

## **Avaliação do uso e fusão de imagens *ALOS/PALSAR* e *TM/Landsat* para identificação e mapeamentos temáticos no município de Mambai - Go**

Cesar Edwin Garcia<sup>1</sup>  
Enrique Mauricio del Castillo<sup>1</sup>  
Moises Pereira Galvão Salgado<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{cgarcia, castillo, salgado} @dsr.inpe.com

**Abstract.** The objective of this study was to assess the capability of ALOS / PALSAR radar images, available by Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) with double polarization (HH and HV), to map and identify the land use and land cover (LULC) in the Mambai region (Goias State). Likewise, worked with an image TM/Landsat of the same date, to make a digital fusion with the SAR image. The images were subjected to several processing techniques such as digital image restoration, principal components analysis (PCA) and fusion of ALOS/PALSAR and TM/Landsat through IHS transformation. The TM/Landsat, ALOS/PALSAR and the transformation images were classified by maximum likelihood (ML) classifier, interactive conditional modes (ICM) algorithm, thus obtaining six class: “*cerrado*”, plowed soil, bare soil (including urban areas), water, agriculture and forest. This work concluded that the best classification was obtained from the IHS fusion, with a Kappa index of 0.60, followed by the composition of the multi-sensors images, TM/Landsat images. The worst result was obtained for the ALOS/PALSAR classification, with a Kappa index of 0,31. We concluded that ALOS/PALSAR images provided by IBGE are technically feasible for the mapping of land use and land cover in the cerrado biome.

**Palavras Chaves:** Alos/Palsar, clasification, digital fusion, ALOS/Palsar, Classificação, Fusão digital

### **1. Introdução**

A utilização de imagens obtidas por sensores remotos orbitais para o monitoramento e mapeamento dos ambientes terrestres tem sido amplamente empregada desde a década de 70, possibilitando a geração de mapas temáticos com boa exatidão e menor custo. Assim, as imagens obtidas por sistemas ópticos e de radar possibilitam identificar elementos na superfície terrestre, a partir dos quais se podem mapear áreas temáticas. As imagens do sensor TM/Landsat que operam na faixa óptica do espectro eletromagnético (*i.e.* comprimentos de onda de 0.45 a 2.35 micrometros) fornecem informações sobre a característica físico-química dos alvos, enquanto as imagens SAR (Radar de Apertura Sintética) como o *ALOS/PALSAR* (*i.e.* comprimento de onda de 23,6 centímetros) geram informações sobre as características dielétricas, a textura e a geometria dos alvos.

Segundo Henderson e Lewis, (1998) citam como vantagens do sistema SAR o potencial de imageamento em áreas com cobertura de nuvens, fumaça e até chuvas, o modo de operação tanto diurno, quanto noturno, pois independe da fonte solar para iluminação e o controle da geometria do feixe de iluminação.

A fusão destas imagens pode auxiliar na identificação e no mapeamento das feições da superfície terrestre, explorando os diferentes conteúdos de informação sobre os alvos imageados e facilitando a interpretação visual das feições melhorando a separabilidade entre classes a partir do uso de classificações automáticas, como exemplo de utilização desta técnica pode-se citar: Gonçalves et al, (2009), França et al, (2007) e Souza Filho e Paradella (2005).

A composição de imagens multi-sensor que se aborda neste trabalho é baseada em métodos já existentes na literatura como produtos derivados da transformação IHS e componentes principais, estes métodos podem ser estudados em Showengerdt, (1997) e Jensen, (2005). Neste contexto o objetivo principal deste trabalho é avaliar a potencialidade das imagens *ALOS/PALSAR* disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística (IBGE) e a contribuição da fusão com imagem óptica (Landsat TM) para o mapeamento temático de áreas de Cerrado.

## 2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo corresponde ao município de Mambai localizado no estado de Goiás entre as coordenadas geográficas  $14^{\circ} 29' 16''$  S e  $46^{\circ} 06' 46''$  O. O uso do solo predominante no município é bioma cerrado com presença de pastagem, cultivos de banana e mata.

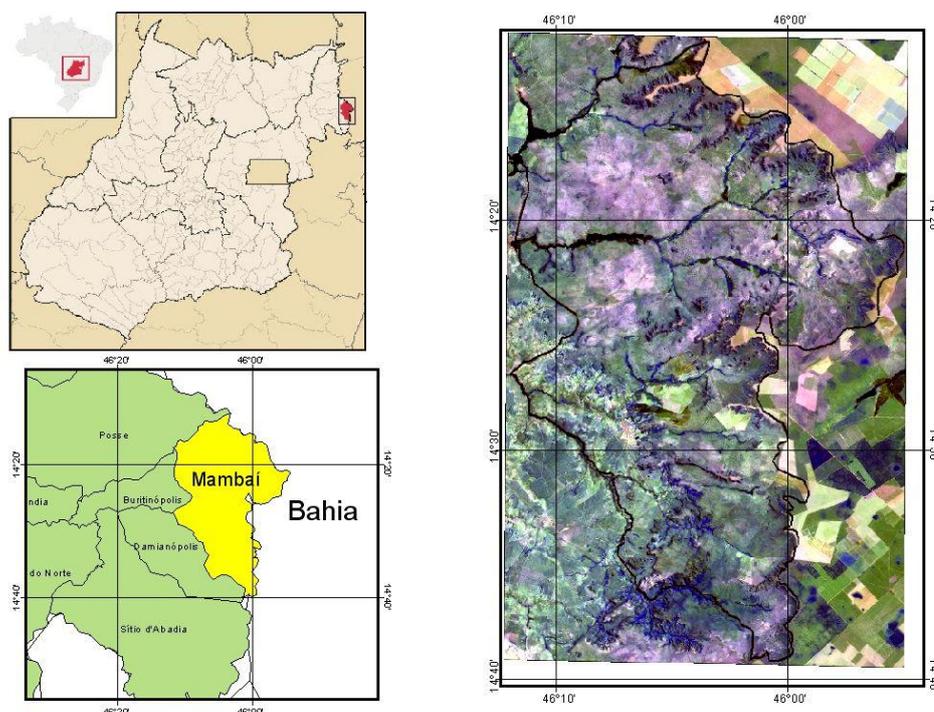


Figura 1. Localização da área de estudo no estado de Goiás município de Mambai

Foi utilizada uma imagem TM/Landsat 5, *path/row* 220/70, obtida por meio do aplicativo Glovis (<http://glovis.usgs.gov>) da *U.S. Geological Survey* USGS. A imagem do Radar ALOS/PALSAR utilizada apresenta polarização HH e HV, no modo *Fine Beam Dual*, com ângulo de inclinação de  $34,3^{\circ}$  e com órbita ascendente. A imagem ALOS/PALSAR é disponibilizada pelo IBGE no endereço <ftp://geoftp.ibge.gov.br/Alos>, a imagem possui resolução de 12,5 metros e passou por um processo de ortorretificação, no qual foram corrigidas as deformações causadas pelo relevo (IBGE 2010). O processamento digital das imagens foi feito no software SPRING 5.1 desenvolvido por Camara et al, (1996).

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas. Na primeira foi realizado o processamento digital das imagens. Devido às diferentes resoluções espaciais e espectrais da imagem óptica e de radar, foram realizados alguns pré-processamentos. Devido ao fato de as imagens já estarem georreferenciadas com o sistema de coordenadas UTM e Datum WGS 84, não houve necessidade de realizar-se a operação de registro.

A imagem Landsat foi restaurada para um tamanho de pixel de 20m utilizando-se a ferramenta disponível no aplicativo SPRING 5.1. A imagem ALOS/PALSAR foi reamostrada para um tamanho de pixel de 20m, com a finalidade de ajustar o tamanho de pixel de ambas as imagens. As imagens foram recortadas para trabalhar apenas com os dados referentes à área de estudo. A técnica de componentes principais foi aplicada à imagem TM/Landsat e empregou-se a técnica de fusão IHS para gerar o produto multi-sensor fusionado. Foi utilizada a função filtro Lee, com tamanho de janela 5x5, visando reduzir o ruído *speckle* (característico das imagens SAR) na imagem ALOS/PALSAR.

Na segunda etapa foram realizadas as classificações dos diferentes produtos gerados utilizando-se o algoritmo estatístico MAXVER-ICM. De acordo com Viera (1996), o algoritmo considera a ponderação das distâncias entre médias e a dependência espacial dos níveis digitais entre as classes, utilizando parâmetros estatísticos na classificação.

Gerou-se 4 classificações, a primeira classificação se gerou com as duas polarizações da imagem *ALOS/PALSAR*, com as bandas 3,4 e 5 da imagem *TM/Landsat* se realizou outra classificação, uma terceira classificação foi gerada de uma composição colorida multisensor, para este, as bandas 3,4,5 e 7 da imagem *TM/Landsat* se aplicou a técnica das componentes principais, esta técnica foi usada para eliminar a redundância de informação espectral devido à alta correlação entre as bandas, bem como gerar uma só imagem onde se realce as feições espectrais sutis, que são exclusivas de cada banda. A composição multisensor foi associada do seguinte jeito: a polarização HH foi associada ao canal Vermelho, HV com o canal Verde e a primeira componente principal derivada das bandas do *TM/Landsat* foi associada à cor azul.

A quarta classificação foi gerada do produto da fusão das imagens (óptica e microondas) a partir da técnica de transformação IHS. As imagens *TM*, bandas 3, 4 e 5 foram transferidas do espaço RGB para o espaço IHS. Na transformação inversa, o canal (I) intensidade foi substituído pela polarização HH do *ALOS/PALSAR*. Na figura 2 apresentam-se as composições das imagens de entrada para as quatro classificações

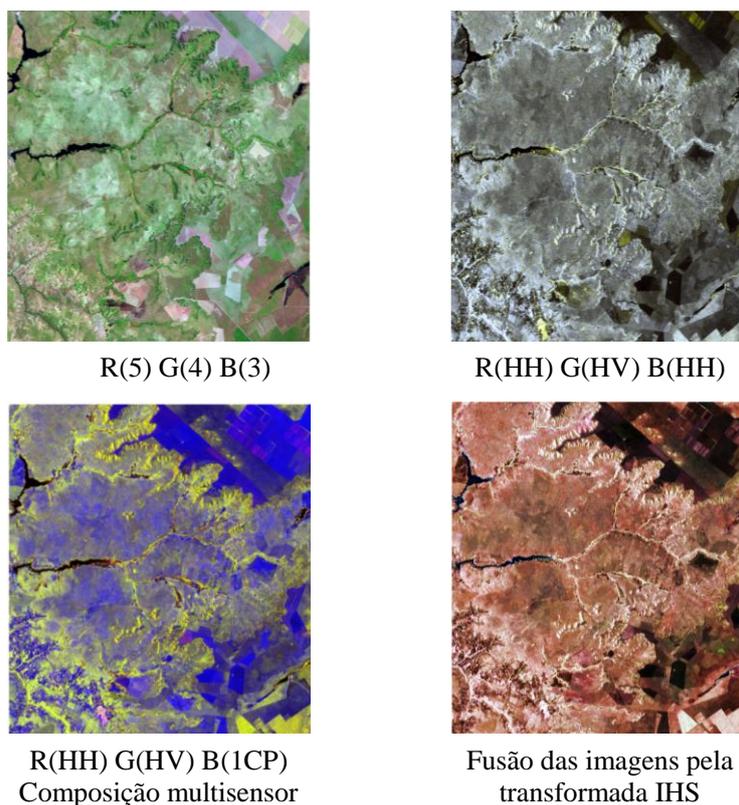


Figura 2. Representação das imagens e produtos utilizados para as classificações

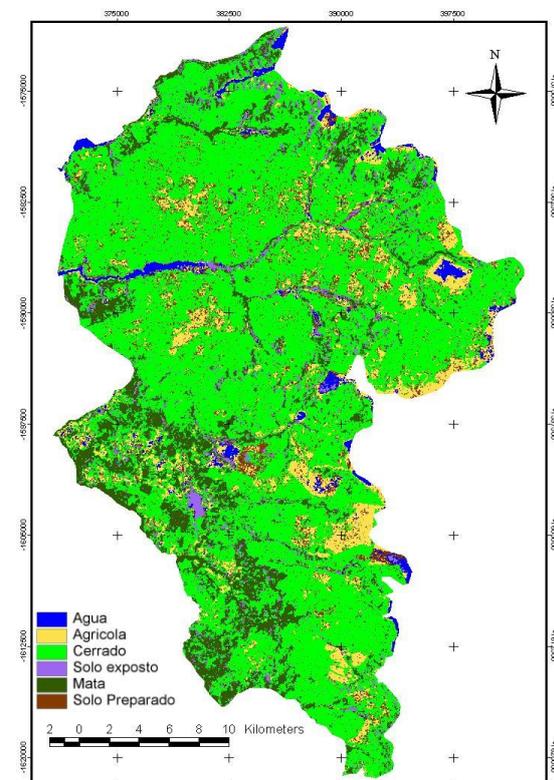
O MAXVER-ICM, por se trata de um classificador supervisionado precisa de áreas de treinamento, por essa razão e de acordo com a identificação feita na visita de campo e com apoio de imagens no Google Earth (<http://earth.google.com/>), seis classes foram selecionadas: água, área agrícola, mata, cerrado (incluindo áreas de pastagem), solo preparado (sendo as áreas agrícolas preparadas para plantio) e solo exposto, incluindo neste ultimo item as áreas urbanas.

Segundo Foody (2002), avaliar a qualidade das classificações é um procedimento fundamental durante a elaboração de mapas temáticos, pois conhecer a exatidão da

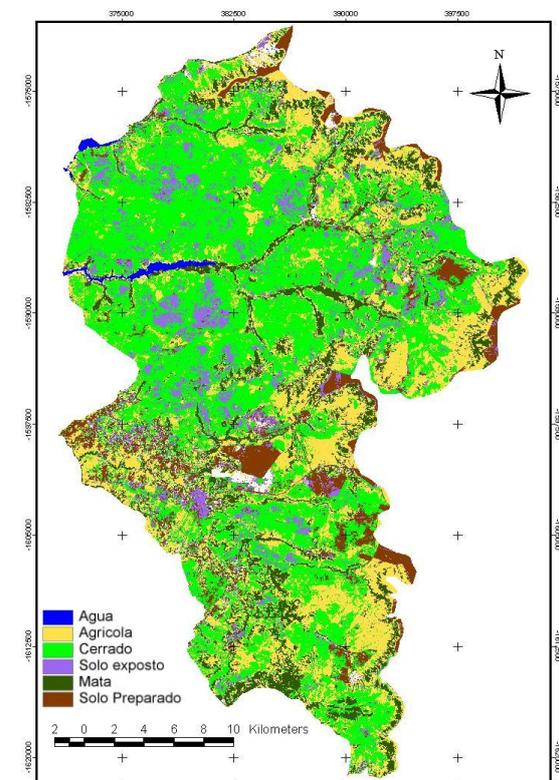
informação produzida evita-se interpretações de baixa confiabilidade. Assim, para a estimativa da exatidão das classificações temáticas que se obtiverem foi escolhido o índice de concordância Kappa desenvolvido por Landis e Koch (1987) e as matrizes de confusão derivada das classificações. Para a elaboração da matriz de confusão foi definido um conjunto de 150 amostras pontuais aleatórias dentro do limite do município

### 3. Resultados e Discussão

Os dados obtidos das classificações apresentarem diferentes níveis de exatidão, de acordo com o índice Kappa o melhor desempenho se apresentou na imagem multi-sensor e o que teve menor desempenho foi na imagem *ALOS/PALSAR*, na figura 3 são apresentadas as classificações pelos diferentes métodos e na tabela 1 apresentam-se as matrizes de confusão e o desempenho medido com o índice Kappa .



**Índice Kappa: 0,311**  
Classificação ALOS/PALSAR



**Índice Kappa: 0,572**  
Classificação óptica (RGB - 543)

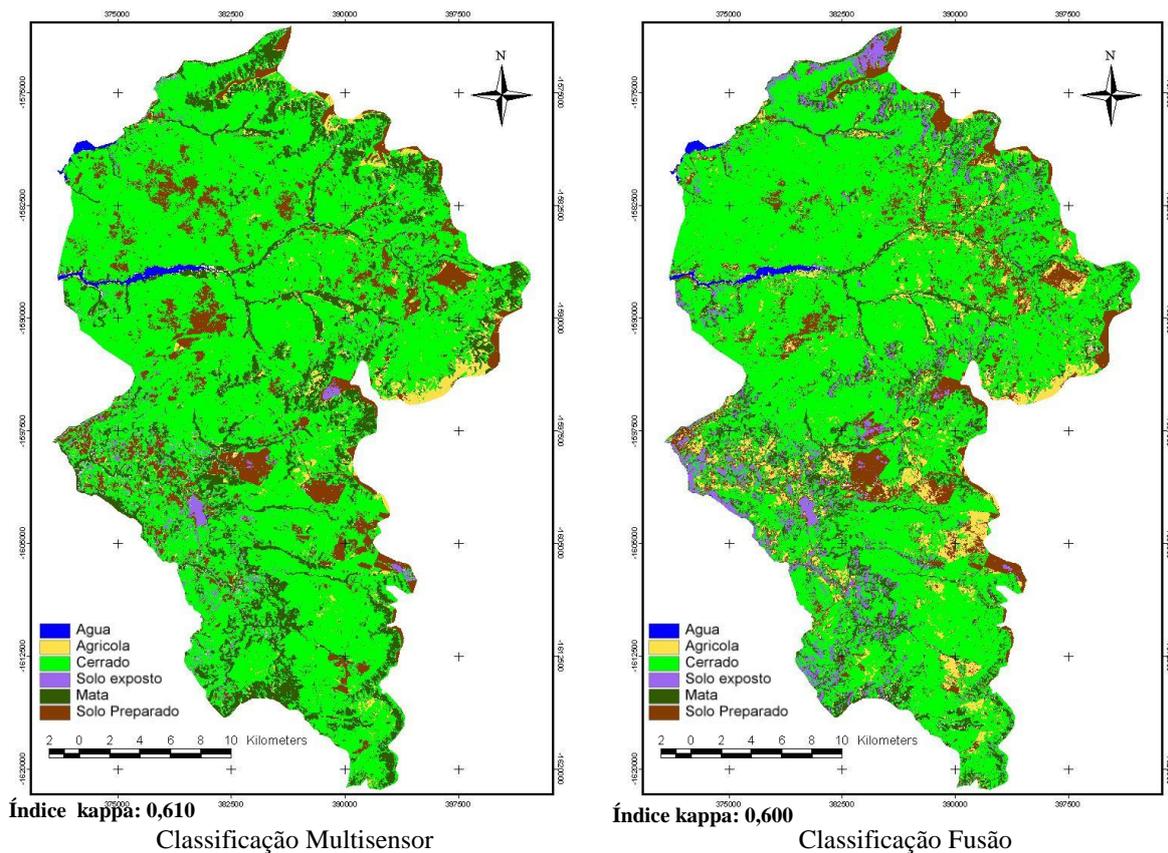


Figura3. Classificações obtidas das imagens por as diferentes metodologias implementadas

Tabela1. Matrizes confusão das classificações em porcentagem

|              |          | Mata         | Cerrado | Agua   | Solo         | Cidade | Agrícola |
|--------------|----------|--------------|---------|--------|--------------|--------|----------|
| Multi-sensor | Mata     | 62,50        | 2,50    | 0      | 0            | 0      | 25,81    |
|              | Cerrado  | 25           | 45,00   | 0      | 0            | 0      | 6,45     |
|              | Agua     | 0            | 0       | 100,00 | 0            | 0      | 0        |
|              | Solo     | 6,25         | 47,50   | 0      | 100,00       | 0      | 29,03    |
|              | Cidade   | 0            | 2,50    | 0      | 0            | 100    | 0        |
|              | Agrícola | 6,25         | 2,50    | 0      | 0            | 0      | 38,71    |
|              |          | <b>Kappa</b> |         |        | <b>0,610</b> |        |          |
| Fusão        | Mata     | 62,50        | 0       | 0      | 0            | 0      | 22,58    |
|              | Cerrado  | 31,25        | 41,46   | 0      | 0            | 14,29  | 6,45     |
|              | Agua     | 0            | 0       | 100,00 | 0            | 0      | 0        |
|              | Solo     | 0            | 21,95   | 0      | 92,59        | 0,00   | 12,90    |
|              | Cidade   | 0            | 0       | 0      | 0            | 85,71  | 3,23     |
|              | Agrícola | 6,25         | 36,59   | 0      | 7,41         | 0      | 54,84    |
|              |          | <b>Kappa</b> |         |        | <b>0,600</b> |        |          |
| Lansat TM    | Mata     | 73,33        | 0       | 0      | 0            | 0      | 26,67    |
|              | Cerrado  | 20,00        | 35,90   | 0      | 0            | 0      | 0        |
|              | Agua     | 0            | 0       | 100,00 | 0            | 0      | 0        |
|              | Solo     | 6,67         | 38,46   | 0      | 76,92        | 0      | 26,67    |
|              | Cidade   | 0            | 7,69    | 0      | 23,08        | 100,00 | 0        |
|              | Agrícola | 0            | 17,95   | 0      | 0            | 0      | 46,67    |
|              |          | <b>kappa</b> |         |        | <b>0,572</b> |        |          |

|                 |          |       |       |       |       |       |       |
|-----------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ALOS/<br>PALSAR | Mata     | 62,50 | 4,88  | 0     | 0     | 28,57 | 22,58 |
|                 | Cerrado  | 25,00 | 36,59 | 0     | 0     | 14,29 | 12,90 |
|                 | Água     | 6,25  | 0,00  | 95,00 | 77,78 | 0     | 19,35 |
|                 | Solo     | 0     | 14,63 | 5,00  | 0     | 0     | 6,45  |
|                 | Cidade   | 0     | 2,44  | 0     | 0     | 57,14 | 0     |
|                 | Agrícola | 6,25  | 41,46 | 0     | 22,22 | 0,00  | 38,71 |
|                 |          | kappa |       | 0,311 |       |       |       |

No entanto, cada uma das classificações apresenta vantagens e desvantagens na hora de distinguir as classes temáticas ou separabilidade entre elas. De acordo com as matrizes de confusão, a classificação utilizando só a imagem ALOS/PALSAR (com um índice kappa de 0,311) não conseguiu distinguir perfeitamente as superfícies com retroespalhamento especular como rios, lagos e solo exposto, misturando-se com a classe água (ver figura 4a). Assim, pôde-se observar que 77,78% das amostras de solo foram classificadas como água e as culturas agrícolas nesta classificação foram pouco diferenciadas (38,71%). Apesar disso, a classificação da imagem SAR apresentou melhor resultado para identificar a área de cidade.

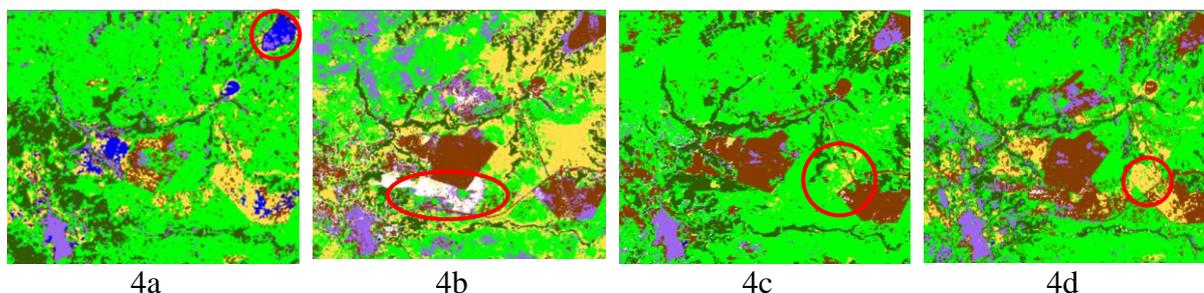


Figura 4. Detalhes de uma região das classificações com ocorrência de confusão.

A classificação utilizando as bandas do TM/Landsat proporciona uma razoável separabilidade geral entre as classes, não obstante, apresentou áreas onde o classificador MAXVER-ICM não alcançou um bom resultado deixando áreas sem classificar (ver Figura 4b). Também não se obteve bons resultados para separar as áreas de solo exposto e de solo preparado, devido à inclusão de áreas de solo exposto dentro da classe de solo preparado. Contudo foi a que apresentou melhor desempenho, com relação às outras classificações, para mapear as áreas de mata com uma exatidão de 73,33%.

Entretanto as classificações multisensor apresentam os melhores resultados. A classificação utilizando a composição multisensor conseguiu distinguir muito bem (100% das amostras) as classes: água, solo preparado, solo exposto. No entanto, as áreas agrícolas e de cerrado não apresentaram boa exatidão misturando-se entre elas, e com as classes: mata e solo preparado (ver Figura 4c). Esta classificação obteve o melhor desempenho de acordo com o índice *Kappa* 0,610.

Contudo, a classificação da imagem fusionada, com um índice kappa 0,600, conseguiu um melhor resultado para mapear e distinguir as diferentes classes. Foi nesta classificação onde se obteve uma melhor distinção entre as classes agrícola e cerrado, sendo estas duas classes as que apresentaram maior confusão. Assim, se confirma que a informação de produtos híbridos, derivados da fusão entre imagens de sensores ópticos e radar, acrescenta informações melhorando a capacidade de separar e mapear as diferentes classes presentes no território.

#### 4. Conclusões e recomendações

Neste trabalho mostrou-se que a utilização de técnicas que integram dados ópticos e SAR traz benefícios para identificar e mapear o território devido ao fato de que estas técnicas permitem maximizar a extração de informações valendo-se das informações obtidas na fusão. Conclui-se que a inclusão de imagens ALOS/PALSAR que fornecem e realçam a informação de geometria e propriedade dielétrica dos alvos, enriquece a informação permitindo uma melhor distinção entre as classes obtidas unicamente a partir da imagem TM/Landsat.

Com base nos resultados obtidos neste trabalho pode-se afirmar que as imagens ALOS/PALSAR disponibilizados pelo IBGE são tecnicamente viáveis para o mapeamento das áreas do bioma cerrado. Embora a classificação utilizando apenas a imagem ALOS/PALSAR tenha apresentado um menor desempenho em relação à classificação TM/Landsat, algumas feições nesta classificação como as áreas urbanas puderam ser melhor discriminadas.

A utilização do classificador MAXVER-ICM para o mapeamento temático com base em produtos multisensor apresentou resultados satisfatórios. Entretanto, recomenda-se a avaliação de métodos que utilizam atributos não-estatísticos, como no caso de classificadores por árvore de decisão ou orientado a objeto, para serem utilizados em imagens ALOS/PALSAR.

#### 5. Referências Bibliográficas

- Camara G.; Souza R.C.M.; Freitas U.M.; Garrido J. Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v.20, n. 3, p. 395-403, 1996
- França, A.M.; Florenzano, T.G.; Novo, E.M.L. Avaliação de fusão de imagens ópticas e microondas no mapeamento de morfologias lacustres. **Revista Brasileira de Cartografia**. No 59/02, 2007. (ISSN 1808-0936)
- Foody, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing of Environment**, v. 80, n. 1, p. 185-201, 2002.
- Gonçalves, F.D; Souza filho P.W.M.; Paradella W.R. Fusão de dados multisensor para a identificação e o mapeamento de ambientes flúvio-estuarinos da Amazônia. **Revista Brasileira de Geofísica**. V.27 (Supl. 1), p. 57-67, 2009.
- Henderson, F. M.; Lewis, A. J. **Principles & Applications of Imagins Radar. Manual of Remote Sensing**. New York, Third Edition. Vol. 2, John Wiley & Sons, Inc, 1998. 866 p.
- Landis, JR.; Koch, G.G. The measurements of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, p. 159-174, 1977.
- Intituto Brasileiro de Geografia e estatística IBGE. Imagem de satelite ALOS. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/alos/estrategia.php>, Acesso em: 24.mar.2010.
- Jensen, J. R. **Introductory Digital Image Processing: A remote sensing perspective**. New Jersey, Third Edition. Upper Saddle River,: Prentice-Hall, 2005. 526p.
- Showengerdt, R.A. **Remote sensing models and methods for image processing**. New York, Academic press, 1997. 552p.
- Souza filho P.W.M.; Paradella W.R. Use of RADARSAT-1 fine mode and Landsat-5 TM selective principal component analysis for geomorphological mapping in a macrotidal mangrove coast in the Amazon Region. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v.31 (3), p. 214–224, 2005.
- Vieira, P. R., Desenvolvimento de classificadores de máxima verossimilhança e ICM para imagens SAR. São José dos Campos, 251 p. (INPE 6124-TDI/585). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1996.