

## APORTE DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NO BAIXO RIO SÃO FRANCISCO (SE/AL), EM DIFERENTES CONDIÇÕES HIDROLÓGICAS

Medeiros, P. R. P.<sup>1</sup>; Souza, W. F. L.<sup>2</sup>; Knoppers, B. A.<sup>3</sup>; Lima, L. L.<sup>4</sup>

1-IGEDMA/LABMAR/UFAL, Maceió (AL), paulopetter\_@hotmail.com, 2-LAQAM -, Rio de Janeiro (RJ), wflsouza@int.gov.br, 3 - P.P.G. em Geociências IGEO/UFF, Niterói (RJ) geoknop@geoq.uff.br, 4-PBIC-UFAL, Maceió (AL), lucianoll\_@hotmail.com

### RESUMO

Em razão do sistema de barragens em cascata, o rio São Francisco sofreu vários impactos comuns a outros rios barrados como a retenção de sedimentos e redução da magnitude e da pulsação natural da vazão. Neste estudo, as concentrações e fluxos de sedimentos em suspensão foram avaliados em três anos hidrológicos distintos com eventos extremos de seca (2001) e enchentes (2004 e 2007) ao Baixo curso do rio São Francisco. O evento de seca foi distribuído ao longo de toda a bacia e proporcionou baixas concentrações (< 5 mg/L) e fluxos ( $0,2 \times 10^6$ t/ano) de sedimentos em suspensão devido às baixas vazões e a eficiente retenção de materiais pelas barragens. Já os eventos de cheias tiveram origem das vazões e dos sedimentos em suspensão distintas, com maiores concentrações (até 490mg/L) e fluxos ( $7,7 \times 10^6$ t/ano) quando as chuvas e as vazões reguladas pelas barragens tiveram origem na região do Baixo Rio São Francisco em comparação aos valores, (até 25 mg/L) e fluxos ( $1,1 \times 10^6$ t/ano), resultantes no evento em que houve uma maior contribuição das chuvas e vazões reguladas originárias no Alto e Médio São Francisco. Estes resultados exemplificam o potencial máximo de recarga das concentrações e fluxos de sedimentos em suspensão pela bacia do baixo rio São Francisco.

**Palavras chave:** Barragens, Descarga de Água Doce, Fluxos de Sedimentos em Suspensão, Eventos Extremos.

### INTRODUÇÃO

A concentração de material em suspensão de um rio é controlada por diversos fatores naturais da bacia hidrográfica, dentre os quais destacam-se : a geologia, geomorfologia, pedologia, cobertura vegetal natural, uso do solo e fatores climáticos, dentre outros. No entanto, as pressões antrópicas têm progressivamente aumentado. Segundo MILLIMAN (1991), os rios contribuem com aproximadamente 70 % do aporte total mundial de sedimentos para o oceano. Estimativas dos fluxos globais de sedimentos estão na ordem de  $18 \times 10^9$  toneladas/ano. Englobam a contribuição através dos grandes rios mundiais mais estudados, mas em geral negligenciam ou super/subestimam os aportes de aproximadamente 20.000 rios de médio e pequeno porte pela escassez de informações (MILLIMAN & SYVITSKY, 1992). Este estudo quantifica o aporte fluvial de sedimentos em suspensão durante eventos climáticos extremos de seca, 2001, e de enchentes, anos de 2004 e 2007, que geraram diferentes fontes e magnitudes no suprimento de sedimentos em suspensão e plumas estuarinas distintas.

### MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo, foram realizadas amostragens nos anos de 2001, 2004 e 2007, com periodicidade mensal para a determinação das concentrações e aportes de sedimentos em suspensão em uma estação fixa próxima à ponte rodoviária (Fig. 1) entre as cidades de Propriá (SE) e Porto Real do Colégio (AL) (Lat.  $10^{\circ}12'S$  e Long.  $36^{\circ}49'W$ ). A estação é localizada 80 km a montante da foz do rio São Francisco e a 140 km à jusante da UHE Xingó (CHESF) e representa a estação fluviométrica de Própria (SE), 49705000 da ANA, cujos dados foram utilizados neste estudo.

Dados da precipitação em estações pluviométricas localizadas nos setores Alto (São Romão, cód.: 01645000), Médio (Morpará, cód.: 01143002), Sub-Médio (Juazeiro, cód.: 00940024) e Baixo (Piranhas, cód.: 00937023) da bacia do rio São Francisco foram obtidos junto à ANA (<http://www.ana.gov.br>) para avaliar a influência da distribuição da precipitação sobre a produção de sedimentos e a formação da pluma estuarina.

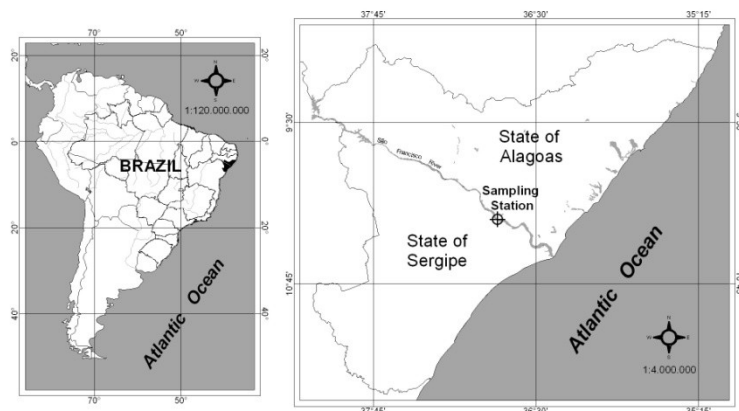


Figura 1: Localização da estação de amostragem

As coletas de amostras de água para análise de material em suspensão foram realizadas em 4 setores. Estes setores foram escolhidos baseados no estudo de MEDEIROS et al. (2007) sobre as vazões em um perfil transversal realizado na mesma estação. As amostras foram coletadas com garrafa de coleta tipo Van Dorn de acrílico, em sub-superfície (em torno de 20 centímetros abaixo da linha de água). Os nutrientes inorgânicos dissolvidos (nitrito, nitrito, amônia, fosfato e sílica) segundo STRICKLAND & PARSONS (1972).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fluxos mensais de sedimentos em suspensão foram de  $18 \pm 9 \times 10^3$  t/mês no ano de 2001 (concentração média de 4,8mg/L), esta pequena variabilidade é condizente com os parâmetros de operação do sistema de barragens e com as vazões oscilando na ordem de  $1.200\text{m}^3/\text{s}$  a  $2.000\text{m}^3/\text{s}$ . Este período é representativo da pequena entrada de água doce no sistema e da baixa produção e elevada retenção de sedimentos em suspensão, com níveis dos reservatórios e vazões defluentes gradativamente menores. O ano de 2004 teve fluxos variando em até duas ordens de grandeza ao longo do ano, em janeiro-fevereiro os fluxos alcançaram magnitudes de 1 a  $7 \times 10^6$  t/mês (concentração de média de 369mg/L), de março a maio os valores foram na ordem de  $1 \times 10^5$  t/mês (concentração de média de 25mg/L), e de junho a agosto na ordem de  $0,5 \times 10^5$  t/mês (concentração de média de 13mg/L) e de setembro-dezembro na ordem de  $0,15 \times 10^5$  t/mês (concentração de média de 3mg/L). Este comportamento em diferentes estágios representa o primeiro estágio onde a vazão e a produção de sedimentos originadas no Sub-Médio e Baixo São Francisco ultrapassaram a capacidade de retenção dos reservatórios de menor porte ( $\Sigma = 15,8\text{Km}^3$ ) e as de chuvas torrenciais (i.e 254mm em janeiro, na estação de Piranhas) à jusante de Xingó promoveram a uma eficiente lavagem, produção e transporte de sedimentos à foz. O segundo e terceiro estágio evidenciam os reservatórios ainda com níveis altos, mas gradativamente menores, com vazões defluentes menores para o aproveitamento do potencial hidráulico e teores de sedimentos em suspensão em decréscimo devido à sedimentação. Sendo o quarto estágio representativo da inflexão na curva de operação para a recuperação dos níveis dos reservatórios com águas de menores teores de sedimentos em suspensão. No ano de 2007, o período inicial de janeiro foi caracterizado ainda pela recuperação dos níveis dos reservatórios com águas provenientes do Alto e Sub-Médio São Francisco e com baixos teores de sedimentos em suspensão (1,4mg/L) devido à retenção ao longo do sistema e resultando em baixos fluxos na ordem de  $10 \times 10^3$  t/mês. No segundo estágio, fevereiro-abril, os fluxos alcançaram valores na ordem de  $2,9 \times 10^5$  t/mês (concentração de média de 23mg/L), onde a vazão e a produção de sedimentos originadas no Alto e Sub-Médio ultrapassaram a capacidade de retenção dos reservatórios de todo o sistema ( $\Sigma = 70,9\text{Km}^3$ ) resultando em maiores vazões, mas que tiveram suas concentrações de sedimentos em suspensão eficientemente retidas. O terceiro estágio, maio-julho, com fluxos na ordem de  $37 \times 10^3$  t/mês (concentração de média de 6mg/L) representa os reservatórios ainda com níveis altos, mas gradativamente menores, com vazões defluentes menores para o aproveitamento do potencial hidráulico e teores de sedimentos em suspensão em decréscimo devido à sedimentação. O quarto estágio, agosto- dezembro, com fluxos na ordem de  $19 \times 10^3$  t/mês (concentração de

média de 3 mg/L) é representativo da inflexão na curva de operação para a recuperação dos níveis dos reservatórios com águas de menores teores de sedimentos em suspensão.

A análise da distribuição mensal dos fluxos de sedimentos em suspensão, em conjunto com as vazões dos anos de estudos, demonstra os maiores aportes em 2004, governados pelos meses de janeiro e fevereiro (> 90%), do que em 2007, governado pelos meses de fevereiro-abril (~ 80%), e uma ordem de grandeza superior ao fluxo do ano de 2001. O fator determinante ao aumento no aporte foi a produção de sedimentos expressa pelas concentrações de sedimentos em suspensão. Mesmo as maiores vazões do ano de 2007 não foram capazes de produzir aportes de sedimentos superiores aos do ano de 2004 (i.e fev/2004  $Q = 4.612\text{m}^3/\text{s}$  e  $Q_s = 6,1 \times 10^6\text{t}/\text{mês}$ ; fev/2007  $Q = 6889\text{m}^3/\text{s}$  e  $Q_s = 4,5 \times 10^5\text{t}/\text{mês}$ ). Já o ano de 2001 apresentou fluxos de sedimentos em suspensão extremamente baixos, onde o fluxo anual ( $Q_s = 2,16 \times 10^5\text{t}/\text{ano}$ ) foi ligeiramente inferior ao valor do dia 12/02/2004 ( $Q_s = 2,17 \times 10^5\text{t}/\text{dia}$ ). Estes resultados corroboram o potencial de produção e exportação de sedimentos quando da ocorrência de eventos extremos de precipitação na porção inferior da bacia do rio São Francisco e a limitação nesta produção quando em períodos secos ou de eventos de precipitação elevada na porção superior da bacia como resultado da atenuação das concentrações pelo sistema de barragens em cascata. Quando comparados aos estudos pretéritos, em especial as determinações de MILLIMAN (1975), observa-se a drástica redução dos rendimentos da bacia para os sedimentos em suspensão em torno de uma ordem de grandeza, de valores em torno de  $10\text{t}/\text{Km}^2.\text{ano}$  para valores inferiores a  $1\text{t}/\text{km}^2.\text{ano}$  para o período antes da instalação da maior parte das barragens e após a instalação destas.

## CONCLUSÕES

O rio São Francisco sofreu grande redução das descargas de água doce e nos aportes de sedimentos em suspensão nos últimos 30 anos. A ocorrência de eventos climáticos de secas e cheias promoveu a oportunidade da avaliação do impacto da operação do sistema de barragens em cascata em suas condições mínimas,

## AGRADECIMENTOS

A Projeto Instituto do Milênio Estuários CNPq/MCT, Proc. No. 420.050/2005-1, e ao INCT-TMCOCEAN (CNPq- Proc. 53.601/2008-9), CHESF.

## REFERÊNCIAS

- MEDEIROS, P.R.P.; KNOPPERS, B.A.; SANTOS JUNIOR, R.C.; SOUZA, W.F.L. (2007) Aporte fluvial e dispersão da matéria particulada em suspensão na zona costeira do estuário do rio São Francisco (SE/AL). *Geochimica Brasiliensis* 21(2)209-228.
- MILLIMAN, J. D. (1975) A Synthesis. In: Upper continental Sedimentology, Stuttgart, v. 4, p. 151-175
- MILLIMAN, J.D. & SYVITSKI, J.P.M. (1992) Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *Journal of Geology* 164.
- SOUZA, W.L.F & KNOPPERS, B. (2003) Fluxos de água e sedimentos a costa leste do Brasil: relações entre a tipologia e as pressões antrópicas. *Geochim. Brasil.*, 17(1)057-074.
- STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, T. R. (1972) *A practical handbook of seawater analysis*. Bulletin Fisheries Research Board of Canada, 167p.