

## EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DE TRECHOS DE ESCOAMENTOS FLUVIAIS

*Mario Grüne de Souza e Silva<sup>1\*</sup> & Geraldo Wilson Júnior<sup>1</sup>*

**Resumo** – Quando a massa de sedimentos que penetra num trecho dum escoamento for igual à massa que o deixa, no mesmo período de tempo, diz-se que o equilíbrio sedimentológico foi alcançado. Neste trecho, interferências naturais ou antrópicas podem ocorrer, tais como: formações de bancos de areia, praias, braços mortos e meandros, erosões, arrombamentos e derrocamentos, assoreamentos, geração de formas de fundo; com conseqüências expressivas para o Ecossistema. Os objetivos deste artigo abrangem: (i) a descrição do encadeamento entre os processos hidrodinâmicos, sedimentológicos e morfológicos em ambiente fluvial; (ii) a atualização e validação duma metodologia para os estudos hidrossedimentológicos numa bacia hidrográfica; (iii) a importância dos levantamentos topobatimétricos e das imagens de satélite; e (iv) a aplicação e validação da metodologia em sistemas fluviais brasileiros. Três casos são considerados: (1) Balanço sedimentológico do trecho da Ilha Ferradura, no Rio Paraguai. (2) Estimativa da batimetria do Reservatório “Morro Grande”, no Rio Preto, RJ, e (3) Evolução temporal dos bancos móveis de um trecho do Rio São Francisco. Os resultados mostraram que as análises periódicas, topobatimétricas e de imagens satélite, são ferramentas indispensáveis para as descrições qualitativa e quantitativa do movimento de sedimentos em escoamentos com superfície livre.

**Palavras-Chave** – Processos sedimentológicos e morfológicos, Levantamentos topobatimétricos, Sensoriamento remoto.

### MORPHOLOGICAL EVOLUTION OF FLUVIAL SEGMENT FLOWS

**Abstract** – Fluvial sedimentological equilibrium is reached when the sediment load discharging into a longitudinal segment equals the solid phase leaving that stretch. In such segments, natural and anthropogenic phenomena may occur, as for example, the formation of sand banks and beaches, erosion, mud slumps, silting, formation of meanders, oxbows, and riverbed configurations, with expressive ecosystem interferences. In this paper, the following are shown: (i) qualitative and quantitative descriptions of the hydrodynamic, sedimentological and morphological processes within a fluvial system; (ii) validation and modernization of the methodology for hydro-sedimentologic studies developed in Brazil; (iii) the importance of land, bathymetric, remote sensing surveying, and (iv) application and validation of this methodology in Brazilian fluvial systems. Three cases are outlined: (1) Sedimentological and morphological aspects of the Paraguay River in the “Pantanal of Mato Grosso State”. (2) “Morro Grande” bathymetry estimate of the “Preto” River Reservoir, in the state of “Rio de Janeiro”, using remote sensing analysis, and (3) Hydrodynamic, sedimentological and morphological aspects of a “São Francisco” River stretch, Brazil. Results showed that the periodic land, bathymetric and remote sensing surveys are indispensable tools for the qualitative and quantitative descriptions of the sediment movements in open channel flows methodology.

**Keywords** – Sediment and morphological processes, Land and bathymetric surveys, Remote sensing.

<sup>1</sup> Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Programa de Engenharia Oceânica. Área de Engenharia Costeira. Fones: (21) 2562 8755 - 8741. [mariosilva87@gmail.com](mailto:mariosilva87@gmail.com) ; [jrwilson@gmail.com](mailto:jrwilson@gmail.com)

## 1. INTRODUÇÃO

O início do movimento de sedimentos nos cursos d'água ou nas bacias hidrográficas, o seu transporte, dispersão e deposição, caracterizam os processos sedimentológicos. Destes surgem os processos morfológicos, que resultam de alterações nas características geométricas (1D, 2D ou 3D) dos escoamentos, devido a rupturas no equilíbrio dinâmico do movimento de sedimentos.

Quando os sedimentos do leito dum escoamento possuem características idênticas às dos que estão em movimento, o leito denomina-se aluvial. A forma e as dimensões dos sedimentos são determinadas por uma condição de equilíbrio entre a alimentação sólida a montante e a capacidade de transporte das vazões líquidas. Nestes trechos, o equilíbrio sedimentológico pode ser alcançado, dependendo da extensão do trecho e do período de tempo considerados (Wilson-Jr., 2009).

## 2. METODOLOGIA PARA O ESTUDO DO MOVIMENTO DE SEDIMENTOS EM ESCOAMENTOS FLUVIAIS

### 2.1. Tipos de movimentos de sedimentos em escoamentos com superfície livre

Os sedimentos são colocados em movimento ou tem seus movimentos alterados pela ação dos elementos naturais e pela intervenção do Homem, na calha do rio e na bacia hidrográfica, através de ações que se somam aos eventos naturais (Figura 1). Tem-se, então, dois tipos de movimento de material sólido nos escoamentos fluviais: (i) dos sedimentos originários da calha do rio, que se movimentam por arraste e/ou em suspensão; (ii) dos sedimentos originários da lavagem da bacia hidrográfica, conhecido como descarga de lavagem ou *wash-load*. Estes últimos são mais finos que os sedimentos do leito e se deslocam em suspensão, ao longo do rio, por grandes distâncias.

É possível que exista, dependendo do caso estudado, uma relação analítica, não-linear, entre a vazão líquida do rio e a descarga sólida dos sedimentos originários do leito, do tipo:

$$q_B = a \cdot q^{n_s} \quad (1)$$

onde  $q$  e  $q_B$  são as descargas líquida e sólida, por unidade de largura, através da seção transversal de medidas.  $a$  e  $n_s > 1$  são coeficientes positivos característicos do trecho, dos sedimentos do leito e das propriedades hidrodinâmicas do escoamento, durante o período de observação. Quanto às descargas dos sedimentos do tipo *wash-load*, estas são independentes da vazão líquida do rio. Elas se relacionam diretamente com o tipo e uso do solo da bacia hidrográfica (Wilson-Jr., 1999<sup>a,b</sup>; 2009).

Projetos de Engenharia que não fazem essa distinção, estão fadados a resultados imprecisos e desastrosos. Para se estimar as descargas sólidas dos trechos de rios, é fundamental conhecer as fontes e tipos de sedimentos que estão sendo transportados e dispersos. Antes de qualquer descrição quantitativa dos processos sedimentológicos e morfológicos vigentes num trecho de rio ou bacia hidrográfica, é imprescindível conhecê-los e descrevê-los, qualitativamente.

### 2.2. Etapas da Metodologia para o Estudo do Movimento de Sedimentos

Wilson-Jr. e Vukmirovic' (1980) têm se dedicado à elaboração duma metodologia sobre o movimento de sedimentos em corpos d'água. Atualmente, a metodologia utiliza, simultaneamente, medições hidrossedimentométricas, topobatimétricas, traçadores, Sensoriamento Remoto e SIG (Wilson-Jr, 2009). Considera-se que para a descrição do movimento de sedimentos em cursos d'água, são necessárias três etapas (Figura 2): (i) conhecimento da bacia hidrográfica; (ii) medições do movimento sólido num trecho representativo do escoamento, e durante a realização dessas medições; (iii) determinação das características hidrodinâmicas, sedimentológicas e hidro-meteorológicas desta parte da bacia.

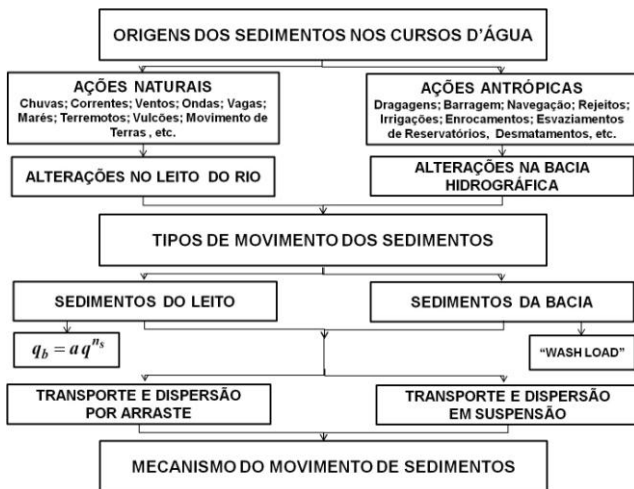


Figura 1. Origens e tipos de movimento dos sedimentos (Wilson-Jr., 2009)

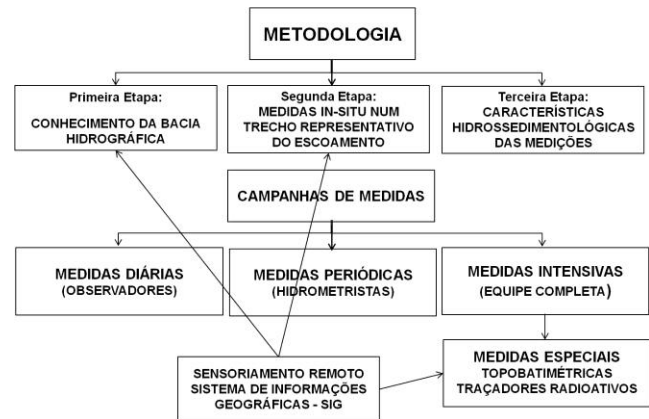


Figura 2. Movimento de sedimentos em escoamentos com superfície livre (Wilson-Jr., 1999<sup>a</sup>, 2009)

### 2.2.1. Primeira etapa: Conhecimento da Bacia Hidrográfica

O conhecimento da bacia hidrográfica envolve o levantamento de suas características físicas, bióticas e sócio-econômicas, trabalhos em escritório, no campo e a interação com especialistas e moradores ribeirinhos. Nesta etapa, as imagens de satélite são muito úteis, pois permitem identificar as características fixas e mutáveis da bacia hidrográfica, que condicionam o movimento sedimentar.

### 2.2.2. Segunda etapa: Campanhas de Medições na Natureza

Durante a primeira etapa escolhe-se o trecho representativo do escoamento. Quando este trecho não for imposto pelo projeto, recomenda-se que seja um trecho em equilíbrio hidrodinâmico e sedimentológico, e que se situe próximo de postos de medições em operação. Para a quantificação do movimento sólido neste trecho, são necessárias três campanhas de medições: (Wilson-Jr, 1999<sup>a</sup>):

- *Campanhas de medições diárias:* Consistem dos registros do nível d'água, da intensidade de chuva, de evaporação e da amostragem da mistura água-sedimento. A variação no tempo das propriedades do sedimento em suspensão é a resposta mais rápida do escoamento às interferências antrópicas na bacia hidrográfica. Sua coleta diária é essencial para evidenciar estas ações.

- *Campanhas periódicas de medições:* Devem ser realizadas em função das variações hidrometeorológicas. Consistem, entre outras, de medições de velocidade e cálculo da vazão líquida; monitoramento da erosão e assoreamento; amostragens de sedimentos de fundo, arraste e suspensão; levantamentos topobatimétricos, incluindo perfis longitudinais da linha d'água e do leito, marcas de cheias históricas e de inundação; e registro das formas de fundo.

- *Campanhas intensivas de medições:* Realizadas sob condições hidrológicas bem definidas: (i) durante o período das chuvas, quando se prevê maior produção de sedimentos, ou (ii) durante o período de águas médias, quando o movimento sólido é representativo das vazões geradoras do leito, e (iii) durante o período seco. Incluem levantamento topobatimétrico do trecho, registros das formas de fundo, medições especiais da descarga sólida do leito, interpretações supervisionadas de imagens satélites, e levantamentos topobatimétricos 3D da morfologia dos corpos d'água.

### 2.2.3. Terceira etapa: Características hidrometeorológicas durante as medições

As informações obtidas durante as campanhas de medidas, em especial durante as Campanhas de Medições Intensivas, são limitadas no tempo e a condições hidrometeorológicas bem definidas, que precisam ser bem conhecidas, para que os dados possam ser extrapolados.

### 2.3. Resultados das Campanhas de Medições

Com os dados da campanha de medições periódicas são obtidas relações analíticas entre as variáveis hidráulicas e sedimentológicas, válidas para o trecho representativo do rio. Os dados das campanhas diárias permitem que essas relações sejam aplicadas ou estendidas ao(s) ciclo(s) hidrológico(s) da série de medições. Mas, são os resultados das medições intensivas especiais que permitem verificar (calibrar) e validar as expressões e modelos obtidos.

A metodologia foi desenvolvida com o uso de traçadores radioativos e levantamentos topobatimétricos como medições especiais. Ela foi consolidada no trecho inferior do Rio Ivaí no Estado do Paraná (Wilson-Jr e Vukmirovic', 1980). Entretanto, como o uso de radioisótopos em escoamentos com superfície livre tem se restringido aos Institutos de Energia Nuclear, outros métodos têm sido cogitados para a medição direta dos movimentos dos sedimentos.

Atualmente, propõe-se a realização das seguintes medições e cálculos especiais, durante as campanhas intensivas de medidas: (i) Levantamentos topobatimétricos do trecho representativo; (ii) Estimativa da batimetria do trecho com uso de imagens de satélite de alta resolução; (iii) Evolução temporal da morfologia do trecho, com imagens de média e alta resoluções (Figura 2).

## 3. OBJETIVOS E ESTUDO DE CASOS

Os objetivos principais deste trabalho consistem em destacar: (1) o encadeamento dos processos hidrodinâmicos, sedimentológicos e morfológicos em ambiente fluvial; (2) a metodologia para os estudos hidrodinâmicos e sedimentológicos numa bacia hidrográfica; (3) a importância dos levantamentos topobatimétricos e das imagens satélite; (4) casos de aplicação e validação em rios brasileiros, das novas técnicas adotadas na metodologia.

Três casos são considerados para destacar a importância das técnicas especiais de medições do movimento de sedimentos: (i) Balanço sedimentológico do trecho da Ilha da Ferradura, no Rio Paraguai, MS. (2) Estimativa da batimetria do Reservatório "Morro Grande", no Rio Preto, RJ. (3) Evolução temporal dos bancos móveis dum trecho do Rio São Francisco, MG e BA.

## 4. BALANÇO SEDIMENTOLÓGICO DO TRECHO DA ILHA DA FERRADURA NO RIO PARAGUAI

Apresentam-se nas Figuras 3 e 4, os levantamentos batimétricos efetuados em 1974 e 1994, pela Marinha do Brasil, no trecho da Ilha da Ferradura na Hidrovia Paraná-Paraguai, MS (Wilson-Jr, 1999<sup>b</sup>). As mudanças morfológicas ocorridas no trecho foram quantificadas. Determinaram-se as taxas de erosão e de assoreamento, calculando-se a variação dos volumes de água e de sedimento entre os limites estabelecidos. Três métodos foram utilizados: Método das Linhas de Contorno; das Seções Transversais e o uso do Software Surfer (Wilson-Jr. e Andrade, 2000).

O **Método das Linhas de Contorno** consiste da determinação da área do espelho d'água correspondente a cada nível. Os valores das áreas são plotados em função da profundidade, como apresentado na Figura 5. Os volumes obtidos através da integração das curvas foram:  $V_{1974} = 4,04 \times 10^{-3} \text{ km}^3$  e  $V_{1994} = 4,61 \times 10^{-3} \text{ km}^3$ , ou seja, um aumento volumétrico igual a  $0,57 \times 10^{-3} \text{ km}^3$ .

O **Método das Seções Transversais** consiste em dividir o trecho do rio em seções, cujas áreas são plotadas em função da distância a uma seção de referência. Dos perfis longitudinais obtidos (Figura 6), distinguem-se os trechos de erosão e deposição de sedimentos, e determinam-se os volumes do trecho, os quais foram:  $V_{1974} = 4,15 \times 10^{-3} \text{ km}^3$  e  $V_{1994} = 4,99 \times 10^{-3} \text{ km}^3$ , com um aumento volumétrico igual a  $0,84 \times 10^{-3} \text{ km}^3$ .

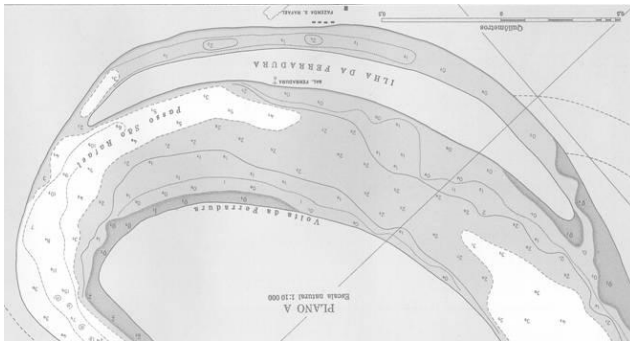


Figura 3 Levantamento batimétrico do Rio Paraguai, trecho da Ilha da Ferradura. Marinha do Brasil, 1974

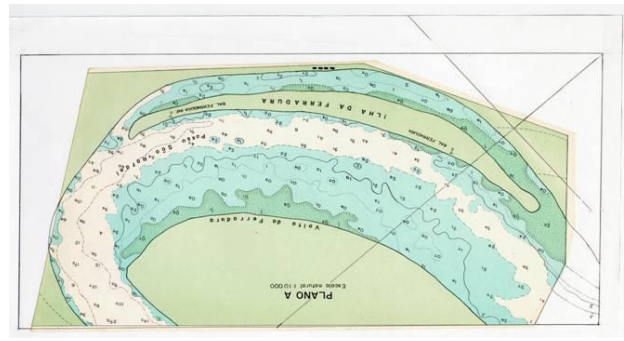


Figura 4 Levantamento batimétrico do Rio Paraguai, trecho da Ilha da Ferradura. Marinha do Brasil, 1994

O **Software Surfer** permite que se faça, com rapidez, os cálculos necessários à determinação do volume, além de fornecer diversas saídas gráficas. Adotou-se o método de interpolação Kriging, que incorpora anisotropia e um raio de alcance para as interpolações. Os resultados obtidos foram:  $V_{1974} = 3,80 \times 10^{-3} \text{ km}^3$ ;  $V_{1994} = 4,38 \times 10^{-3} \text{ km}^3$  e variação igual a  $0,58 \times 10^{-3} \text{ km}^3$ .

Os cálculos mostram que o trecho sofreu erosão entre os anos de 1974 e 1994. A taxa média de erosão, em  $\text{m}^3/\text{ano}$ , é igual ao aumento do volume de água do trecho dividido pelo número de anos do período. A taxa média encontrada foi igual a  $28.750 \text{ m}^3/\text{ano}$  (Wilson-Jr. e Andrade, 2000).

Das Figuras 3, 4 e 6, percebe-se que juntamente com o aprofundamento do leito do rio, no trecho a jusante, ocorreu, também, aumento dos bancos de areia a montante do braço direito que contorna a Ilha da Ferradura, e na parte convexa no centro do trecho. A taxa de assoreamento destas regiões foi calculada de forma semelhante à de erosão, obtendo-se o valor de  $7.300 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

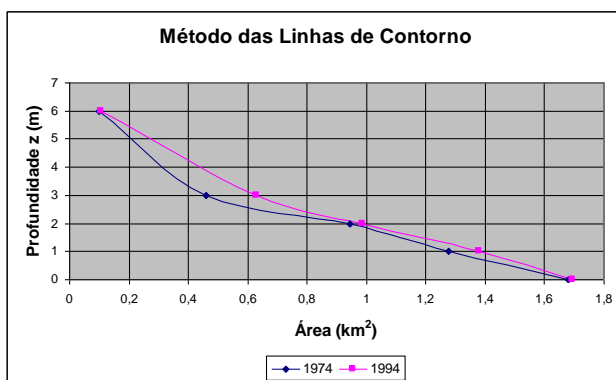


Figura 5. Áreas do espelho d'água em função do nível (Wilson-Jr e Andrade, 2000)

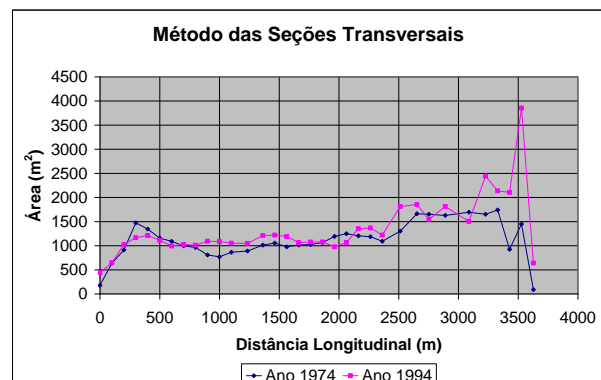


Figura 6. Perfis longitudinais no trecho da Ilha da Ferradura (Wilson-Jr e Andrade, 2000)

Comparando-se as taxas de erosão e assoreamento, conclui-se que nos 20 anos, o trecho da Ilha da Ferradura apresentou desequilíbrio sedimentológico, com erosão predominante. Entretanto, as conseqüências do assoreamento na entrada do braço direito da Ilha da Ferradura tem sido mais graves, pois dificultam a navegação e o acesso aos portos das fazendas situadas nesta margem.

## 5. ESTIMATIVA DA BATIMETRIA DO RESERVATÓRIO “MORRO GRANDE”, RJ

Borges (2004) utilizou o Sensoriamento Remoto para o estudo do assoreamento do reservatório Morro Grande, (volume  $\approx 3,0 \text{ km}^3$ ), no Estado do Rio de Janeiro, utilizando uma imagem IKONOS e os dados dum levantamento batimétrico, conjugados por meio do método de Krigagem Bayesiana.

Os resultados mostraram uma boa relação entre a imagem IKONOS e as medições batimétricas, sendo que o método de krigagem melhorou as estimativas obtidas através dos métodos de regressão estatística. A metodologia mostrou um grande potencial para ser aplicada: (i) na estimativa e monitoramento do assoreamento em cursos d'água e reservatórios; (ii) na gestão de dragagens de manutenção de escoamentos hidroviários, uma vez que os melhores coeficientes de correlação entre os valores oriundos da imagem e da batimetria foram obtidos para os trechos de menor profundidade, ou seja, trechos mais assoreados ou de baixios. A Figura 7 mostra a imagem IKONOS e, superposta, a batimetria estimada do reservatório, obtida a partir desta imagem e dos dados de campo.



Figura 7. Imagem IKONOS e batimetria estimada do Reservatório Morro Grande no Rio Preto, RJ (Borges, 2004)

## 6. EVOLUÇÃO TEMPORAL DE BANCOS MÓVEIS DO RIO SÃO FRANCISCO

### 6.1. Projeto de Irrigação Iuiú

O Projeto Básico de Irrigação Iuiú foi elaborado em 2000, para o desenvolvimento agrícola de 50.000 ha, localizados na foz do Rio Verde Grande, MG e BA. Previa-se captar 29,7 m<sup>3</sup>/s de água do Rio São Francisco, num dos maiores projetos brasileiros de irrigação. Na Figura 8, destacam-se o trecho de estudos, as seções das alternativas de tomada d'água e os bancos de sedimentos que foram analisados de 1985 a 2011. São indicados, também, os postos de medições hidrossedimentométricas de Manga (MG) e Carinhanha (BA). No período seco em que foram realizados os levantamentos de campo, a vazão medida foi de 1.045 m<sup>3</sup>/s, ou seja, a vazão do projeto representa 3% ou mais da vazão mínima local do Rio São Francisco.

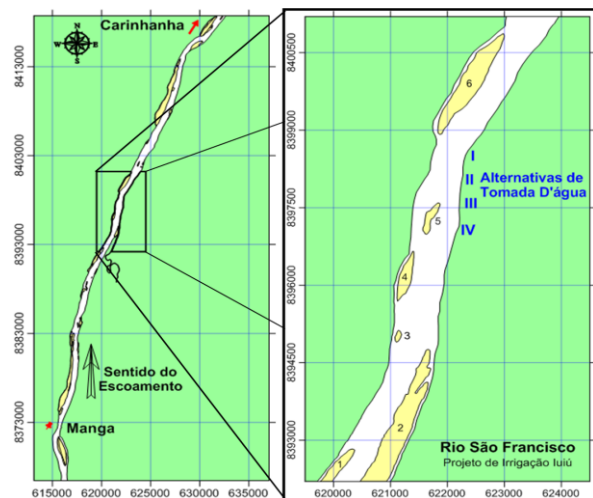


Figura 8. Trecho do Projeto de Irrigação Iuiú: localização das seções alternativas de tomada d'água e dos bancos de sedimentos (Silva e Wilson-Jr. 2012)

### 6.2. Bancos Móveis de Sedimentos

O trecho em estudo do Rio São Francisco apresenta seções transversais assimétricas e, devido às variações anuais de vazões líquidas ( $Q_{\min} \approx 1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{\max} \approx 12.000 \text{ m}^3/\text{s}$ ), surgem variadas formas de fundo, ilhas e bancos de sedimentos. Durante a seca, os bancos móveis de sedimentos ficam emersos, possibilitando aos moradores ribeirinhos, pequenos cultivos de subsistência. Com a chegada das águas, o nível do rio se eleva, inunda e lava as plantações, modifica os bancos e ilhas, retira e deposita sedimentos, fertiliza o solo, esculpe as margens e cria novas formas de fundo.

Em julho de 2000, foram observados *in-situ* três bancos de sedimentos: Bancos 2, 4 e 6, enumerados na Figura 8, de montante para jusante. Com o uso de Sensoriamento Remoto, constataram-se no período de 1985 a 2011, três outros: Bancos 1, 3 e 5. A análise da evolução temporal destes seis bancos estão sendo estudadas por Silva e Wilson-Jr., 2012.

### 6.3. Uso da Técnica de Sensoriamento Remoto

O estudo da evolução morfológica do trecho do Rio São Francisco iniciou-se com a análise de imagens de satélite LANDSAT-5 TM, com resolução espacial de 30 m, disponibilizadas pelo INPE. A primeira fase do trabalho, denominada Validação das Imagens, consistiu em verificar se a resolução da imagem satélite seria suficiente para reproduzir os contornos das margens e bancos do Rio São Francisco, determinados no campo com equipamento GPS, cuja precisão variou de 1,0 a 3,0 m. A discrepância máxima entre as áreas foi inferior a 7%, portanto, adequado ao estudo.

### 6.4. Comportamento Morfológico dos Bancos de Sedimentos

Para se avaliar a evolução da morfologia do trecho do Projeto Iuiú, foram utilizadas 26 imagens de satélite, representativas da estação seca ( $Q \approx 1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ ), obtidas durante o período de 1985 a 2011, em datas (dia e mês) próximas às do levantamento de campo. Somente o ano de 2002 não foi considerado, por não ter apresentado uma imagem LANDSAT-5 adequada. Após as fases iniciais de tratamento de imagens, ou seja, georreferenciamento, redimensionamento, digitação dos contornos, foram analisadas as formas e posições dos bancos e ilhas, durante estes 27 anos.

O valor estimado do assoreamento no período de 1985 a 2011 foi de 7,70 %. O assoreamento do trecho do Rio São Francisco fica evidente quando se analisa as variações temporais da área emersa de cada um dos bancos de sedimentos. A Figura 9, ao lado, mostra as variações anuais das áreas dos seis bancos. A apresentação dos bancos foi feita em ordem crescente de valores de áreas secas em relação à área total do trecho de estudo, de modo que os maiores valores ficassem no fundo da figura e não escondessem os bancos menores.

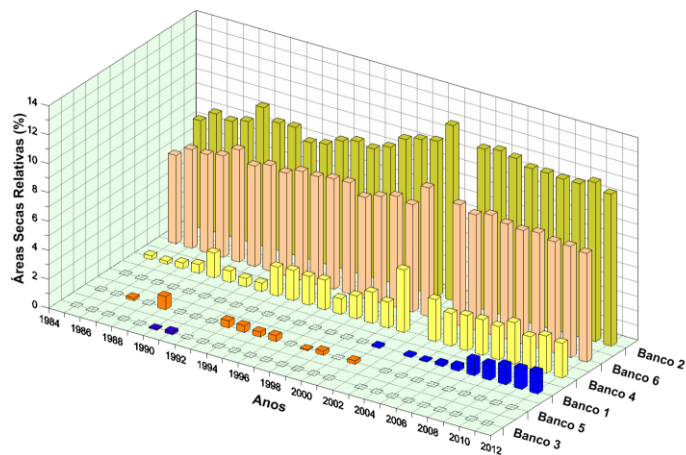


Figura 9. Evoluções dos bancos de sedimentos do trecho do Rio São Francisco de 1985 a 2011. (Silva e Wilson-Jr., 2012)

Constataram-se que os Bancos 2, 4 e 6 da Figura 8 são permanentes e estiveram presentes em todas as 26 imagens. O Banco 1 também pode ser considerado permanente, embora só tenha alcançado o trecho do Projeto Iuiú, no ano 2001. Desde então, assim como o Banco 2, tem se prolongado para jusante. Os Bancos 3 e 5 representam depósitos móveis intermitentes, comuns em rios brasileiros, os quais surgem durante alguns anos após as cheias, mas que são erodidos gradualmente durante os períodos de níveis baixos d'água. O Banco 3 só esteve presente durante os anos de 1990 e 1991, já o Banco 5 surgiu durante os anos de 1987, 1989, de 1993 a 1996, novamente em 1998, 1999 e 2001. Um grande desafio, e, conseqüentemente uma grande motivação consiste em explicar, analiticamente, as evoluções e desaparecimentos destes bancos.

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este artigo mostra que medições especiais topobatimétricas e as técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG permitem a calibração e validação dos modelos qualitativos e quantitativos do movimento de sedimentos em escoamentos com superfície livre.

As evoluções morfológicas da calha do Rio Paraguai, no trecho da Ilha da Ferradura, foram determinadas, comparando-se curvas topobatimétricas obtidas durante um intervalo de 20 anos. Os

resultados mostraram que o trecho não se encontra em equilíbrio sedimentológico, e que a erosão é predominante, estimada em 28.750 m<sup>3</sup>/ano. Embora a taxa de deposição tenha sido somente de 7.300 m<sup>3</sup>/ano, ela se localizou nos acessos às fazendas ribeirinhas, dificultando a navegação e a logística comercial agrícola e pecuária da região.

O estudo realizado no Reservatório Morro Velho, no Rio Preto, mostra que é possível utilizar informações de Sensoriamento Remoto de alta resolução (imagem IKONOS, por exemplo) para a estimativa de profundidades inferiores a 10,0 m, num corpo d'água.

O estudo realizado no Rio São Francisco, mostrou que as Imagens de Satélite LANDSAT-5 TM podem ser utilizadas para o estudo da evolução temporal morfológica dum trecho de rio. Elas foram utilizadas para descrever as evoluções, durante 27 anos, de bancos de sedimentos e margens dum trecho fluvial navegável de 10 km.

Em vista dos resultados alcançados, recomenda-se, juntamente com as medições hidro-sedimentométricas clássicas, o uso de técnicas topobatimétricas e de Sensoriamento Remoto, como apresentado na Figura 2, para: (i) o Conhecimento da Bacia Hidrográfica, e (ii) como medições especiais dos Processos Sedimentológicos e Morfológicos em escoamentos com superfície livre.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PENO/COPPE/UFRJ, CAPES, FAPERJ, INPE e CNPq, pelos apoios institucional e financeiro recebidos, sem os quais não teria sido possível a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

### a) Livro

BORGES, F.S.P. (2004). *Estimativa de Batimetria Utilizando Sensoriamento Remoto e Krigagem Bayesiana. Estudo de Caso: Reservatório Morro Grande, Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado em Ciências em Engenharia Civil. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 294 p., Brasil.

VIEIRA DA SILVA, R.C. e WILSON-JR, G. (2005). *Hidráulica Fluvial Vol. II*. Ed. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 255 p., Brasil.

### b) Artigo em anais de congresso ou simpósio

SILVA, M.G.S. e WILSON-JR., G. (2012). Evolução temporal dos bancos móveis de um trecho do Rio São Francisco com uso de sensoriamento remoto. *X ENES*. Foz do Iguaçu, Brasil.

WILSON-JR., G. (1999<sup>a</sup>). Estudo do movimento sedimentar em escoamentos com superfície livre. *XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

WILSON-JR., G. e ANDRADE (2000). Variações morfológicas e sedimentológicas do trecho da Ilha da Ferradura, no Rio Paraguai. *IV ENES*. Santa Maria, Brasil.

WILSON-JR., G. (2009). Evolução morfológica de trechos hidroviários. *6º Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior*. SOBENA. Rio de Janeiro, Brasil.

WILSON-JR., G. e VUKMIROVIC', V. (1980). Sediment transport on the Ivai river, Brazil. *Symposium on River Engineering and its Interaction with Hydrological and Hydraulic Research*. IARH, Belgrade, Yugoslavia.

### c) Relatório técnico

WILSON-JR., G. (1999<sup>b</sup>). *Movimento de sedimentos no Rio Paraguai durante o período de seca*. Relatório de Viagem de Cáceres (MT) a Porto Murtinho (MS). COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.

WILSON-JR., G. (2000). *Estudos hidráulicos e sedimentológicos referentes às alternativas de tomada d'água do Rio São Francisco para o Projeto de Irrigação Iuiuú*. Fundação COPPETEC/PENO-1825/UFRJ. Vol. 1, 198 p. il. Rio de Janeiro, Brasil.