MÉTODOS DE ANÁLISE DA MORFODINÂMICA FLUVIAL: UMA COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ANÁLISE FLUVIOMÉTRICA E MÉTODOS DE ANÁLISE MULTITEMPORAL DE SENSORIAMENTO REMOTO

EVLYN M. L. NOVO*

ABSTRACT The objective of this work is to compare the advantages and disadvantages of two methods for morphodynamic analysis. To make this comparison the Ribeirão Canas basin was selected as a test site, because the availability of fluvimetric data from 1956 to 1981 and remote sensing data from 1957 to 1981. The methods which were compared are: a) the temporal analysis of the relationship between water discharge and water height at any river section; b) multitemporal remote sensing analysis based on the assumption that shape changes are indicators of fluvial processes changes. The results showed that multitemporal remote sensing analysis has the following advantages as compared to Gilbert's method: a) it permits the diagnosis of the variations along the channel; b) it permits to raise hypotheses about variability factors.

INTRODUÇÃO O objetivo deste trabalho é apresentar dois métodos de estudo da dinâmica fluvial, avaliando suas vantagens e limitações. O primeiro é um método clássico, utilizado por Gilbert (1972) no estudo das modificações da seção transversal de rios sob impacto da mineração, e se baseia na análise de séries fluvimétricas.

O outro método a ser discutido é o que se beneficia da utilização de dados de sensoriamento remoto coletados em plataformas orbitais e em aeronaves. Este método baseia-se no fato de os sensores remotos permitirem um registro instantâneo da configuração do sistema fluvial e de a comparação de registros sucessivos permitir identificar alterações substanciais nesta configuração, as quais podem ser associadas à dinâmica fluvial (Novo 1984).

O estudo da dinâmica fluvial exige, comumente a adoção de uma perspectiva temporal visto que os geossistemas possuem certas propriedades que impedem uma resposta instantânea a seus fatores controladores.

A utilização de bacias experimentais é uma alternativa (Schumm 1956), mas os elevados custos operacionais tornam o método viável apenas para áreas de dimensões reduzidas.

Um terceiro método, porém alternativo baseia-se no uso de relações geométricas entre componentes das bacias hidrográficas (Hollis & Lockett 1976). Admite que numa região estável existe uma relação entre *área da bacia* e *área da seção transversal*. Modificações nesta relação indicam a instabilidade. Este método, embora contorne o problema do custo, só se aplica a regiões homogêneas.

A dinâmica fluvial pode ainda ser estudada por métodos de observação de campo, mas apresentam duas limitações: se restringem a pequenas bacias e são por tempo limitado.

Em face dos problemas mencionados, um método geralmente utilizado é a análise temporal de curvas de descarga de seções transversais. Gilbert (1972), por exemplo, demonstrou que a redução de cota para uma mesma descarga poderia ser associada à intensificação da erosão do leito do Rio Yuba (EUA).

As relações entre componentes morfológicos do canal fluvial (largura, profundidade, declividade e sinuosidade) e o fluxo de descarga tem sido amplamente estudadas pela geo-

morfologia fluvial (Leopold *et al.* 1964; Morisawa 1968 Schumm 1972, Lane 1972, Richards 1976, Pickup 1978).

Finalmente, um método pouco utilizado em estudos de morfodinâmica fluvial é o que se baseia no acompanhamento de dados multitemporais de sensoriamento remoto. Leopold *et al.* (1964), apresentam como principal limitação desse método a incerteza associada às causas das mudanças registradas ao longo do tempo.

A análise da literatura referente ao método (Poole 1969, Parry & Turner 1971, Rube *et al.* 1975, Lewin & Weir 1977 Verstappen 1977, Howard *et al.* 1982) evidencia, entretanto que grande parte dos problemas derivados da aplicação de sensoriamento remoto a estudos de dinâmica fluvial resulta da falta de conhecimento básico da técnica em uso.

Neste contexto, selecionou-se a bacia do Ribeirão Canas para testar a eficiência do método de sensoriamento remoto face ao método da análise de curvas de descarga.

BACIA DO RIBEIRÃO CANAS O Ribeirão Canas é um afluente da margem direita do Rio Paraíba do Sul, com o qual conflui à altura do município de Cachoeira Paulista, a menos de 20 km da soleira rochosa que marca o término da Bacia Sedimentar de Taubaté (Fig. 1).

O Ribeirão Canas foi selecionado para o teste metodológico por apresentar as seguintes características favoráveis: a) drena uma pequena bacia (100 km²); b) sofreu nos últimos 30 anos modificações em seus componentes e/ou em seus fatores controladores. Entre 1958 e 1960, o baixo curso do Ribeirão Canas foi canalizado, o que provocou uma redução de seu comprimento em 140 m, um rebaixamento de nível de base da ordem de 50 cm e um aumento da declividade do canal em 0,05%. A partir de 1973, o Ribeirão Canas também foi submetido à regularização de vazão com o aproveitamento dos excedentes em irrigação. As amplitudes entre as máximas e as mínimas, que eram da ordem de 70 m³/s, passaram a girar em torno de uma média de 20 m³/s a partir de 1973; c) possui um posto fluvimétrico, localizado em linha reta, a cerca de 8 km a montante do trecho alterado, contando com dados de vazão e cota para um período superior a 20 anos; d) possui recobrimentos aerofotográficos referentes aos anos de

* Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq/Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE - Cx. Postal 515 - CEP 12200, São José dos Campos, SP, Brasil

Figura 1 – Localização da Área em Estudo

1957, 1962, 1973, 1974, 1976, 1977 e 1981, o que favorece a utilização de dados de sensoriamento remoto.

O segmento estudado encontra-se alojado em sedimentos quaternários (aluviões predominantemente arenosos). Apresenta um gradiente inferior a 1% e drena uma área de relevo de colinas com baixa declividade. A montante desse segmento estudado, a Bacia do Ribeirão Canas se desenvolve sobre migmatitos e é atravessada pelas falhas de Fartura e de Canas. As nascentes do Ribeirão de Canas localizam-se na Serra do Quebra-Cangalha e caracterizam-se por vales profundos com o aparecimento de rápidos e corredeiras, e de inúmeras soleiras rochosas. Esses aspectos explicam o regime torrencial do rio, que apresenta elevada sensibilidade às precipitações. A curva de vazão máxima coincide com os máximos pluviométricos o que indica a eficiência do escoamento superficial na formação dos débitos máximos.

ANÁLISE TEMPORAL DA CURVA DE DESCARGA DO RIBEIRÃO CANAS Os dados utilizados para a análise das curvas de descarga foram fornecidos pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). O tipo de posto fluviométrico existente no Ribeirão Canas é o de *velocidade por área*, no qual a curva *cota-vazão* de uma seção transversal representa a função que melhor expressa a relação entre a altura do nível da água (h_a) e a vazão (Q). Se ao longo do tempo a forma da seção transversal se mantiver constante, não haverá modificações substanciais na curva-chave, visto que a vazão (Q) é determinada pelo produto entre a *área da seção transversal* (A) e a *velocidade do fluxo* (V). Como a área de seção transversal é determinada pelo produto da *largura do canal* (w) pela *profundidade do canal* (d), alterações nesses parâmetros determinarão modificações na função que relaciona h a Q .

A figura 2, representa a curva-chave do Ribeirão Canas calculada em dois períodos distintos. Para os valores anteriores à retificação (1956-1958), os dados se orientam segundo uma reta enquanto para os valores mais recentes (1959-1964) se orientam segundo uma parábola.

Figura 2 – Curva-chave do Ribeirão Canas

Os dados mostram que as relações entre a vazão (Q) e a cota (h) se modificaram de uma função do tipo ($Q = 1,5h - 1,10$) para uma função do tipo ($Q = 0,5h^2 - 0,85h + 0,75$).

Como evidencia a figura 2, a um dado momento T_1 um aumento da altura da lâmina d'água determinava um aumento proporcional da vazão ($Q = 1,5h - 1,10$). Esta relação foi modificada no momento T_2 , de modo que a variação de altura de 80 cm para 1,20 cm não implica variação da vazão ($Q = 0,5h^2 - 0,85h + 0,75$). Levando em conta as observações de Richards (1976), pode-se admitir que o tempo T_1 para o T_2 houve mudança da forma da seção transversal.

No tempo T_1 , o canal parece aumentar sua largura proporcionalmente ao aumento da profundidade, o que explica o aumento da vazão com o aumento da profundidade. No tempo T_2 , até 120 cm não há aumento da vazão com o aumento de h , o que indica que o canal se mantém com largura constante, ou seja, há pequena alteração da área da seção transversal com o aumento da altura do nível da água (h). A partir de 120 cm, a vazão Q passa a aumentar rapidamente para pequenos incrementos em h , o que sugere um alargamento do canal a partir desse nível de água.

A figura 3 apresenta a reta de melhor ajuste à tendência temporal das cotas mínimas médias e máximas médias do Ribeirão Canas.

Pela análise da figura 3, verifica-se que as cotas do Ribeirão Canas durante o período compreendido entre 1960 e 1972 apresentaram um aumento gradativo de 180 para 230 cm. Admitindo que a vazão tenha permanecido constante no período, pode-se supor, pelas conclusões de Gilbert (1972), que o canal do Ribeirão Canas teve seu leito entulhado por sedimentos. Mas de onde vieram esses sedimentos? A canalização do baixo curso leva a um novo surto erosivo, portan-

Figura 3 - Tendência temporal das cotas fluiométricas do Ribeirão Canas

to a mudanças esperada é a erosão do leito. Como explicar o aumento das cotas?

O que se depreende das observações anteriores é que a análise de dados de vazão e cota é muito sujeita a erros de interpretação, a menos que se tenha um controle de variáveis que possam interferir na relação entre h e Q .

Outra limitação dos dados fluiométricos é seu caráter pontual. As observações feitas para uma seção transversal não valem para outra a jusante ou a montante. Isso é exemplificado pelas figuras 4 e 5 que representam as curvas-chaves para duas seções fluiométricas do Rio Una (afluente de margem direita do Rio Paraíba do Sul).

Figura 4 - Curva cota-vazão no baixo curso do Rio Una (Fonte DAEE 1977)

A comparação das figuras 4 e 5 indica que duas seções transversais, distantes apenas 10 km, apresentam um quadro morfodinâmico bastante distinto.

Figura 5 - Curva cota-vazão no médio curso do Rio Una (Fonte DAEE 1977)

ANÁLISE TEMPORAL DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO O sensoriamento remoto pode ser definido como o conjunto de técnicas que permitem a extração, a distância, de informações sobre a superfície terrestre, derivadas da detecção da energia eletromagnética refletida, absorvida, transmitida ou emitida pelos objetos que compõem uma cena.

Historicamente, os sistemas fotográficos foram os primeiros a ser utilizados para a aquisição de informações sobre a superfície terrestre. A partir da década de 60 com o advento de novos sistemas sensores, criou-se o termo *sensoriamento remoto* para englobar todo um conjunto de imagens do terreno que incluem tanto as derivadas de câmeras aéreas, radares de visada lateral como as produzidas por sistemas de varredura eletroóptica.

Tais sistemas sensores podem também ser diferenciados em função do tipo de plataforma de coleta de dados. Assim, existem os sistemas transportados em aeronaves ou satélites. O tipo de plataforma de coleta de dados tem influência sobre a altura a partir da qual se dá o imageamento e, portanto, afeta as características de resolução espacial, espectral e temporal dos dados do sensoriamento remoto (Slater 1980).

Em geral, os dados coletados em plataformas orbitais (satélites) apresentam resolução espacial pobre quando comparados com os das aeronaves. A altura de imageamento também afeta a qualidade do sinal detectado pelos sensores. Quanto mais distante estiver a plataforma em relação ao objeto imageado, maior será a interferência da atmosfera (Colwell 1983).

A grande vantagem dos sistemas orbitais é a possibilidade de recobrir extensas áreas a baixo custo, de modo repetitivo. Quando comparados com sistemas aerotransportados, os sistemas orbitais favorecem estudos morfodinâmicos devido aos seguintes aspectos: a) melhor resolução temporal (no caso do Landsat-5, cobertura repetitiva a cada 16 dias); e b) manutenção de condições de imageamento relativamente constantes.

O tipo de plataforma de sensoriamento remoto interfere também na dimensão mínima da bacia de drenagem passível de ser estudada. Tendo em vista as características do satélite de recursos naturais em operação atualmente (Landsat),

os dados produzidos por seu sistema de varredura multiespectral (MSS) apresentam uma resolução especial de 80 m (a menor área imageada no terreno é igual a 80 vezes 80 m). Com isso, sua utilização fica limitada a grandes bacias hidrográficas (área > 1000 km²). Com o advento de novos sensores com melhor resolução espacial, como o Mapeador Temático do Landstat-5 ou o sistema de alta resolução (HRV) do SPOT, amplia-se de aplicação de dados orbitais ao estudo de pequenas bacias hidrográficas.

Existem atualmente no Brasil dados de sensoriamento remoto ao nível de aeronave para o estudo de pequenas bacias hidrográficas. Devido ao elevado custo de missões de aerolevantamento, em geral são recobertas pequenas áreas a longos intervalos de tempo.

No caso específico da área em estudo (Bacia do Ribeirão Canas), encontravam-se disponíveis fotografias aéreas referentes a 1957, 1962, 1973, 1974, 1976, 1977 e 1981, cujas características encontram-se descritas na tabela 1.

A Tabela 1 revela que os dados de sensoriamento remoto disponíveis apresentam, em princípio, diversas características desfavoráveis: 1) intervalo de aquisição variável; 2) intervalos longos (11 anos) sem dados; 3) aquisição para propósitos múltiplos (os anos de interesse para pesquisa - como, por exemplo, 1967 e 1968 - sujeitos a inundações não foram imageados); 4) época de aquisição variável (o efeito da variação sazonal do alvo impede a identificação de mudanças a longo prazo); 5) época de aquisição desfavorável ao fenômeno em estudo (a época adequada é a de vazão mínima segundo Sehler & Tueller (1973)); 6) horário de aquisição variável (altera o padrão de iluminação da cena, o que torna inviável a comparação de variações tonais entre épocas sucessivas); 7) escala variável; 8) filmes com características de sensibilidade espectral e poder de resolução variáveis; 9) direção de voo variável (afeta a relação entre a posição do Sol, o alvo e o sensor que interfere na distribuição de níveis de cinza na cena); 10) área de amostragem variável de uma data para outra.

Devido a tais limitações tomaram-se as seguintes precauções: 1) evitaram-se inferências sobre modificações de propriedades dos alvos com base em análises tonais, uma vez que, para ter certeza de que as diferenças de densidade são causadas por diferenças na reflectância espectral dos objetos do solo, é essencial que o sistema de aquisição dos dados seja calibrado, a distribuição espectral da iluminação da cena seja conhecida e o processamento fotográfico seja, perfeitamente controlado; 2) determinou-se o tamanho

mínimo da feição a ser avaliada, de modo a compatibilizar as escalas diferentes; 3) restringiu-se a análise à porção central das imagens sempre que possível; 4) determinaram-se pontos de referência no terreno para correção da escala entre datas sucessivas; 5) utilizaram-se as vantagens de estereoscopia; e 6) utilizaram-se instrumentos de precisão na aquisição de medidas.

Desta maneira, ao estudar a morfodinâmica fluvial do Ribeirão Canas entre 1957 e 1981, selecionaram-se as seguintes indicadores quantitativos de instabilidade fluvial passíveis de ser medidos estereoscopicamente: a) largura do canal (leito menor); e b) distância ao divisor do segmento sujeito à *incisão vertical*.

Selecionaram-se também indicadores qualitativos de instabilidade do canal fluvial: a) recortamento do pedúnculo meândrico entre datas sucessivas; b) variação aparente da forma da seção transversal; c) modificação na sinuosidade do canal; e d) modificação no padrão do canal. O cômputo foi feito de tal modo que, se entre datas sucessivas não houvesse alteração perceptível, a amostra seria classificada como estável no período; mas, se houvesse alterações, classificar-se-ia a amostra como instável.

A figura 6 apresenta os resultados da análise em três épocas para as quais se dispunha de fotografias aéreas pancromáticas na escala de 1:25.000.

Pela análise da figura 6 pode-se observar que o Ponto 4, que se refere a um afluente de primeira ordem do Ribeirão Canas, apresenta uma elevada taxa de incisão remontante do canal entre 1957 e 1962 (120 m/ano). Entre 1962 e 1973 esta taxa reduz-se a 5 m/ano.

O Ponto 3, um afluente de segunda ordem, apresenta um comportamento diverso: entre 1957 e 1962, a incisão remontante é da ordem de 80 m/ano, enquanto entre 1962 e 1973, não há incisão remontante perceptível a escala de 1:25.000.

Este comportamento diverso pode ser explicado pela distribuição de declividade dos canais analisados. O canal referente ao Ponto 4 possui uma declividade superior a do Ponto 3, o que indica ser o gradiente do canal fluvial um importante fator na diferenciação da intensidade de resposta do sistema fluvial. Teoricamente, poder-se-ia esperar que o Ponto 3 fosse atingido mais rapidamente pela erosão remontante, pois é um afluente direto do Ribeirão Canas; entretanto, ao que os dados indicam, tal erosão caminha pelo eixo de maior declividade.

Das análises anteriores emergem três fatos a serem leva-

Tabela 1 - Dados de sensoriamento remoto disponíveis para a realização da pesquisa

Ano	Mês	Horário (h)	Altura do voo	Distância Focal (mm)	Escala	Equipamento	Filme	Filtro	Direção da Linha de voo	Tipo de produto
1957	JUN	*	*	*	1:25.000	*	Pancromático	*	L-W	Papel preto e branco
1962	JUL	*	*	*	1:25.000	*	Pancromático	*	L-W	Papel preto e branco
1973	JUL	*	3.800	152	1:25.000	RC10	Pancromático	*	L-W	Papel preto e branco
1974	JUN	12-14	2.500	*	1:5.000	RC10	Doublex	Amarelo	SW-NE	Papel preto e branco
1976	ABR	12-13:30	2.500	*	1:15.000	RC10	Aerocolor	Sem Filtro	SE-NW	Transparência positiva
1976	ABR	12-13:30	2.500	100	1:22.500	I ₂ S (Mult.)	Aerograph/IR	Azul, Verde, Verm., I. Ver.	SE-NW	Transparência positiva
1977	SET	10:30-11:30	1.700	152	1:11.000	RC10	Plus X	Amarelo	SW-NE	Papel preto e branco
1981	FEV	*	1.200	*	1:7.000	RC10	Aeroneg	420 nm	SW-NE	Papel colorido

Figura 6 - Tendência morfodinâmica para dois afluentes do Ribeirão Canas entre 1957 e 1973, a partir de dados de Sensoriamento Remoto

dos em conta na utilização de dados de sensoriamento remoto em estudos morfodinâmicos:

- 1) A frequência de dados deve ser compatível com a escala do produto utilizado em face às dimensões do sistema fluvial em estudo. Quando o limite de resolução espacial do produto utilizado excede à taxa de variação do sistema fluvial, o intervalo de aquisição deve ser maior para que as mudanças sejam perceptíveis.
- 2) A escala utilizada para avaliar a dinâmica do sistema fluvial deve ser tal que, dada a frequência de dados disponíveis, ela seja suficiente para registrar mudanças.
- 3) A resolução espacial-temporal dos dados de sensoriamento remoto deve ser compatível com a escala de variação espacial e temporal do sistema em estudo.

Tomando-se dados percentuais de seções do canal fluvial que sofreram mudanças de uma data para outra contribuiu-se o gráfico da figura 7.

Pela análise da figura 7 verifica-se que a curva do Ribeirão Canas pode ser decomposta em duas condições distintas. De 1957 a 1973 há uma çenta redução da porcentagem de amostras de canais instáveis. A partir de 1973 a curva adquire uma característica totalmente distinta e apresenta um gradiente elevado de redução de amostras instáveis no tempo. Esta redução pode ser atribuída à estabilização do ciclo erosivo devido à regularização da vazão em 1973 ou ao do reduzido intervalo de tempo (quatro anos) de observação, que determina mudanças imperceptíveis ao nível de resolução do sistema sensor utilizado. Assim sendo, a menor declividade de um canal não inibe o processo de corrosão vertical, mas tende a diminuir sua magnitude e tempo de duração.

Tais diferenças no comportamento morfodinâmico dos

Figura 7 - Tendência morfodinâmica do Ribeirão Canas entre 1957 e 1981 avaliada através de dados de Sensoriamento Remoto

afluentes não teriam sido perceptíveis com uma distribuição temporal de dados que concentrasse informação no período de 1962 a 1973, quando os dois canais tendem ao processo de estabilização. Outra observação que pode ser feita é a de que a distribuição de dados de sensoriamento remoto no tempo favoreceu a identificação do momento de ruptura do equilíbrio morfodinâmico, bem como avaliação do tempo de readaptação dos canais. No caso do canal referente ao Ponto 3, o tempo de readaptação foi da ordem de dois anos (desde que a canalização foi realizada entre 1958 e 1960) enquanto o canal do Ponto 4 continuou respondendo às alterações antrópicas até 1973.

Essas informações não seriam obtidas se os dados de sensoriamento remoto fossem disponíveis apenas para os anos de 1957 e 1973. Como se vê, não são os dados de sensoriamento remoto em si que oferecem limitação a estudos morfodinâmicos e, sim, a falta desses dados em momentos críticos de operação dos sistemas fluviais.

Outro aspecto a ser considerado na análise é a escala dos produtos utilizados, ou seja, 1:25.000. Nesta escala, tendo em vista a dimensão do sistema estudado, uma frequência de dados elevada no período de 1962 a 1973 poderia não resultar num maior volume de informação morfodinâmica porque as taxas de incisão remontante no período são da ordem de 5 m/ano. Para perceber uma variação dessa magnitude, a diferença da extensão do segmento sujeito à incisão seria de décimos de milímetro, o que seria não-detectável na escala de 1:25.000.

Tendo em vista que, para o segmento de tempo entre 1977 e 1981 (para o qual se utilizaram dados obtidos em escalas maiores 1:11.000 e 1:7.000), a tendência de redução da porcentagem de amostras instáveis continuou, pode-se admitir que a primeira hipótese é a correta.

Se a retificação do baixo curso em 1958 levou à geração de canais erosivos, cuja marca na paisagem seria lentamente apagada (tendência entre 1957 e 1973), a regularização da vazão em 1975 provocou uma brusca mudança de tendência levando à interrupção do surto erosivo. Isso explicaria a redução da porcentagem de amostras instáveis entre 1973 e 1977 e 1977 e 1981. De fato, a observação de campo demonstrou que a atividade morfogenética está reduzida. A tendência erosiva foi substituída pela intensificação do processo de deposição marginal e de fundo, tendo em vista que

com a redução do débito houve uma redução da capacidade de transporte do rio.

Apesar da limitação de dados de sensoriamento remoto disponíveis para a pesquisa, pode-se chegar a um conhecimento mais satisfatório da morfodinâmica fluvial do Ribeirão Canas.

Os dados sugeriram que todo o baixo curso foi afetado pela canalização. Esse efeito não atingiu apenas o canal principal mas também pequenos afluentes que drenaram o setor terciário. Aí, a principal resposta à alteração do nível de base foi a incisão vertical do canal. A incisão do canal na várzea foi sucedida pela elevação do fundo do canal, ocasionada pelo solapamento da base das vetentes, aumentando a fase sólida para o canal.

Essa deposição tornou-se mais acentuada a partir de 1973 com a redução da vazão. O canal, atualmente, encontra-se em via de estabilização em termos da nova situação de equilíbrio.

CONCLUSÃO A comparação dos métodos de análise morfodinâmica demonstrou que os dados de sensoriamento remoto fornecem informações mais confiáveis que as derivadas de curvas de cota-vazão.

Tendo em vista a diversidade geológica e topográfica das bacias de drenagem, os dados de sensoriamento remoto apresentam vantagens em relação aos dados coletados em postos fluviométricos, pois permitem a extensão de observações pontuais para áreas mais amplas. Além disso, no Brasil,

os dados de postos fluviométricos têm o inconveniente de ser limitados a pequenos intervalos de observação. Deve-se lembrar também que a rede de coleta de dados fluviométricos no Brasil é bastante precária. No Rio Amazonas, por exemplo, a rede de posto ao longo do canal era constituída por apenas 20 seções. Alguns deles, como os de Manacapuru, só entraram em funcionamento a partir de 1965.

Pela realização desse trabalho, pode-se concluir também que as limitações apontadas para os dados de sensoriar o intensificado processo de corrosão vertical e lateral como o principal efeito de canalização do Ribeirão Canas, fato que não pode ser identificado com precisão nos dados fluviométricos. Os dados permitiram também estabelecer uma seqüência de modificações nas formas fluviais ao longo de 25 anos e estimar taxas médias de variação de formas.

Através da realização desse trabalho, pode-se concluir também que as limitações apontadas para os dados de sensoriamento remoto tendem a desaparecer com o advento de sensores de alta resolução transportados a bordo de satélites.

No caso em estudo, a utilização integrada de dados de sensoriamento remoto apoiados em informações de campo foi uma abordagem satisfatória ao estudo da dinâmica dos processos fluviais. Os dados de sensoriamento remoto permitiram levantar hipóteses de atividade morfodinâmica, bem como identificar fatores responsáveis pela variabilidade interna de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, V.R. — 1977 — Stream channel response to floods with examples from Central Texas. *Geological Society America Bulletin*, 88 (8) : 1057-1081.
- COLWELL, C.N. ed. — 1983 — *Manual of Remote Sensing*. 1 ed. Falls Church. American Society of Photogrammetry, 2440 p.
- DAEE — 1977 — Boletim Fluviométrico nº 6 — Sexta Zona Hidrográfica.
- GILBERT, G.K. — 1972 — Report on the Geology of the Henry Mountains. In: SCHUMM, S.A. ed. *River Morphology*. Straudsborg, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. p. 43-77.
- HOLLIS, G.E. & LUCKETT, J.K. — 1976 — The response of natural river channels to urbanization: two case studies in southeast England. *Journal of Hydrology*, 30 (4) : 351-363.
- HOWARTH, P.J.; ALFOLDI, T.T.; LAFRANBOISE, Jr., M.; THOMSON, K.P.B.; THOMIS, G.F.; WICKWARE, G.M. — 1982 — LANDSAT for monitoring hydrologic and coastal change in Canada. In: C.C.R.S. (ed.). *LANDSAT for Monitoring Geography of Canada*. Special Report for Cospar by Geography Working Group.
- LANE, E.W. — 1972 — The importance of Fluvial Morphology in Hydraulic Engineering. In: Schumm, S.A. (ed.) *River Morphology*. Straudsborg, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. p. 97-116.
- LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; MÜLLER, J.P. — 1964 — *Fluvial Processes in Geomorphology*. Freeman & Co. San Francisco.
- LEWIN, J. & WEIR, M.J.C. — 1977 — Monitoring River Channel Change. In: Genderen, J.L.; Collins, W.G. (ed.). *Monitoring Environmental Change by Remote Sensing*. Remote Sensing Society, Berkshire, p. 53-59.
- MORISAWA, M. — 1968 — *Streams: their dynamic and morphology*. New York, Mc Graw-Hill.
- NOVO, E.M.L.M. — 1984 — *Ação Antrópica e Morfodinâmica Fluvial* (Contribuição ao Conhecimento dos Lapsos de Reação de Subsistemas Geomorfológicos do Médio Vale do Paraíba do Sul) (Tese de Doutorado. Departamento de Geografia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo).
- PARRY, J.T. & TURNER, H. — 1971 — Infrared Photos for Drainage Analysis. *Photogrammetric Engineering*, 37 (10) : 1031-1038.
- PICKUP, G. — 1978 — Adjustment of Stream-channel shape to hydrological regime. *Journal of Hydrology*, 30 (4) : 365-373.
- POOLE, D.H. — 1969 — Slope Failure Forms: Their Identification, Characteristics and Distribution as Depicted by Selected Remote Sensors Returns. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT. Ann Arbor, MI, *Proceedings*. Ann Arbor, MI, ERIM, p. 927-965.
- RICHARDS, K.S. — 1976 — Complex width-discharge relations in natural river sections. *Geological Society America Bulletin*, 87 (2) : 199-206.
- RUHE, R.V.; FENTON, F.C.; LEDESMA, L.L. — 1975 — Missouri River History, Flood Plain Constructions and Soil Formation in Southwestern Iowa. (Research Bulletin, 580).
- SCHUMM, S.A. — 1956 — Evolutions of drainage systems and slopes on badlands at Perth Anboy, New Jersey. *Geological Society America Bulletin*, 67 : 597-646.
- SCHUMM, S.A. — 1972 — Fluvial Geomorphology: Channel Adjustment and River Metamorphosis. In: Schumm, S.A. (ed.). *River Morphology*. Straudsborg, Dowden, Hutchinson & Ross.
- SECRETARIA DE OBRAS E DO MEIO AMBIENTE — São Paulo — Departamento de Águas e de Energia Elétrica: Estudo das Disponibilidades Hídricas do Ribeirão Caninhas, 1968.
- SEHER, J.S.; TUELLER, P.T. — 1973 — Color Aerial Photos for Marshland. *Photogrammetric Engineering*, 39 (5) : 489-499.
- SLATER, P. — 1980 — Remote sensing optics and optical systems. Addison-Wisley Publishing Company. London.
- THORNES, J.B.; BRUNSDEN, D. — 1977 — *Geomorphology and Time*. Methuen & Co. Ltda., London.
- TITARELLI, A.H.V. — 1977 — O Vale do Parateí. Estudo Geomorfológico. São Paulo, USP, IGEOG. (Série Teses e Monografias, 13).
- VERSTAPPEN, H. Th — 1977 — *Remote Sensing in Geomorphology*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam.

MANUSCRITO

Recebido em 29 de janeiro de 1985

Revisão aceita em 13 de novembro de 1985