Detecção de desmatamento na Amazônia Legal com uso de imagens SAR-99b.

Pedro Moreno Machado Neiva [1,2]
Bruno Henrique dos Santos Rebello [2]

[1] Universidade de Brasília - UNB
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, 70910-900, Brasília, DF
pedromorenounb@gmail.com, brunohsr@gmail.com
[2] Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CENSIPAM
SPO, Área Especial 5, Bloco K – 70.610-200 - Brasília - DF, Brasil.
{pedro.neiva, bruno.rebello}@sipam.gov.br

Abstract. This study presents a brief metodological approach based on characterization, processing and interpretation of SAR-99B data, finding indentify deforestation polygons on Amazon.

Palavras-chave: radar; sensoriamento remoto; SAR-99B; desmatamento.amazonia-sar.

1. Introdução

A Amazônia Legal conta com uma das maiores diversidades naturais conhecidas. Com seus aproximados 5.000.000 km² de extensão, abrangendo cerca de 61 % do território nacional, possui grande importância estratégica para o Brasil. Entretanto, apesar de toda a riqueza desse patrimônio nacional, o bioma amazônico permanece sob forte ameaça do desmatamento predatório.

As práticas de derrubada da floresta, que se perpetuam mais intensamente desde a década de 70, tem se acentuado em algumas regiões nos últimos anos. De acordo com Fearnside (2006) áreas circunvizinhas à rede de estradas apresentam níveis significativos de desmatamento, que tendem a evoluir correspondentemente com as vias, formando novas frentes concentradas e intensas de desmatamento. Este fenômeno tem sido relacionado à possibilidade de acesso a florestas pouco alteradas que a infraestrutura de transporte proporciona a atividades essencialmente exploratórias como extração madeireira, agricultura e pecuária.

Alguns estudos têm mostrado que a conversão intensa da cobertura florestal tem acarretado sérios impactos ambientais para Amazônia. Os trabalhos de Costa et al. (2007) e Senna et al. (2009), apontam as influências do desmatamento na alteração da precipitação e evapotranspiração local, e perdas na fertilidade do solo. Outros impactos são revelados por Fearnside (2005), como perda de biodiversidade, mudanças no regime hidrológico, emissão de gases de efeito estufa, entre outros.

Diante deste cenário, tornam-se fundamentais ações e medidas que tenham o intuito de proteger e conter o contínuo processo de desflorestamento. Segundo Souza et al. (2012) nos últimos anos órgãos ambientais brasileiros têm desenvolvido projetos que buscam detectar, compreender e analisar a dinâmica do desmatamento na Amazônia Legal. As estratégias adotadas têm se baseado na geração de informações espaciais através da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e processamento digital de imagens. Contudo, alguns obstáculos interferem nesse processo, tendo em vista que aspectos como fumaça e cobertura de nuvens são muito recorrentes na Amazônia e dificultam uma produção sistematizada de informações espaciais da região, especialmente a partir de sensores ópticos em alguns períodos do ano.

Uma solução tecnológica encontrada é o uso de sensores que operam na faixa de microondas, como o radar de abertura sintética SAR. O CENSIPAM vem utilizando essa tecnologia através levantamentos aerotransportados por meio do sistema SAR-99b. O uso de radar SAR tem apresentado vantagens operacionais levando em conta sua capacidade de

adquirir imagens de baixa, média e alta resolução independentemente das condições meteorológicas, atmosféricas e de iluminação solar.

Nesse contexto, o presente trabalho visou analisar o potencial das imagens do sensor SAR-99, apresentando e descrevendo técnicas de processamento e interpretação digital de imagens. O estudo visa explorar a relevância do sistema SAR-99b usado pelo CENSIPAM para a detecção remota de desfloramentos na região da Amazônia Legal.

2. Metodologia de trabalho

2.1 Dados do sensor SAR-99b

O sensor SAR está acoplado a três aeronaves Embraer ERJ – 145, denominadas R99b, que são operadas pelo 6º Grupo de Aviação (2º/6º GAv) da Força Aérea Brasileira. O sensor aerotransportado de abertura sintética (*Synthetic Aperture Radar*), bispectral, quadripolarimértico e interferométrico, faz parte da família SLAR (*Side Looking Airborne Radar)*, caracterizando-se por possuir antena rotatória e visada lateral. O sensor ativo trabalha na faixa de micro-ondas, com largura de recobrimento de 10, 20 ou 120 quilômetros, operando em duas bandas, banda X (9.3 GHz) e banda L(1.28 GHz). Possui três modos de mapeamento: um mapeamento na banda X e L, um modo de vigilância com variações na banda X-HH e um modo interferométrico na banda X-HH, estes com resoluções espaciais de 3, 6 ou 18 metros assim como nos diz Costa et al. (2007).

A banda X (HH) interferométrica é composta por duas antenas na cúpula externa das aeronaves, que em conjunto, realizando procedimentos interferométricos são utilizadas para a geração de Modelos Digitais de Terreno (MDT) por meio de processamento InSAR em estações de processamento com software específico denominadas Ground SAR Processor. Um pouco acima do compartimento da banda X, estão às antenas da banda L polarimétrica (HH, VV, HV, VH). De acordo com Dutra et al. (2003) a banda L possui polarização linear paralela, HH e VV, ou cruzada, HV e VH, onde as letras referem-se respectivamente ao tipo de polarização da radiação transmitida e a polarização da radiação recebida pela antena do sensor, sendo H para horizontal e V para vertical.

No referido estudo foram utilizados somente dados da banda L em um mapeamento na banda X e L (Quad L+X) com largura de recobrimento de 20 quilômetros, na região centro-oeste do estado do Pará. As imagens foram geradas através da missão Paralelo 4 Transamazônica/PA Itaiuba a Pacajá realizada pelo CENSIPAM. Os dados foram levantados no período de 02 a 04 de outubro de 2013.

O trabalho restringiu a área de estudo ao recorte espacial compreendido entre as latitudes 3°13’38” e 3°24’59” e as longitudes 53°10’00” e 54°6’17” interceptando os limites municipais de Santarém, Belterra, Placas, Aveiro e Uruará. De acordo com Alencar et al. (2004) a região é dominada por floresta ombrófila densa mas vem sendo marcada por atividades desmatadoras como pecuária, agricultura, tendo despontado como uma das principais fronteiras de expansão do cultivo da soja no estado do Pará. A faixa de estudo é cortada pela rodovia BR-163, rodovia que tem sido muito associada como corredor escoamento de atividades exploratórias no estado do Pará.

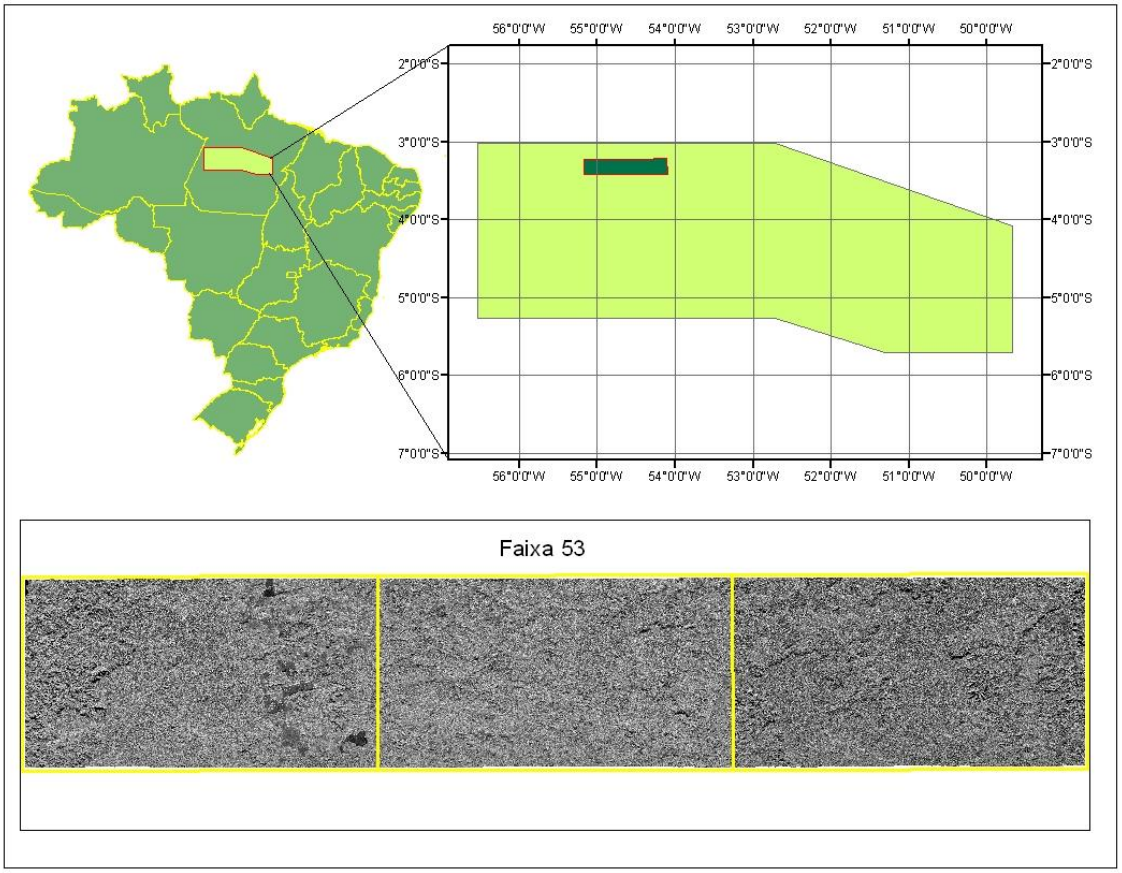


Figura 1: Localização da área de estudo.

O segmento selecionado para análise foi denominado Faixa 53, sendo composto por três conjuntos de imagem, cada conjunto contendo imagens de três polarizações, HH, HV e VV, com resolução espacial de 3 metros. Cada conjunto de imagem abrange uma área retangular de 39,43 quilômetros por 20 quilômetros de cobertura.

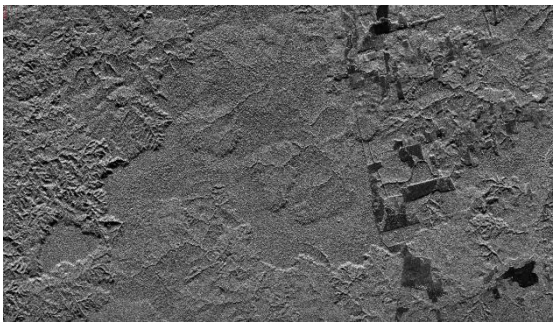


Figura 2: Imagem com polarização HH.

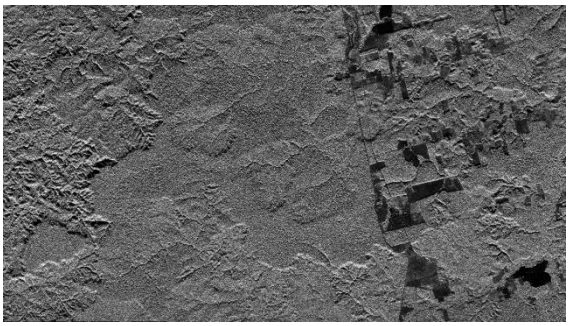


Figura 3: Imagem com polarização HV.

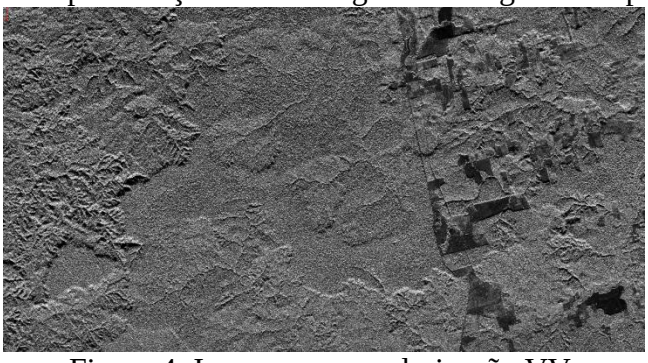


Figura 4: Imagem com polarização VV.

2.2 Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos adotados neste trabalho foram divididos por etapas em sequência. A metodologia foi subdividida nos seguintes passos: processamento e preparação das imagens, fotointerpretação das cenas e a delimitação dos polígonos de desmatamento detectados.

2.2.1 Processamento

Após a coleta de dados na aeronave inicia-se o procedimento de descarga dos dados gravados, descompactação das imagens, ortorretificação com MDE SRTM e exportação das imagens em formato Geographic Tagged Image File Format (GeoTIFF), etapas realizadas em softwares específicos de propriedade do Censipam e FAB denominados Ampex e Ground SAR Processor 2 (GSP 2).

Durante o processamento, o padrão de nomenclatura da imagem possui informações como: plano de voo, modo de operação, resolução, data e localização. Ex: PL000_FX00_QL_X_3m_09092099_UF_CIDADE.

Após o processamento cada faixa gera partes de arquivos de imagem de até 500 Mb no formato Geographic Tagged Image File Format (GeoTIFF) correspondente a cada polarização da banda L (HH, HV, VV) e são numeradas sequencialmente em três dígitos na nomenclatura dos arquivos, juntamente com a respectiva polarização, conforme exemplo a seguir: Ex: 20131007095739_LHH_001_PL000-FX00.

2.2.2 Preparação das imagens

No caso da Faixa 53, analisada no caso a seguir, houve um total de três arquivos de imagem, sendo necessária a utilização do software ENVI 5.0, para elaboração de um mosaico entre as imagens de mesma polarização contidas em cada um dos três conjuntos de imagem que cobrem a área. Assim após o processamento havia um total de 9 arquivos de imagens que com o mosaico se chegou a um único arquivo de imagem no formato Geographic Tagged Image File Format (GeoTIFF) correspondente a cada polarização da banda L (HH, HV, VV) para toda área, num total de três arquivos de imagem.

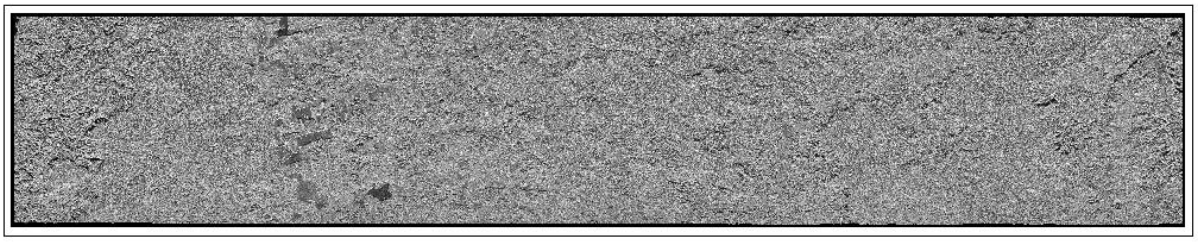


Figura 5: Mosaico com três imagens de polarização HV abrangendo toda Faixa 53.

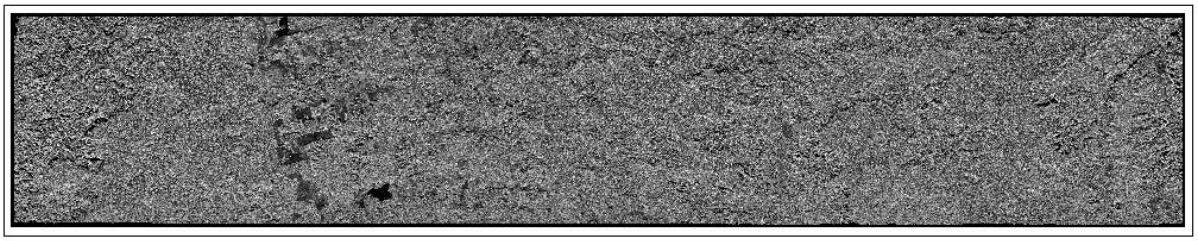


Figura 6: Mosaico com três imagens de polarização HH abrangendo toda Faixa 53.

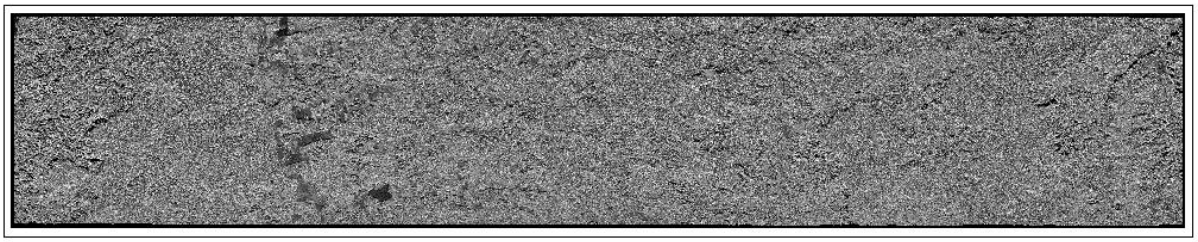


Figura 7: Mosaico com três imagens de polarização VV abrangendo toda faixa 53.

2.2.3 Composição colorida

Posteriormente, as três imagens das bandas polarizadas foram combinadas por composição colorida em RGB e em um processo de análise comparativa visual, a fim de indicar qual melhor combinação realçaria possíveis polígonos de desmatamento na faixa de interesse. Optou-se pela composição colorida de falsa cor com as imagens de polarização HH no canal vermelho, HV no canal do verde e VV no canal do azul, levando em conta que esta combinação revelou-se mais sensível e melhor auxiliou a percepção do alvo desflorestamento. Através do software ENVI 5.0 foi gerada uma imagem multipolarizada HH-HV-VV também em formato Geographic Tagged Image File Format (GeoTIFF) cobrindo o perímetro da Faixa 53.

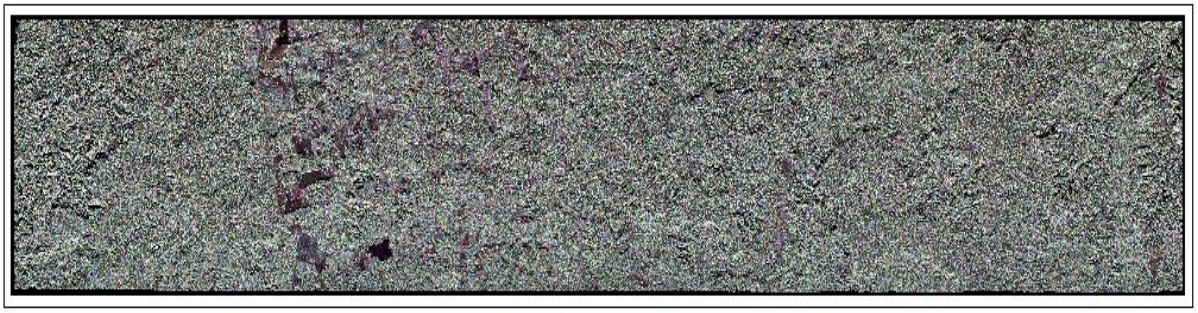


Figura 8: Imagem multipolarizada HH-HV-VV.

2.2.4 Ajuste da resolução radiométrica

No estudo, ainda com o uso do software ENVI 5.0, a imagem multipolarizada teve sua resolução radiométrica reduzida de 16 bits para 8bits, pelo método de degradação radiométrica de imagem digital, restringindo a 256 níveis o intervalo de tons de cinza descriminados na imagem. A redução do intervalo radiométrico diminuiu o número de intensidade de radiância para cada pixel, projetando os valores mais altos para 255 e os mais baixos para zero. Isso faz com que as pequenas variações de cinza, não captadas pelo olho humano, não fossem representadas, assim ajudando a homogeneizar a imagem e reduzindo o seu tamanho em arquivo, facilitando seu armazenamento, processamento e interpretação.

2.2.5 Georreferenciamento

Com o software ArcGis 10.1 foi realizado o alinhamento e correção geométrica da imagem multipolarizada. Realizou-se um georreferenciamento com base em imagens do sensor ETM + (Landsat 8) referenciadas no sistema de projeção UTM, datum WGS 84 que cobrissem a área de estudo.

Esse procedimento se fez necessário, pois o processamento das faixas no software Ground SAR Processor (GSP2) tem uma atual limitação de até 2 GCPs (pontos de controle) e a ortorretificação é realizada com base em um dado SRTM que possui resolução espacial de 90m.

O georreferenciamento com base na qualidade geométrica das imagens Landsat 8 se deve ao processo de correção geométrica realizada sobre essas cenas que consiste na aquisição de Pontos de Controle a partir das bases de dados disponíveis pelo projeto Global Land Surveys 2000, as quais incluem: MDE SRTM de 30 metros, NED, CDED, DTED e GTOPO 30 (USGS, 2013).

Feitos alguns testes com o material extraído no sensor R99b em relação às cenas Landsat 8 a qualidade geométrica foi muito satisfatória, conforme também a análise da geometria de cenas ortorretificadas de Kalaf et al. (2013) que compara uma base cartográfica do município

do Rio de Janeiro, do Instituto Pereira Passos (IPP) (Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro) na escala de 1:2.000, e uma base cartográfica do estado do Rio de Janeiro, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala 1:25.000 com cenas Landsat 8, sendo observado que as cenas utilizadas apresentaram uma correspondência de posicionamento surpreendente com as bases de 1:2.000 e 1:25.000.

2.2.6 Interpretação e vetorização do desmatamento

Foi realizada a análise visual da imagem multipolarizada HH-HV-VV em escala 1:100000. Na tentativa de reduzir a subjetividade desse processo, levou-se em conta algumas características consideradas importantes na inspeção visual, conforme nos dizem Panizza e Fonseca (2011), como forma (geometria), tonalidade, tamanho e textura dos elementos da cena. No caso polígonos de desmatamento, estes geralmente apresentam uma geometria mais retilínea e regular reduzindo a probabilidade de áreas não geométricas, com contexto espacial muitas vezes marcado por estradas de ligação e proximidade a outros usos da terra conforme observa Rocha et al. (2011). Outro fator importante atentado no processo de interpretação é que áreas desmatadas revelem na imagem uma textura lisa ou menos rugosa dado menor coeficiente de retroespalhamento, haja vista menor cobertura da superfície. Além disso, espera-se que uma superfície com menor rugosidade (lisa) como desflorestamentos mais avançados, apresente um retorno de energia menor, registrando áreas mais escuras na imagem de radar de acordo com Jensen (2000).

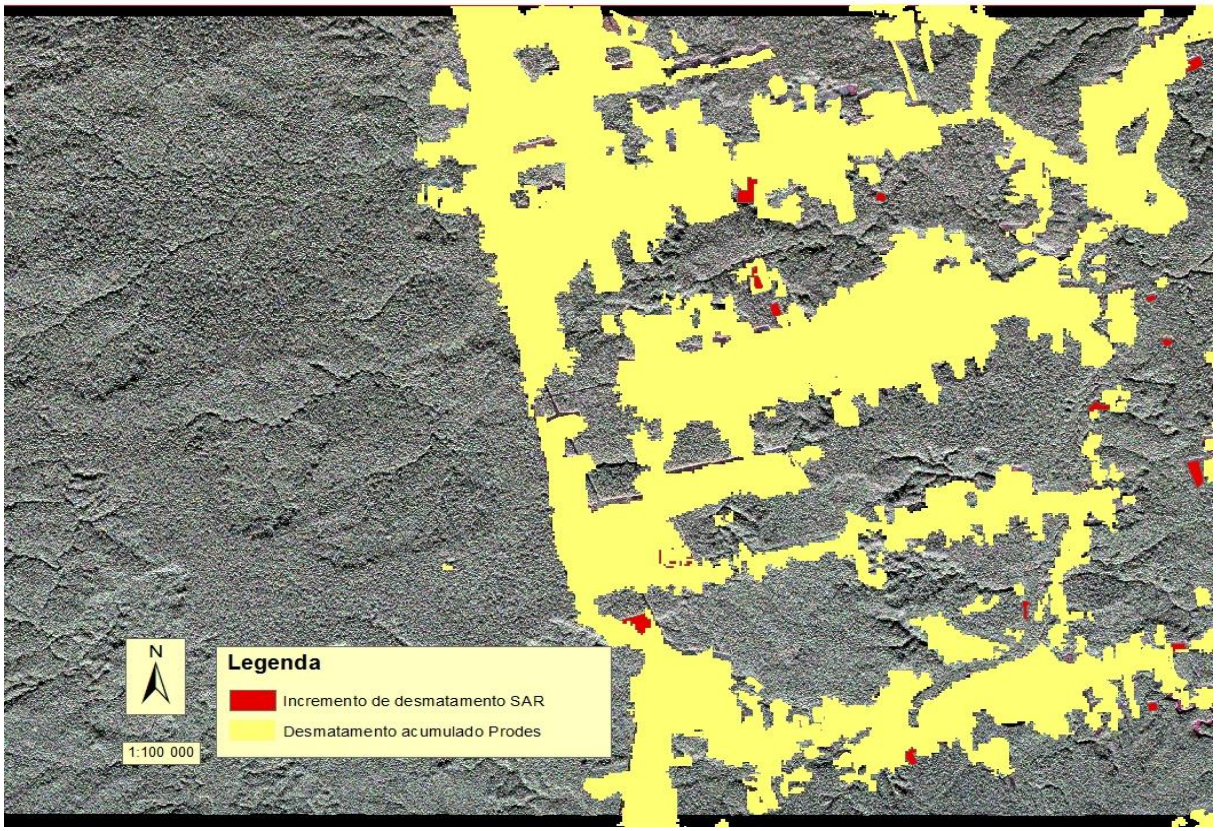
Figura 9: Imagem multipolarizada HH-HV-VV em escala 1:100000.

A seguir foram vetorizados e convertidos para o formato *shape file*, os incrementos de desmatamento identificados, através do software ArcGis 10.1. A escala de vetorização adotada foi 1:25000. Utilizou-se como referência os polígonos de desmatamento acumulado entre 1997 e 2013 gerados pelo PROJETO PRODES adquiridos no endereço eletrônico http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php.

3. Resultados e Discussão

Após realização da referida metodologia obteve-se como produto um arquivo com representação espacial do incremento de desmatamento na áera da faixa 53. Em comparação

aos dados do desmatamento disponibilizados pelo PRODES para o ano de 2013 correspondentes a faixa 53, observou-se que interpretação a partir de imagens SAR apontou um incremento de desmatamento superior. Detectou-se um acréscimo de 12,57 km² em área desmatada frente a apenas 1.05 km² apontado pelo incremento do PRODES, em relação ao desmatamento acumulado na faixa de estudo, uma diferença aproximada de 1151 hectares. Este fato pode estar relacionado, como já nos disse Nepomuceno et al. (2007), à diferença de resolução espacial das imagens SAR para imagens LANDSAT usadas pelo PRODES, além da maior cobertura de nuvens na Amazônia principalmente a partir de outubro período de obtenção dos dados SAR do estudo.



Em relação ao processamento realizados a partir do sistema Ground SAR Processor 2 (GSP2), nota-se que uma otimização de procedimentos como a ortorretificação com mais GCPs (pontos de controle) e com dados base de melhor resolução espacial, poderia implicar na superação de algumas etapas apresentadas na metodologia como a correção geométrica e mosaico de imagem.

De uma forma geral o uso do sistema SAR99b indica um grande potencial principalmente para coberturas pontuais e missões esporádicas, como análise localizada de padrões de desmatamento predatórios e outras atividades ilícitas. Levando em conta a necessidade de geração de dados para toda a área da Amazônia Legal, a ampliação de uma solução SAR aeroembarcada para uma aplicação SAR sistêmica orbital se faz importante em uma tentativa de expandir as vantagens operacionais do uso do sensor SAR para a abrangência da região amazônica completa.

4. Conclusão

Os resultados apresentados no trabalho indicaram a capacidade e o potencial do uso do sistema SAR-99b para produção de informações espaciais da região Amazônica. Os dados obtidos e gerados a partir do sensor SAR99b, após aplicada a referida metodologia, caracterizam o êxito do uso da tecnologia de radar de abertura sintética no processo de monitoramento e identificação de áreas desmatadas na Amazônia Legal.

5. Agradecimentos

À Universidade de Brasília e ao Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia.

6. Bibliografia

Fearnside, P. M. Desmatamento da Amazônia Brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**, v. 1, n.1, p. 113-123, 2005.

Costa, M. H.; Yanagi, S. N. M.; Souza, P. J. O. P.; Ribeiro, A.; Rocha, E. J. P. Climate change in Amazonia caused by soybean cropland expansion, as compared to caused by pastureland expansion. **Geophysical Research Letters**, v. 34, n.7, p. 1-4, 2007.

Senna, M. C. A.; Costa, M. H.; Pires, G. F. Vegetation-atmosphere-soil nutrient feedbacks in the Amazon for different deforestation scenarios. **Journal of Geophysical Research**, v. 114, n. D4, p. 1-9, 2009.

Fearnside, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônia**, v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006.

Souza, E. L.; Martinez, JM., Meneses, P. R.; Silva, E. T. J. B. Mapeamento semi-automatizado de áreas desmatadas na Amazônia utilizando imagens multitemporais do satélite ALOS, sensor PALSAR. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 64, n. 3, p. 349-366, 2012.

Dutra, L. V.; Mura, J. C.; Freitas, C. C.; Santos, J. R.; Elmiro, M. T. Processamento de imagens de Radar de Abertura Sintética – Princípios e aplicações.

Costa, S. S.; Campos, M. A. A.; Rogério, A. P. C. Imageamentos realizados pelo sistema aerotransportado SAR/SIPAM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13, 2007, Florianópolis. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 6661-6665

Nepomuceno, A. M.; Gomes, M. P.; Rosa, A. N. C. S.; Borges, R. O. Aplicação das imagens SAR do SIPAM: caso Anapú – PA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13, 2007, Florianópolis. Anais XIII Simpósio brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21 – 26 abril 2007, INPE, p. 4959-4965.

Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais (INPE) – PRODES – [online]. http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php . Jul. 2013.