

Fusão de imagens CBERS-2B com SAR/SIPAM para identificação de desmatamento na região amazônica

Daniel Moraes de Freitas¹
Felipe Luis Lacerda de Carvalho Cidade Matos¹
Marlon Crislei da Silva¹

¹Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA
Cx. Postal nº 09870 - CEP 70818-900 - Brasília-DF, Brasil
{Daniel-moraes.freitas, Felipe.matos, Marlon.silva}@ibama.gov.br

Abstract. The highest annual rates of deforestation occur in the region known as Deforestation Arc that extends itself from the State of Maranhão to the State of Rondônia. Within this region the 36 priority municipalities that, together, accounted for 50% of the deforested area in 2007 are found. The study area is located in Sao Felix do Araguaia, a region that is among the priority municipalities, according to the Ministry of Environment. Therefore it is extremely important to use new methods for deforestation detections in the Amazon region. This study deals with observation and comparison on fusions of images with good spectral resolution (CBERS) and high spatial resolution (SAR/SIPAM), examining the gains on interpretation and in targets' distinguishing on the resulting hybrid image, when compared to none fusion images. In this way the PhotoMapper free software was used to synchronize photos, that were taken on field activities, with the GPS route. The photos were referenced with a pair of coordinates, enabling to perform a detailed selection, through these photos, of the DETER polygons, resulting in a reliable validation. For the mosaic creation of two SAR/SIPAM images the software Erdas 9.0 was used, as well as the Envi 4.4 with which the fusion of the optical images with radar ones was performed, and the ArcGIS 9.1 software for the layout preparation. The result proved to be excellent for the targets' distinction, mainly to detect changes on vegetative cover. This technique may be used for various purposes, such as burns identification e flooded areas.

Palavras-chave: amazon, DETER, spectral resolution, spatial resolution, amazônia, DETER, resolução espectral, resolução espacial

1. Introdução

O conjunto de técnicas de aquisição, processamento e interpretação de imagens obtidas por plataformas aerotransportadas ou instaladas em satélites, nas quais é registrado algum aspecto da interação entre a matéria e a energia eletromagnética (Sensoriamento Remoto) é hoje uma ferramenta capaz de fornecer informações da cobertura vegetal da Terra, com diferentes resoluções espaciais, temporais e espectrais Pohl et al.(1998).

Uma alta resolução espacial é desejável por possibilitar uma melhor caracterização da estrutura, da forma e textura dos objetos ao passo que uma alta resolução espectral admite a discriminação e conseqüente classificação de diferentes fisionomias numa imagem.

Assim sendo, com o objetivo de produzir uma imagem com alta resolução espacial e espectral, visando uma distinção mais completa e acurada do objeto sob observação, várias técnicas de processamento de imagens vêm sendo utilizadas, com destaque a fusão de imagens que, desde a década de 80 vêm se sendo aprimorando.

Segundo Wald (1999), a fusão de dados pode ser definida como uma estrutura de trabalho onde ferramentas e técnicas são desenvolvidas com o objetivo de combinar informações advindas de diferentes sensores. A utilização dessa técnica permite a obtenção de uma imagem de melhor qualidade, ou seja, a produção de uma única imagem que possua mais informações do que cada imagem individual utilizada na sua geração.

Segundo Leonardi et al., (2005), um método de fusão eficiente é caracterizado por preservar a informação espectral da imagem original e incorporar a informação espacial da banda pancromática para o produto híbrido.

Segundo Regimento Interno do IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, é sua competência desenvolver ações federais de

monitoramento, prevenção e controle a desmatamentos e queimadas florestais. Neste objetivo inúmeras atividades são empreendidas e metodologias aplicadas a fim de detectar e quantificar ações antrópicas impactantes ao meio ambiente.

As principais formas de detecção de desmatamento com uso de técnicas de geoprocessamento, são baseadas na análise de imagens ópticas, que apresentam uma boa resolução espectral, mas uma resolução espacial, que pode ser melhorada para identificação de alteração na cobertura vegetal. Uma maneira para aperfeiçoar a qualidade da imagem é através da fusão das mesmas.

O objetivo do trabalho é avaliar a utilização da técnica de fusão de imagens do Radar de Abertura Sintética do SIPAM (SAR R99) com imagens ópticas (CBERS) para facilitar a identificação de desmatamentos na região Amazônica atribuindo a eles uma maior resolução espacial.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Imagens SAR/SIPAM

O sensor SAR, ao contrário dos sensores ópticos, permite a aquisição de imagens independente da ocorrência de nuvens, chuva, nevoeiro, fumaça e da iluminação solar. Dessa forma, as imagens radar podem ser geradas em qualquer altura, durante o dia ou à noite e sobre as mais variadas condições atmosféricas. Essas características são particularmente interessantes para a Amazônia onde sensores ópticos sofrem grande restrição devido à alta probabilidade de ocorrência de nuvens. O SAR difere dos demais sensores, pela capacidade de imageamento simultâneo com a banda L, nas polarizações HH, VV, VH e HV, e banda X (HH), com resoluções espaciais de 3 m, 6m e 18 m.

As imagens são obtidas através de quatro sensores aerotransportados a bordo das aeronaves R99-B e R95-B que operam nas faixas de microondas, visível e infravermelho.

As demandas mais frequentes compreendem a resolução espacial de 6m e os seguintes modos de aquisição: i) Quad L + X, ou seja, quatro polarizações da Banda L e uma polarização da Banda X e, ii) Dual L + X, que corresponde a duas polarizações da Banda L e uma da banda X.

2.2 Imagens CBERS

O satélite CBERS 2-B, lançado em setembro de 2007, possui a bordo 3 câmeras:

- CCD - (*Couple Charged Device*): câmera de alta resolução CCD com cinco faixas espectrais (5 bandas) capaz de fornecer imagens de uma faixa de 113 Km de largura e resolução de 20 metros. A resolução temporal desta câmera é de 26 dias, ou seja a cada 26 dias a mesma faixa na Terra é imageada.

- IRMSS - (*InfraRed MultiSpectral Scanner*): varredor multispectral infravermelho de média resolução que possui quatro faixas espectrais e gera imagens de 120 Km de largura com resolução de 80 metros. A resolução temporal deste instrumento é de 26 dias.

- WFI - (*Wide Field Imager*): imageador de visada larga que possui 2 faixas espectrais e adquire imagens de 890 Km de largura a uma resolução de 260 m. A resolução temporal deste instrumento é de 5 dias.

A tabela seguinte apresenta mais detalhes sobre cada instrumentos do satélite CBERS 2B:

Tabela 1. Característica dos sensores e valores espectrais de cada banda do satélite CBERS.

Banda	Intervalo de Freqüência(μm)		
	CCD	IRMSS	WFI
1	0,45-0,52	0,50-1,10	0,61-0,69
2	0,52-0,59	1,55-1,75	0,76-0,90
3	0,63-0,69	2,08-2,35	-
4	0,77-0,89	10,40-12,50	-
5	0,51-0,73	-	-
Resolução espacial (m)	20	80	260
Resolução temporal (dias)	26	26	3-5
Largura da cena (Km)	113	120	890

Fonte: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>

2.2 Sistema de Cores RGB/IHS

O sistema de cor RGB é um modelo baseado na composição das cores primárias, Vermelho (R), Verde (G) e Azul (B).

A componente R especifica a intensidade do vermelho como um inteiro entre 0 e 255. A cor vermelha conjunto com a 0 especifica a ausência de cor e não emite luz vermelha. A cor vermelha conjunto com a 255 serão exibidos vermelho brilhante ou com cores totalmente saturadas. Da forma análoga, o verde e o azul. No RGB, pura tons cinza são obtidas através da combinação de todas as três quantidades iguais de valores de cores: vermelho, verde e azul. Se todos os três valores são definidos para 255, a presença total de cor branca vai iluminar e, inversamente, se todas as três cores valores estão definidos como 0, o resultado será uma cor preta.

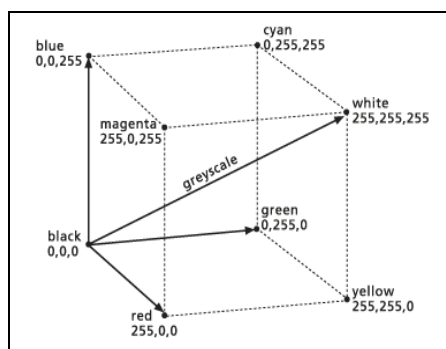


Figura 1. Sistema de cores RGB

O sistema de cor HSV é representado por um espaço único em forma de cone, constituído por suas três componentes, o matiz, saturação e valor. Hue - especifica o matiz (cores), à qual a cor é definida. O Matiz é dado como um valor inteiro entre 0 a 360 baseado na cor padrão (em que o tom é dado como um ângulo sentido anti-horário em torno do cone de cor). As cores primárias e secundárias têm os seguintes valores matiz: = 0 vermelho, amarelo = 60, verde = 120, ciano = 180, azul = 240, magenta = 300. A Saturação especifica a intensidade da saturação de cores que vão ser definidos. A saturação é representada por um valor um inteiro entre 0 e 100. A saturação de uma cor refere-se à medida em que ela se afasta de uma cor neutra, como cinza. Quando saturação é 100, a cor é completamente saturado. Quando for 0 saturação da cor é insaturada, e vai aparecer cinza (a menos que valor é fixado em 0 ou 100, na qual os casos, ele irá aparecer preto ou branco). O Valor - especifica a intensidade de cor branca na cor. Valor é dado como um inteiro entre 0 e 100. Uma cor com valor de 0 irá aparecer preto. Uma cor com valor fixado em 100 e a saturação definido para 0 aparecerá branco.

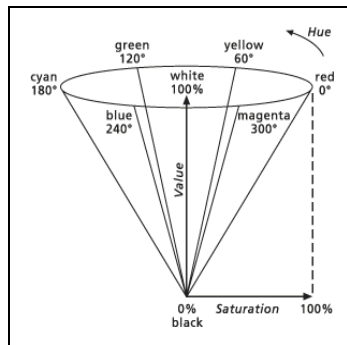


Figura 2. Sistema de cores HSV

A fusão de imagens tem como objetivo principal a permanência da informação espectral e na medida do possível incluir a informação espacial derivada da imagem com pixel menor. Chaves e Bowel (1988). Para Welch e Ehlers (1987), a transformação RGB-IHS pode ser usada para a geração de imagem híbrida.

Esse tipo de fusão é chamado de substituição onde inicialmente, a imagem multiespectral, composta por três bandas, é transformada do sistema de cores RGB para o sistema IHS. Então, a imagem associada à intensidade é substituída pela banda pancromática e depois a transformação inversa é aplicada, retornando ao sistema RGB com uma imagem multiespectral. O resultado é uma imagem colorida com melhor resolução espacial.

O princípio básico neste tipo de operação é que a imagem intensidade, do sistema IHS, é muito similar a imagem pancromática da mesma área, podendo substituí-la sem alterar as características espectrais, com a vantagem de oferecer maior grau de detalhamento espacial. Os cuidados com o registro das imagens e ajuste do histograma da imagem pancromática em relação à banda intensidade são cruciais, para que a nova imagem gerada tenha maiores detalhes e possa ser apresentada em cores.

2.3 Transformação IHS

A transformação IHS foi desenvolvida por HAYDN et al. (1982) para produzir cores mais intensas e reduzir a correlação entre as imagens. Os atributos do espaço IHS como sendo: a intensidade que é a medida da energia total refletida em todos os comprimentos de onda, e responsável portanto pela sensação de brilho; o matiz que é determinado pelo comprimento de onda médio da energia emitida ou refletida pelo objeto, definindo sua cor; e a saturação, definida como o raio do comprimento de onda médio no qual a energia é refletida, expressando a pureza tonal do objeto. Qualquer conjunto de três bandas do RGB pode ser transformado para o espaço IHS. Pode-se resumir o método em quatro etapas:

1. As bandas do sensor de resolução espacial mais baixa, são transformadas do espaço RGB em três componentes do espaço IHS.

2. A manipulação do contraste é então aplicada à imagem de resolução espacial mais alta, no caso a banda pancromática do sensor, de forma a atribuir a mesma média e variância que a componente de Intensidade, ficando semelhante a essa componente.

3. A imagem pancromática tem seus valores de cinza substituídos pelos valores de cinza dos **pixels** da componente I (intensidade). Isso pode ser feito porque parte-se do princípio de que as imagens têm aproximadamente as mesmas características espectrais. Em outras palavras, a “nova” componente de intensidade I possui então, a resolução espacial da imagem pancromática e os valores dos **pixels** em termos de intensidade, pertencendo ainda ao espaço IHS. As componentes H e S, que contêm as demais informações, têm seus **pixels** reamostrados, para estarem com a resolução espacial igual a da imagem pancromática.

4. Faz-se necessária, finalmente, a operação de inversão das componentes do espaço IHS para o RGB: Pela aplicação de uma transformação inversa, volta-se às coordenadas do espaço

RGB, obtendo-se assim as bandas híbridas, as quais possuem a resolução espacial igual a da pancromática de maior resolução, e características espectrais semelhantes às bandas originais do sensor multiespectral.

3. Material e Métodos

3.1 Área de Estudo

Polígono do desmatamento localizado nas coordenadas 11°05'47''S e 52°18'40''W no município de São Félix do Araguaia, que faz parte dos 36 municípios prioritários para o combate ao desmatamento segundo o Ministério do Meio Ambiente, no Estado do Mato Grosso, definido em 2008.

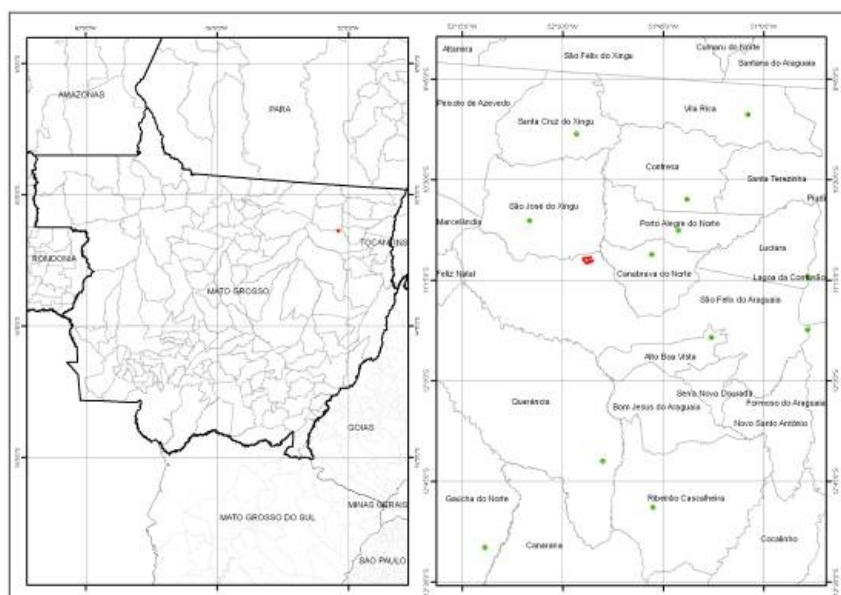


Figura 3. Localização da área de estudo

3.2. Metodologia

O IBAMA recebe quinzenalmente os dados de ocorrências de desmatamento na região Amazônica gerados pelo sistema DETER do INPE, que são processados e analisados para planejamento de ações de fiscalização e controle. A primeira etapa do presente trabalho consistiu de uma seleção dos polígonos do DETER do mês de maio para validação em campo. Em seguida foi realizado um sobrevôo nos municípios de Vila Rica, São José do Xingu, Querência e São Félix do Araguaia, no estado do Mato Grosso, e assim, obteve-se fotografias dos polígonos de desmatamento, ao passo que se confirmou as ocorrências e avaliou-se a intensidade do dado ambiental. Selecionou-se posteriormente um polígono expressivo de desmatamento para a fusão das imagens do CBERS com SAR/SIPAM.

Empregou-se uma cena CBERS-2B do sensor CDD, órbita ponto 163/112, bandas 2 (verde; 520 a 590 nm), 3(vermelho; 630 a 690 nm) e 4 (infravermelho próximo; 770 a 890 nm) de 13/06/2008, resolução de 20 metros, obtida através do catálogo web de imagens Cbers do INPE. A sub-cena de radar de abertura sintética – SAR da aeronave do SIPAM, de abril de 2008, banda L, polarização HH, resolução espacial de 6 metros.

A cena de radar de abertura sintética – SAR da aeronave do SIPAM foi obtida georreferenciada em sistema de coordenadas geográficas (lat/long), Datum SAD 69. A imagem CBERS foi registrada utilizando o software ArcGis em sua versão 9.1 utilizando como base o mosaico Landsat-TM, disponível em <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>. Os layouts foram elaborados no mesmo programa.

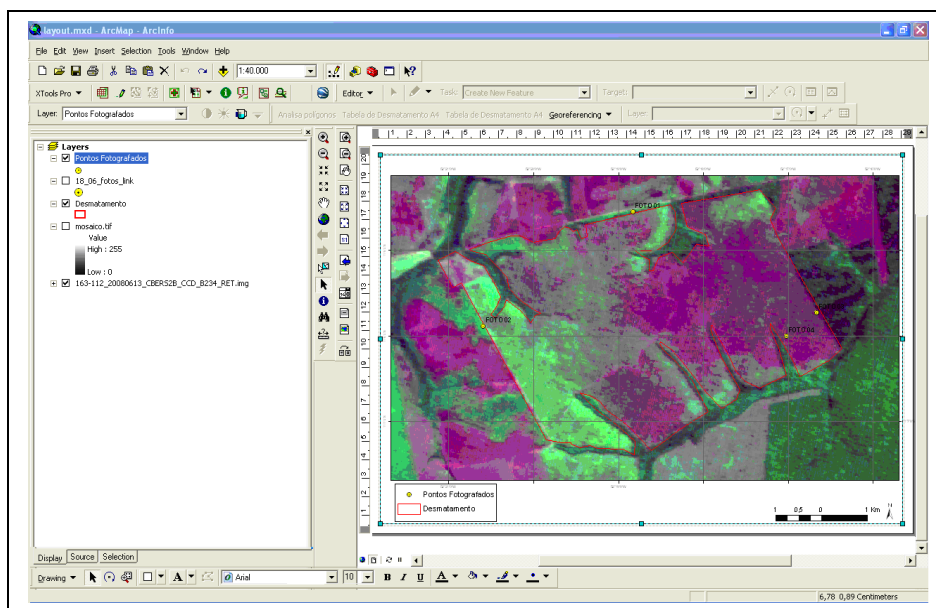


Figura 4. Utilização do ArcGis para elaboração do Layout

Ressalte-se que a associação das fotografias aéreas e sua correspondência na imagem de satélite, foi realizada através do software livre *PhotoMapper*, que associa a hora do arquivo de *log tracks* do GPS com a hora da tomada da foto. Esta etapa foi realizada a fim de possibilitar a avaliação das áreas com mudança na cobertura vegetal com apoio de imagens orbitais do satélite CBERS.

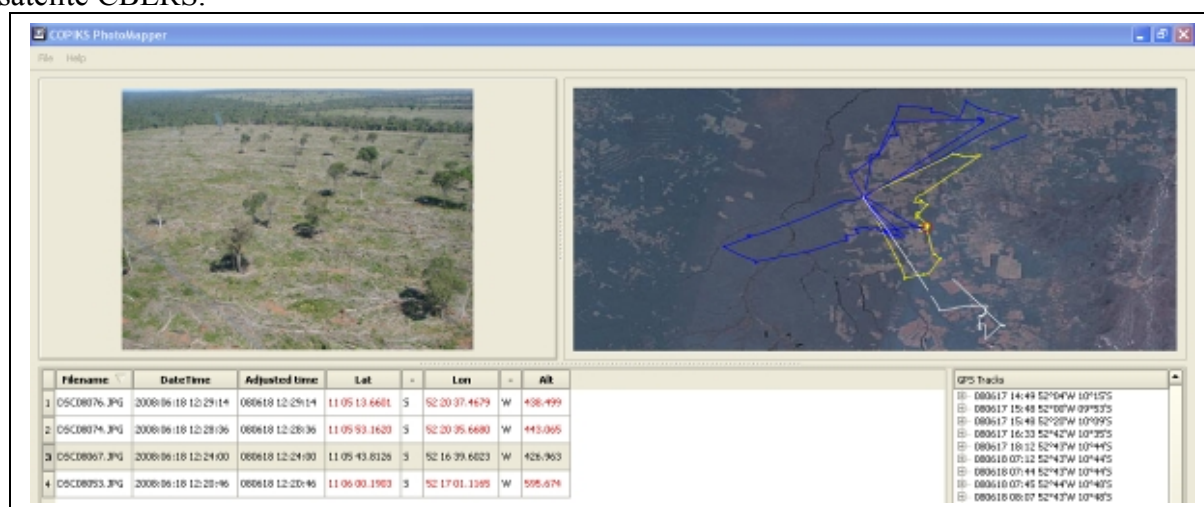


Figura 5. Sincronia da rota do sobrevôo com as fotografias

Foi avaliado neste trabalho o método de fusão denominado “transformação IHS” com as técnicas de reamostragem dos valores de cinza da pelos métodos de Vizinho mais Próximo, Interpolação Bilinear e Convolução Cúbica. As imagens de saídas resultantes dos testes foram mantidas em 16 bits (“Unsigned 16 bits”).

4. Resultados e Discussão

Na figura 6 estão representados os locais que as fotos foram tiradas e o resultado da imagem do CBERS-2B e do SAR/SIPAM sem a fusão.

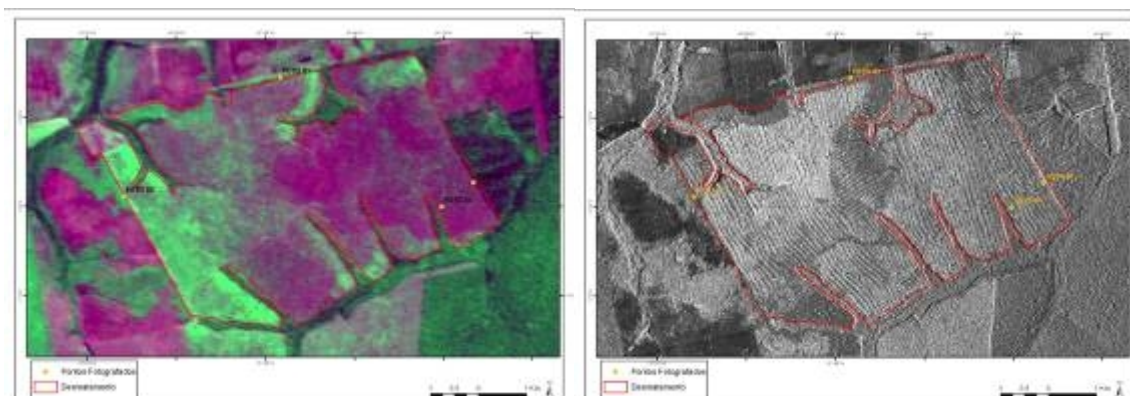


Figura 6: Área de estudo nas Imagens CBERS e SAR/SIPAM. Figura 6a imagem CBERS na composição R3G4B2. Figura 6b imagem SAR/SIPAM HH.

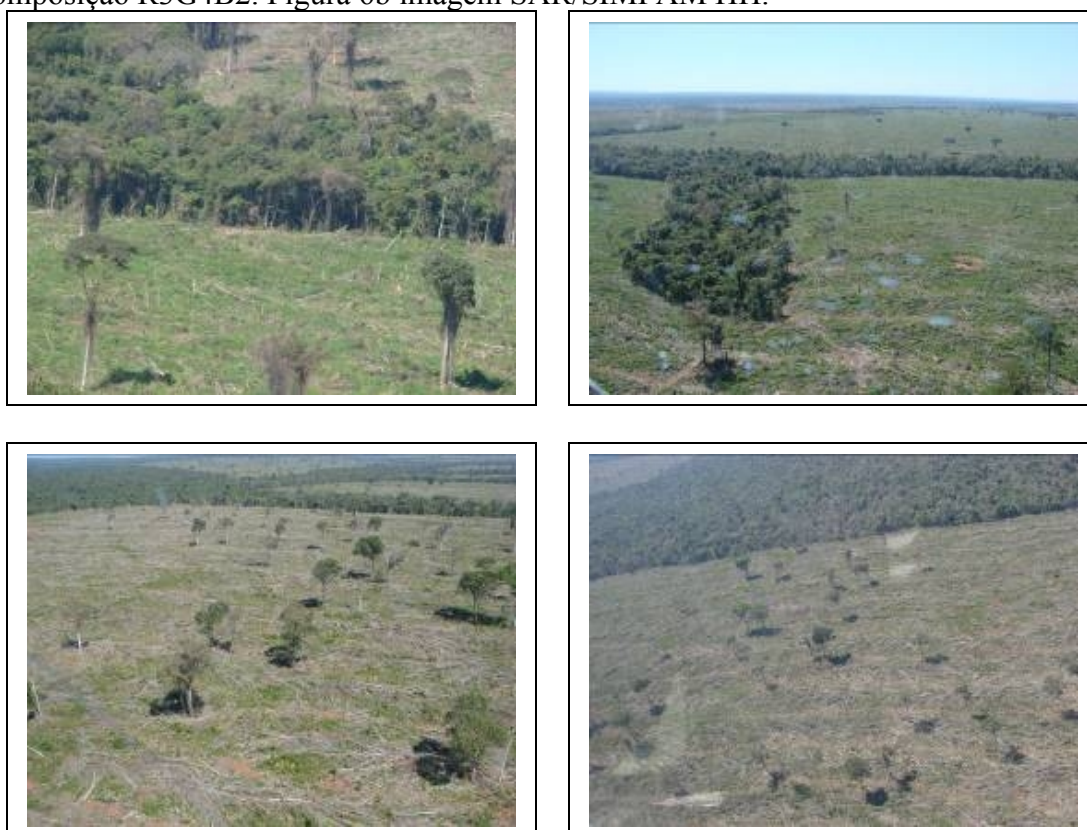


Figura 7. Fotografias da área de estudo.

Na figura 7 estão as fotos da área desmatada do polígono do DETER, na qual, foram tiradas com uma diferença pequena (2 meses) da passagem do radar.

Na figura 8 apresenta a fusão das imagens SAR/SIPAM com CBERS-2B com destaque para a melhor qualidade da imagem, apresentando uma distinção dos alvos com um melhor destaque do relevo e da forma dos alvos.

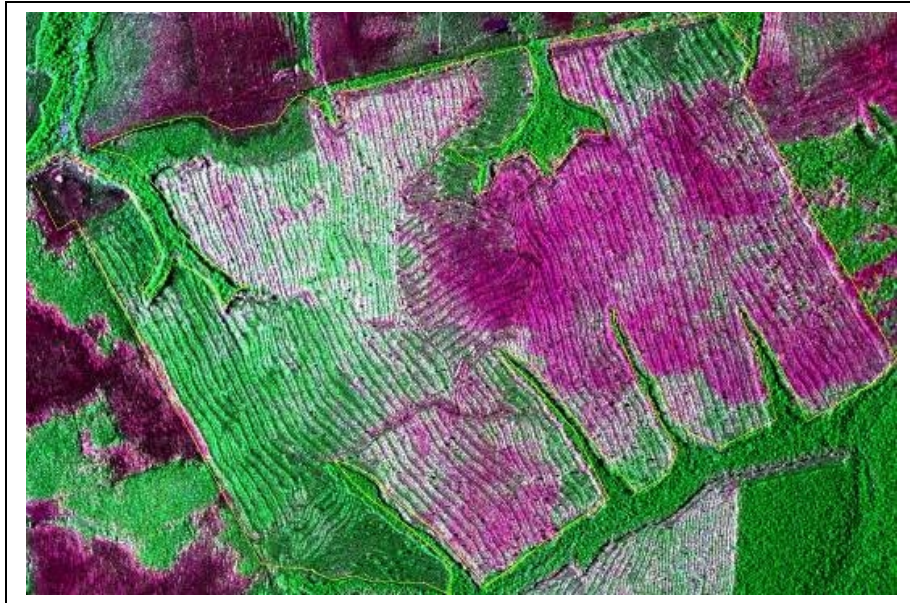


Figura 8. Fusão da imagem SAR/SIPAM com CBERS

De acordo com as análises visuais, podemos perceber uma melhora significativa de definição de alvos. Figura 8

Através da fusão conseguiu-se colocar em uma só imagem as qualidades positivas da imagem óptica (resolução espectral), na qual tiveram destaque na distinção entre áreas de floresta (verde) áreas com corte raso com poucas árvores no chão (magenta escuro) e áreas que apresentam desmatamento, mas com um número grande de árvores caídas e algum tipo de vegetação rasteira (verde claro), e a da imagem de radar (resolução espacial) que podemos observar uma melhor nitidez na imagem e podemos notar também presença de relevo e a tipologia florestal.

Dessa forma, conclui-se que esse método de fusão é satisfatório para a identificação de desmatamento, podendo distinguir vários tipos de alteração na cobertura vegetal.

5 Referências Bibliográficas

Chaves e Bowel, [1988], Comparison of spectral information content of Landsat thematic mapper and SPOT for three different sites in Phoenix, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(12):1699-1708.

Leonardi S. S. Ortiz, J.O. e Fonseca L.M.G. Comparação de técnicas de fusão de imagens para diferentes sensores orbitais. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 4111-4113.

Pohl, C.; Van Genderen, J. L. Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. *International Journal of Remote Sensing*, v. 19, n. 5, p. 823-854, 1998.

Wald, L.; Ranchin, T.; Mangolini, M. Fusion of satellite images of different spatial resolution: assessing the quality of resulting images. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 63 (6), p. 691-699, 1997.

Welch, R. e Ehlers, M. [1987], Merging multiresolution SPOT HRV and Landsat TM data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 51(8):301-303. 5673

<<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.00.10/doc/6661-6665.pdf>>. Acesso em 01 nov 2008

<<http://www.sipam.gov.br/content/view/40/53/>>. Acesso em 01 nov 2008

<<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em 01 nov 2008

Um método simplificado de fusão de imagens. Disponível em:

<<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.13.31/doc/5667-5673.pdf>>. Acesso em 01 nov 2008