

1. Publicação nº <i>INPE-3468-PRE/711</i>	2. Versão	3. Data <i>Março, 1985</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DSR-DDS</i>		Programa	
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>IMAGENS LANDSAT LÂMINA D'ÁGUA ANÁLISE MULTITEMPORAL</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:627.152.2(811.3)</i>			
8. Título <i>INPE-3468-PRE/711</i>  <i>APLICAÇÃO DE DADOS MULTITEMPORAIS DO LANDSAT NO MONITORAMENTO DE VARIAÇÃO DA LÂMINA D'ÁGUA</i>		10. Páginas: <i>11</i>	11. Última página: <i>10</i>
9. Autoria <i>Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto Madalena Niero</i>		12. Revisada por   <i>Armando Pacheco dos Santos</i>	
Assinatura responsável <i>Madalena Niero</i>		13. Autorizada por   <i>Nelson de Jesus Parada Diretor Geral</i>	
14. Resumo/Notas <p><i>O objetivo deste trabalho foi analisar a variação de lâmina d'água para os períodos de cheia e vazante, utilizando dados do LANDSAT. A ilha do Careiro, próxima a Manaus (Amazônia), foi selecionada por ser uma área de ocupação agrícola importante para a região e afetada periodicamente pelos processos de inundação. Foram utilizadas imagens MSS/LANDSAT referentes às passagens de 14/julho/1982 (situação de cheia) e 01/dezembro/1981 (situação de vazante), órbita 346, ponto 14 do sistema SRB. Para a análise multitemporal dos dados LANDSAT utilizaram técnicas de processamento digital através do Sistema Image-100. Foi gerada uma composição colorida multitemporal através da superposição de imagens utilizando filtros (azul, verde e vermelho) disponíveis no Sistema Image-100. Através da classificação por Máxima Verossimilhança, foram obtidas classes que permitiram a detecção de áreas afetadas pelo processo de inundação no período analisado.</i></p>			
15. Observações <i>Trabalho apresentado na Quarta Reunião da SELPER. Santiago, Chile, 12 a 16 de Novembro de 1984.</i>			

APLICAÇÃO DE DADOS MULTITEMPORAIS DO LANDSAT NO MONITORAMENTO  
DE VARIAÇÃO DA LÂMINA D'ÁGUA

Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto (1)

Madalena Niero (2)

R E S U M O

O objetivo deste trabalho foi analisar a variação de lâmina d'água para os períodos de cheia e vazante, utilizando dados do LANDSAT. A ilha do Careiro, próxima a Manaus (Amazônia), foi selecionada por ser uma área de ocupação agrícola importante para a região e afetada periodicamente pelos processos de inundação. Foram utilizadas imagens MSS/LANDSAT referentes às passagens de 14/julho/1982 (situação de cheia) e 01/dezembro/1981 (situação de vazante), órbita 346, ponto 14 do sistema SRB. Para a análise multitemporal dos dados LANDSAT utilizaram técnicas de processamento digital através do Sistema Image-100. Foi gerada uma composição colorida multitemporal através da superposição de imagens utilizando filtros (azul, verde e vermelho) disponíveis no Sistema Image-100. Através da classificação por Máxima Verossimilhança, foram obtidas classes que permitiram a detecção de áreas afetadas pelo processo de inundação no período analisado.

A B S T R A C T

The objective of this work was to analyse the variation of the areal extent of the water surface between a high water and a low water periods, by means of LANDSAT data. The selected region was the Careiro island, near Manaus (Amazonian region). This island is an important agricultural area for the region and it is periodically affected by flooding processes. MSS/LANDSAT data, path/row annotation 346/14 (SRB System), were selected for the date of July/14/82 (high water level period) and December/01/81 (low water level period). The multitemporal analysis of the LANDSAT data was conducted through digital processing in an Image-100 system. Multitemporal color composite was obtained by the merging of the images utilizing available filters in the Image-100 system (blue, green and red).

- 
- (1) Geógrafo, Departamento de Sensoriamento Remoto (DSR), Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, São Paulo, Brasil.  
(2) Geógrafa, Departamento de Aplicações de Dados de Satélite (DDS), Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, São Paulo, Brasil.

Classes were obtained after a maximum likelihood classification rule which allowed the detection of areas affected by flooding.

## 1. INTRODUÇÃO

Os dados orbitais do LANDSAT têm sido utilizados no levantamento e análise de recursos hídricos. Um dos aspectos que tem sido estudado refere-se aos eventos de inundação e ao acompanhamento periódico da variação da extensão da lâmina d'água.

Neste aspecto, a análise digital dos dados MSS/LANDSAT tem possibilitado melhor aproveitamento da característica multitemporal proporcionada por aquele sistema de monitoramento e gerenciamento de recursos hídricos.

Diversos autores como Kruus et alii (1981), Rose e Rosendahl (1983), Novo et alii (1981), através de seus trabalhos, têm mostrado a potencialidade dos dados MSS/LANDSAT no estudo da expansão e retração de lâmina d'água.

Este trabalho tem como objetivo analisar a variação da extensão da lâmina d'água, para as situações de cheia e vazante, utilizando dados CCTs do MSS/LANDSAT.

Para a realização deste trabalho foi selecionada uma área de interesse do Governo do Estado do Amazonas, inserida no Plano de Desenvolvimento Integrado daquele Estado (PDRI/AM). A área selecionada é parte da região do Careiro, próxima a Manaus, a qual possui extensas planícies de inundação (várzeas). No contexto da Região Amazônica, esta área é intensamente ocupada, constituindo importante fonte de produção agrícola para o abastecimento de Manaus.

A Figura 1 mostra a localização da área de estudo, a qual possui grande número de lagos e pequenos canais fluviais (denominados regionalmente paranás e igarapês). Esta drenagem impõe à área, em especial às planícies de inundação, condições específicas de comportamento hidrológico entre os períodos de cheia e vazante.

## 2. PROCEDIMENTOS

Para a realização deste trabalho foram utilizados dados MSS do LANDSAT (CCTs), pertencentes à órbita 346, ponto 14, (sistema SRB), adquiridos durante o período de cheia (14/julho/1982) e o período de vazante (01/dezembro/1981), conforme mostram as Figuras 2 e 3.

A seleção das imagens foi feita considerando a análise dos dados hidrológicos disponíveis na região e as passagens LANDSAT livres de cobertura de nuvens.

No desenvolvimento do trabalho foi utilizada uma carta topográfica de Manaus, na escala 1:100.000, produzida pela Diretoria do Serviço Geográfico - Ministério do Exército, como apoio para a localização da área.

As informações contidas nas imagens MSS/LANDSAT foram analisadas digitalmente através do Sistema Image-100 (I-100) disponível no INPE.

A área de estudo foi ampliada no vídeo do I-100 até a escala aproximada de 1:100.000.

A análise multitemporal dos dados foi conduzida utilizando o procedimento proposto por Novo (1983), adaptado de Eyton (1983).

Com este tipo de análise multitemporal, que visa detetar mudanças que ocorrem nos alvos da superfície, são obtidas composições coloridas, onde as áreas submetidas a alterações são associadas a diferentes cores e as demais (sem transformações) se apresentam em tons que tendem ao branco e ao preto.

Foram superpostas e registradas imagens MSS referentes à banda 7, uma vez que a faixa espectral compreendida por esta banda é a que melhor evidencia as superfícies d'água.

Inicialmente as imagens foram submetidas a pré-processamento do tipo correção radiométrica. Foi obtida uma composição multitemporal através do programa Re

gistro de Imagens, desenvolvido no Laboratório de Tratamento de Imagens Digitais do INPE (Ribeiro et alii, 1982). Deve-se mencionar, entretanto, que a superposição exata de toda a cena não foi possível em face das distorções geométricas apresentadas pelas imagens selecionadas.

A composição colorida das imagens registradas foi obtida associando filtro vermelho à imagem referente à situação de vazante e filtro "cyan" à imagem do período da cheia.

Neste procedimento as áreas que foram afetadas pelo processo de inundação (alta e baixa reflectância para as situações de vazante e cheia respectivamente) apresentaram-se em diferentes gradações de vermelho. As áreas com superfícies d'água permanentes apresentaram-se em preto.

Com base na superposição obtida foi realizada uma classificação supervisionada, utilizando o programa de agrupamento por máxima verossimilhança.

Para esta classificação foram selecionadas amostras a partir das bandas 7 referentes às situações de vazante (01/dezembro/1981) e de cheia (14/julho/1982).

A verificação dos resultados obtidos foi feita através da realização de trabalho de campo, durante a situação de vazante.

Através da análise integrada dos dados LANDSAT e das informações de campo foram identificados e denominados os diferentes setores da área de estudo submetidos ao processo de inundação.

### 3. RESULTADOS

A análise da superposição dos dados MSS/LANDSAT permitiu observar a variação temporal dos dados, detetando a expansão da lâmina d'água nos períodos de cheia e vazante.

A composição colorida multitemporal, obtida a partir das imagens utilizadas, pode ser observada através da Figura 4.

Nesta composição, as áreas que apresentam diferentes tonalidades de vermelho indicam setores que foram ocupados pela água de inundação durante a cheia de julho de 1982. As gradações de vermelho para tonalidades mais claras provavelmente indicam uma participação menor da lâmina d'água, e podem estar associadas a áreas com diferentes teores de umidade.

Por outro lado, os setores que apresentam níveis de cinza mais baixos na imagem referente à situação de vazante do que na de situação de cheia estão associados à cor "cyan", representando uma variação da resposta espectral da vegetação.

As áreas em preto e branco e em tonalidades mais claras que tendem para o branco indicam os setores que não sofreram mudanças significativas de um período para o outro. Estas áreas representam, respectivamente, áreas com lâmina d'água permanente (canais fluviais e lagos) e áreas provavelmente não afetadas pelo processo de inundação.

Através da análise da Figura 4 pode-se verificar que a ilha do Careiro foi um dos setores mais atingidos pelo processo de inundação, através do crescimento significativo de seu sistema lacustre.

Os resultados obtidos a partir da classificação (Máxima Verossimilhança) das imagens superpostas relativas ao período de vazante e cheia encontram-se ilustrados na Figura 5.

A ordenação das classes temáticas na legenda do mapa obtido obedeceu a uma sequência decrescente dos valores de intervalos de níveis de cinza, encontrados entre as situações de cheia e vazante (Tabela 1). A estas classes associam-se diferentes intensidades de vermelho. Através da análise desta tabela pode-se verificar que as classes *lâmina d'água*, na situação de cheia, e *solo exposto*, na situação de

vazante, foram as que apresentaram maior intensidade de variação de nível de cinza e, conseqüentemente, maior mudança temporal. A grande variação de nível de cinza está associada à tonalidade de vermelho mais intenso na superposição de imagens (Figura 4). Por outro lado, a classe 8 foi aquela que apresentou a menor variação temporal de nível de cinza, correspondendo à resposta espectral da água contida nos principais canais fluviais e lagos. Na superposição temporal de imagens esta classe apresenta-se em preto.

Através do Sistema I-100 foi também determinada a área ocupada pelas diferentes classes, conforme é mostrado na Tabela 2.

Através da Tabela 2 verifica-se que as classes 8 (área com lâmina d'água permanente) e 6 (vegetação/ação antrópica) foram as que apresentaram maior porcentagem de ocorrência. Estas áreas correspondem a setores que apresentaram menores alterações temporais. A classe 3, que na situação de cheia está associada à lâmina d'água rasa/vegetação e na vazante à campo de várzea, foi a que apresentou maior ocorrência em área, dentre as classes com variação temporal de níveis de cinza de maior significância.

A Tabela 3 mostra a separabilidade espectral das classes definidas através do procedimento de classificação supervisionada.

Esta matriz foi obtida com base nos dados amostrais selecionados no vídeo do Sistema I-100. Através desta tabela pode-se observar que as classes 3 e 7 foram as que apresentaram maior separabilidade espectral, quando se analisou as situações de cheia e vazante.

As demais classes apresentaram menor separabilidade, em especial as classes 4 e 6, devido às variações de resposta da vegetação, principalmente para o período de vazante.

#### 4. CONCLUSÕES

Foram obtidas as seguintes conclusões a partir da análise dos resultados encontrados:

- a) O registro de imagens multitemporais do LANDSAT permite a obtenção de composições coloridas que podem ser úteis na detecção de alterações ocorridas em alvos superficiais.
- b) As composições coloridas multitemporais são, em particular, importantes para a identificação e acompanhamento de processos de inundação, bem como, para a definição de setores que foram submetidos à maior ou menor participação da água de inundação na situação de cheia.
- c) A opção de classificação por Máxima Verossimilhança mostrou-se eficiente no procedimento de identificação de áreas submetidas à inundação.
- d) A resolução do MSS/LANDSAT dificultou a identificação e delimitação da lâmina d'água dos canais fluviais mais estreitos, cuja resposta espectral, provavelmente, é afetada pela vegetação que ocupa as margens.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- Eyton, J.R. "LANDSAT Multispectral color composites". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, February 1983, Vol. 49, pp. 231-235.
- Kruus, J.; Deutsch, P.L.; Hansen, P.L.; Ferguson, H.L. "Flood applications of satellite imagery". *Fifth Annual William T. Pecora Memorial Symposium on Remote Sensing*, Sioux Falls, SD, 1979. *Satellite Hydrology; Proceedings*. Minneapolis, MN, AWRA, 1981, p. 292-301.
- Novo, E.M.L.M. "Aplicaciones de los sensores remotos a problemas hidrológicos e inundaciones". São José dos Campos, INPE, out. 1983. (INPE-2896-PRE/415).

- Novo, E.M.L.M.; Niero, M.; Pinto, S.A.F. "Relatório Preliminar do Projeto CNPq-INPE/CEPA-AM (Área Piloto-Terra Preta do Limão)". São José dos Campos, INPE, out. 1981. (INPE-2245-RTR/004).
- Ribeiro, E.A.; Ii, F.A.M.; Moreira, J.C.; Dutra, L.V. "Manual de usuários dos sistemas de tratamento de imagens digitais". São José dos Campos, INPE, Departamento de Informática-DSC-LTID., out. 1982. (Versão 1., p. 36-37).
- Rose, P.W.; Rosendhal, P.C. "Classification of LANDSAT data for hydrologic application, Everglades National Park". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, April 1983, Vol. 49, pp. 505-511.





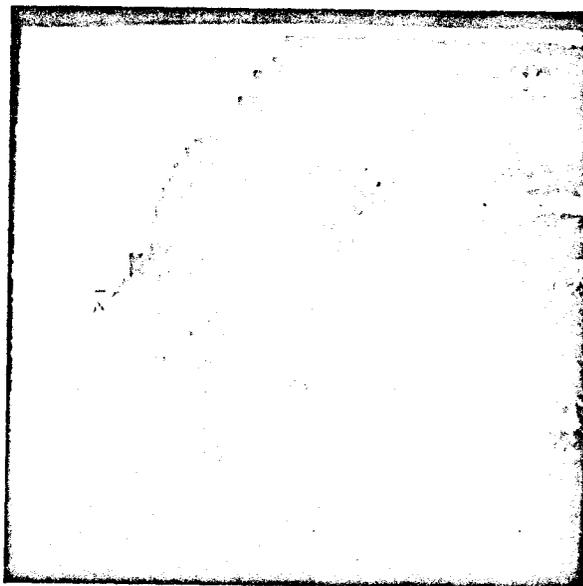
FIGURA 2 - IMAGEM MSS-7/LANDSAT REFERENTE AO PERÍODO DE CHEIA.



FIGURA 3 - IMAGEM MSS-7/LANDSAT REFERENTE AO PERÍODO DE VAZANTE.



FIGURA 4 - COMPOSIÇÃO COLORIDA MULTITEMPORAL OBTIDA NO VÍDEO DO SISTEMA I-100, REFERENTE ÀS SITUAÇÕES DE CHEIA (JULHO/1982) E VAZANTE (DEZEMBRO/1981).



C L A S S E S

		CHEIA	VAZANTE
1	verde-claro	lâmina d'água	solo exposto
2	vermelho	lâmina d'água	campos de várzea
3	amarelo	lâmina d'água rasa/vegetação	campos de várzea
4	"cyan"	áreas úmidas	campos de várzea
5	magenta	lâmina d'água/vegetação	campos de várzea/mata de várzea
6	branco	vegetação/ação antrópica	vegetação/ação antrópica
7	azul	lâmina d'água	lâmina d'água rasa/vegetação
8	preto	lâmina d'água	lâmina d'água

FIGURA 5 - CLASSIFICAÇÃO OBTIDA ATRAVÉS DO PROGRAMA MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA UTILIZANDO-SE IMAGENS MSS-7 REFERENTES ÀS SITUAÇÕES DE CHEIA E VAZANTE.

CLASSES			NÍVEIS DE CINZA NO MSS/7		
	CHEIA	VAZANTE	VAZANTE (1981)	CHEIA (1982)	DIFERENÇA ENTRE OS PERÍODOS
1	lâmina d'água	solo exposto	166,56	6,61	159,95
2	lâmina d'água	campo de várzea	112,46	7,68	104,78
3	lâmina d'água rasa/vegetação	campo de várzea	116,00	20,25	95,75
4	áreas úmidas	campo de várzea	124,50	34,75	89,75
5	lâmina d'água/vegetação	campo de várzea/mata de várzea	99,77	22,17	77,00
6	vegetação/ação antrópica	vegetação/ação antrópica	136,17	66,22	69,95
7	lâmina d'água	lâmina d'água rasa/vegetação	57,22	6,67	50,55
8	lâmina d'água	lâmina d'água	14,74	7,34	7,40

TABELA 1 - RESPOSTA ESPECTRAL DAS DIFERENTES CLASSES OBTIDAS ATRAVÉS DA CLASSIFICAÇÃO MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA.

CLASSE			ÁREA	
	CHEIA	VAZANTE	km²	PORCENTAGEM
1	lâmina d'água	solo exposto	6,690	2,191
2	lâmina d'água	campo de várzea	35,226	11,088
3	lâmina d'água rasa/vegetação	campo de várzea	55,753	17,549
4	áreas úmidas	campo de várzea	16,378	5,155
5	lâmina d'água/vegetação	campo de várzea/mata de várzea	16,134	5,078
6	vegetação/ação antrópica	vegetação/ação antrópica	65,832	20,722
7	lâmina d'água	lâmina d'água rasa/vegetação	9,508	2,993
8	lâmina d'água	lâmina d'água	111,908	35,225

TABELA 2 - ÁREA OCUPADA PELAS DIFERENTES CLASSES OBTIDAS ATRAVÉS DO PROGRAMA MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA.

CLASSE	1	2	3	4	5	6	7	8
1	95,8	4,2	-	-	-	-	-	-
2	5,0	95	-	-	-	-	-	-
3	-	-	100,0	-	-	-	-	-
4	-	-	-	87,5	-	12,5	-	-
5	-	-	8,3	-	91,7	-	-	-
6	-	2,8	-	5,6	-	91,7	-	-
7	-	-	-	-	-	-	100,0	-
8	-	-	-	-	-	-	1,0	99,0

TABELA 3 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO OBTIDA ATRAVÉS DO PROGRAMA MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA.