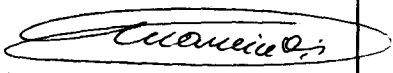
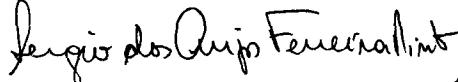



1. Publicação nº <i>INPE-3445-PRE/699</i>	2. Versão	3. Data <i>Março, 1985</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DSR</i>	Programa <i>RECSAT</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>SENSORIAMENTO REMOTO LANDSAT INUNDAÇÃO</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:556.166</i>			
8. Título <i>UTILIZAÇÃO DE DADOS MULTITEMPORAIS DO LANDSAT PARA A IDENTIFICAÇÃO DE SETORES DA PLANÍCIE FLUVIAL SUJEITOS À INUNDAÇÃO</i>		10. Páginas: <i>25</i>	
		11. Última página: <i>24</i>	
9. Autoria <i>Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo Madalena Niero Roberto Rosa</i>		12. Revisada por  <i>Maurício Alves Moreira</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada Diretor Geral</i>	
14. Resumo/Notas <i>A ocorrência de eventos de inundação de grande magnitude nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil tem acarretado nos últimos anos severas perdas humanas e materiais. Em geral tais eventos, embora previsíveis com auxílio de dados hidrometeorológicos, são inevitáveis e de alto poder de destruição, a menos que se adote uma política de ocupação racional das regiões ribeirinhas. No quadro das medidas de prevenção de desastres rurais, torna-se fundamental o conhecimento da abrangência das áreas afetadas pela inundação como elemento de suporte para as medidas de defesa civil. É neste contexto que as imagens multitemporais do LANDSAT podem constituir-se em importante fonte de dados. Desta maneira, o objetivo deste trabalho é identificar a extensão da área inundada e a sua relação com parâmetros físicos da área afetada tais como: geometria do canal fluvial, padrão e forma do canal, distribuição da pluviosidade, etc. Para isto selecionou-se uma seção do alto curso do rio Paraná, em três épocas diferentes (duas situações de cheia e uma de vazante). Através de técnicas de análise visual, mapeou-se a largura da lâmina d'água com o auxílio do canal MSS 7. Dividiu-se o trecho mapeado em 89 seções transversais para as quais se obteve a variação da largura da lâmina entre as diferentes datas. Através do tratamento estatístico dos dados pôde-se classificar o canal fluvial em setores de diferentes riscos de inundação, conforme o tipo de cheia analisado (normal e excepcional). Analisaram-se estes setores de modo a identificar os fatores que controlam a maior incidência de inundação.</i>			
15. Observações <i>Trabalho apresentado no Simpósio de Geografia Física Aplicada - 03 a 07 de dezembro de 1984, UNESP, Rio Claro - SP.</i>			

UTILIZAÇÃO DE DADOS MULTITEMPORAIS DO LANDSAT PARA A IDENTIFICAÇÃO  
DE SETORES DA PLANÍCIE FLUVIAL SUJEITOS À INUNDAÇÃO

Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto

Evlyn M. Leão de Moraes Novo

Madalena Niero

Roberto Rosa

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

C. P. 515 - 12200 São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

A ocorrência de eventos de inundação de grande magnitude nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil tem acarretado nos últimos anos severas perdas humanas e materiais. Em geral tais eventos, embora previsíveis com auxílio de dados hidrometeorológicos, são inevitáveis e de alto poder de destruição, a menos que se adote uma política de ocupação racional das regiões ribeirinhas. No quadro das medidas de prevenção de desastres rurais, torna-se fundamental o conhecimento da abrangência das áreas afetadas pela inundação como elemento de suporte para as medidas de defesa civil. É neste contexto que as imagens multitemporais do LANDSAT podem constituir-se em importante fonte de dados. Desta maneira, o objetivo deste trabalho é identificar a extensão da área inundada e a sua relação com parâmetros físicos da área afetada tais como: geometria do canal fluvial, padrão e forma do canal, distribuição e magnitude de tributários, uso do solo, distribuição da pluviosidade, etc. Para isto selecionou-se uma seção do alto curso do rio Paranã, em três épocas diferentes (duas situações de cheia e uma de vazante). Através de técnicas de análise visual, mapeou-se a largura da lâmina d'água com o

auxílio do canal MSS 7. Dividiu-se o trecho mapeado em 89 seções transversais para as quais se obteve a variação da largura da lâmina entre as diferentes datas. Através do tratamento estatístico dos dados pôde-se classificar o canal fluvial em setores de diferentes riscos de inundação, conforme o tipo de cheia analisado (normal e excepcional). Analisaram-se estes setores de modo a identificar os fatores que controlam a maior incidência de inundação.

## 1. INTRODUÇÃO

As imagens MSS do satélite LANDSAT têm se constituído em importante fonte de dados para análise e manejo dos recursos hídricos e de bacias hidrográficas, devido principalmente às características espectral e temporal daqueles produtos orbitais.

Diversos trabalhos têm sido realizados com ênfase na análise dos processos de inundação, dentre os quais podem-se destacar Halberget alii (1973), Brooner e Binaghi (1983), Kruus et alii (1981), Green et alii (1983), Currey (1977), Novo e Santos (1981), Novo et alii (1981), Novo (1983) e Niero et alii (1984).

As imagens MSS na banda 7 podem fornecer informações úteis no que se refere ao dimensionamento da extensão da lâmina d'água, uma vez que permitem uma melhor delimitação da interface terra/água. Entretanto, é conveniente ressaltar que a resolução espacial do sistema MSS/LANDSAT (80m x 80m) limita parcialmente tais aplicações para corpos d'água de pequenas dimensões, conforme já discutido por Calabrese e Thome (1981).

As imagens MSS/LANDSAT, em especial as bandas 5 e 7, também são úteis para o levantamento de características físicas das bacias hidrográficas.

ficas em termos de morfologia fluvial e de cobertura vegetal/ocupação do solo, que podem interferir e auxiliar na sua análise.

Por sua vez, também, a característica temporal dos dados LANDSAT, devido à sua repetitividade de cobertura, permite acompanhar eventos que apresentam comportamento dinâmico, como é o caso dos processos de inundação.

A ocorrência de eventos de inundação de grande magnitude nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil tem acarretado nos últimos anos severas perdas humanas e materiais. Em geral tais eventos, embora previsíveis com auxílio de dados hidrometeorológicos, são inevitáveis e de alto poder de destruição, devido à ocupação muitas vezes inadequada das áreas ribeirinhas.

No âmbito das medidas de prevenção de desastres rurais, é de grande importância o conhecimento da abrangência das áreas submetidas aos processos de inundação como subsídio à adoção de medidas eficientes em termos de defesa civil.

Com base nestes aspectos, o objetivo deste trabalho é identificar a extensão da área inundada e a sua relação com aspectos físicos da área afetada tais como: geometria do canal fluvial (padrão e forma do canal), distribuição e magnitude de tributários, cobertura vegetal/ocupação do solo, utilizando imagens MSS/LANDSAT.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

Como área de estudo foi selecionada uma seção do alto curso do rio Paranã, compreendida entre a foz do rio Aguapeí e a do Paranapanema (divisa entre os Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul), tendo como aflu

entes principais os rios Aguapeí, Peixe e Pardo. A Figura 1 mostra a localização da área escolhida.

A área foi selecionada devido aos seguintes aspectos:

- largura do canal fluvial e presença de planície de inundação bastante extensa, compatíveis com a resolução espacial do sistema MSS/LANDSAT;
- diversificação em termos de feições da morfologia do canal fluvial;
- área que vem sendo submetida a episódios de inundação catastróficos, principalmente a partir de 1977, com vazões variando de 15.000m<sup>3</sup>/s a 20.000m<sup>3</sup>/s nas cheias excepcionais e da ordem de 6.000m<sup>3</sup>/s nas cheias consideradas normais, conforme dados fornecidos pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE);
- área submetida a intenso processo de ocupação do solo, especialmente em território paulista;
- modificações diretas ocorridas no curso do rio Paranã e seus afluentes devido à construção de barragens para aproveitamento hidroelétrico.

### 3. PROCEDIMENTOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas imagens MSS/LANDSAT (órbita 220, ponto 27) na escala aproximada de 1:250.000.

Na análise do comportamento da água na planície de inundação, utilizaram-se imagens na faixa do infravermelho próximo (MSS7) que proporcionam melhor contraste entre água e áreas adjacentes. Para representar a situação de máximo extravasamento da água na planície foi selecionada a imagem referente à passagem de 10/02/1977 que corresponde a um episódio de

cheia de magnitude equivalente a um intervalo de recorrência de dois episódios por século. Para representar a situação de cheia normal, foi selecionada a passagem de 09/02/1979 correspondente a uma vazão dentro da média de vazões para o mês de fevereiro. A situação de vazante foi representada pela passagem de 27/08/1977. Os dados de vazão correspondentes a estas datas (média mensal) encontram-se na Tabela 1, conforme dados do DNAEE coletados na estação Juzante de Jupia.

TABELA 1  
PASSAGENS DO LANDSAT E DADOS DE VAZÃO MÉDIA MENSAL

PASSAGENS DO LANDSAT	VAZÃO (m <sup>3</sup> /s) (média mensal)
10/02/1977	13.439
09/02/1979	12.737
27/08/1977	4.142

A banda MSS-5, correspondente ao pico de absorção pela clorofila, foi utilizada para identificar áreas de baixa densidade de cobertura vegetal do solo em diferentes épocas (Sausen, 1981; Pinto, 1983). Foram selecionadas as passagens referentes a 18/07/1976, 13/04/1979 e 22/11/1981, para avaliar a evolução das mudanças em termos de ocupação do solo (áreas de solo exposto). Embora tivesse sido ideal a utilização de imagens referentes ao mesmo período do calendário agrícola, estas não estavam disponíveis devido a problemas de cobertura de nuvens.

A identificação de elementos de análise, tais como delineamento de canais fluviais, variação da extensão de lâmina d'água e variação da cobertura vegetal, foi feita através de procedimentos de interpretação visual nas imagens LANDSAT.

O dimensionamento da variação da lâmina d'água do canal fluvial, para as diferentes épocas analisadas, foi feito a partir das imagens na banda 7 em 89 seções transversais, equidistantes de 2,5km ao longo do canal fluvial do setor selecionado do rio Paran.

Sobre as imagens na banda 5 foram obtidos dados de porcentagem de solo exposto em seis áreas amostrais, selecionadas aleatoriamente nas vizinhanças do canal fluvial, para cada passagem analisada; cada amostra abrange uma área de 12,5km x 12,5km no terreno.

De modo a auxiliar na interpretação da dinâmica do processo de inundação, foram construídos perfis topográficos coincidentes com as seções transversais, a partir das cartas topográficas do IBGE na escala de 1:50.000.

A partir das informações quantitativas e qualitativas coletadas, realizou-se análise integrada dos dados visando a explicação das diferenças de comportamento existentes no setor do canal fluvial selecionado.

Nesta análise identificaram-se segmentos do canal fluvial através da relação entre a diferença de largura da lâmina d'água para as situações de cheia e vazante e a dimensão do "pixel".

#### 4. RESULTADOS

A partir da superposição dos "overlays" obtidos sobre as imagens MSS 7 do LANDSAT, referentes às passagens analisadas (10/02/1977, 09/02/1979 e 27/08/1977, respectivamente situações de cheia excepcional, cheia normal e vazante), obteve-se um mapa onde foram delineados os limites de variação da lâmina d'água para aquelas três situações em questão. Este mapa encontra-se ilustrado na Figura 2.

As seções transversais definidas sobre o canal fluvial (Figuras 3 e 4), permitiram coletar dados de extensão da lâmina d'água, os quais foram então analisados a partir das seguintes razões:

$$\Delta l_1 = \frac{Ch_1 - V}{80} \quad \text{e} \quad \Delta l_2 = \frac{Ch_2 - V}{80},$$

onde:  $\Delta l_1$  = situação de cheia normal,

$\Delta l_2$  = situação de cheia excepcional,

$Ch_1$  = largura da lâmina d'água para cheia normal,

$Ch_2$  = largura da lâmina d'água para cheia excepcional,

$V$  = largura da lâmina d'água para a vazante,

80 = dimensão do "pixel".

Tendo em vista que o menor elemento de resolução no terreno observado pelo sensor MSS é de 80m x 80m, considerou-se conveniente padronizar as medidas de variação de largura da lâmina d'água, para as situações analisadas, em termos de números de "pixels". Como está sendo avaliada uma medida unidimensional, os valores de variação de largura do canal fluvial foram normalizados dividindo-os por 80 metros (Tabela 2).



Para melhor facilidade de análise, os valores  $\Delta l_1$  e  $\Delta l_2$  foram agrupados em classes conforme a amplitude de variação da lâmina d'água. Para cada classe foi computada a frequência de seções transversais nelas incluídas (Tabela 3).

TABELA 3  
FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DAS CLASSES ANALISADAS

CLASSE	INTERVALO	FREQUÊNCIA PARA $\Delta l_1$	FREQUÊNCIA PARA $\Delta l_2$
a	0 - 2	52	1
b	2,1 - 30	34	31
c	31 - 59	3	34
d	60 - 88	-	7
e	89 - 117	-	4
f	118 - 146	-	2

A Figura 5 ilustra os gráficos de distribuição de frequência para as referidas classes.

Através da análise da Figura 5 pode-se observar que os valores de  $\Delta l_2$  concentram-se nas classes c e b, enquanto para  $\Delta l_1$  preferencialmente se concentram em a e b. Por outro lado, observa-se também que para a situação de cheia normal as diferenças de largura da lâmina d'água em relação à situação de vazante, não apresentam valores muito elevados, fato que pode ser verificado pela ausência de representação nas três últimas classes.

Entretanto, o gráfico da Figura 6 mostra em que seções as diferenças entre as duas situações de cheias analisadas tornam-se mais acentuadas. Deve-se mencionar que as seções transversais de 34 a 37, 41 a 43, 46, 47 e 51 não foram consideradas na situação de cheia excepcional devido às dificuldades de posicionamento e mensuração. Através deste gráfico pode-se dividir o setor do canal em três segmentos quanto ao comportamento de  $\Delta l_1$  e  $\Delta l_2$ . O segmento compreendido entre as seções transversais de 1 a 28 apresenta diferenças entre  $\Delta l_1$  e  $\Delta l_2$ , as quais podem ser consideradas moderadamente acentuadas. Já o segmento abrangido pelas seções 29 a 45 difere do primeiro pela maior discrepância entre  $\Delta l_1$  e  $\Delta l_2$ , enquanto o terceiro segmento (seções de 46 a 89) apresenta-se com a menor diferença observada.

Também através deste gráfico é interessante observar o comportamento de variação da lâmina d'água para a situação de cheia normal selecionada. Verifica-se que a porção do canal fluvial compreendida entre as seções de 1 a 45 apresenta em seu conjunto pequena discrepância entre aquela cheia e a vazante.

Este comportamento pode sugerir um relativo encaixamento do canal fluvial e/ou presença de diques marginais naquele trecho onde para o extravasamento da água é necessário sua maior variação em termos de altura. Isto pode ser inferido a partir da observação dos perfis topográficos (Figura 7), obtidos sobre as cartas 1:50.000, aqui exemplificados pelas seções 49 e 60. Para a situação  $\Delta l_1$  (cheia normal) aquelas seções transversais apesar de se enquadrarem na classe b, apresentam valores de 6,25 e 18,75 respectivamente, enquanto para a situação de cheia excepcional ( $\Delta l_2$ ) eles se inserem na classe c com valores respectivamente de 42,18 e 45,31.

Outro fato que deve ser considerado é que no contexto das classes analisadas, os valores de diferença de largura da lâmina d'água apresenta considerável discrepância, conforme pode ser observado pelos dados

da Tabela 4.

TABELA 4  
PARÂMETROS ESTATÍSTICOS ASSOCIADOS ÀS CLASSES ANALISADAS

CLASSES PARÂMETROS	$\Delta l_2$				$\Delta l_1$		
	b	c	d	e	a	b	c
$\bar{x}$	17,33	40,57	65,84	101,17	0,63	11,02	40,62
$\sigma$	45,25	54,35	10,77	56,62	0,58	58,47	34,16
CV	261%	134%	16%	56%	93%	531%	84%

A análise desta tabela permite observar que, de um modo geral, a variação interna das classes é elevada; podendo supor que existe uma certa aleatoriedade ao longo do canal quanto à variação da extensão da lâmina d'água para as diferentes cheias analisadas. Entretanto, observando os valores do coeficiente de variação, verifica-se que estes são mais elevados para a situação de cheia normal do que para a cheia excepcional. Isto pode ser explicado pelo fato que na situação de cheia normal existem seções transversais com as larguras da lâmina d'água semelhantes à situação de vazante (trechos encaixados) e seções em que ocorreram extravasamento da água de inundação. Por outro lado, na situação de cheia excepcional a maior parte das seções tende a sofrer um aumento na largura da lâmina d'água.

Deve-se enfatizar que, para as duas situações de cheia analisadas, as seções não são afetadas de modo uniforme pelo extravasamento da água, o que pode ser explicado pela variação da morfologia das diferentes seções.

A análise conjunta das informações proporcionadas pelo gráfico da Figura 6, pelo mapa de variação da lâmina d'água (Figura 2), e pela distribuição das classes de seções transversais ao longo do canal fluvial (Figuras 3 e 4) permite observar que:

- Para a cheia normal, o trecho a montante da confluência com o rio Pardo apresenta variação pequena da largura da lâmina d'água, em relação à situação de vazante. Isto porque, para aquele tipo de cheia, o canal fluvial daquela seção do rio Paranã comporta-se como tipo encaixado. As seções posicionadas a jusante daquela confluência, por sua vez, apresentam maior largura da lâmina d'água como consequência das condições topográficas da planície aluvial e da contribuição em termos de volume de água do rio Pardo. Neste segmento, entretanto, predominam variações de largura referentes à classe b.

- Com referência à cheia excepcional analisada, as seções transversais, em geral, apresentam diferenças de extensão da lâmina d'água com maior frequência para as classes c e b, conforme observado nas Figuras 4 e 5. Entretanto, em alguns pontos específicos as diferenças de largura ( $\Delta l_2$ ) apresentam valores elevados, associados às seguintes condições específicas:

. As seções 8 e 9 apresentam variação de largura devido principalmente à contribuição da vazão do rio Aguapeí, inserindo-se na classe d.

. O segmento do canal fluvial compreendido entre as seções 29 e 45 apresenta acentuada diferença de extensão de lâmina d'água entre as duas situações (cheia e vazante) devido à confluência do rio do Peixe, bem como devido à abrupta mudança de direção do canal fluvial imediatamente a jusante. Isto provavelmente contribui para a alteração da velocidade de escoamento da água, refletindo em maior extravasamento da água. Estas seções estão inseridas nas classes d, e, e f.

Já o segmento situado a partir da confluência do rio Pardo apresenta seções transversais com variação de largura menos acentuada que o segmento à montante, mas ainda com valores superiores àqueles apresentados pela situação de cheia normal. Este comportamento mais uniforme ocorre provavelmente influenciado pela ausência de tributários considerados importantes e pelo traçado mais retilíneo do canal fluvial do rio Paranã.

Também quando se analisa a variação de largura da lâmina d'água para as confluências do rio do Peixe e rio Pardo (Figura 2), verifica-se que o extravasamento maior da água de inundação que ocorre na primeira confluência deve, em parte, estar associado não somente à mudança abrupta de direção do canal fluvial do rio Paranã, logo à jusante, como provavelmente também ao ângulo de confluência. O rio do Peixe desagua de forma quase ortogonal no rio Paranã, enquanto o rio Pardo apresenta uma confluência em ângulo mais agudo. Este fato deve estar também contribuindo para as diferenças de extravasamento da água, uma vez que aqueles dois tributários podem ser considerados como de magnitudes similares. Entretanto, esta análise poderia ser mais consistente se houvesse a disponibilidade de dados pluviométricos e de vazão.

Com o objetivo de fornecer mais subsídio à análise da variação temporal do extravasamento da água de inundação, efetuou-se levantamento de porcentagem de solo exposto, ou com baixa densidade de cobertura vegetal, a partir das imagens MSS na banda 5 (1:250.000), referentes às passagens de 18/07/1976, 13/04/1979 e 22/11/1981. Foram tomadas seis amostras de 5cm x 5cm de lado (perfazendo 12,5km x 12,5km no terreno), ao acaso, a partir de uma grade de quadrículas sobrepostas às imagens.

A tonalidade de cinza-claro a muito claro nas imagens foi o indicador da determinação das áreas com presença de baixa densidade de cobertura vegetal e solo exposto e, portanto, a identificação de áreas potenciais

de fornecimento de material do solo por processos de erosão; uma vez que são áreas que apresentam predominância de formação superficial arenosa e chuvas de regime concentrado. O gráfico da Figura 8 ilustra a variação da porcentagem total de solo exposto/baixa densidade de cobertura vegetal, para as três datas analisadas. Através desta figura pode-se inferir que tem ocorrido, na área, um incremento da taxa de solo exposto, devido à intensificação da atividade antrópica e conseqüentemente um provável aumento na taxa de fornecimento de material do solo para o escoamento superficial. O aumento da carga sólida pode, em condições específicas, acarretar um assoreamento do canal fluvial e influenciar no extravasamento da água nas situações de cheia.

Através da análise dos níveis de cinza apresentados pelas águas, nas imagens MSS 5, observa-se que, além da identificação das prováveis áreas de fornecimento de sedimentos, tanto o rio Paran como alguns de seus tributários transportam significativa carga de material sólido.

A ocupação do solo de forma intensa e inadequada pode portanto contribuir para a intensificação e magnitude dos desastres causados pelos processos de inundação, ampliando a extensão das áreas afetadas devido ao desequilíbrio provocado pelo balanço infiltração/escoamento superficial das águas pluviais.

## 5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa chegou às seguintes conclusões:

- Através da utilização de superposição multitemporal de dados do sistema MSS/LANDSAT  possível detetar a variação da lâmina d'água entre situações de cheia e vazante. Através destes dados também  possível obter informações que sirvam de subsídio  determinação de áreas com diferentes riscos  inundação, conforme a magnitude das

cheias e que podem ser úteis à adoção de medidas eficientes de defesa civil.

- Variações na geometria do canal fluvial podem explicar as variações da largura da lâmina d'água em diferentes situações (cheias e vazante), tendo como base medidas obtidas a partir de seções transversais ao canal fluvial. No caso da área de estudo, mudanças abruptas de direção do canal fluvial, bem como a presença de tributários de grande porte, que confluem perpendicularmente ao canal fluvial principal, interferem no escoamento da água, determinando segmentos que sugerem maior risco à inundação.

- Os resultados demonstram que a proposição de modelo de estimativa de áreas inundadas, a partir de dados de imagens LANDSAT, necessita de dados consistentes da geometria do canal fluvial.

#### BIBLIOGRAFIA

- BROONER, William G.; BINAGHI, C.M.V. LANDSAT monitoring of temporal hydrological variations on the Pilcomayo river - 1972-1981. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 17., Ann Arbor, MI, *Proceedings*. Ann arbor, MI, ERIM, 1983, p.399-407.
- CALABRESE, M.A.; THOME, P.G. NASA water resources/hydrology remote sensing program in the 1980's. In: Deutsch, M., Wisnet, D.R., Rango, A. ed. *Satellite hydrology*. Mineapolis, American Water Resources Association, Mineapolis, 1981, p. 9-15.
- CURREY, D.T. Identifying flood water movement. *Remote Sensing of Environment*, 6: 51-61, 1977.

- GREEN, A.A.; WHITEHOUSE, G.; OUTHET, D. Causes of flood streamlines observed on LANDSAT images and their use as indicator of floodways. *Journal of Remote Sensing*, 4(1): 5-16, 1983.
- HALBERG, G.R.; HOYER, B.E.; RANGO, A. Application of ERTS-1 imagery to flood inundation mapping. In: SYMPOSIUM ON SIGNIFICANT RESULTS OBTAINED FROM THE EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1, A, New Carrollton, MD, 1973. *Proceedings*. Washington, D.C., NASA, 1973, p. 745-754.
- KRUUS, J.; DEUTSCH, M.; HANSEN, P.L, FERGUSON, H.L. Flood applications of satellite imagery. In: Deutsch, M.; Wisnet, D.R.; Rango, A. ed. *Satellite hydrology*. Mineapolis, American Water Resources Association, 1981, p.292-301.
- NIERO, M.; PINTO, S.A.F.; MARTINI, P.R.; ANDRADE, G.B. *Apliação 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. *Aplicaciones de los sensores remotos a problemas hidrológicos e inundaciones*. São José dos Campos, INPE, 1983. (INPE-2896-PRE/415).
- NOVO, E.M.L.M.; SANTOS, A.P. *Monitoramento de enchentes através de sensoria<sub>u</sub>mento orbital: Exemplo do Vale do Rio Doce*. São José dos Campos, INPE, out. 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, 1981. (INPE-2245-RTR/004).
- PINTO, S.A.F. *Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para a caract<sub>er</sub>ização de erosão do solo no SW do Estado de São Paulo*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, INPE, abr.1983. (INPE-2694-TDL/128).
- SAUSEN, T.M. *Estudo da dinâmica do Alto Rio São Francisco e Reservatório de Três Marias, através de imagens MSS/LANDSAT*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, INPE, 1981. (INPE-2249-TDL/066).



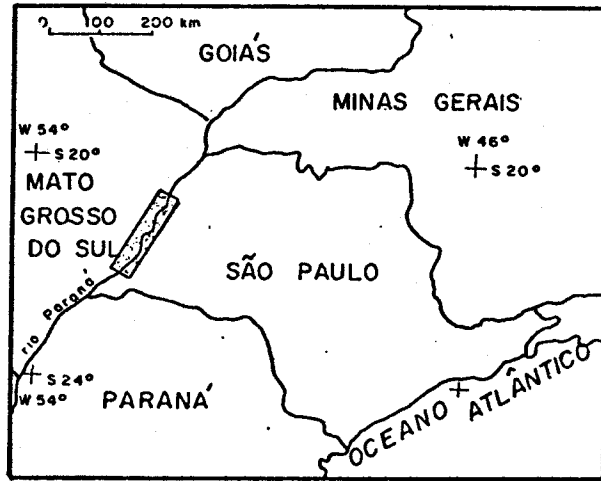


Fig. 1 - Localização da área de estudo.

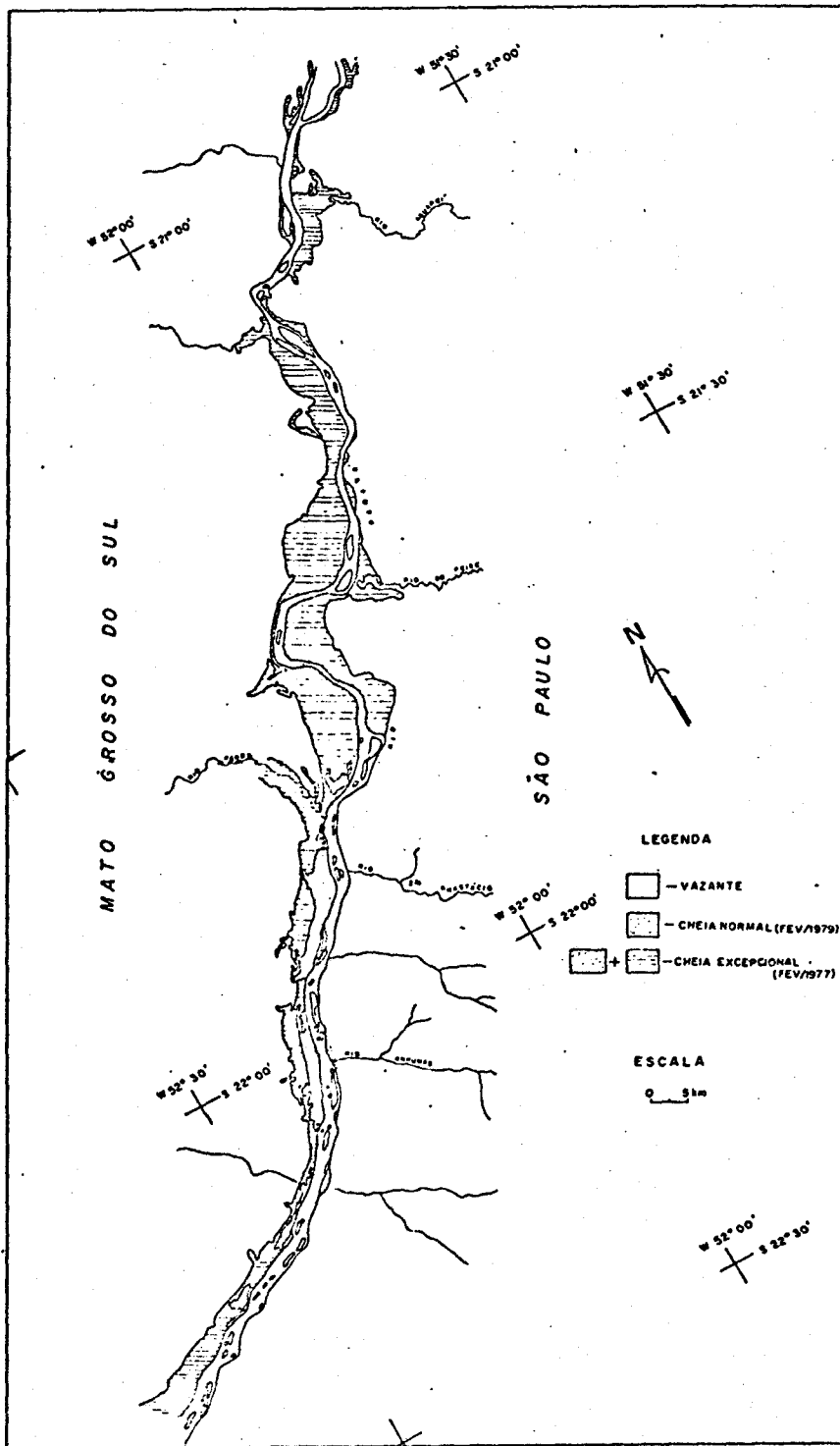


Fig. 2 - Variação da lâmina d'água para as situações de cheia normal e excepcional.

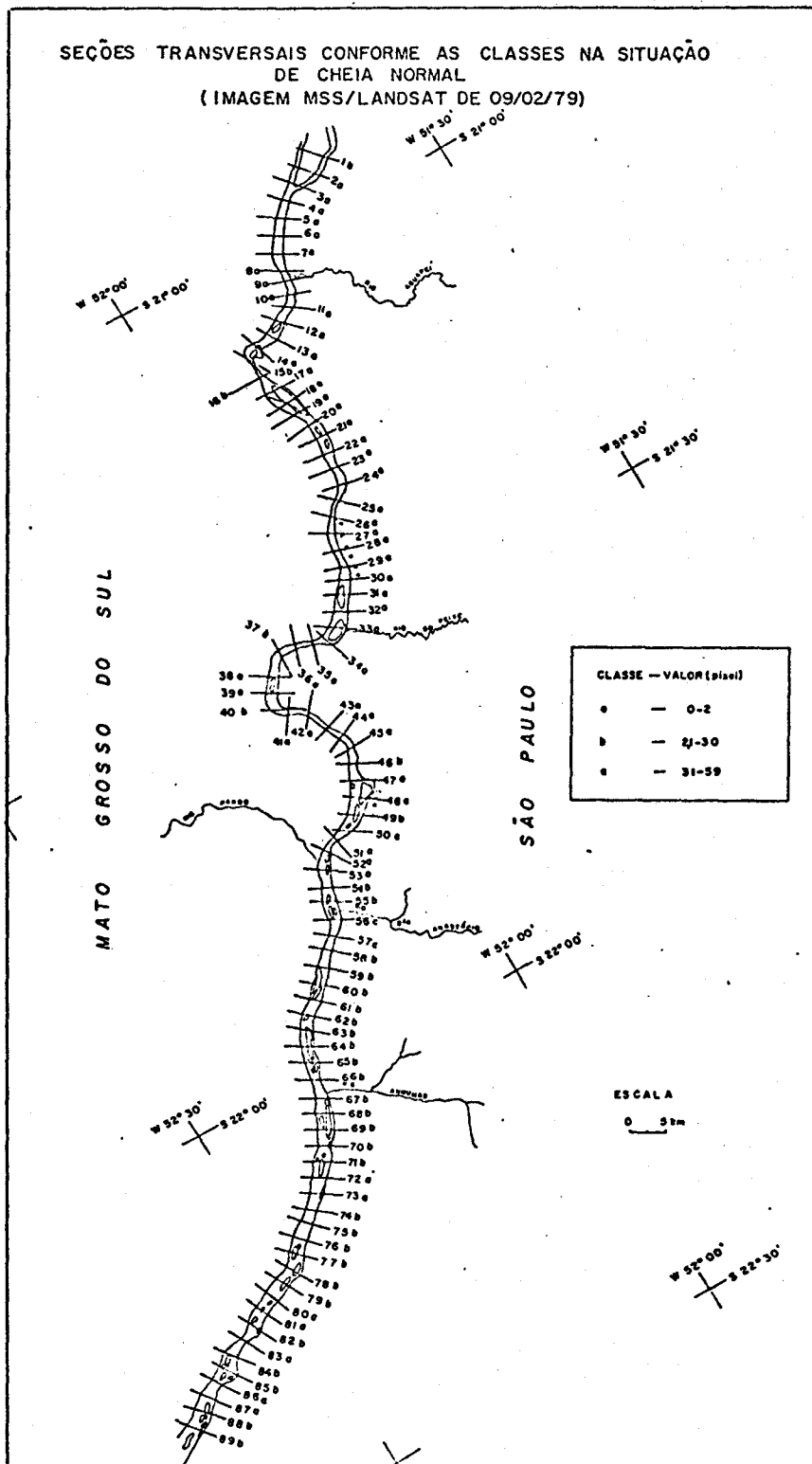


Fig. 3 - Localização das seções transversais conforme as classes de variação da lâmina d'água (cheia normal).

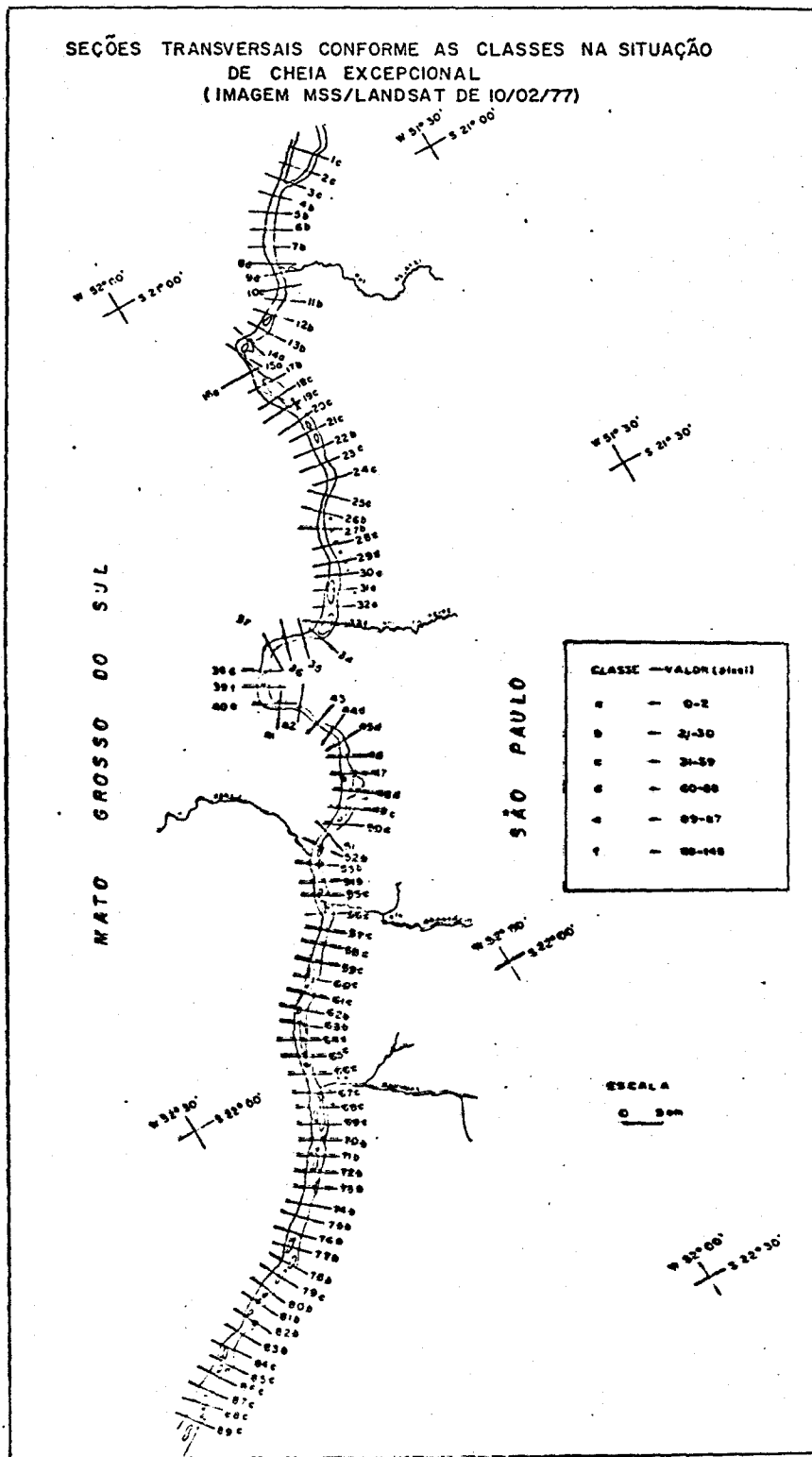


Fig. 4 - Localização das seções transversais conforme as classes de variação da lâmina d'água (cheia excepcional).

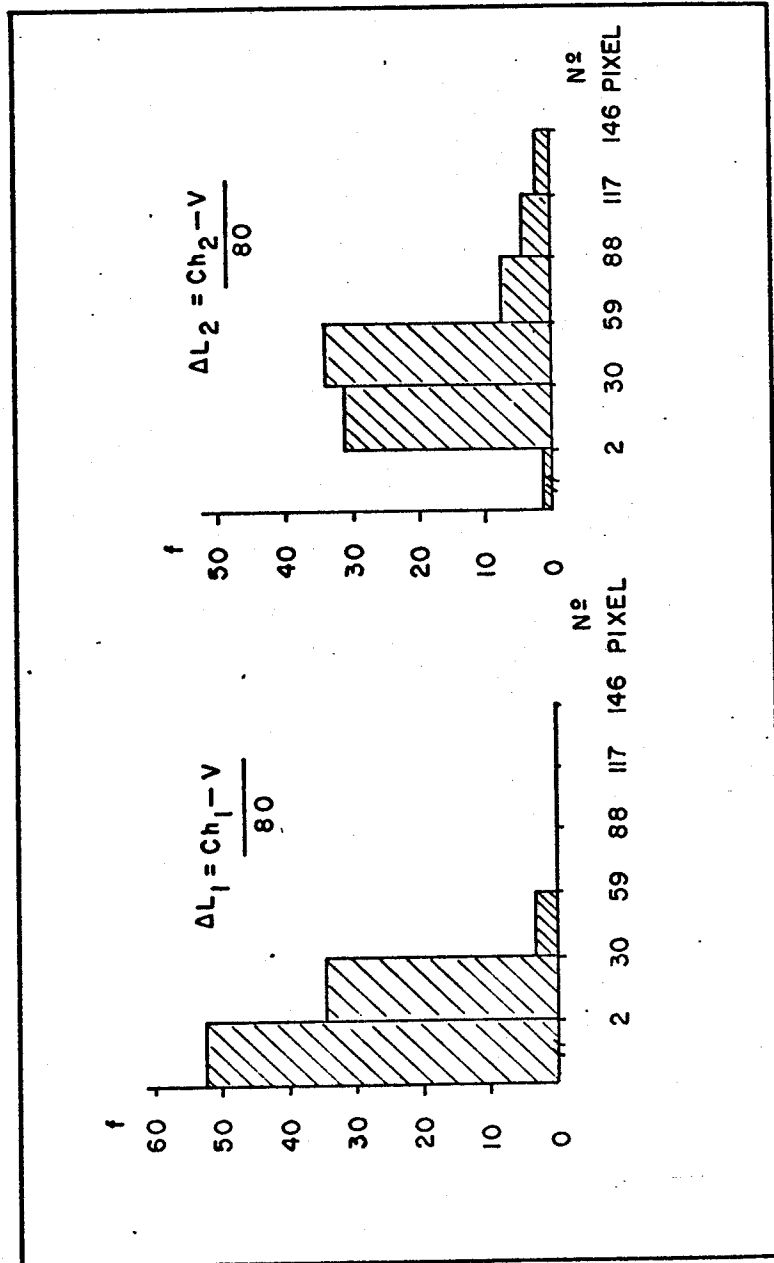


Fig. 5 - Gráficos de distribuição de frequência das classes para as situações  $\Delta L_1$  e  $\Delta L_2$ .

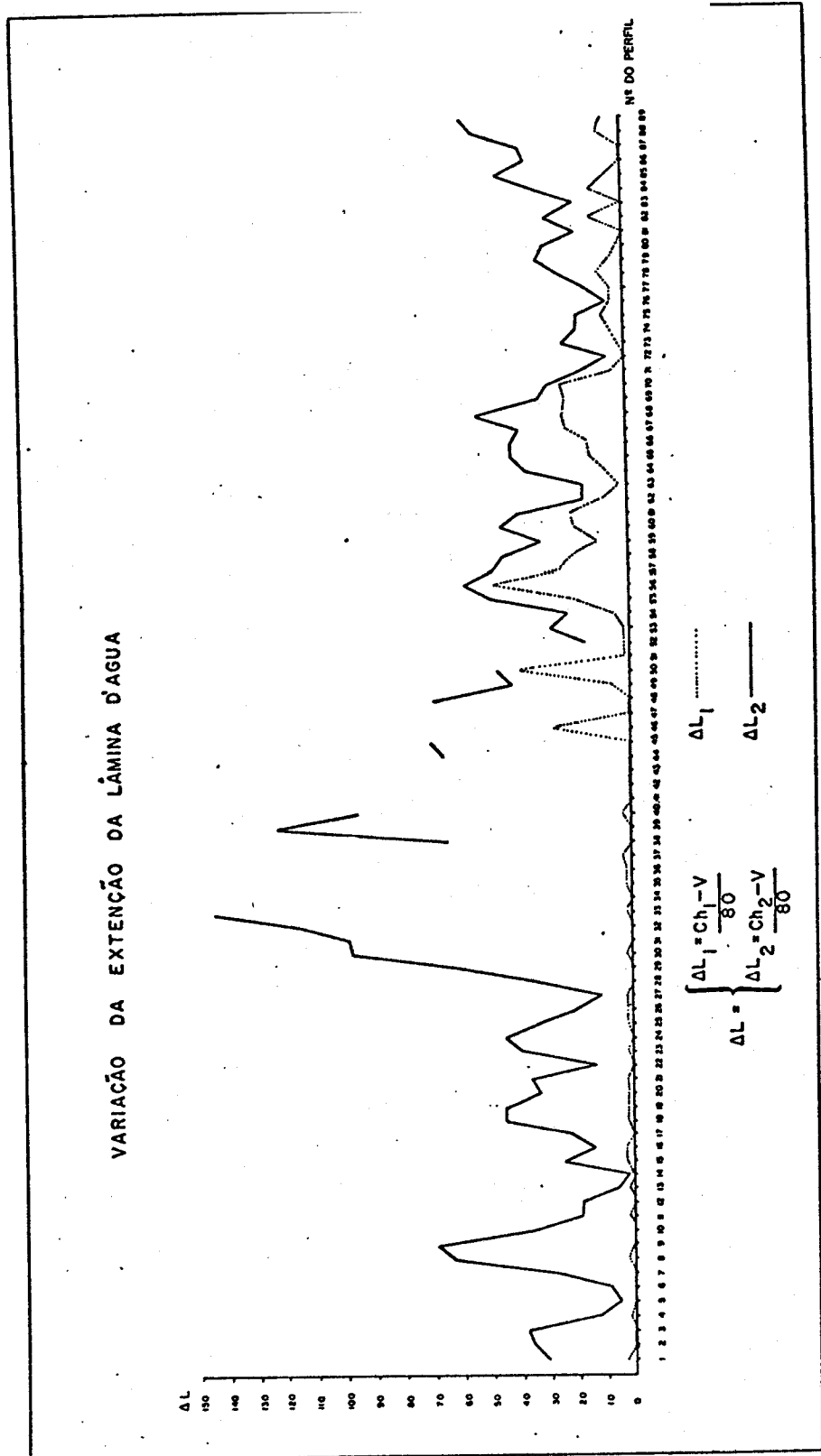


Fig. 6 - Variação da extensão da lâmina d'água (situações de cheia normal e excepcional) para cada seção transversal.

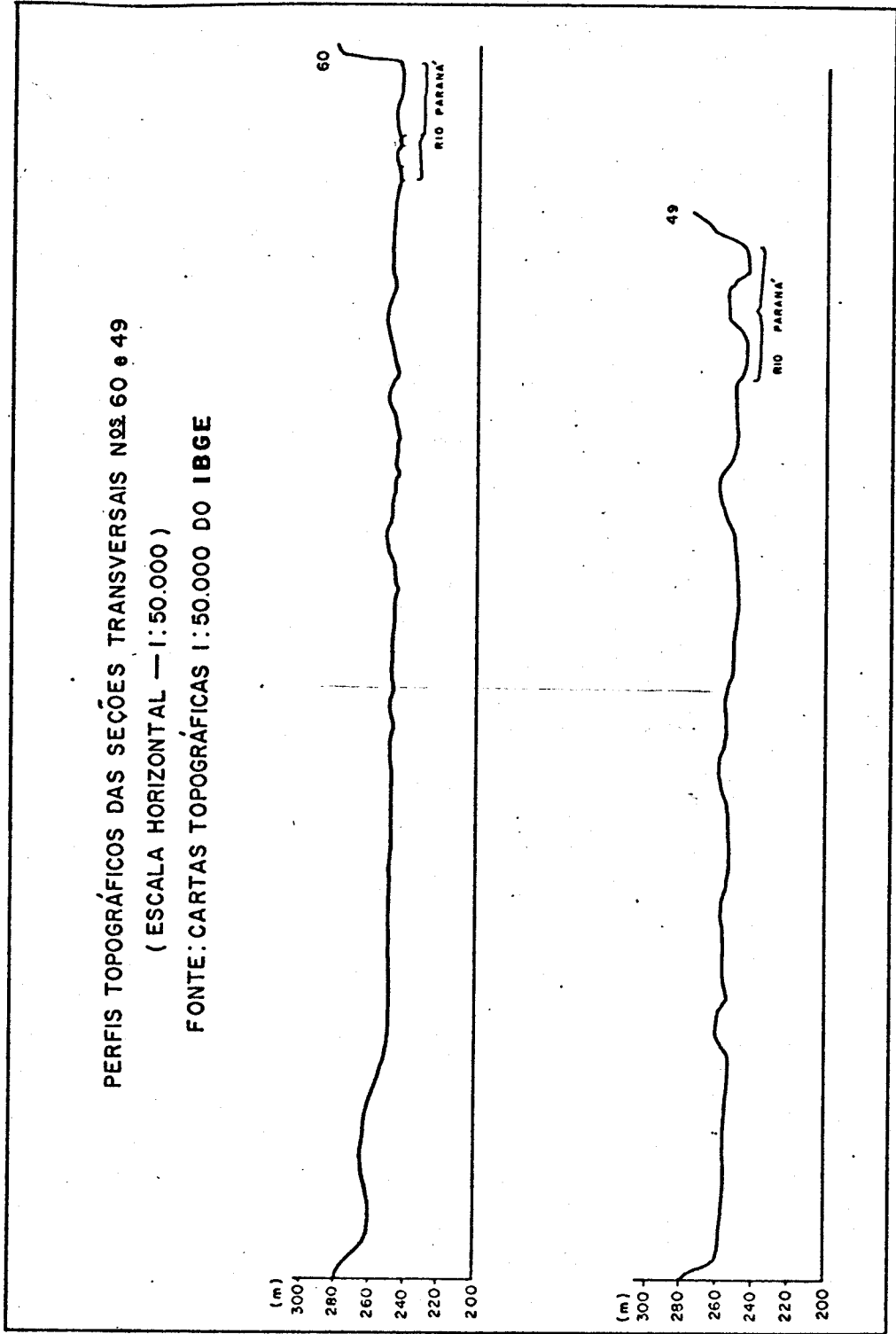


Fig. 7 - Perfis topográficos das seções transversais 60 e 49.

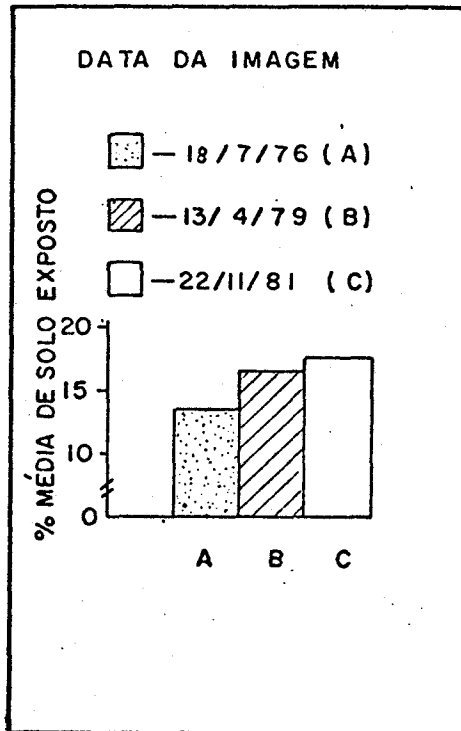


Fig. 8 - Evolução da área de solo exposto (em porcentagem) para três datas analisadas.