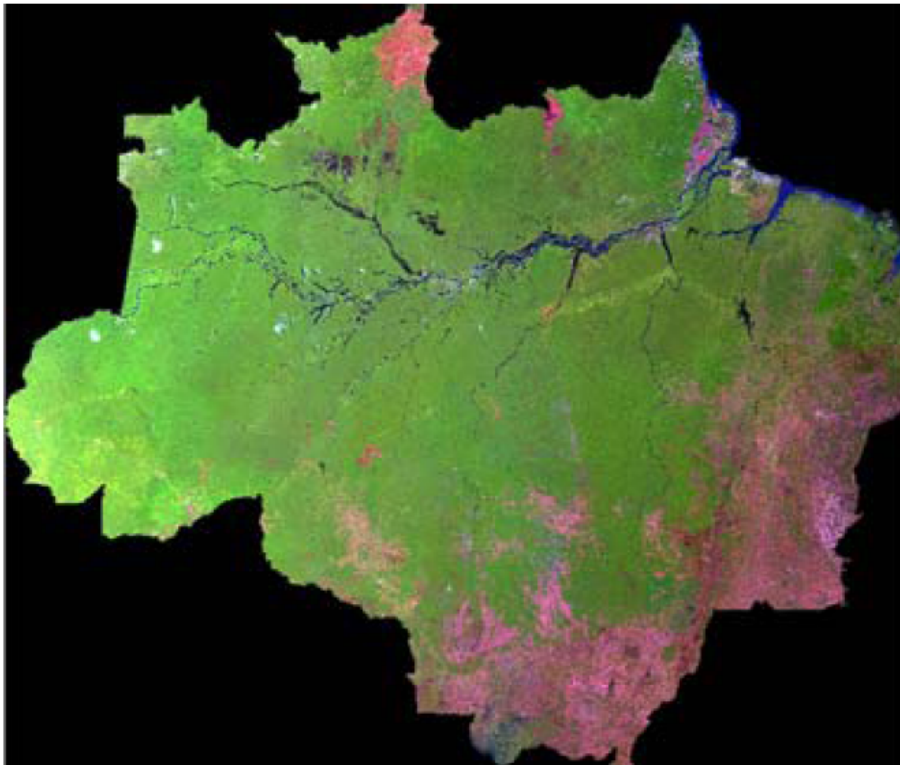


Figura 1. Área de estudo.

3. Materiais e Métodos

Os seguintes materiais estão sendo utilizados neste projeto: imagens diárias do sensor MODIS (produto MOD09) e imagens WFI. Além disso, utiliza-se também a base de dados do projeto PRODES Digital.

O processo metodológico em regime operacional para a detecção e monitoramento de novos desmatamentos consiste nas seguintes etapas:

- Criação de uma base de dados contendo uma estimativa da extensão do desmatamento. Esta base contém imagens MODIS pós-processadas (produtos derivados do modelo linear de mistura espectral, e composições RGB);
- Cada nova imagem MODIS (ou WFI) disponível é comparada com a base de dados atualizada, e um alerta de detecção é disponibilizado, cada vez que os desmatamentos na imagem atingem um limiar de 25 hectares. Esta base de dados tem sido atualizada, com frequência mínima mensal desde maio de 2004.
- Os dados são enviados ao IBAMA em tempo-real, e colocados na Internet nos sites do IBAMA e do INPE. No momento está disponível somente para os órgãos públicos envolvidos no projeto.

3.1. Implementação da metodologia: comparação com imagens ETM+

Toda metodologia operacional necessita de uma fase de desenvolvimento, implementação e validação dos resultados. Na fase de validação, um conjunto de 8 cenas Landsat/ETM+ de junho a outubro de 2002 da órbita/ponto 227/68 foi usado. Os dados Landsat/ETM+ foram registrados e retificados radiometricamente, atendendo as premissas básicas para estudos com dados multitemporais. As imagens do sensor MODIS foram adquiridas nas mesmas datas das cenas ETM+. Além disso, dados do projeto PRODES Digital também foram utilizados com o propósito de validação. O banco de dados do PRODES Digital correspondente a esta área de

estudo inclui um mapa temático com as seguintes classes: floresta, não-floresta, desmatamento antigo, e os polígonos de novos desmatamentos, neste estudo, referente ao ano 2002.

Inicialmente, foram utilizadas as informações do PRODES Digital referente ao ano de 2001 para gerar uma máscara para todas as áreas de desmatamento que aconteceram até outubro daquele ano, áreas de não floresta e hidrografia, de forma que na cena de 2002 só eram observadas as áreas de floresta e novos desmatamentos. Assim, todos os desmatamentos que foram observados na série temporal, aconteceram após outubro de 2001, data da imagem utilizada no PRODES Digital daquele ano.

A primeira cena Landsat/ETM+ utilizada foi da data de 15 de junho de 2002 e numerosos polígonos de desmatamento já foram encontrados naquela imagem. Para realçar a diferença entre as áreas de floresta e de não-floresta, o modelo linear de mistura espectral foi aplicado a ambos os conjuntos de dados (ETM+ e MODIS). Para os dados MODIS, foram utilizadas bandas de 5 faixas espectrais correspondentes ao visível (azul, verde, e vermelho), infravermelho próximo (NIR), e infravermelho médio (MIR) do espectro eletromagnético; e para os dados ETM+ foram utilizadas todas as bandas excluindo a banda do infravermelho termal. O modelo foi aplicado utilizando-se 3 endmembers: vegetação, solo, e sombra, para ambos os sensores. Considerando que os dados MODIS são atmosféricamente corrigidos e os dados ETM+ foram radiometricamente retificados, foram fixadas um conjunto de assinaturas de endmembers para as imagens MODIS e outro conjunto para as imagens ETM+.

As imagens de fração resultantes do modelo linear de mistura espectral realçam informações específicas sobre as feições da imagem. Por exemplo, a imagem fração vegetação, como os índices de vegetação, realçam as condições da cobertura vegetal; a imagem fração sombra realça os corpos de água e áreas queimadas; e a imagem fração solo realça as áreas de solo exposto, mostrando o contraste entre floresta e áreas desmatadas. Portanto, devido as suas características descritas acima, as imagens fração solo foram utilizadas para identificar e mapear as novas áreas de desmatamentos.

A seguir, foram ajustados os dados do PRODES Digital para 2002 na cena do ETM+ de 2002 de outubro, e uma breve edição de imagem foi feita. O passo seguinte foi a edição dos polígonos de desmatamento na imagem de setembro. Este processo foi realizado em todas as cenas do ETM+, e o resultado obtido foi um monitoramento temporal preciso das áreas dos polígonos de desmatamento. Para as imagens do MODIS, uma metodologia modificada foi aplicada. Devido a sua resolução espacial moderada, poderiam ocorrer erros subjetivos de interpretação. Para minimizar estes erros, as imagens fração solo foram segmentadas, e o processo de classificação baseou-se nestes novos limites.

Os resultados do processo de validação podem ser observados na Figura 2. Os resultados obtidos para a identificação das áreas desflorestadas e a comparação entre as imagens ETM+ e MOD09 mostraram que os dados do sensor MODIS tem uma tendência a subestimar as áreas desflorestadas em relação aos dados ETM+. Os resultados também apontaram que as áreas de desmatamentos pequenos (abaixo de 15 ha) foram detectados com menor precisão que os dados MODIS. Conforme as áreas de desmatamentos tornaram-se maiores, os resultados do sensor MODIS aproximam-se mais aos resultados obtidos pelo sensor ETM+.

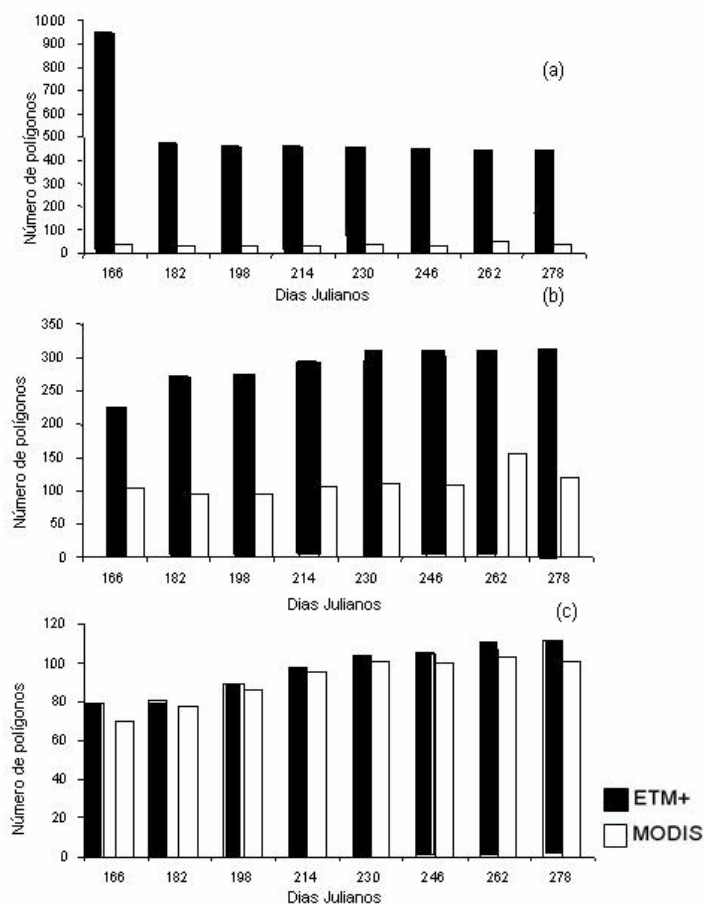


Figura 2. Número de polígonos detectados pelo sensor ETM+ e MODIS divididos em três classes de tamanho: (a) polígonos classificados segundo o tamanho menor que 15 hectares; (b) polígonos classificados segundo o tamanho entre 15 e 50 hectares; e (c) polígonos classificados segundo o tamanho entre 50 e 100 hectares.

Estes resultados observados mostram a viabilidade de implantação de um sistema de detecção de áreas desflorestadas em tempo real, utilizando dados diários do sensor MODIS. A seguir será apresentada a descrição e os resultados do Projeto DETER.

4. Projeto DETER

Como resultado o projeto produz mapas com a localização das áreas em processo de desflorestamento, atualizados mensalmente, durante o período crítico na Amazônia (meses de Maio a Setembro). Estes mapas contém informação em tempo quase-real sobre a dinâmica do processo de desmatamento na Amazônia (Figura 3).

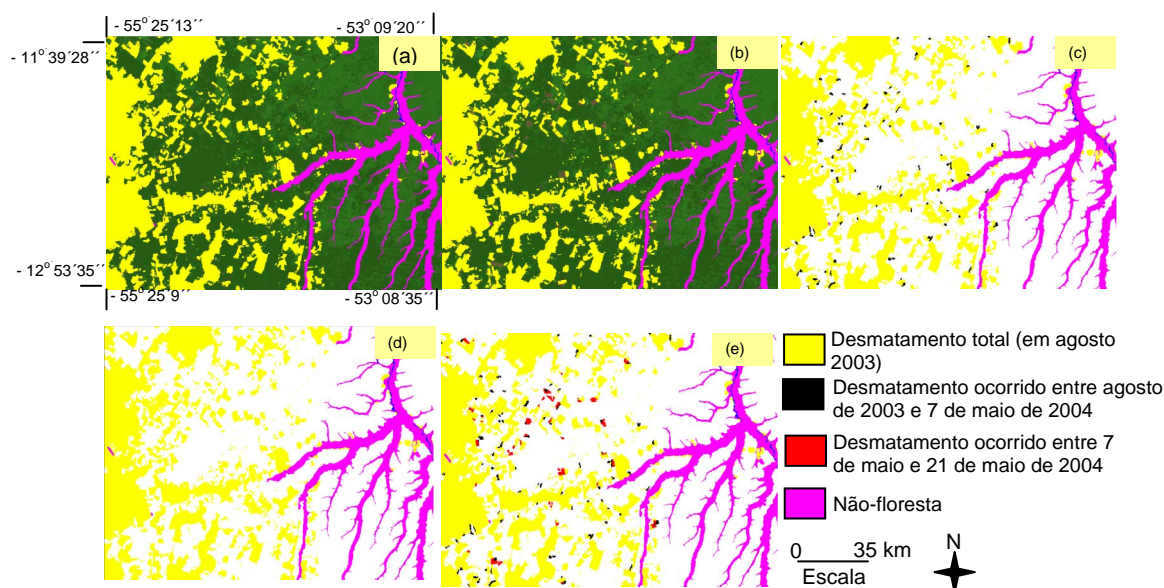


Figura 3. Observa-se uma seqüência das etapas realizadas no projeto DETER. Em (a) todo o desmatamento até agosto, é mascarado em 2003 (em amarelo), e sob a máscara, observa-se uma composição colorida de imagem MODIS. A primeira cena sem nuvens corresponde ao dia 7 de maio (Figura 3b) e o desmatamento que ocorreu neste período pode ser visto em preto (Figura 3c). A etapa seguinte consiste em reclassificar todos os polígonos detectados para desmatamento antigo (Figura 3d). O processo de detecção e edição dos polígonos é refeito para as datas seguintes, e no item (e) observa-se o incremento de novas áreas na data seguinte (21 de maio). O resultado de todo o processo pode ser observado na Figura 3e.

5. Conclusões

O impacto do projeto é substantivo, pois a informação produzida é inédita e é um componente relevante na política de ação governamental na região Amazônica. A utilização dos mapas produzidos pelo projeto DETER permite ao IBAMA agregar um valor significativo a sua base de dados, ao combinar essas informações com outros dados já disponíveis e, se necessário, com imagens produzidas por seus aviões de Sensoriamento Remoto.

Os resultados mostram que MODIS dados diário é uma fonte útil de informação por monitorar as áreas de desmatamento. As imagens de fração transformadas, especialmente a fração de terra, mostraram para ser mais adequado para aumentar o contraste entre floresta e áreas cortadas claras e também reduzir o dimensionalidade de dataset de multitemporal ser analisado por descobrir e traçar áreas desflorestadas. Para aplicação operacional, esta metodologia exige para a participação de intérpretes experientes minimizar a omissão e erros de comissão por edição de imagem. Também precisa refinar as linhas de polígonos na imagem de resolução moderada proveu por MODIS. Este tipo de metodologia é essencial para uma descoberta de áreas desflorestadas em um próximo real tempo e é atualmente usado dentro o INTIMIDE projeto, a INPE, para a Amazona inteira região.

Referencias bibliográficas

Adams, J.B.; Sabol, D.E.; Kapos, V.; Almeida-Filho, R.; Roberts, D.A.; Smith, M.O.; Gillespie, A.R. Classification of Multispectral Images Based on Fractions of Endmembers: Application to Land-Cover Change in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, v.52, p. 137–152, 1995.

Almeida- Filho, R.; Shimabukuro, Y.E. Digital processing of Landsat-TM time series for mapping and monitoring degraded areas caused by independent gold miners, Roraima State, Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, v.79, p. 42-50, 2002.

Alves, D.S. Space-time dynamics of deforestation in Brazilian Amazonia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 14, p. 2903-2908, 2002.

Amaral, S. Imagens do sistema sensor AVHRR/NOAA na detecção e avaliação de desmatamentos na Floresta Amazônica: relações com dados do sistema TM/Landsat.. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos, 195p. INPE-5501-TDI/516, 1992.

Batista, G.T.; Tucker, C.J. Assessment of AVHRR data for deforestation estimation in Mato Grosso (Amazon Basin). **Remote Sensing Reviews**, v. 10, n.1-3, p. 35-50, 1994.

Carreiras, J.M.B.; Shimabukuro, Y.E.; Pereira, J.M.C. Fraction images derived from SPOT-4 VEGETATION data to assess land-cover change over the State of Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 23, p. 4979-4983, 2002.

Duarte, V.; Shimabukuro, Y.E.; Santos, J.R.; Mello, E.K.; Moreira, J.C.; Souza, R.C.;Shimabukuro, R.M.; Freitas, U.M. Metodologia para criação do Prodes Digital e do banco de dados digitais da amazônia: Projeto BADDAM. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. INPE-7032-PUD/035.1999.

Lambin, E.F.; Geist, H.J.; Lepers, E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. **Annual Review of Environment and Resources**, v.28, 205-241, 2003.

Shimabukuro, Y.E.; Novo, E.M.; Mertes, L.K. Mosaico digital de imagens Landsat-TM da planície do Rio Solimões-Amazonas no Brasil. INPE-6746-RPQ/681. 1998. 45 P.