

"AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS DADOS MSS/LANDSAT NA
ESTIMATIVA DE LARGURA DE CANAIS FLUVIAIS"

Evlyn Márcia L.M. Novo, Sérgio dos A.F. Pinto,
Madalena Niero e Roberto Rosa

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
12200 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

Ao avaliar a variação de lâmina d'água através de imagens MSS/LANDSAT encontra-se um problema que é a determinação do erro associado às medidas devido à dimensão do "pixel" (80m x 80m). Os "pixels" que compreendem as margens do canal fluvial podem ser classificados como água ou vegetação, em função do seu posicionamento. Desta maneira, ao medir a lâmina d'água para estimar a largura do canal fluvial, podem ocorrer as seguintes situações: a) o "pixel" é composto de 50% de água e 50% de vegetação e é identificado como água, b) o "pixel" é composto de 50% de água e 50% de vegetação e é classificado como vegetação, c) o "pixel" é composto de maior porcentagem de água e é classificado como água e vice-versa. Nestas circunstâncias existe a possibilidade de ter um erro de medida do canal fluvial de pelo menos 1 "pixel" para cada margem. Assim, este trabalho tem por *objetivo verificar o erro associado às medidas de lâmina d'água em imagens LANDSAT*. Utilizou-se uma imagem do período da vazante (27/08/1977), órbita 220 e ponto 27 (SRB), na escala de 1:250.000, a qual inclui uma seção do médio curso do rio Paraná. Admitindo que a lâmina d'água referente ao período da vazante pode ser considerada um estimador da largura do canal fluvial de um rio, fizeram-se medidas de largura de lâmina d'água em seções transversais na referida imagem. Para estas mesmas seções realizaram-se medidas em cartas topográficas na escala 1:50.000. Submeteram-se os dados obtidos à análise estatística (modelo de regressão linear simples) para determinar a melhor equação de ajuste entre os dados da imagem (X) e das cartas topográficas (Y). Os resultados preliminares parecem sugerir que, para canais estreitos, as imagens tendem a superestimar os valores obtidos, enquanto que para canais mais largos o modelo os subestima.

ABSTRACT

The problem in change evaluation of water surfaces using MSS/LANDSAT image is in the determination of measuring error during data acquisition. The error is

determined by the pixel size (80m x 80m). The "pixels" situated in the border line of the fluvial channels can be classified as water or vegetation. The following situation can occur in the determination of the water surface to estimate the fluvial channel width: a) the pixel is composed by 50% of water and 50% of vegetation and is classified as water; b) the pixel is composed by 50% of water and 50% of vegetation and is classified as vegetation; c) the pixel has more portion of water and is classified as water, and vice-versa. On this way it was possible to obtain an error equivalent to one pixel to each border of the fluvial channel. The objective of this study was to verify the error obtained in the water surface measuring using MSS/LANDSAT images. An image corresponding to the low water stage (August, 27, 1977) of path 220/row 27, and scale 1:250,000 was chosen. The study area corresponds to a section of the Paraná river, bordering the states of São Paulo and Mato Grosso, some cross sections in the analysed image were selected supposing that the water surface referring to the low water situation can be considered a good estimator of the fluvial channel width. The similar cross-sections were selected in the topographic charts (scale 1:50,000). A statistical analysis was carried out (regression analysis) to find the best regression line between the data obtained from the image (X) and topographic charts (Y). The preliminary results show that the image overestimates the narrow fluvial channels and underestimates the larger fluvial channels.

1. INTRODUÇÃO

Os dados MSS/LANDSAT têm apresentado um grande potencial de aplicação no manejo de recursos hídricos. Devido ao elevado contraste entre a baixa radiância da água e a elevada radiância de vegetação/solo na faixa de 0.8 a 1.1 μ m, o canal MSS7 permite a delimitação da interface terra/água com relativa facilidade. Com isto, inúmeros trabalhos têm sido conduzidos no sentido de utilizar as imagens LANDSAT na avaliação da superfície de corpos d'água. Shih (1982) relata, por exemplo, a utilização de dados de área de superfícies lacustres, determinados através de imagens LANDSAT para a avaliação do volume d'água. Segundo este autor, o erro das estimativas de área a partir de dados LANDSAT esteve em torno de 1.2%.

Além de informações sobre a área ocupada por superfícies líquidas, os dados MSS/LANDSAT também favorecem o estudo da qualidade da água, tendo em vista que a radiação eletromagnética nas bandas MSS4 e MSS5 apresenta maior capacidade de penetração nos corpos líquidos, o que permite diferenciá-las quanto ao teor de componentes sólidos em suspensão (Egan, 1974; Ritchie et alii, 1976; Sausen, 1981; Khorram, 1981; Gagliardini et alii, 1984). Além disto, para o manejo dos recursos hídricos, os dados LANDSAT apresentam-se particularmente úteis devido à possibilidade de cobertura repetitiva ao longo do tempo. Esta característica, segundo Liere (1973), é importante porque fornece uma visão das transformações graduais relacionadas às feições da superfície líquida, tais como a extensão das áreas inundadas, umidade de solo, qualidade da água, etc.

Com isso, são inúmeros os exemplos de aplicações de dados LANDSAT no estudo da dinâmica de rios, lagos, reservatórios artificiais, etc. (Espejo et alii, 1973; Halberg and Hoyer, 1973; Morrison and Cooley, 1973; Munday Jr., 1974; Steffenson and Smith, 1974; Allord and Scarpace, 1981; entre outros).

Dentre as aplicações mais promissoras dos dados MSS/LANDSAT na área de recursos hídricos está a delimitação de áreas sujeitas à inundação (Holberg and Hoyer, 1973; Green et alii, 1983). Entretanto, tais aplicações restringem-se a bacias hidrográficas de dimensões compatíveis à resolução do MSS/LANDSAT (80m x 80m).

Calabrese e Thome (1981) consideram que, para a resolução do MSS/LANDSAT, os estudos de mapeamento de superfícies hídricas ficam restritos a bacias hidrográficas com extensão superior a 1000km².

No Brasil, desde 1979, a área de Sensoriamento Remoto do INPE tem se dedicado ao desenvolvimento de metodologias de utilização de dados LANDSAT para monitoramento de recursos hídricos (Sausen, 1981; Novo e Santos, 1981; Novo et alii, 1981; Novo, 1983; Niero et alii, 1984).

Entretanto, devido à pressão de usuários do sistema no sentido de realizar trabalhos aplicados à solução de problemas imediatos, as metodologias desenvolvidas carecem de informações básicas que permitam uma avaliação do desempenho do sistema na determinação de áreas sujeitas à inundação, superfícies de corpos d'água e áreas afetadas pela umidade.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é verificar o erro associado às medidas de largura de lâmina d'água obtidas a partir de imagem MSS/LANDSAT. Devido à resolução espacial do sistema e à amostragem dos "pixels" na linha de varredura, a determinação do limite da interface terra/água apresenta alguns problemas, tais como:

- a) a presença de vegetação arbórea pode determinar elevada reflectância no infravermelho, o que impede que a lâmina d'água subjacente seja detectada;
- b) a ocorrência de macrófitas aquáticas próximas às margens de rios pode fazer com que a largura dos rios seja subestimada, uma vez que os "pixels" associados a elas serão classificados como vegetação;
- c) a presença de lagos de lâmina d'água residual no leito maior pode determinar uma redução nos níveis de radiância, o que faz com que áreas de terra firme sejam detectadas como água;
- d) a ocorrência de chuvas no dia anterior à passagem do satélite pode determinar uma redução na radiância da vegetação/solo adjacente à superfície líquida, o que provoca erros na delimitação do seu contorno;
- e) as variações nas condições de iluminação da cena, ao longo do ano, também podem introduzir erros na delimitação da largura do canal fluvial pela variação no padrão de sombreamento das margens.

Em face desses problemas, ao medir a lâmina d'água para estimar a largura dos canais fluviais podem ocorrer erros devidos às seguintes situações: o "pixel" é composto de 50% de água e 50% de vegetação e é identificado como água; o "pixel" é composto de 50% de vegetação e é classificado como vegetação; o "pixel" é composto de maior porcentagem de água e é classificado como água e vice-versa.

Neste trabalho procurar-se-á verificar como estas situações interferem nas medidas de seções transversais do canal fluvial tomadas sobre a imagem.

2. PROCEDIMENTOS

Para a realização deste trabalho foi selecionado um segmento do alto curso do rio Paraná, situado entre o rio do Peixe e o Paranapanema (Estado de São Paulo/Mato Grosso do Sul), de dimensões compatíveis com as restrições sugeridas pela World Meteorological Organization (WMO), discutidas em Calabrese e Thome (1981).

A área de estudo foi selecionada pelas seguintes razões:

- a) Esta área vêm sendo submetida a processos periódicos de inundação. Por exemplo, entre 1978 e 1983 ocorreram vazões sempre superiores a $15.000\text{m}^3/\text{s}$, e nos últimos três anos foram registradas vazões superiores a $20.000\text{m}^3/\text{s}$. Tais valores podem ser considerados elevados, se comparados com dados obtidos em anos de cheia normal, quando a vazão é da ordem de $6.000\text{m}^3/\text{s}$.
- b) A área está sujeita a alterações de uso do solo e a modificações no comportamento hidrológico do rio, em decorrência das construções de barragens;
- c) A área apresenta recobrimento cartográfico na escala de 1:50.000, o qual serviria como verdade terrestre para as medidas tomadas em imagens LANDSAT.

Embora se possa admitir a existência de erros na carta topográfica e a situação ideal tivesse sido a utilização de fotografias aéreas concomitantes à passagem do satélite, tais dados não eram disponíveis para a elaboração deste trabalho. Desta forma, partiu-se do princípio de que as cartas topográficas poderiam ser uma boa aproximação das condições do terreno.

Neste trabalho foi utilizada uma imagem MSS/LANDSAT (órbita 230/27), na escala 1:250.000, no canal 7, referente à passagem de 27 de agosto de 1977, correspondente ao período de vazão mínima, situação na qual o rio se encontra restrito ao leito menor. Outro fator levado em conta na seleção desta área foi a menor defasagem entre a data das fotografias aéreas utilizadas para a geração das cartas e a imagem de boa qualidade disponível para a pesquisa.

As cartas topográficas utilizadas no trabalho encontram-se listadas na Tabela 1.

TABELA 1

CARTAS TOPOGRÁFICAS UTILIZADAS NO TRABALHO

NOME DA CARTA	CÓDIGO
Presidente Epitácio	SF-22-V-D- IV - 4
Lagoa São Paulo	SF-22-V-D- IV - 2
Três Barras	SF-22-Y-A-III- 3
Guanã	SF-22-Y-A-III- 4
Caraguatã	SF-22-V-D- IV - 3
Ariranha	SF-22-Y-B- I - 1
Anaurilândia	SF-22-Y-A-III- 2

O trabalho foi desenvolvido conforme as seguintes etapas:

- . Delineamento do canal fluvial sobre "overlay" a partir da análise visual da imagem MSS na banda 7.
- . Demarcação de seções transversais, eqüidistantes entre si de 2,5km, ao longo do canal fluvial.
- . Transferência das referidas seções para cartas topográficas.
- . Obtenção de medidas de largura do canal fluvial nas diferentes seções demarcadas em imagem e cartas topográficas.
- . Construção de perfis topográficos transversais ao canal fluvial como subsídio à interpretação dos resultados.
- . Análise estatística dos dados.

Esta análise estatística compreende:

- A utilização de um modelo de regressão linear simples para determinar a reta de melhor ajuste entre as medidas obtidas em imagem e as cartas topográficas. A equação de regressão pelo método dos mínimos quadrados foi determinada para dois conjuntos de dados, um conjunto correspondente a 51 seções transversais compreendidas entre o rio do Peixe e o Paranapanema e o outro representando um subconjunto (38 amostras) destas seções, excluídos os casos de visível alteração morfológica do canal fluvial. As seções nas quais durante a comparação entre a carta topográfica e a imagem ficou evidenciada alguma modificação morfológica no canal, em decorrência da diferença de data de aquisição dos dados, foram suprimidas da análise de regressão pois introduziam no modelo um erro derivado da instabilidade das formas fluviais.

- A análise dos resíduos da regressão e classificação das seções transversais, em diferentes categorias, em função de sua magnitude face à dimensão do "pixel".

3. RESULTADOS

As seções transversais demarcadas sobre as imagens LANDSAT podem ser vista na Figura 1.

Os dados de largura do canal fluvial, obtidos a partir da imagem MSS/LANDSAT e das cartas topográficas, para as 51 seções analisadas apresentaram uma correlação de 0,79. Nesta análise os dados obtidos em imagem foram considerados como variável independente, enquanto os obtidos das cartas foram considerados como variável dependente.

Através da análise de regressão linear simples obteve-se o seguinte modelo:

$$\hat{y} = 217,01 + 0,84x,$$

onde:

\hat{y} = largura estimada do canal fluvial,

x = largura do canal fluvial medida em imagem MSS/LANDSAT no canal 7.

A representação gráfica do referido modelo e o posicionamento dos dados analisados são mostrados na Figura 2. Pela análise da Figura 2 observa-se que a equação de ajuste tende a superestimar os valores da largura do canal nas seções mais estreitas do rio, enquanto os resíduos acima de 1000m são negativos ou positivos aleatoriamente. O erro padrão da estimativa (S_{xy}) para o ajuste foi de 246,08, o que representa aproximadamente 3 "pixels". Isto significa que, ao estimar a largura do canal deste segmento do rio Paraná através de medidas extraídas das imagens MSS, o erro médio associado é da ordem de 3 "pixels". Se for considerado o erro inerente devido à resolução geométrica do sistema e o posicionamento do "pixel" na interface terra/água, verifica-se que este erro é muito grande quando se pretende fazer aplicações que exijam maior precisão. Se forem levados em conta os erros resultantes da dificuldade de posicionamento das seções transversais nos dois documentos utilizados para a coleta de dados, bem como as dificuldades de obtenção de medidas precisas na escala 1:250.000, verifica-se que ainda assim o comportamento da equação de melhor ajuste é afetado por outros tipos de erros. Para melhor avaliar o comportamento do erro em algumas seções transversais (perfis), determinaram-se os intervalos de confiança para um nível de 0,05. Estes valores são mostrados na Tabela 2.

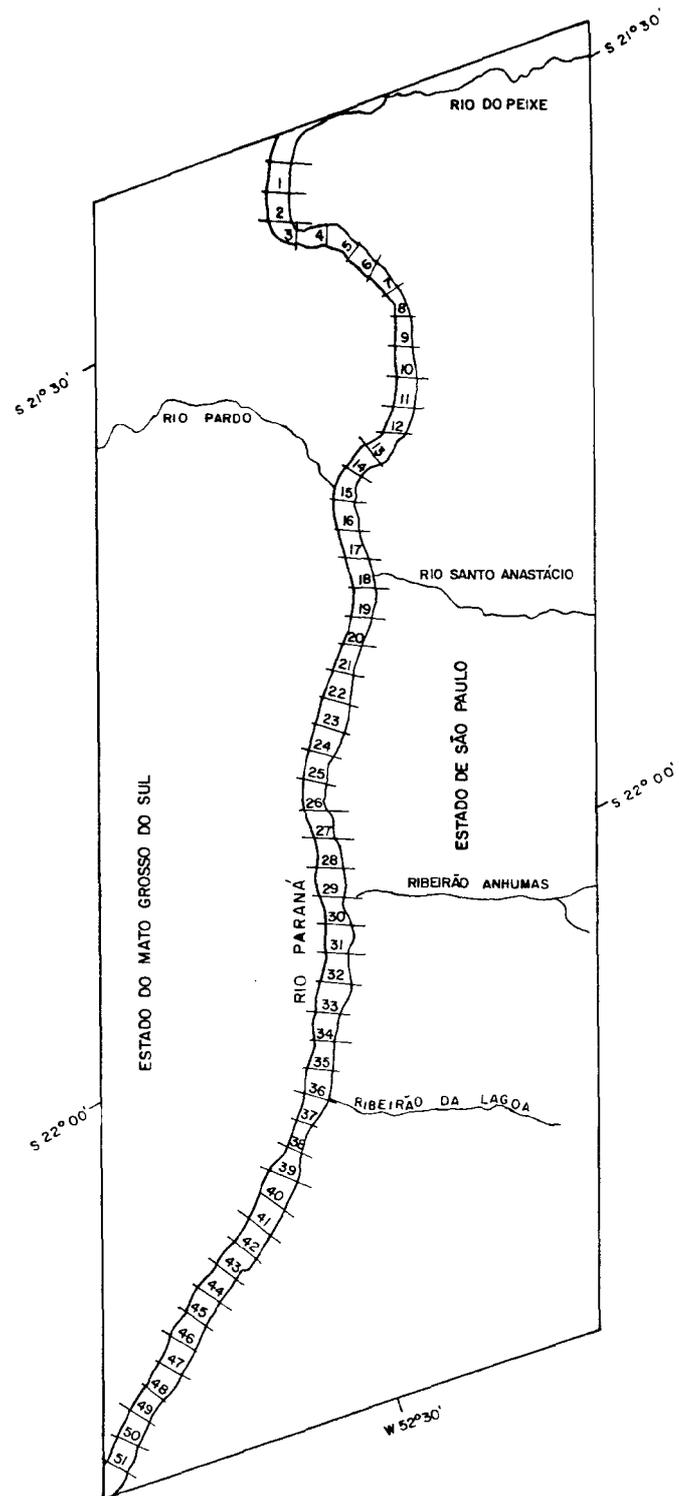


Fig. 1 - Seções transversais demarcadas sobre imagem MSS/LANDSAT.

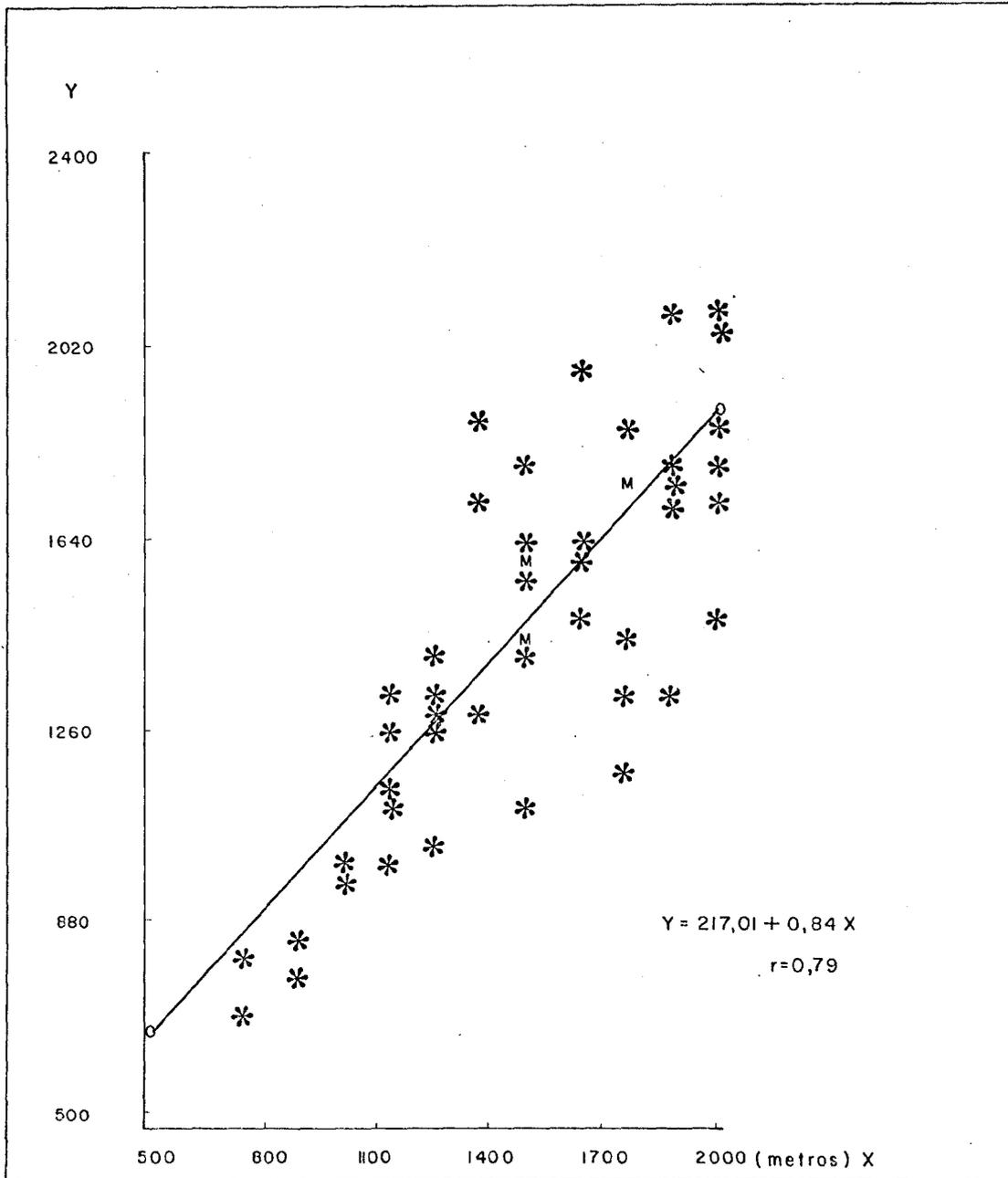


Fig. 2 - Regressão linear entre largura do canal fluvial medida em imagem MSS/LANDSAT (X) e largura do canal fluvial medida em carta topográfica (Y).

TABELA 2

EXEMPLIFICAÇÃO DE VALORES DE INTERVALO DE CONFIANÇA OBTIDOS

X (Largura da seção medida na imagem)	Intervalo	Diferença do intervalo	Número de "pixels" equivalente
500	$819 > \hat{y} > 457$	360	4,5
1375	$1947 > \hat{y} > 1305$	142	1,77
1500	$1551 > \hat{y} > 1411$	140	1,75
1875	$1898 > \hat{y} > 1696$	202	2,52
2000	$2020 > \hat{y} > 1785$	235	2,93

Pela análise da Tabela 2 observa-se que para seções mais estreitas o erro associado às estimativas é maior. Isto é compreensível tendo em vista que as seções mais estreitas oferecem maior dificuldade para o delineamento do canal e para a aquisição das medidas. Entretanto, esperava-se uma redução do intervalo de confiança para os segmentos mais largos do rio, uma vez que são de tamanhos mais compatíveis com a resolução do sistema MSS/LANDSAT. Por que isto não ocorreu?

A análise dos resíduos juntamente com os perfis topográficos permitiu responder em parte a essa pergunta.

Verificou-se que os maiores valores de resíduo estão associados a seções transversais com características morfológicas específicas. Por exemplo: nas seções do rio em que o canal não é encaixado, as medidas tomadas a partir das imagens tendem a superestimar a largura do canal, devido à maior facilidade com que pequenas alterações de vazão determinam variações na largura do canal. Estes erros derivam da hipótese de que a imagem do período de vazante corresponde a uma situação em que a lâmina d'água está contida no leito menor do rio. Isto, entretanto, nem sempre se aplica a trechos do canal de menor profundidade. Nestes trechos sempre haverá a tendência, quaisquer que sejam as larguras dos canais, de as medidas tomadas sobre imagem superestimar estas larguras.

As seções para as quais a imagem subestimou a largura do canal em geral estiveram associadas a seções do rio aparentemente mais encaixadas, onde a variação da extensão da lâmina d'água em função da vazão foi menor. Se na data de tomada da imagem o fluxo d'água não ocupasse completamente o leito menor a medida na imagem tenderia a ser menor que na carta, uma vez que na confecção desta o leito menor foi delimitado estereoscopicamente pelas margens. A Figura 3 exemplifica as circunstâncias definidas anteriormente.

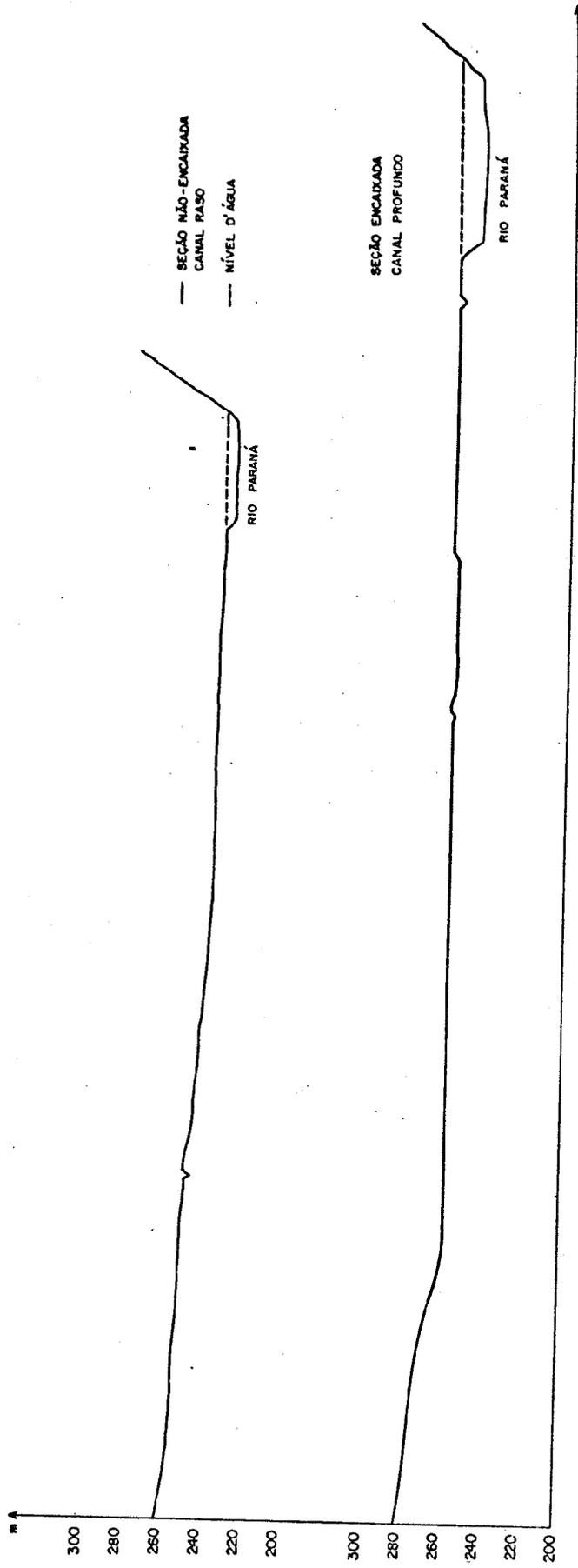


Fig. 3 - Exemplo de dois tipos de seções transversais analisadas.

Entretanto a geometria das seções transversais não foi suficiente para explicar os resíduos. Outros fatores contribuíram para que determinadas seções apresentassem valores absolutos de resíduos elevados. Através da análise do conjunto das seções, verificou-se que a confluência do trecho do rio analisado com rios de magnitude regional como, por exemplo, os rios Paranapanema e Pardo determinava um aumento dos resíduos, provavelmente associado a uma modificação na dinâmica do escoamento, o que tornava tais seções do canal mais instáveis ao longo do tempo. Esta instabilidade do canal fluvial faz com que as medidas tomadas em cartas topográficas não se tornem ao longo do tempo um bom documento de verdade terrestre. De fato as cartas topográficas utilizadas, embora tendo sido editadas em 1975, tiveram sua reprodução apoiada em fotografias aéreas obtidas em 1965.

A comparação mais detalhada das seções da carta com as obtidas na imagem demonstrou que, em algumas seções, havia diferenças significativas entre as duas fontes de dados como o aparecimento ou desaparecimento de ilhas nas diferentes seções, alargamento ou estreitamento do canal, etc.

Para melhor visualização da distribuição dos resíduos ao longo do canal estudado, estes foram classificados em três categorias relacionadas ao número de "pixels", a saber:

- classe A \leq 80 metros
- 80 metros < classe B \leq 160 metros
- classe C > 160 metros

Tais categorias podem ser vistas através da Figura 4.

Para facilitar a análise do efeito da instabilidade da forma do canal sobre a magnitude dos resíduos, o trecho do canal fluvial foi dividido em três setores (Figura 4). O primeiro setor (1) estende-se da confluência com o rio do Peixe até a confluência com o rio Pardo. O segundo (2) estende-se do rio Pardo até a confluência com o ribeirão da Lagoa, e o terceiro estende-se do sul do Ribeirão da Lagoa até as proximidades da confluência com o rio Paranapanema.

O primeiro setor corresponde a um trecho de elevada instabilidade em decorrência das confluências nele existente. Cabe salientar que neste trecho o rio Paraná apresenta mudanças bruscas de direção, acompanhadas de estreitamento, o que sugere controle estrutural em direções ortogonais. Neste setor a varzea do rio Paraná alarga-se interpenetrando-se com a dos seus afluentes.

No segundo setor, o canal mantém-se com largura mais ou menos constante e não apresenta confluência com os rios de grande porte.

O terceiro setor inicia-se com uma mudança do canal para leste e apresenta visíveis estreitamentos.

Para cada um dos segmentos demarcados, foi computada a frequência de seções das diferentes classes de resíduos ignorando o sinal. Os resultados encontram-se na Tabela 3.

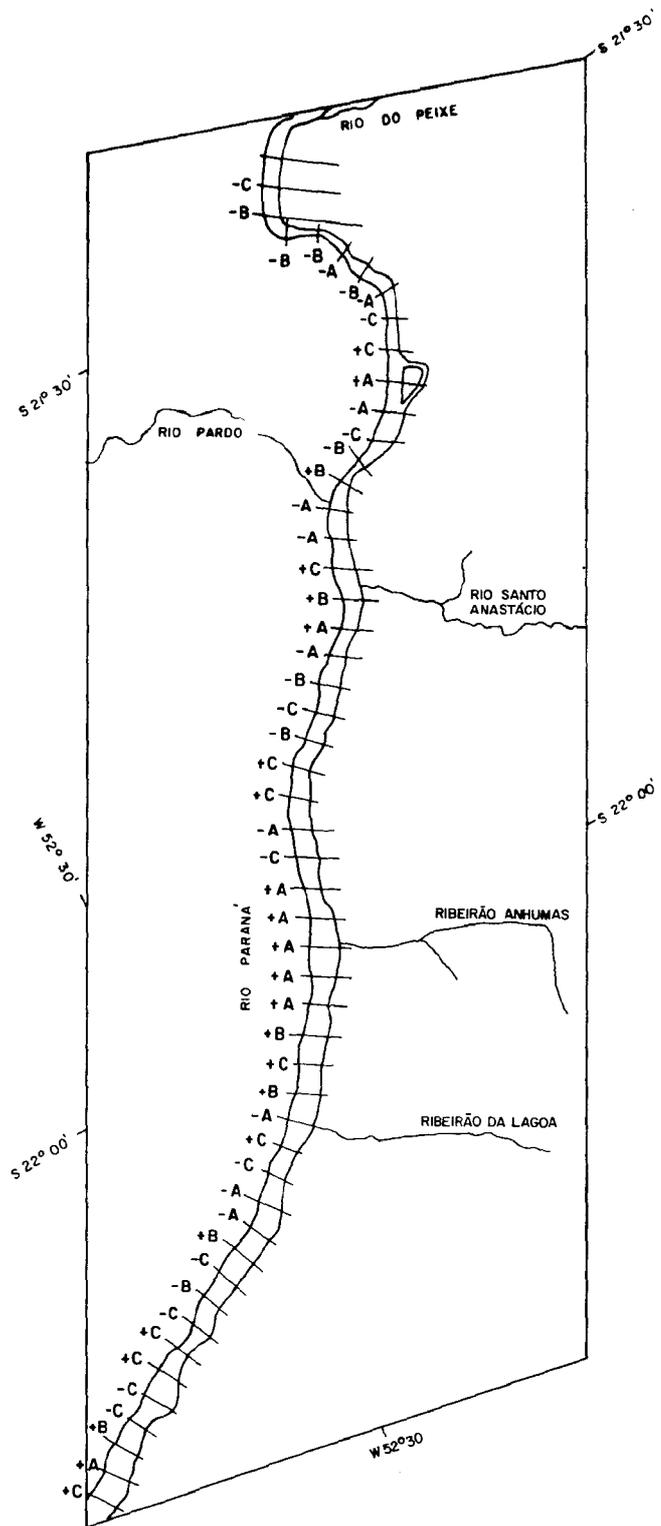


Fig. 4 - Setorização da área de estudo e apresentação das seções transversais associadas às respectivas classes de resíduo.

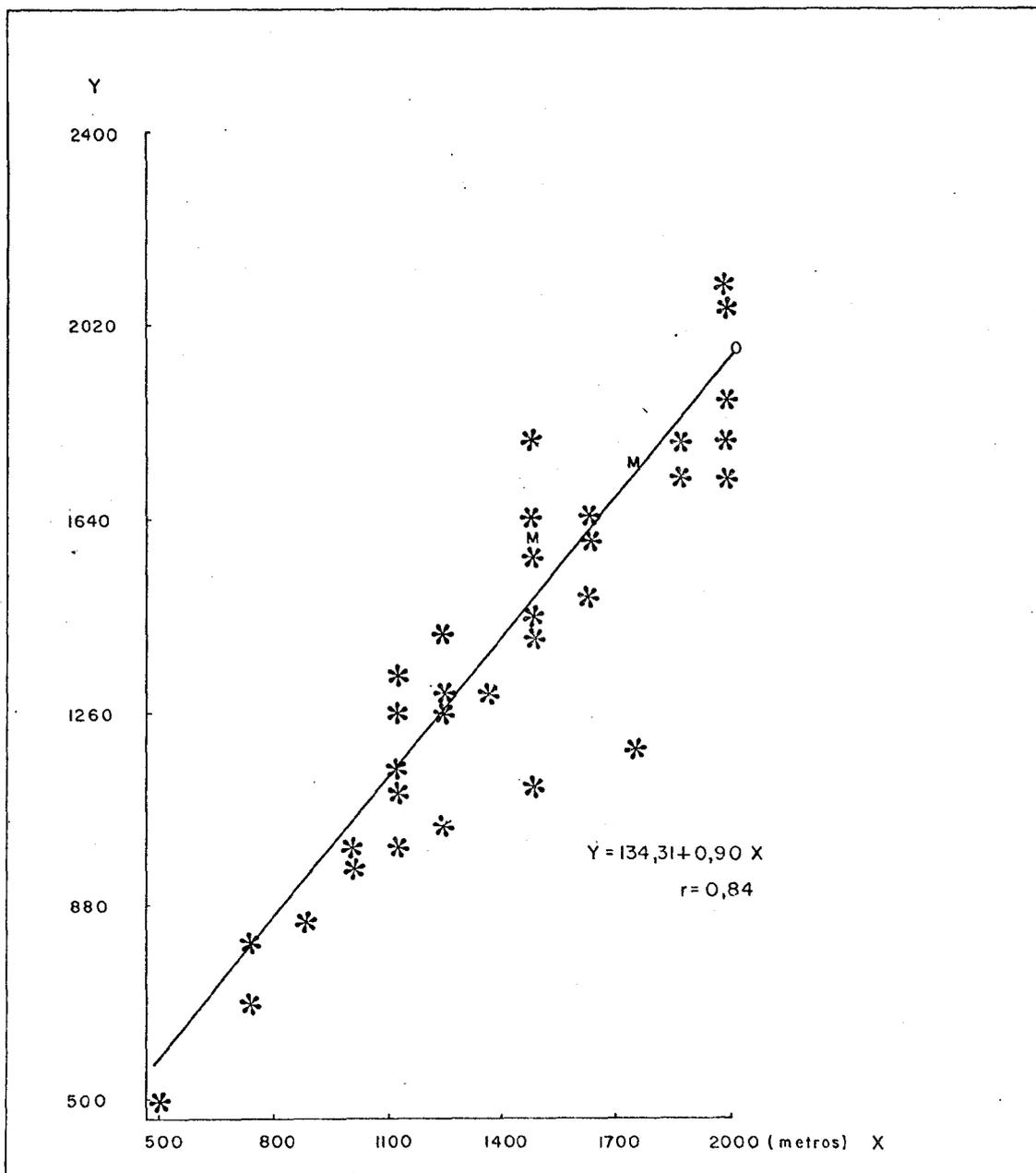


Fig. 5 - Regressão linear entre a largura do canal medida em imagens MSS e a largura do canal medida em cartas topográficas.

TABELA 3

FREQUÊNCIA DE SEÇÕES POR CLASSES DE RESÍDUO E SEGMENTO DO CANAL FLUVIAL

classe de resíduo	SEGMENTOS DO CANAL FLUVIAL		
	1	2	3
A	33%	48%	20%
B	40%	23%	20%
C	26%	28%	60%

Pela análise da Tabela 3 observa-se que há maior frequência de resíduos superiores a 2 "pixels" (classe C) no terceiro setor da área de estudo. Da mesma forma, o segundo setor é o que apresenta maior frequência de seções com resíduos inferiores a um "pixel", o que confirma a suposição de estabilidade deste segmento em termos da equivalência entre as taxas de erosão e sedimentação, não alterando assim a forma do canal (seção transversal) ao longo do tempo. O primeiro setor, entretanto, concentra sua maior frequência de seções na classe B. Isto pode ser explicado pelo fato de que neste setor do rio alternam-se seções mais encaixadas, teoricamente mais estáveis e setores instáveis associados à confluência de rios.

Para minimizar o efeito das disparidades entre os documentos, derivadas das mudanças sofridas pelo canal fluvial ao longo do tempo, foram eliminadas as seções que apresentavam comprovadas mudanças de forma do canal. Das 51 seções transversais inicialmente selecionadas foram eliminadas 13. Os dados restantes foram submetidos à nova análise de regressão, o que resultou num considerável aumento do valor da correlação entre os dados que passou de 0,79 para 0,84. Houve considerável redução no erro padrão de estimativa que baixou 246 para 220 portanto inferior a 3 "pixels". Esta redução do erro padrão de estimativa sugere que muitos erros associados à estimativa são derivados das limitações do documento utilizado como verdade terrestre e das dificuldades inerentes a tomada de medidas em documentos com escalas e graus de precisão variáveis. O resultado da regressão é mostrado na Figura 5.

Pela análise da figura verifica-se que os dados estão mais concentrados em torno da reta de melhor ajuste.

O confronto dos resíduos com a distribuição das seções transversais demonstra mais uma vez que os maiores erros concentram-se no primeiro e terceiro setores do canal fluvial.

Os resultados preliminares deste trabalho permitem verificar que:

- a) A estimativa de largura do canal fluvial através de imagem LANDSAT, obtida no período de vazante, pode ser feita desde que se leve em consideração as características morfológicas do canal fluvial.
- b) O erro médio associado a estimativa de largura do canal é menor para canais mais largos.
- c) Os resultados obtidos foram prejudicados pela falta de dados de verdade terrestre atualizados. Entretanto, tais trabalhos de avaliação da precisão da estimativa da largura do canal fluvial (lâmina d'água) devem prosseguir, uma vez que para aplicações práticas torna-se essencial que o usuário tenha informações sobre a precisão das medidas fornecidas pelo sistema.
- d) O desenvolvimento de modelos de previsão de áreas sujeitas à inundação deve levar em conta as características da seção transversal do canal.

4. CONCLUSÃO

Os resultados do trabalho permitiram concluir que as cartas topográficas na escala 1:50.000 não puderam ser utilizadas como verdade terrestre para aferir a precisão de medidas de largura do canal fluvial, obtidas a partir de imagens MSS/LANDSAT, principalmente devido à defasagem entre a data da aquisição da imagem e a dos dados básicos para a confecção da carta. Em face destas dificuldades não foi possível determinar o erro associado às medidas de largura dos canais fluviais através de dados MSS/LANDSAT.

Entretanto, ficou evidenciado neste trabalho que deve ser feito um esforço de avaliação do erro de estimativa das variações na largura da lâmina d'água em imagens MSS/LANDSAT, como subsídio à realização de trabalhos de aplicação destes dados na avaliação de áreas sujeitas à inundação. Para isto sugere-se que sejam realizadas medidas de largura do canal em fotografias aéreas obtidas em voo simultâneo ou próximo à data da passagem do satélite.

O trabalho também evidenciou que o rio Paraná tem sofrido ao longo do período, compreendido entre 1969 e 1977, grandes modificações na sua morfologia fluvial, o que pode ser associado a alterações antropicas sofridas pela bacia, tais como alterações no uso da terra, construção de barragens para aproveitamento hidroeletrico, etc. Com isto, torna-se evidente a necessidade de avaliar a precisão com que dados orbitais permitem a detecção de tais mudanças, pois estes, atraves de seu caráter repetitivo, tornam a técnica mais viável para acompanhar e compreender a dinâmica fluvial.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLORD, G.F.; SCARPACE, F.L. Improving Stream-flow estimates through the use of LANDSAT. In: DEUSTCH, M.; WISNET, D.R.; RANGO, A. ed. *Satellite Hydrology*, Mineapolis, American Water Resources Association, 1981. p. 284-291.
- CALABRESE, M.A.; TOME, P.G.: NASA Water Resources/Hydrology Remote Sensing Program in the 1980's. In: DEUSTCH, M.; WISNET, D.R.; RANGO, A. ed. *Satellite Hydrology*, Mineapolis, American Water Resources Association, Mineapolis, 1981 p. 9-15.
- EGAN, W.G. Boundaries of ERTS and aircraft data within useful water quality information can be obtained. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING ENVIRONMENT, 9, Ann Arbor, MI, *Proceedings*. Ann Arbor, MJ, ERIM, 1974, p. 1319-1344.
- ESPEJO, R; TORRENT, J; ROQUERO, C. Detection of major river bed changes in the River Ebro (North-Eastern Spain). In: SYMPOSIUM ON SIGNIFICANT RESULT OBTAINED FROM THE EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1, V.I., New Carrollton, MD, 1973. *Proceedings*. Washington, DC, NASA, 1973, p. 707-712.
- GAGLIARDINI, D.A.; KARSZENBAUM, H.; LEHECKIS, R.; KLEMAS, V. Application of LANDSAT MSS, NOAA/TIROS AVHRR, and Nimbus CZCS to study the La Plata river and its interaction with the ocean. *Remote Sensing of Environment*. 15 21-36, 1984.
- GREEN, A.A.; WHITEHOUSE, G.; OUTHET, D. Cases of flood Stream lines observed on LANDSAT images and their use as indicators of flood ways. *International Journal of Remote Sensing*. 4(1): 5-16, 1983.
- HALBERG, G.R.; HOYER, B.E. Application of ERTS-1 imagery to flood inundation mapping. In: SYMPOSIUM ON SIGNIFICANT RESULTS OBTAINED FROM THE EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1, VI, New Carrollton, MD, 1973. *Proceedings*. Washington, DC, NASA, 1973, p. 745-754.
- KHORRAM, S. Water quality mapping from LANDSAT digital data. *International Journal of Remote Sensing*. 2(2):145-153, 1981.
- LIERE, W.F. VAN. Application of multispectral imagery to water resources development planning in the Lower Mekong basin (Khamer Republic, Laor). In: Symposium on Significant Results obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1, VI, New Carrollton, MD, 1973. *Proceedings*. Washington, DC, NASA, 1973, p. 713-742.
- MORRISON, R.B.; COOLEY, M.E. Assessment of flood damage in Arizona by means of ERTS-1 imagery. In: Symposium on Significant Results obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1, V.I, New Carrollton, MD, 1973. *Proceedings*. Washington, DC, NASA, 1973, p. 755-768.
- MUNDAY Jr., J.C. Lake Ontario water mass delineation from ERTS-1. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 9., Ann Arbor, MI, 1974. *Proceeding*. Ann Arbor, MI, ERIM, 1974, p. 1355-1368.

- 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 Programa do Careiro/PDRI-AM*. São José dos Campos, INPE, jul. 1984 (INPE-3176-RTR/055).
- NOVO, E.M.L.M.; SANTOS, A.P. *Monitoramento de enchentes através de sensoriamento remoto orbital: Exemplo do Vale do Rio Doce*. São José dos Campos, INPE, jun., 1981. (INPE-2109-RPE/335).
- 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).
- NOVO, E.M.L.M. *Aplicaciones de los sensores remotos a problemas hidrológicos e inundaciones*. São José dos Campos, INPE, 1983. (INPE-2896-PRE/415).
- RITCHIE, J.C.; SCHIEBE, F.R.; McHENRY, J.G. Remote Sensing of suspended sediments in surface Waters. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 42(12):1539-1545, 1976.
- SAUSEN, T.M. *Estudo da dinâmica do Alto Rio São Francisco e Reservatório de Três Marias, através de imagens MSS/LANDSAT*. São José dos Campos, INPE, 1981. (INPE-2249-TDL/066).
- SHIH, S.F. *District wide water resources investigation and management using LANDSAT data. Phase 1: Lake volume*. Washington, DC, NASA, 1982. (NASA-CR166828).
- STEFFENSEN, R.; SMITH, A.M. An analysis of the spatial and temporal distribution of superficial waters in the Minnedosa wetland, District of Manitoa, Canada. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 12, An Arbor, MI, 1977. *Proceedings*, MI, ERIM, 1977, p. 1015-1024.