

## MAPEAMENTO E ESTIMATIVA DE COBERTURA DA TERRA E DE HABITATS AQUÁTICOS DE VÁRZEA, NA REGIÃO DA AMAZÔNIA CENTRAL UTILIZANDO IMAGENS TM/LANDSAT-5 E SAR/JERS-1

WILLIAN SÉRGIO MARQUES PALHA<sup>1</sup>  
EVLYN MÁCIA LEÃO MORAES NOVO<sup>2</sup>  
CLÁUDIO CLEMENTE FARIA BARBOSA<sup>2</sup>  
ALBERTINO DE SOUZA CARVALHO<sup>1</sup>  
BRUCE RIDER FORSBERG<sup>3</sup>  
JOHN MELACK<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UFAM – Universidade Federal do Amazonas  
Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos 3000, Aleixo CEP: 69077-000  
Laboratório de Sensoriamento Remoto  
wspalha@yahoo.com.br  
alsocar@zaz.com.br

<sup>2</sup>INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{evlyn, claudio}@ltid.inpe.br

<sup>3</sup>Instituto Pesquisas da Amazônia  
Caixa Postal 478-69011-970 – Manaus - AM, Brasil.  
fbruce@internext.com.br

<sup>4</sup>University of California. Institute for Computational Earth System Science  
Santa Barbara, CA. 91109 USA,  
melack@lifesci.ucsb.edu

**Abstract.** The central Amazon floodplain is composed of an extensive mosaic of wetlands including lakes and seasonally flooded grasslands and forests. These habitats are highly productive, contain a diverse biota and sustain a thriving regional fishery. The effective management of natural resources and accurate estimation of trace gas emissions in these regions have been limited by the lack of accurate wetland distribution maps. The extensive areas involved, the remote nature of the region and the seasonal variability of many wetland habitats have thwarted the use of traditional mapping procedures. We tested this approach in a training area within the central floodplain near Manaus, Amazonas, Brazil. We used a combination of images JERS-1 L-Band SAR, Landsat-5 and digital video images to classify and map these habitats six distinct classes of land cover were identified: terra firme, open white water, open black water, flooded high forest, flooded low forest, herbaceous macrophyte beds and deforested areas.

**Keywords:** remote sensing, classification and segmentation, mapping habitats.

### 1. Introdução

A utilização racional dos recursos naturais da várzea amazônica depende fundamentalmente do conhecimento a cerca de sua potencialidade, o que torna necessário determinar sua distribuição espacial e características.

A várzea Amazônica é formada por um extenso mosaico, onde se observam grandes lagos e rios, uma imensa planície de inundação e grandes bancos de capim flutuantes. Estes habitats são altamente produtivos, contendo uma biodiversidade variada, sendo também fontes importantes de metano e outros gases traços, que regulam o clima terrestre Blake & Rowland (1986), Matthews & Fung, (1987), Devol et al. (1994).

Deste modo, o gerenciamento dos recursos naturais e a precisão nas estimativas das emissões de gases traços depende essencialmente da existência de mapas de distribuição regional desses habitats. Devido às extensas áreas, à dificuldade de acesso e à complexa

variabilidade sazonal da região, os trabalhos de mapeamento tradicional têm sido prejudicados, fazendo do Sensoriamento Remoto uma ferramenta indispensável no monitoramento e gerenciamento dos recursos naturais na Amazônia.

Em face da recente disponibilidade dos mosaicos regionais das imagens TM/Landsat-5 e JERS-1, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e pela University of California. Santa Barbara, Institute for Computational Earth System Science, respectivamente, pode-se efetuar o mapeamento preliminar desses habitats. O presente trabalho, portanto apresenta a metodologia e os resultados do mapeamento digital dos habitats aquáticos de várzea a partir da combinação dos mosaicos, do sensor SAR/JERS-1, adquiridos na da vazante setembro/novembro 1995 e de cheia em maio/junho 1996, banda L, resolução de 92m, mosaicos do sensor TM/Landsat, bandas 3, 4 e 5, resolução espacial de 30 e 92m, e dados de vídeo digital com 1m de resolução.

Todas as imagens foram organizadas e processadas no software SPRING. As imagens foram co-registradas e dependendo do tipo de imagens aplicou-se um determinado número de correções. A combinação destes dados possibilitou a classificação dos seguintes habitats: terra firme; floresta de várzea; floresta de igapó; bancos de macrofitas.

## 2. Objetivos

Os objetivos gerais deste trabalho foram: desenvolver métodos para construir grandes mosaicos de imagens para estudos de escala regional na Amazônia; desenvolver métodos de integração de dados de diferentes fontes; desenvolver métodos para extrair informações sobre as superfícies alagáveis.

A fim de atingir tais objetivos, os mosaicos TM/Landast-5 e SAR/JERS-1 da planície de inundação da Amazônia Central foram georeferenciados e, em seguida, os habitats da planície de inundação foram identificados e mapeados. Após o mapeamento digital, foi estimada a área ocupada pelos diferentes dos habitats.

## 3. Área de estudo

A área piloto escolhida para esse trabalho (**Figura 1**) é constituída por uma extensa área de várzea, na região da Amazônia Central. Situa-se entre os paralelos 4° 0' 00'' e 2° 20' 00'' de latitude sul e os meridianos 58° 0' 00'' e 61° 30' 00'' a oeste de Greenwich. Esta região corresponde às cartas SA20 e SA21 (1:1000000) com área aproximada de 27000.000 km<sup>2</sup> abrangendo partes das bacias do Amazonas, Solimões, rio Negro e do Madeira. A região em questão possui uma importante área de inundação.

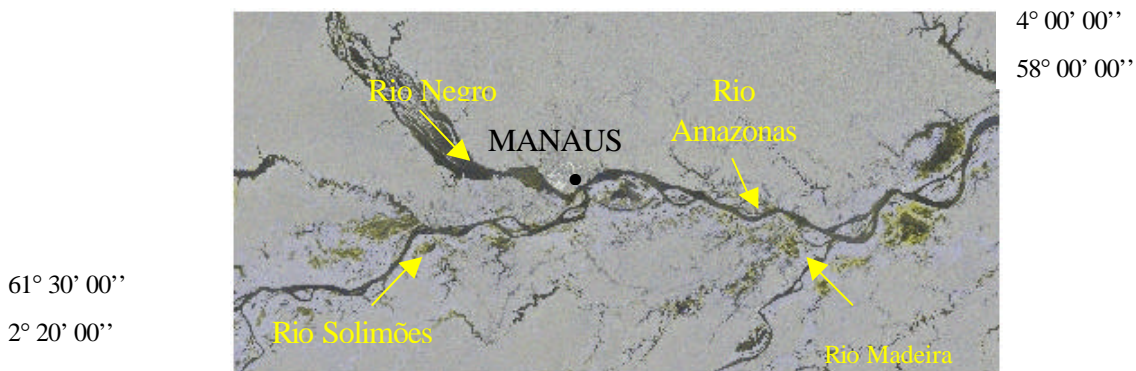


Figura 1 Área de estudo, composição RGB/JERS-1 (R=Cheia, GB=Seca).

## 5. Materiais e métodos

Atualmente, existe no mercado um vasto conjunto de técnicas de segmentação e classificação automática de imagens digitais (Pal & Pal 1993). A técnica utilizada neste trabalho está disponível no módulo do software SPRING/INPE. Esta técnica é denominada “crescimento por regiões”, que se baseia em um processo iterativo pelo qual vão sendo agrupados pixels, formando regiões homogêneas em função da similaridade radiométrica e da proximidade no espaço geográfico a partir de limiares definidos em função das características da cena e da informação desejada. Estas regiões podem crescer interativamente até que todos os pixels tenham sido processados (Bins et al. (1996).

Para iniciar o processamento deve-se fornecer dois limiares: *Similaridade* e *Área mínima*. A similaridade define a diferença mínima entre o valor de um pixel e o valor médio da região contígua a ele, para que este pixel possa ser agrupado a esta região. Se a diferença entre o valor do pixel e a média da região vizinha for maior que o valor de similaridade definida pelo usuário, o pixel não será agrupado a aquela região. A área mínima define o tamanho da região definida pelo usuário, ou seja, não haverá regiões com área em pixel menor do que o valor definido pelo usuário.

A classificação é o processo de extração de informação em imagens para se reconhecer padrões e objetos homogêneos.

Nas técnicas de classificação digital existem basicamente duas alternativas: a classificação supervisionada e a não supervisionada. Na classificação supervisionada o usuário deve coletar um conjunto de amostras representativas dos diferentes tipos de coberturas. Em geral este procedimento é dificultado para grandes áreas, pois as classes apresentam grandes variâncias, o que inviabiliza o processo de classificação supervisionada. Para a classificação não supervisionada um algoritmo de classificação é utilizado na avaliação da classe, definido em que classe será alocada cada região de acordo com seus atributos estatísticos. Na classificação não supervisionada o usuário deve fazer uma identificação a posteriori das classes resultantes, ou seja, após a classificação automática o usuário deverá realizar uma edição para corrigir os eventuais erros ocorridos durante o processamento.

Neste trabalho foram utilizados os mosaicos do sensor TM/Landsat-5, bandas 3, 4 e 5, resolução espacial de 30 e 90 m, disponíveis no setor de atendimento ao usuário de dados de satélite (ATUS)/INPE.

Dados do sensor SAR/JERS-1, mosaicos adquiridos na vazante (setembro/novembro 1995) e na cheia (maio/junho 1996), banda L, resolução de aproximadamente 90m. Estes mosaicos foram disponibilizados pelo Jet Propulsion Laboratory (JPL) em Pasadena. Dados de vídeo digital com 1m de resolução Hess et al., (2002) foram utilizados para ajudar para a verificação da precisão do mapeamento.

Todos os experimentos foram executados no sistema SPRING que possui módulos de tratamento de imagens e de editoração. As imagens foram tratadas e editoradas em um Pentium III/600 MHz, 64 Mbytes de RAM e 20 Gbytes hard disk.

Este trabalho foi realizado em duas etapas distintas e dependentes entre si, que constam: (1) seleção da área piloto, co-registro das imagens e pré-processamento dos dados e (2) segmentação, classificação e editoração.

Na primeira etapa foi selecionada a área piloto e definição do banco de dados no ambiente do sistema SPRING. Nesta etapa foram executados os seguintes passos: leitura, conversão e transferência de dados para o formato compatível com o sistema adotado. Também se realizou nesta etapa o registro dos dados em uma base cartografia (LATLONG/WGS84). Na segunda etapa, após uma criteriosa análise dos dados, executou-se segmentações, classificações não supervisionadas e o mapeamento digital dos habitats de interesse.

A fim de corrigir os eventuais erros de processamento foram usados os dados de videografia da área de estudo. Estes dados serviram como verdade terrestre da área de estudo.

## 6. Resultados

A fim de descrever os resultados obtidos neste trabalho serão apresentados os procedimentos e produtos gerados a partir do tratamento das imagens de satélites. Estes produtos mostram os resultados e os objetivos atingidos para o presente trabalho.

Após a seleção da área de estudo, registro das imagens TM/Landsat-5 e SAR/JERS-1 realizou-se o recorte da área de várzea utilizando algoritmos algébricos, programa LEGAL/SPRING e máscara temática denominada de *Wetland*. Este procedimento foi adotado, a fim de se diminuir o volume de dados e otimizar o processamento digital dos dados. O resultado é mostrado na **Figura 2**.

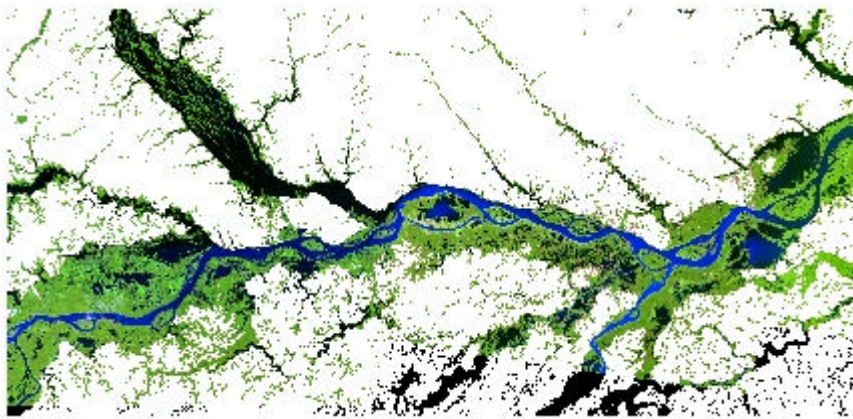


Figura 2. Mosaico recortado TM/Landsat-5 da Amazônia Central, bandas 3B, 4G e 5R, resolução 90m.

Em seguida as imagens, foram submetidas a segmentações e criação de arquivos de contextos para cada sensor, e em seguida extraiu-se as informações estatísticas de cada polígono segmentado. O resultado do processo de segmentação é apresentado nas **Figura 3**.

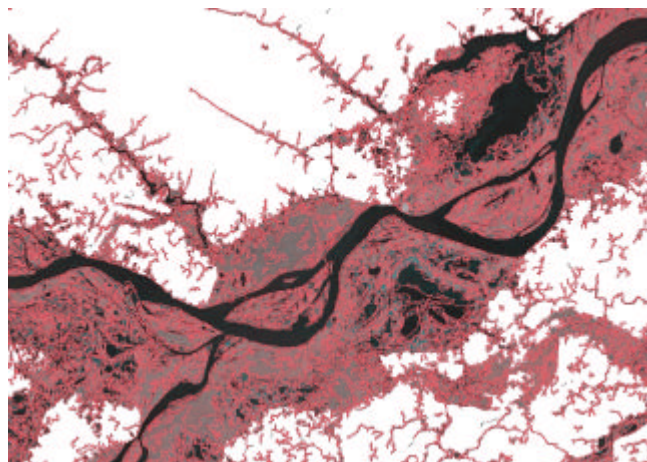


Figura 3. Sub-cena do mosaico JERS-1, banda L, composição RGB/JERS (R=Cheia, GB=Seca), sobreposta à segmentação (similaridade 8 e área 50).

Na **Figura 4** é apresentado o resultado da fusão entre os mosaicos Landsat-5 e JERS-1 utilizando-se as transformações  $RGB \leftrightarrow IHS$ . Este procedimento teve por objetivo integrar os dados dos dois sensores. As imagens TM, bandas 3, 4 e 5 saíram do ambiente RGB e foram transferidas para o espaço IHS. Na transformação inversa, o canal (I) *intensidade* foi substituído pela imagem JERS, do período da cheia. Deste modo, obteve-se uma imagem híbrida resultante da fusão dos sensores. Nesta imagem procederam-se a segmentação e a extração de região (extração das informações estatísticas).

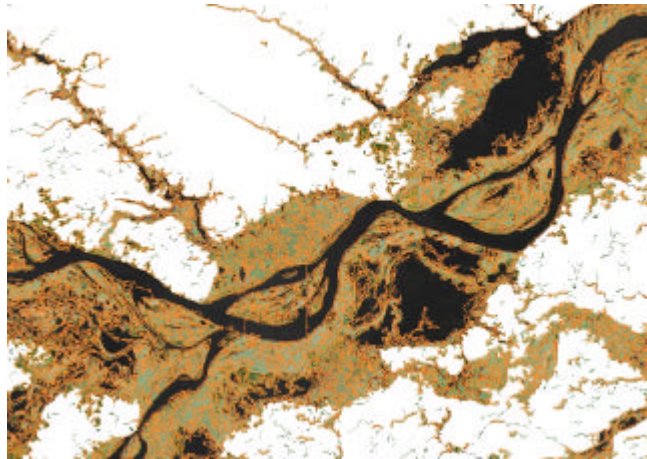


Figura 4. Sub-cena do mosaico resultante da fusão das imagens JERS-1, (período de cheia) e TM/Landsat, bandas 3, 4 e 5 com segmentação (similaridade 8 e área 50).

Logo após a execução do processo de segmentação das imagens efetuou-se a classificação dos habitats. O resultado deste processamento é mostrado na **Figura 5**.

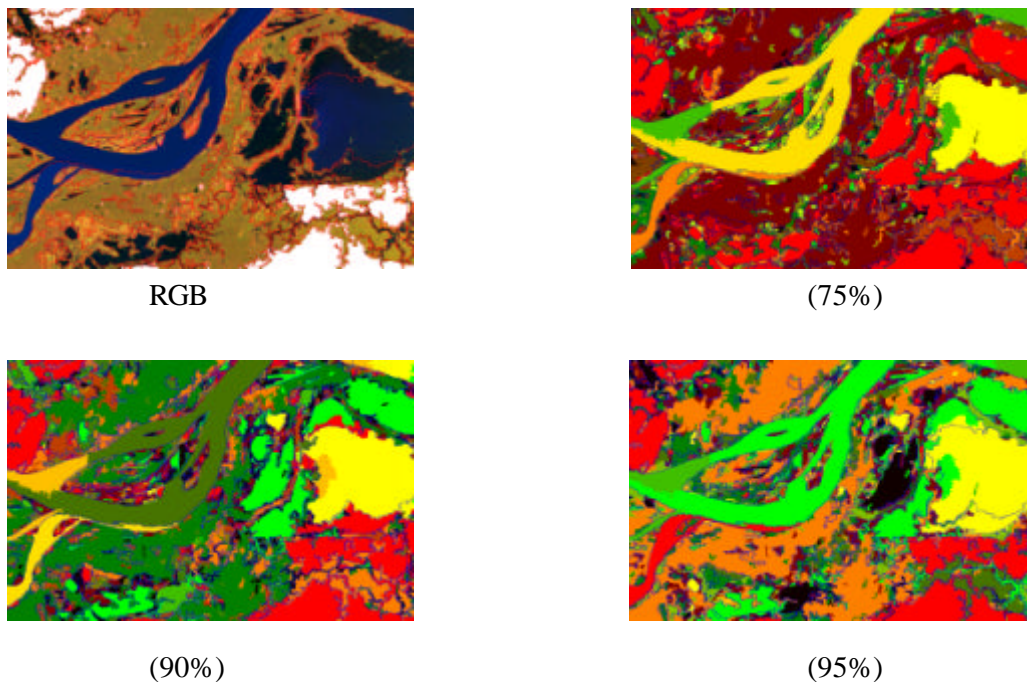


Figura 5. Sub-cena do mosaico das imagens TM/Landsat-5, 90m de resolução, composição RGB (banda 3=B, banda 4=G e Banda 5=R) e os resultados das classificações não supervisionadas com limiares de aceitação de 75%, 90% e 95%.

Em seguida, os resultados da classificação foram avaliados a fim de se determinar o potencial do mapeamento digital. A segmentação e a classificação dos mosaicos (JERS-1 e Landsat-5), em 90m de resolução foram amplamente otimizados, no entanto, a individualização dos alvos não correspondeu ao esperado, ou seja, devido a reamostragem ganha-se tempo no processamento, no entanto, perde-se em informação digital.

Um outro fato importante a ser mencionado é que a técnica “crescimento por regiões”, baseada em um processo interativo, no qual os pixels vão sendo agrupados, formando regiões homogêneas em função da similaridade radiométrica e da proximidade no espaço geográfico foi grandemente prejudica, pois com a reamostragem da imagem, se reduziu o potencial de individualização de pequenos alvos, e deste modo, o mapeamento digital foi diretamente prejudicado.

Na **figura 6** é mostrada a comparação entre os fragmento do mosaico de 30m e do mosaico em 90m de resolução espacial, onde se pode observa as diferenças qualitativa e quantitativa do processamento digital.

Desta maneira, as cenas 230\_062 e 231\_062 do sensor TM/Landsat-5, 30m de resolução espacial foram registradas, importação e mosaicagem em um Sistema de Informação Geográfica. Em seguida foram realizados segmentação, extração das informações estatísticas, classificação e o mapeamento digital.

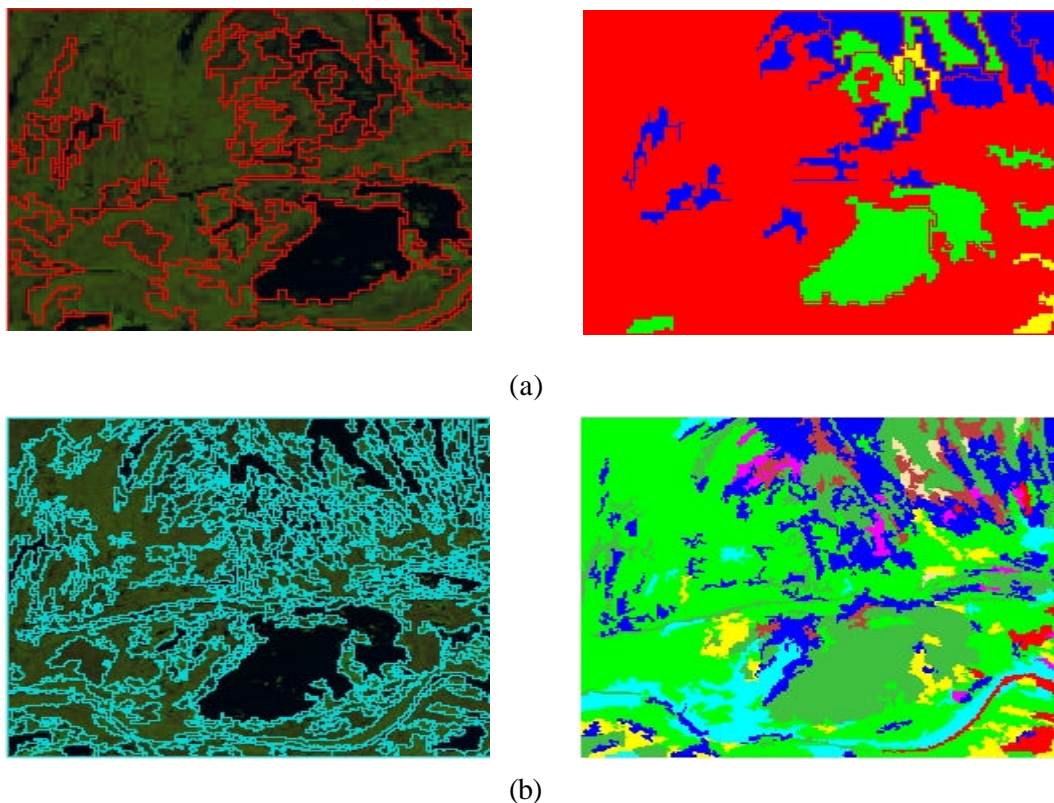


Figura 6. Comparação: (a) fragmento do mosaico em 90m de resolução e sua correspondente classificação e (b) fragmento do mosaico em 30m de resolução e sua correspondente classificação. Composição RGB (banda 3=B, banda 4=G e Banda 5=R). Escala aproximada 1:170.000. Segmentação (Similaridade 8 e Área 50). Classificação com limiar de 75%.

A interpretação e editoração dos habitats da área de estudo são mostradas no Mapa abaixo **Figura 7**.

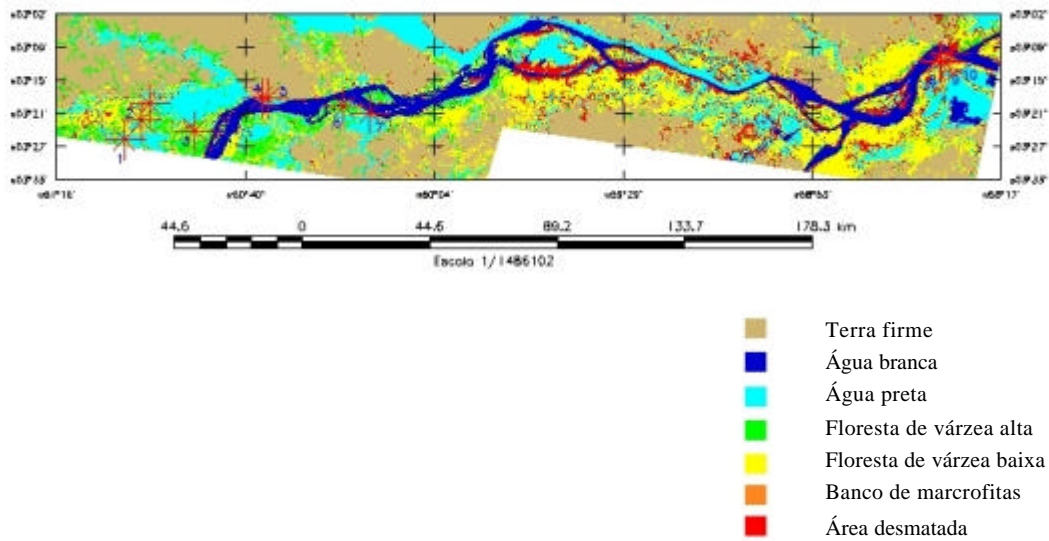


Figura 7. Mapa de Habitats Aquático da região de várzea gerado a partir do mosaicagem de subcenas TM/Landsat-5, 30 metros resolução espacial, bandas 3, 4, e 5. Segmentação (similaridade 8 e área 50) e Classificação com 75% de aceitação.

## 7. Conclusões

Devido às diferenças tecnológicas entre os sensores, perdeu-se muita informação e, portanto, não foi possível individualizar alguns alvos. Entretanto, é de fundamental importância o uso conjunto destas imagens na interpretação visual.

As técnicas de segmentação e classificação utilizadas neste trabalho, assim como, a utilização dos dados de vídeo foram de grande ajuda, uma vez que, otimizaram o mapeamento digital. O limiar de aceitação que obteve maior aproveitamento foi o de 75%, pois individualizou o maior número de classes em todas as imagens testadas.

A imagem TM Landsat reamostrada para 90m, perdeu muita informação digital, não permitindo a individualização de alguns alvos, da classe “Banco de macrofita” e “área da desmatada”. Da mesma forma, não foi observada uma boa individualização dos alvos nas imagens JERS-1 para algumas áreas.

A fusão entre os sensores não resultou em bom produto final, devido a grande diferença entre os tipos de sensores, havendo grandes perdas de informações.

Conforme mencionado no item anterior optou-se mapear a região de várzea com imagens do sensor Landsat-5, 30m de resolução espacial. Os resultados deste é mostrado na **figura 7**.

Após o mapeamento digital foi possível efetuar o cálculo das áreas dos habitats aquáticos. O resultado é mostrado abaixo. Cálculo da área mapeada foi executado pelo software SPRING, Geo-Class (Km x Km).

Água branca:	1480.54
Água Preta:	3031.35
Floresta inundada alto:	1098.12
Floresta inundada Baixa:	3662.85
Banco de Macrofitas:	3662.85
Área desmatada:	1216.16
Terra firme:	6423.08

## 8. Referências

- Bins, L.S.; Fonseca, L.M.G.; Erthal, G.J. Mitsuo II, F. Satellite imagery segmentation: Aregion growing approach, *VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador-Brazil*, 1996. Repositório da URLib: <[dpi.inpe.Br/ dpi.inpe.br/lise/2002/03.25.17.22.28/](http://dpi.inpe.br/dpi.inpe.br/lise/2002/03.25.17.22.28/)>. Disponível em: <[sid.inpe.br/deise/1999/02.05.09.30](http://sid.inpe.br/deise/1999/02.05.09.30)>. Acesso em: 01 novembro 2002.
- Blake, D.R.; Rowland, F.S. Woldwide increase in tropospheric methane. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 1978-1983. 4, 43-62, 1986.
- Devol, A.H.; Richey, J.E., Clark, W.A. & King, S.I. Methane emission to the troposfera from the Amazon floodplain. *Journal of Geophys. Res.* 93: 1583-1592. 1988.
- Hess, L.; Novo, E.M.L.M.; Slaymarer, D.M.; Hort, J.; Steffen, C.; Valeriano, D.; Mertes, L.A.K.; T. Krug; Melack, J.M.; Gastil, M.; Holmes C.; Hayward, C. Geocoded digital videography for validation of land cover mapping in the amazon basin. *Internacional Journal of Remote Sensing*. 2002.
- Matthews, E.; Fung, I. Methane emission from natural wetlands: Global distribution, area, and environmental characteristics of sources *Global Biogeochemical Cycles*, 1, 61-86, 1987.
- Pal, N.R.; Pal, S.K. A review on image segmentation tecniques. *Pattern Recognition*, 26(6): 1277-1294, 1993.