

## Aplicação das imagens SAR do SIPAM: caso de Anapú - PA

Alcina Maria Nepomuceno<sup>1</sup>  
Marisa Prado Gomes<sup>2</sup>  
Antônio Nuno de Castro Santa Rosa<sup>1</sup>  
Raphael de Oliveira Borges<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM  
SPO, Área 5, Quadra 3, Bloco K, 70610-200, Brasília – DF  
alcina.nepomuceno@sipam.gov.br  
antonio.rosa@sipam.gov.br  
raphael.borges@sipam.gov.br

<sup>2</sup>Instituto Pro Ação  
SCLN 304, BL C, SL 29, 70736 – 050, Brasília – DF  
marisaprado@proacao.org.br

**Abstract.** The Amazônia comes suffering constant deforestation due to occupation, exploration and farming expansion. Due to its extension and diversity, the generation of quantitative and qualitative information of these deforestations, requires the development of adjusted procedures to generate information that allow the government to punish illegal actions of deforestation. The PRODES/INPE Program, witch realize the annual mapping of Amazônia using LANDSAT scenes, comes facing some problems like the intense cloud covering and the long time to processing all the data. This work considers the possibility of SAR/SIPAM images to be used to complement PRODES data. The results showed the potential of SAR images in contributing to monitor deforested areas, reducing the scale of temporal analysis and increasing the scale of space analysis (mainly in critical areas). This study is the first step to the development of a change detection system, based in the automatic classification of SAR images, just named SMODAR.

**Palavras-chave:** SAR/SIPAM, deforestations, change detection, SAR/SIPAM, desmatamentos, detecções de mudança.

### 1. Introdução

A Amazônia Legal possui uma área aproximada de 5,2 milhões de quilômetros quadrados, dos quais uma parcela significativa vem sofrendo constante desmatamento em virtude da ocupação, exploração e expansão agropecuária. Em função de suas características, a geração de informações quantitativas e qualitativas desses desmatamentos para essa região exige o desenvolvimento de procedimentos metodológicos adequados que permitam a obtenção de produtos de qualidade e informações que subsidiem os órgãos governamentais a tomarem medidas que visem reduzir as crescentes taxas de desmatamentos.

Atualmente no monitoramento destes desmatamentos, destaca-se o Programa de Desmatamento - PRODES desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, o qual apresenta periodicidade anual, e está restrito às áreas consideradas críticas, como é o caso do chamado Arco do Desmatamento. Segundo dados desse projeto as taxas de desmatamento estão aumentando sistematicamente desde a década de 70.

Entretanto, devido a inerentes problemas de cobertura de nuvens e de tempo necessário para processamento de todas as imagens, partes das imagens, utilizadas pelo sistema são analisadas e permitindo uma cobertura parcial da Amazônia legal.

Neste sentido, em casos de alta cobertura de nuvens e resolução espacial as imagens do Radar de Abertura Sintética do SIPAM (SAR R99), devem ser utilizadas para adicionar informações ao PRODES.

O Município de Anapú localizado no estado do Pará foi o que apresentou padrões biofísicos e o incremento do desmatamento para o período de 19/02/2005 a 31/03/2006,

baseado em análise visual e vetorização manual de imagens temporais SAR, tendo como base o histórico do desmatamento apresentado pelo PRODES para o período de 1997 a 2005.

O resultado do presente estudo servirá como embasamento inicial para desenvolvimento de uma metodologia que auxilia o monitoramento do desmatamento na Amazônia Legal, utilizando dados de sensores ópticos (PRODES) e radar de abertura sintética em conjunto.

A idéia consiste em desenvolver um método de classificação automática de detecção de mudanças para as imagens SAR, utilizando os índices biofísicos conforme descritos na literatura por Pope *et al.* (1994) e as características geométricas. O projeto está em fase de estudo e já foi batizado pelo nome de SMODAR – Sistema de Monitoramento de Desmatamento da Amazônia por Radar de Abertura Sintética. O projeto consiste de várias etapas e neste artigo apresentamos a primeira.

## 2. Material e Método

### 2.1. Área de estudo

A seleção da área de estudo foi realizada de acordo com a sua característica biofísica dentro de um padrão ao sistema de classificação e sua disponibilidade de imagens SAR de diferentes períodos. Conforme apresentado na **Figura 1**, foram realizados dois levantamentos na Terra do Meio no Estado do Pará com o SAR R99, um no ano de 2005 (retângulo menor em vermelho) e outro no ano de 2006 (retângulo maior em azul). Em virtude da área de abrangência de cobertura, selecionou-se o município de Anapú, no Estado do Pará.

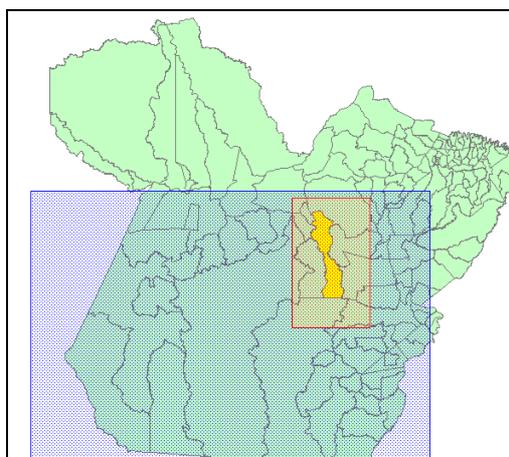


Figura 1: Localização da área de estudo

A localidade foi elevada à categoria de Município e Distrito com a denominação de Anapú, pela Lei Estadual nº 5.929, de 28 de dezembro de 1995. A população estimada em 01/07/2005 era de 6.880 habitantes. O município é cortado pela rodovia Transamazônica (BR 230). A área da unidade territorial é de 1.189.500,00 hectares, sendo que 516.912,82 hectares fazem parte da terra indígena Trincheira Bacajá, e 84.694,19 hectares são utilizados para atividade agropecuária, de acordo com o senso agropecuário do IBGE de 2003. Dados recentes do PRODES mostram que o município apresenta um desmatamento acumulado (1997 até 2005) em torno de 161.354,00 hectares.

### 2.2. Dados

Os Polígonos de desmatamentos do PRODES, para o município de Anapú, estado do Pará, referente ao período de 1997 a 2005, foram adquiridos via web no seguinte endereço, <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesd.html>.

As Imagens SAR utilizadas neste trabalho foram adquiridas, pelas aeronaves de monitoramento R99B do SIPAM, que têm a bordo duas antenas laterais de radar na banda L polarimétrica (HH, HV, VH e VV) e uma antena interferométrica na banda X, com resoluções espaciais que podem variar entre 3m, 6m e 18m, com faixas de cobertura no terreno variando entre 20x100 km, 40x100 km e 120x100 km, respectivamente.

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas as imagens adquiridas na banda L sobre uma mesma área, em dois períodos distintos. Os parâmetros de aquisição e processamento estão descritos na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Parâmetros de aquisição e processamento das imagens SAR.

<b>IMAGENS SAR</b>	<b>DATA 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Data da coleta: 19/02/2005</li> <li>- Modo de Imageamento: Dual L+X</li> <li>- Banda: L e X</li> <li>- Polarização: HH, VH.</li> <li>- Tipo de dado: <i>Unsigned</i> 08 bits</li> <li>- Número de <i>Looks</i>: 08</li> <li>- Resolução da imagem: 06 metros.</li> <li>- Tamanho do <i>pixel</i>: 5 metros.</li> <li>- Direção do vôo: leste/oeste.</li> <li>- Sistema de Coordenadas: geográficas (lat/long)</li> <li>- <i>Datum</i> (Sistema Geodésico): WGS-84</li> </ul>
	<b>DATA 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Data da coleta: 31/03/2006</li> <li>- Modo de Imageamento: Quad L+X</li> <li>- Banda: L e X</li> <li>- Polarização: HH, HV, VH, VV.</li> <li>- Tipo de dado: <i>Unsigned</i> 08 bits</li> <li>- Número de <i>Looks</i>: 08</li> <li>- Resolução da imagem: 18 metros.</li> <li>- Tamanho do <i>pixel</i>: 15 metros.</li> <li>- Direção de vôo: sul/norte:</li> <li>- Sistema de Coordenadas: geográficas (lat/long)</li> <li>- <i>Datum</i> (Sistema Geodésico): WGS-84</li> </ul>

### 2.3. Ambientes Computacionais

O software ARCVIEW 3.2 foi utilizado para o processo de inspeção visual dos dados e vetorização de polígonos de desmatamento. O software ERDAS foi utilizado para o pré-processamento das imagens SAR.

### 2.4. Método

#### 2.4.1. Georreferenciamento de Imagens SAR

O registro automático foi realizado no software ERDAS Imagine 9.0, a partir de sua extensão *IMAGINE Auto Sync*. Esta extensão adota um algoritmo que é capaz de gerar centenas de pontos de controle e produzir um modelo matemático para a correção das imagens a serem registradas. Este processo elimina quase que completamente a coleta manual de pontos, o resultado é uma imagem corrigida com boa precisão em relação ao mosaico *Geocover* da NASA.

#### 2.4.2. Mosaico das Imagens SAR

Os segmentos que abrangem a área de estudo foram mosaicados, para se ter a área total do município abrangida pelas cenas.

#### 2.4.3. Recorte das Imagens SAR

Devido ao tamanho do arquivo [(Data 1 = 41.144 x 55.450) e (Data 2 = 8.986 x 26.247)] gerado pelo mosaico das faixas, as etapas de processamento, visualização e vetorização foram somente para área de estudo. Em seguida o mosaico foi recortado em relação ao limite do município, reduzindo significativamente o tamanho dos arquivos [(Data 1 = 19.201 x 48.057) e (Data 2 = 6.0409 x 16.038)].

#### 2.4.4. Análise Visual e vetorização dos polígonos de desmatamentos

A análise visual e a vetorização manual dos polígonos de desmatamentos foram realizadas tomando como base o mosaico das imagens SAR recortado para a área do município de Anapú e também os polígonos do PRODES.

#### 2.4.5. Evolução do desmatamento em Anapú

A partir do arquivo *shape* dos desmatamentos, até 2005, atualizado pelas imagens SAR, utilizou-se novo mosaico SAR de 2006, para detecção de novos desmatamentos, e assim foi possível estimar o incremento dos desmatamentos para o período de 19/02/2005 a 31/03/2006.

### 4. Resultados e Discussões

Os resultados apresentados neste trabalho indicaram que as imagens SAR têm um grande potencial no auxílio do monitoramento dos desmatamentos na Amazônia Legal, principalmente por serem capazes de mapear as regiões que apresentam a cobertura de nuvens durante boa parte do ano, e por terem uma boa resolução espacial, melhorando a resolução espacial em relação à estimativa da área.

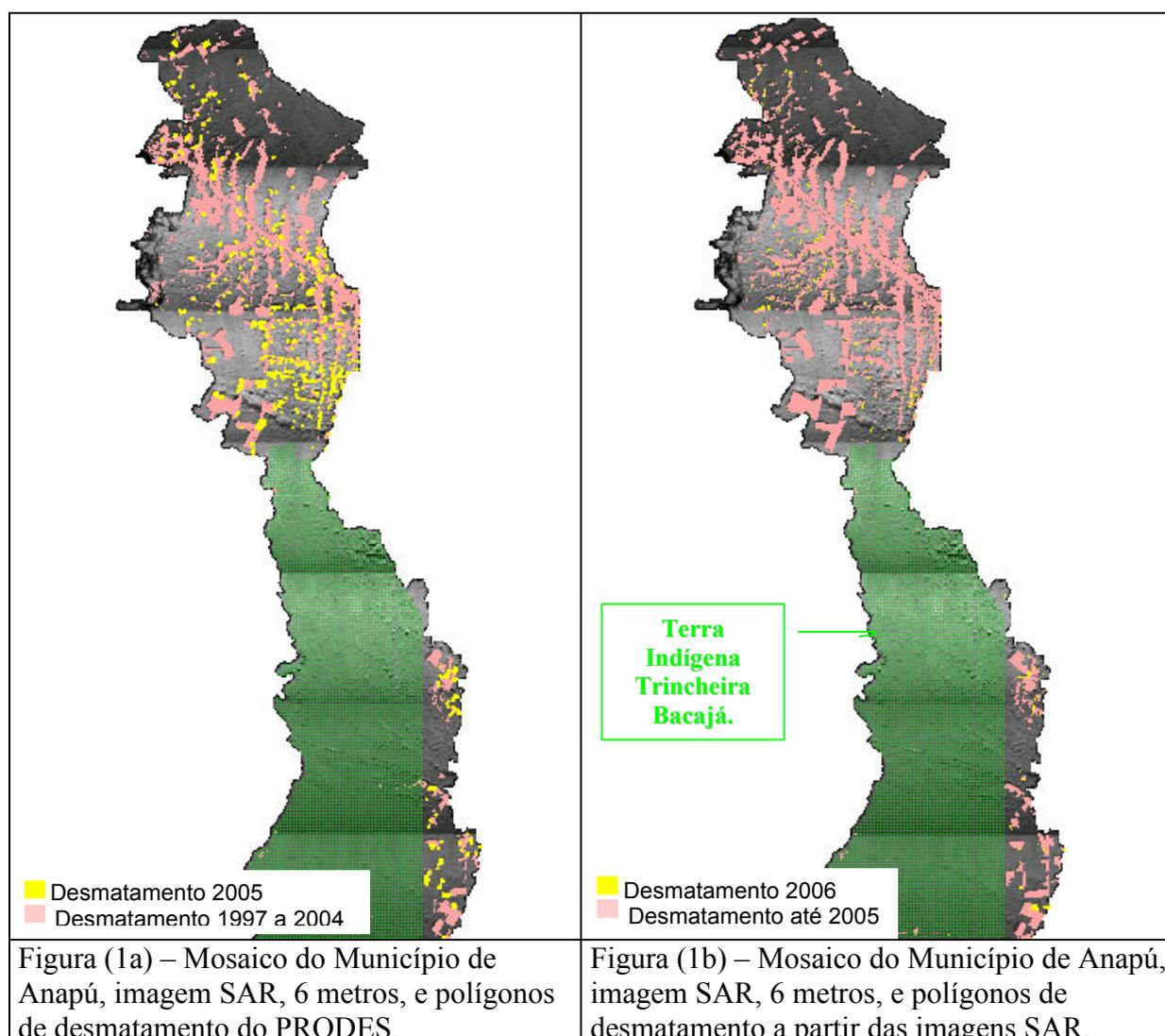
De acordo com a **Tabela 2**, verifica-se o resultado da análise comparativa entre os resultados obtidos pelo PRODES e a análise visual baseada nas imagens SAR do SIPAM. Observa-se que em relação à unidade territorial de Anapú, a área desmatada acumulada de 1997 a 2005 pelo município de acordo com o PRODES e as imagens SAR foram 161.354,00 e 171.541,37 (ha), respectivamente, o que corresponde em termos percentuais um desmatamento total em relação à área do município de 13,56% e 14,42% para o PRODES e imagens SAR, respectivamente. Houve uma pequena diferença na estimativa da área desmatada, o que pode ser atribuída à resolução espacial das imagens LANDSAT (30 metros) e SAR (6 metros) e também a constante cobertura de nuvens em algumas áreas que não puderam ser cobertas pelo sensor óptico neste período avaliado.

Tabela 2 – Resultados quantitativos do desmatamento com base no PRODES e imagens SAR, para o período de 1997 a 2005.

Município/Estimativas	Área Desmatada PRODES* (ha)	Área Desmatada SAR (ha)	Área da Unidade Territorial (ha)
Anapú	161.354,00	171.215,00	1.189.500,00
Porcentagem do desmatamento em relação a unidade territorial	13,56%	14,39%	
Omissão de área desmatada do PRODES em relação a área estimada pelas imagens SAR	9.861,00 ha 5,76%		

\*Desmatamento acumulado de 1997 a 2005.

Observa-se, nas figuras, (1a) e (1b), o mosaico formado a partir das faixas SAR, na banda L, polarização VH, resolução espacial de 6 metros, sobreposto com os polígonos dos desmatamentos do PRODES e os polígonos vetorizados a partir das imagens SAR, respectivamente.



Em relação à estimativa do incremento do desmatamento no município de Anapú para o período de 19/02/2005 a 31/03/2006 utilizando as imagens SAR, o mesmo foi de aproximadamente 8.241,25 hectares. Sendo que para o período de 2004 – 2005 analisado pelo

PRODES o incremento foi de aproximadamente 12.482,24. Neste contexto, verifica-se que, pra o período analisado, houve uma redução de 33,97% no desmatamento.

Alguns aspectos sócio-econômicos e ambientais do município de Anapú foram levantados, de acordo com a **Tabela 3**, e a partir deles podem ser destacados alguns pontos como seguem.

Tabela 3 – Dados Sócio-econômico e ambientais referentes ao município de Anapú-PA.

Município	Dados Sócio-econômico e ambiental								
	Pecuária - Área Utilizada (ha)	Lavoura Permanente - Área Utilizada (ha)	Lavoura Temporária - Área Utilizada (ha)	Área Total Utilizada* (ha)	Área Desmatada** PRODES (ha)	Área Desmatada SAR (ha)	Área Desmatada SAR 2006 (ha)	Área da Unidade Territorial (ha)	Área de Terra Indígena (ha)
<b>Anapú</b>	75.699,19	3.696,00	5.299,00	84.694,19	161.353,99	171.541,37	8.241,25	1.189.500,00	516.912,82

\* Fonte: IBGE - Censo agropecuário de 2003.

\*\* Desmatamento acumulado 1997 a 2005.

- A área total desmatada e utilizada pelo município para fins agropecuários, segundo senso agropecuário de 2003, foi estimada em 84.694,19 hectares;
- Considerando que até 2003 84.694,19 hectares eram utilizados para fins agropecuários, e com o desmatamento acumulado atual estimado em 179.782,62 hectares, sendo a diferença de 95.088,43 hectares, isto representaria um crescimento aproximado de 112% para o setor agropecuário para o período de 2003 a março/2006, fato a ser verificado no próximo censo agropecuário do IBGE;
- A área total do município menos a área da Terra Indígena (área de preservação permanente) é igual a 672.587,18 hectares. Considerando o desmatamento acumulado até 31/03/2006, têm-se 179.782,62 hectares desmatados no município de Anapú, o que corresponde a 26,73% da “área útil” do município.
- Conforme Art. 16, Inciso I da Lei 4.771 de 15/09/1965 (Código Florestal), [texto modificado pela Medida Provisória n. 2166-66 de 24/08/2001], as florestas nativas são suscetíveis de supressão, desde que sejam mantidas, a título de reserva legal, no mínimo 80% para área de floresta localizada na Amazônia Legal. Neste caso, o município tendo desmatado na sua totalidade 26,73% de sua “área útil” ultrapassa o limite mínimo estabelecido de floresta a ser mantida como reserva legal;
- Dos 516.912,82 hectares da Terra Indígena, foram verificados 1.817,27 hectares de desmatamento dentro da unidade e conforme Art. 3º § 2º as florestas em terras indígenas estão sujeitas ao regime de preservação permanente.

## 5. Conclusões

As imagens SAR das aeronaves de monitoramento do SIPAM têm um grande potencial no auxílio do monitoramento dos desmatamentos na Amazônia Legal. A utilização desta metodologia é a primeira etapa necessária para o desenvolvimento de um classificador automático, pois seus resultados são considerados como verdades e referência. Também auxilia nos estudos do desmatamento principalmente em áreas consideradas críticas, bem como a possibilidade de um detalhamento maior acerca do uso e ocupação do solo na Amazônia Legal tendo em vista a sua resolução espacial.

## 6. Referências Bibliográficas

Pope, K. O.; Rey-Benayas, J. M.; Paris, J. F. Radar remote sensing of forest and wetland ecosystems in the central American tropics. **Remote Sensing of Environment**, v. 2, n. 48, p. 205-219, May. 1994.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – Cidades@ [online]. <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Ago. 2006.

Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais (INPE) – PRODES – [online]. <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesd.html>>. Ago. 2006.