

METODOLOGIA DE SENSORIAMENTO REMOTO  
NO MONITORAMENTO DE MUDANÇAS DE UM  
TRECHO DO RIO SOLIMÕES (AM)

WAGNER SANTOS DE ALMEIDA  
Diretoria de Hidrografia e Navegação  
Rua Barão de Jaceguay, S/Nº  
24040 Ponta da Armação - Niterói, RJ  
BRASIL

RESUMO

Fenômenos geomorfológicos fluviais de grande intensidade, do tipo deposição de sedimentos e/ou erosões, tem contribuído para ocorrência de mudanças significativas na forma de um canal fluvial. A pesquisa realizou um monitoramento dessas mudanças em um trecho do rio Solimões (AM), empregando dados batimétricos inseridos num Sistema de Informações Geográficas e imagens de sensores remotos inseridos no Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM-150). Modelos digitais de batimetria foram obtidos e o sistema traçou as isobatimétricas e perfis transversais, fez a reclassificação (fatiamento) da batimetria, calculou o volume dos bancos de areia; foram calculadas as áreas das ilhas nas imagens e registradas as imagens com maiores modificações no canal. Isto, permitiu a detecção de diversas deposições de sedimentos e erosões ocorridas no leito fluvial no espaço de tempo estudado.

ABSTRACT

Fluvial geomorphologic phenomena of huge intensity, of the kind sediment deposits and/or erosion, have contributed to the occurrence of significant changes in channel shaping. The research made a monitoring of these changes in a Solimoes river section using bathymetric dates in the Geographical Information System (SIG) and remote sensing images in Image Processing System (SITIM-150). Bathymetric digital models were generated in the SIG, plotted Solimões transverse profiles, made a reclassification (slicing) of the bathymetry, calculated the sand banks volume; were calculated the islands area in the images and registered images with the biggest changes in the channel. The research enabled the detection of several sediments depositions and erosion occurred in the fluvial bed in the studied time.

1. INTRODUÇÃO

A importância da hidrografia fluvial, no espaço geográfico amazônico, é devida principalmente à navegabilidade de seus rios. Sua imensa bacia fluvial conta com uma extensão navegável estimada em 20 mil quilômetros, dos quais cerca de 10 mil quilômetros são franca

mente navegáveis (Soares, 1977). Os rios Amazonas e Solimões, drenando uma área de 6.300.000 km<sup>2</sup>, apresentam nas suas vazões cerca de 18% do volume de água descarregado nos oceanos pelo conjunto de todos os rios existentes no planeta.

A carga detrítica transportada pelos rios amazônicos, segundo Gibbs (1967), em épocas de cheia e de vazante fica em torno de 123 g/m<sup>3</sup> e 22 g/m<sup>3</sup>, respectivamente. Esta elevada concentração de sedimentos transportados pelos rios, associados a diversos outros fenômenos, tais como: elevados índices de precipitação, imensos volumes de água em suas vazões e parâmetros ligados à sua geomorfologia fluvial (deposição de sedimentos e erosão, força de cisalhamento de suas águas etc.), tem contribuído para que ocorram modificações significativas na forma dos canais fluviais.

Tais modificações, dependendo de sua magnitude, assumem importância fundamental para a navegação local, principal meio de transporte da região. Surge daí a necessidade de se dimensionar e monitorar a dinâmica dos canais fluviais, identificando e quantificando as alterações ocorridas nos mesmos.

### 1.1 OBJETIVO DA PESQUISA

O objetivo da pesquisa é propor uma metodologia de Sensoriamento Remoto que permita o monitoramento das alterações ocorridas na forma do canal fluvial.

### 1.2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhida é o trecho do rio Solimões, que vai da costa ocidental da ilha do Careiro até as proximidades da ilha do Barroso. Este trecho possui cerca de 70 km de comprimento ao longo do rio, e está localizado nas proximidades da cidade de Manaus, entre as coordenadas de 059°54' e 060°30' de longitude oeste e 03°05' e 03°22' de latitude de sul.

A escolha desta área foi baseada no monitoramento realizado por Niero et alli (1984), em que foram utilizadas imagens MSS/LANDSAT de 9/12/76 e de 01/12/81 (ambas com órbita - ponto 346-14), e foi detectado um crescimento de área na ilha dos Mouras (Manchataria).

Foi constatado por meio de inspeção visual das mesmas imagens utilizadas por Niero et alli (1984), na tela do sistema de Tratamento de Imagens I-100, prováveis modificações na forma do canal fluvial, no trecho compreendido entre Manaus e a ilha do Barroso, levando à inclusão desse trecho do rio Solimões na

área de estudo. A figura 1 esquematiza a área de estudo.

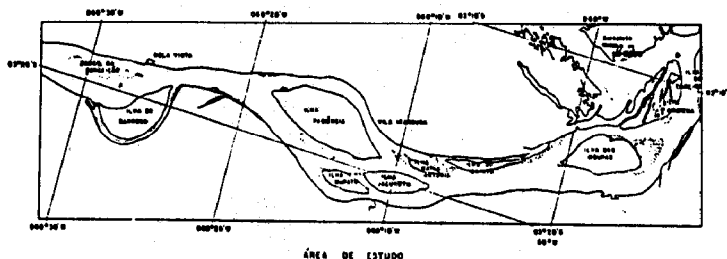


FIG. 1 - Área de estudo: rio Solimões, da costa oeste da ilha do Careiro até as proximidades da ilha do Barroso.

## 2. MATERIAL UTILIZADO NA PESQUISA

O seguinte material foi utilizado na pesquisa:

- Mapas batimétricos - Seis mapas batimétricos da área de estudo, escala 1:50000, projeção UTM, produzidos pela Diretoria de Hidrografia e Navegação.
- Imagens digitais MSS/TM LANDSAT - A tabela 1 fornece as imagens digitais MSS/TM LANDSAT utilizadas na pesquisa, que abrangem a área de estudo.

TABELA 1  
IMAGENS UTILIZADAS NA PESQUISA

D A T A	SENSOR
19/09/76	MSS
09/12/76	MSS
01/12/81	MSS
11/11/82	MSS
24/11/84	TM
14/09/87	TM
19/12/87	TM

- Dados de vazão - Foram utilizados os dados de vazão diária (em m<sup>3</sup>/s) da estação fluviométrica de Manacapuru (AM), estação esta que não sofre influência de tributários de grande porte, que poderiam "mascarar" os seus dados. Os dados foram obtidos pelo Instituto "ORSTOM" (França) e abrangem o período compreendido entre janeiro/1973 a dezembro/1987.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 - Geração dos modelos digitais de batimetria no SIG/INPE

As profundidades do canal fluvial, constantes dos mapas batimétricos da DHN, foram inseridos, via mesa-digitalizadora, no Sistema de Informações Geográficas (SIG) do INPE, sendo gerado para cada mapa um modelo digital correspondente, conforme a metodologia constante em Felgueiras (1987).

Nesses modelos, após a geração da grade regular, os limites foram selecionados de tal forma que, abrangessem a mesma área e tivessem a mesma resolução. Foram gerados seis modelos, três abrangendo a ilha dos Mouras e três a ilha do Barroso. A tabela 2 fornece maiores informações sobre estes modelos:

TABELA 2

#### DADOS DOS MODELOS DIGITAIS DE BATIMETRIA

MODELO	ILHA ABRANGIDA	ANO	RESOLUÇÃO
MO 76	MOURAS	1976	53 x 53 m
MO 84	MOURAS	1984	53 x 53 m
MO 88	MOURAS	1988	53 x 53 m
BA 76	BARROSO	1976	53 x 53 m
BA 82	BARROSO	1982	53 x 53 m
BA 85	BARROSO	1985	53 x 53 m

Utilizando subaplicativos existentes dentro do SIG/INPE, e definidos por Almeida (1989), foi possível a obtenção dos seguintes produtos a partir dos dados dos modelos digitais de batimetria, o que permitiu uma análise multitemporal da variação das profundidades locais:

##### 1) Diagrama de blocos:

No módulo de saída do SIG/INPE, utilizando o programa "vvisualização em 3D", foram plotados, pela mesa traçadora do sistema, os diagramas de blocos dos modelos. Os parâmetros necessários para execução dos diagramas, ou seja, fator de escala, tipo de projeção, fator de amostragem, ângulos verticais de observação (z) e azimutal (Az), foram os mesmos definidos em Almeida (1989).

##### 2) Geração de isobatimétricas:

Aplicou-se o programa "Geração de

Isolinhas" do módulo de manipulação do SIG/INPE, que utiliza diversos planos horizontais paralelos, com cota estabelecida pelo usuário, que seccionou os modelos batimétricos, gerando linhas de isovalores, no caso da pesquisa, isobatimétricas. Os valores das cotas de profundidade variavam de 0 metro a 45 metros, com espaçamento de 5 metros.

Essas isobatimétricas foram plotadas pela mesa traçadora do sistema.

##### 3) Geração de Perfis:

Para cada modelo digital de batimetria, em formato vertical (isolinhas), foram traçados perfis transversais ao canal fluvial, utilizando o programa "Geração de Perfis", do SIG/INPE, de montante para jusante. O produto final foi um gráfico que forneceu a variação do relevo do trecho do leito fluvial, as cotas máxima e mínima e o comprimento do perfil.

##### 4) Cálculo do volume dos modelos digitais de batimetria:

Utilizou-se o programa "Cálculo de Volume" do módulo de manipulação do SIG/INPE, foram calculados os volumes dos bancos de areia aflorados, resultado da diferença de volume, entre as cotas de 10 e 0 metros, respectivamente. Este cálculo foi executado a partir dos dados batimétricos dos modelos digitais e a metodologia empregada foi a mesma constante em Almeida (1989).

##### 5) Reclassificação de Batimetria:

Partindo-se da grade refinada dos modelos digitais de batimetria, foram estabelecidas classes de profundidade, cujos valores foram agrupados por técnicas de fatiamento de níveis de cinza e, associados à tabela de cores, gerando imagens em 2D temáticas. Em seguida foram calculadas as áreas em km<sup>2</sup>, de cada classe de profundidade.

#### 3.2 - UTILIZAÇÃO DOS PRODUTOS DE SENSO-RES REMOTOS E DOS DADOS DE VAZÃO

##### 1) Cálculo de Área das ilhas fluviais

Ao realizar-se estudos de canais fluviais utilizando dados de sensores remotos, é mister conhecer o nível de in-

fluência da lâmina d'água no monitoramento das formas emersas, e esta influência pode ser verificada pelo cálculo de áreas de ilhas fluviais, relacionando os valores obtidos com os dados de vazão (Almeida, 1989).

Utilizou-se a banda do infravermelho próximo (canal 7 do MSS e canal 4 do TM) das imagens, por ser essa banda do espectro a que melhor define a interface água-terra.

O cálculo de área das ilhas fluviais nas diversas imagens constantes da Tabela 1, envolveu a utilização de dois programas do Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM-150) do INPE, a saber: Detecção de bordas e Delimitação de Regiões/Traço.

Os valores de áreas das ilhas foram relacionados com os valores de vazão da época em que as imagens foram obtidas, pois uma maior vazão significaria uma menor área de ilha e vice-versa e, quando esta regra não acontece pode significar a ocorrência de deposição e/ou erosão de sedimentos.

## 2) Registro de Imagens

As duas imagens com maiores valores de área de ilhas foram registradas por módulos, na banda do infra-vermelho próximo.

No registro, a imagem que apresentou os mesmos valores de área foi a imagem de entrada, a outra com maiores valores foi a imagem de referência (Almeida, 1989 e Richards, 1986). O grau da transformação polinomial foi igual a um e os pontos de controle selecionados foram distribuídos por toda a extensão das imagens a serem registradas.

A imagem de saída, produto final do registro, tinha a geometria da imagem de referência (com maiores valores de área de ilhas) e a radiometria da imagem de entrada (com menores valores de área de ilhas). Foram associados cores complementares à imagem de saída e a de referência, usando o programa PAINEL do SITIM 150/INPE, que proporcionou uma visualização das transformações ocorridas no canal fluvial, no lapso de tempo entre as datas das duas imagens registradas.

## 4. RESULTADOS OBTIDOS

### 4.1 - RESULTADOS OBTIDOS COM OS MODELOS DIGITAIS DE BATIMETRIA

#### 1) Plotagem dos Diagramas de bloco

Foram obtidos vinte (20) diagramas de blocos, dez (10) por regiões geográficas (ilhas do Barroso e dos Mouras) que, em geral, forneceram poucas informações sobre as modificações ocorridas nos trechos estudados, porque as mesmas não ficaram claramente visualizadas. As Figuras 2 e 3 apresentam dois dos diagramas que foram considerados os mais representativos dessas mudanças.

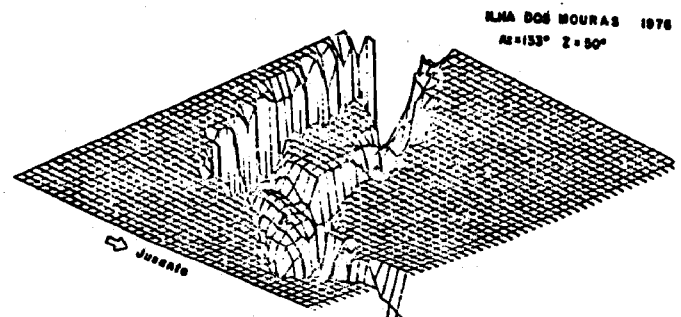


FIG. 2 - Diagrama de bloco - Ilha dos Mouras, 1976.

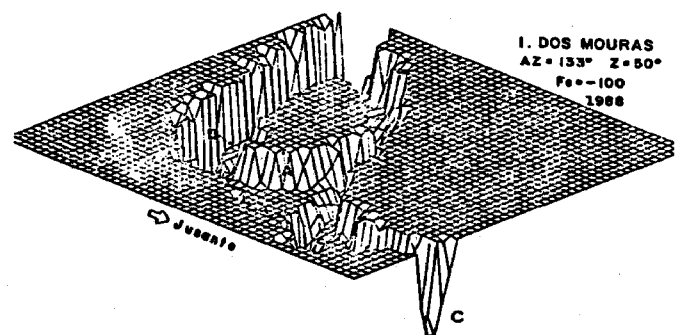


FIG. 3 - Diagrama de blocos - Ilha dos Mouras, 1988.

Por meio de análise dos diagramas de bloco das Figuras 2 e 3, período de 1976 a 1988, observaram-se as seguintes modificações aparentes, assinaladas por letras indicativas nas respectivas Figuras:

- aumento da altura do banco de areia a jusante da ilha dos Mouras, por meio de deposição de sedimentos, unindo parte de sua área aflorada à ilha em si (assinalando com a letra A em ambas as figuras);

- surgimento de um banco de areia adjacente à margem direita da ilha dos Mouras devido à ocorrência de deposições de sedimentos (assinalado com a letra B na figura 3);

- aprofundamento da extremidade a jusante do canal fluvial, devido à ocorrência de erosões (assinalado com a letra C na figura 3).

## 2) Geração de isobatimétricas

A principal contribuição fornecida pela geração das isobatimétricas foi visualizar a variação multitemporal ocorrida no perímetro da classe de zero metro, que é o perímetro dos bancos de areia no canal fluvial.

As figuras 4 e 5 mostram as isobatimétricas nas proximidades da ilha do Barroso, para os anos de 1976 e 1985.

## ISOBATIMÉTRICAS 1976 I. DO BARROSO

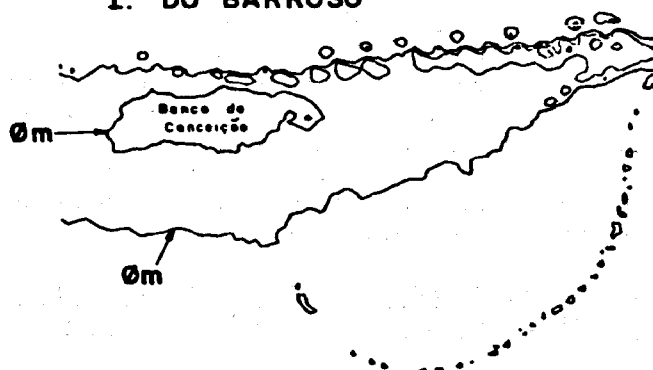


FIG. 4 - Isobatimétricas - Ilha do Barroso, 1976 Escala aproximada = 1:140.000

## ISOBATIMÉTRICAS 1985 I. DO BARROSO

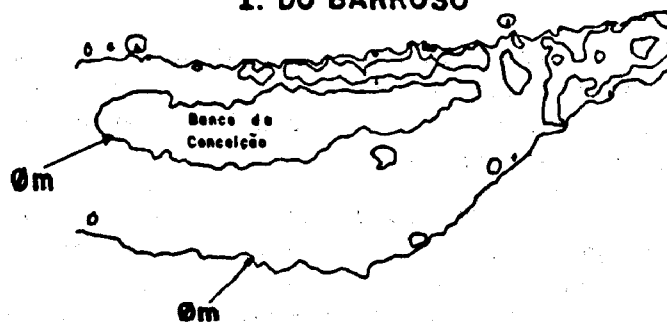


FIG. 5 - Isobatimétricas - Ilha do Barroso, 1976 Escala aproximada = 1:140.000

Pode-se observar, pela análise das Figuras 4 e 5, que o banco da Conceição praticamente dobrou o seu perímetro, devido à deposição de sedimentos ocorrida no meio do canal fluvial.

## 3) Geração de Perfis Transversais

Foram traçados doze perfis transversais no canal fluvial, seis nos modelos da ilha do Barroso e seis nos modelos da ilha dos Mouras.

Nos perfis da ilha do Barroso foram detectadas diversas modificações no canal fluvial, ocorridas de 1976 a 1985, entre as quais podem ser citadas:

- entalhamento junto à margem esquerda do canal fluvial por onde escoaram as águas e onde estava localizada a linha do talvégue. Esse entalhamento aconteceu em virtude do rio, para manter o equilíbrio do canal fluvial, necessitar encontrar um novo escoadouro para suas águas, já que ocorreram deposições de sedimentos no banco da Conceição;

- crescimento do banco da Conceição;

- erosão total do banco de areia adjacente à ilha do Barroso.

Os perfis transversais, dos modelos da ilha dos Mouras, permitiram a constatação dos seguintes fatos:

- aumento da largura do banco de areia a jusante da ilha;
- entalhamento em alguns locais da margem direita do canal fluvial;
- surgimento de um banco de areia próximo à margem direita da ilha.

#### 4) Cálculo do volume dos modelos digitais de batimetria

Esse aplicativo do SIG permitiu a quantificação de algumas modificações ocorridas no leito fluvial, em termos de bancos aflorados.

O volume calculado por modelo abrange, como um todo, o trecho do canal correspondente, sem, entretanto, localizar o local onde ocorreram as modificações. A tabela 3 fornece os volumes (em m<sup>3</sup>) dos bancos aflorados, por modelo.

TABELA 3

#### VOLUME (m<sup>3</sup>) DOS BANCOS DE AREIA AFLORADOS

MODELO	ANO	VOLUME DOS BANCOS DE AREIA AFLORADOS	LOCAL
BA76	1976	530	I. DO BARROSO
BA82	1982	560	I. DO BARROSO
BA85	1985	530	I. DO BARROSO
MO76	1976	860	I. DOS MOURAS
MO84	1984	940	I. DOS MOURAS
MO88	1988	980	I. DOS MOURAS

Os volumes da tabela 3, em relação aos bancos de areia aflorados, indicam que:

- Nas proximidades da ilha do Barroso, de 1976 a 1982 houve um acréscimo de 30m<sup>3</sup>, devido à taxa de deposição de sedimentos ter sido superior à taxa erosiva e, de 1982 a 1985, ocorreu uma diminuição de 30m<sup>3</sup>, devido ao inverso.

- Nas proximidades da ilha dos Mouras, de 1976 a 1988, houve um acréscimo de 120m<sup>3</sup>, devido à taxa de deposição de sedimentos ter sido superior a taxa erosiva; esta conclusão está em acordo com as obtidas com o diagrama de blocos e

perfis transversais, devido ao crescimento do banco a jusante da ilha dos Mouras e o surgimento de um banco entre a ilha e a margem direita do rio Solimões.

#### 5) Reclassificação da batimetria

Os modelos digitais tematizados por classes de profundidades, em formato de imagens em 2D. Este produto permitiu uma visualização multitemporal de todas essas classes e calculou a área que ocupavam, nos respectivos anos que foram executadas as sondagens batimétricas.

Para a ilha do Barroso, as imagens temáticas dos modelos e o cálculo de áreas das classes de profundidade, no período de 1976 a 1985, permitiram detectar:

- erosões localizadas no canal fluvial e o deslocamento do talvegue;
- erosão total de um banco de areia adjacente à ilha do Barroso;
- crescimento, por deposição de sedimentos, do banco da Conceição, no meio do canal, que em 1976 possuía uma área de 4,9km<sup>2</sup>; em 1982 de 6,1km<sup>2</sup> e em 1985 de 8,3km<sup>2</sup>; e
- entalhamento na extremidade a jusante do canal por processos erosivos, de 1976 a 1985.

Para a ilha dos Mouras, as imagens temáticas dos modelos e o cálculo de áreas das classes de profundidades, no período de 1976 a 1988, permitiram detectar:

- deslocamento do talvegue causado por processos erosivos no canal fluvial;
- erosão acentuada da margem direita do canal;
- crescimento do banco de areia a jusante da ilha dos Mouras;
- aumento do banco de areia na margem direita da ilha da Xiborena, causado por deposição de sedimentos; e
- surgimento de um banco de areia no canal fluvial entre a ilha e a margem direita do canal.

#### 4.2 - RESULTADOS OBTIDOS COM OS PRODUTOS DE Sensores Remotos e Dados de Vazão:

1) Cálculo de área das ilhas fluviais. Relação entre os dados de áreas de ilhas x vazão.

Almeida (1989) faz uma descrição detalhada do método empregado neste item.

Os valores de áreas por ilha estudada, abrangendo todas as ilhas constantes das cenas LANDSAT (figura 1), foram ordenados crescentemente, juntamente com os dados de vazão por ocasião das datas das imagens.

Pela análise dos valores encontrados, algumas observações podem ser feitas:

- os valores de área das ilhas estabelecem com os dados de vazão, excetuando os encontrados para a imagem TM/LANDSAT de 19/12/87, uma relação inversa, isto é, quanto maior é o valor de área da ilha, menor é o valor da vazão correspondente e, vice-versa. Este fato já era esperado, pois uma maior vazão corresponde a um volume maior de água com conseqüente aumento da altura da lâmina d'água, acarretando em menor superfície aflorada da ilha fluvial durante o imageamento. Tal constatação dispensou a execução de uma comparação estatística entre os valores de área de ilha e vazão;

- a ilha dos Mouras em 19/12/87, apresentou uma área maior do que em 01/12/81 (data correspondente a imagem com menor vazão). Para que isto ocorra é necessário que a ilha tenha sofrido deposições de sedimentos que tenham aumentado sua área aflorada. Tal fato foi analisado empregando o registro de imagens digitais;

- o banco da Conceição apresentou um volume de área em 14/9/87 superior ao encontrado em 09/12/76, apesar de a vazão naquela data ter sido inferior. Isto confirma o crescimento deste banco detectado pelos documentos batimétricos inseridos no SIG. Como observação adicional em relação a este banco, seus valores de área foram inferiores aos encontrados nas folhas de bordo, devido às imagens não terem sido obtidas em picos de vazante, o que permitiria o imageamento de parte do banco submerso.

#### 4.3 - RESULTADOS OBTIDOS COM O REGISTRO DE IMAGENS

As imagens escolhidas no item anterior, por módulos, foram submetidas ao programa Registro de Imagens do SITIM-150. A imagem MSS de 01/12/81 foi escolhida para ser a imagem padrão por ter apresentado os maiores valores de áreas de ilhas fluviais e ser a mais antiga entre as

duas. A imagem TM de 19/12/87 foi escolhida para ser a imagem de entrada, que teve os seus níveis de cinza interpolados por convolução cúbica, para a imagem de saída.

Após o registro dessas imagens, foi utilizado o programa Painel do SITIM-150, que atribui cores complementares para a imagem de saída. As cores escolhidas foram o ciano e o vermelho, respectivamente. Com isto, no monitor do sistema, foi carregada a imagem padrão nos canais correspondentes ao azul e ao verde, produzindo a cor ciano, e no canal correspondente ao vermelho foi carregada a imagem de saída.

Na imagem colorida produzida na tela do monitor da UVI do sistema, as áreas onde não ocorreram modificações (áreas comuns tanto nas imagens de 1981 e 1987) mantiveram seus tons de cinza, as áreas que somente existiam em 01/12/81 ficaram com a cor ciano, e as áreas que somente existiam em 19/12/87 ficaram com a cor vermelha;

O Módulo I abrange as ilhas de Marapatá, Xiborena e dos Mouras e, após o registro, obteve-se as seguintes conclusões:

- na ilha da Xiborena, em sua extremidade a jusante, a estreita faixa vermelha indicou uma deposição localizada de sedimentos; nas proximidades da margem direita da ilha, detectou-se o surgimento de um banco que estava aflorado na imagem de 1987, confirmando com os resultados obtidos empregando os dados batimétricos no SIG; a estreita faixa ciano, localizada a montante da ilha, indica uma variação de lâmina d'água, já que não foi observada nenhuma erosão neste local com os dados batimétricos;

- na ilha dos Mouras ficou realmente evidenciada a deposição de sedimentos ocorrida em ambas as extremidades da ilha, detectada pelos modelos digitais de batimetria do SIG, e o surgimento do banco de areia na sua margem direita;

- na margem direita do canal fluvial, a faixa ciano tanto pode ser causada por erosão quanto por variação da lâmina d'água, ou ambos simultaneamente, pois os dados batimétricos indicaram erosões localizadas nesta faixa da margem.

O Módulo II abrange as ilhas de

Paciência, Jacurutu, Muratu e Maria Antonia, e após o registro, obteve-se as seguintes conclusões:

- na ilha da Paciência, a montante, é observada uma migração sofrida pelo banco adjacente à sua margem direita, de 1981 para 1987;

- o banco de areia que existia em 1981, entre as ilhas da Paciência e Muratu, aparentemente sofreu um deslocamento aproximando-se da ilha de Muratu;

- a ilha de Jacurutu apresenta, na sua extremidade a jusante, uma faixa na cor ciano, que tanto pode ter sido causada por erosões como por variação da lâmina d'água, de 1981 para 1987;

- a ilha da Maria Antonia apresentava, a montante, um banco de areia aflorado em 1981 mas, em 1987, ele não foi detectado, provavelmente pelas mesmas razões citadas no item anterior. Entretanto em 1987, aparece um banco de areia na extremidade a jusante da ilha.

O Módulo III abrange a ilha do Barroso e o banco da Conceição e, após o registro, obteve-se as seguintes conclusões:

- na ilha do Barroso, a faixa ciano adjacente à margem esquerda, foi causada por variação da lâmina d'água, fato este confirmado pelos dados batimétricos no SIG;

- o paraná do Barroso, a montante de sua margem direita, apresentou deposições de sedimentos, em 1987;

- o banco da Conceição, apresentou uma faixa de ciano a montante indicando que a mesma estava submersa em 1987. A jusante, a faixa vermelha indicou um crescimento do banco detectado em 1987, confirmando com os dados batimétricos no SIG.

## 5. CONCLUSÃO E AGRADECIMENTOS

Com relação ao monitoramento das formas fluviais pode-se concluir que:

a) as modificações detectadas no trecho estudado do canal fluvial, no intervalo de 1976 a 1988, podem ser divididas em dois grupos: as que foram detectadas utilizando os dados batimétricos no SIG/INPE e as que foram detectadas pelo processamento de imagens digitais de sen-

sores remotos no SITIM-150/INPE. Dentre aquelas que foram detectadas no SIG/INPE estão: o crescimento do banco da Conceição; o entalhamento do canal junto à margem esquerda da ilha do Barroso; a erosão do banco de areia adjacente à ilha do Barroso; as diversas modificações de profundidades ocorridas tanto nos modelos digitais de batimetria da ilha do Barroso como nos da ilha dos Mouras; o crescimento do banco a jusante da ilha dos Mouras; o surgimento do banco de areia adjacente à margem direita das ilhas da Xiborena e dos Mouras e a erosão da margem direita do canal fluvial nas proximidades desta ilha. Dentre aquelas que foram detectadas no SITIM-150/INPE estão: deposição de sedimentos na margem direita do canal fluvial nas proximidades da ilha da Paciência; migração de bancos de areia adjacentes às ilhas da Paciência e Muratu; crescimento dos bancos de areia a jusante das ilhas dos Mouras e Maria Antonia; surgimento de bancos de areia à direita das margens das ilhas Xiborena e dos Mouras e o crescimento do banco da Conceição.

b) Ficou comprovado que o uso do Sensoriamento Remoto, no estudo de monitoramento de formas de canais fluviais deve estar apoiado por outros dados para obter a necessária confiabilidade. Entre esses dados estão:

- dados de vazão diária da área estudada ou de altura da lâmina d'água obtidos de régua fluviométricas;

- dados batimétricos precisos que realizem uma verdadeira "radiografia" do leito fluvial, isto é, esses dados não devem possuir áreas não sondadas; no caso da pesquisa, não foi possível analisar a área compreendida pelo paraná do Barroso;

- dados de sedimentos do canal fluvial, tais como: descarga dos mesmos, análise granulométrica, velocidade de queda etc e, medições de velocidade e de direção da corrente fluvial que não estavam disponíveis por ocasião da pesquisa, mas caso houvesse esta disponibilidade, poderiam ter apoiado conclusões sobre as forças hidrodinâmicas que atuam no canal fluvial.

O autor agradece a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) pelo fornecimento dos dados batimétricos do rio Solimões e ao Instituto de Pesquisas Espaciais



ais (INPE), pela utilização de seus Sistemas (SITIM-150 e SIG).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, W.S. Metodologia de Sensoriamento Remoto no monitoramento de modificações no canal fluvial e atualização de cartas náuticas. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, INPE, 1989. 197p. (INPE-4863-TDL/374).

BURROUGH, P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. New York, NY, Oxford University, 1986, 193p.

FELGEIRAS, C.A. Desenvolvimento de um Sistema de modelagem digital de terreno para microcomputadores. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, 1987. 243p. (INPE-4406-TDL/303).

NIERO, M.; PINTO S.A.F; MARTINI, P.R.; ANDRADE, G.B. Aplicação de dados multitemporais do LANDSAT no acompanhamento da variação da lâmina d'água na área do Programa Careiro/PDRR-AM. São José dos Campos, INPE, 1984. 56p. (INPE-3176-RTR/055).

RICHARDS, J.A. Remote Sensing digital Image analysis and introduction. Berlin, Spring-Verlay, 1986. 281p.

SCHOWENGERDT, R.A. Techniques for Image processing and classification in Remote Sensing. Orlando, FL, Academic Press, 1983. 249p.