

APORTE ANUAL DO MATERIAL EM SUSPENSÃO E SUA DISPERSÃO NA ZONA COSTEIRA DO RIO SÃO FRANCISCO (SE/AL)

Paulo R. P. Medeiros¹; Bastiaan A. Knoppers²; Rivaldo C. dos Santos Júnior³; Weber F.L. de Souza².

¹ D. Sc. em Geociências, Área de Geoquímica Ambiental, Departamento de Geografia CCEN/UFAL, LABMAR/UFAL, Rua Aristeu de Andrade, 452 - Maceió, CEP. 57021-090, Phone: +55 82 355-9174. e-mail: prpm@fapeal.br

² D. Sc. em Ciências Naturais, Área de Ciências Marinhas, Programa de Pós-graduação em Geociências IGEO/UFF, e-mail: geoknop@geoq.uff.br

³ Bel. em Geografia, Programa de Pós-graduação em Análise Ambiental - GEM/UFAL, Bolsista CNPq - Instituto Xingó, e-mail: rivaldocoutojr@hotmail.com

⁴ D. Sc. em Geociências, Área de Geoquímica Ambiental, Programa de Pós-graduação em Geociências IGEO/UFF, e-mail: wfls@hotmail.com

RESUMO

São apresentadas partes dos resultados sobre a carga fluvial e o comportamento de matéria em suspensão na zona de mistura estuarina da foz do Rio São Francisco (SE/AL), após a construção da barragem do Xingó em 1994. Os estudos foram realizados durante o período de 2000 a 2002, com amostragem mensal na estação fluviométrica de Própria (SE) e coleta de amostras de superfície ao longo de transectos desde o estuário as águas da plataforma continental. A carga fluvial atual de material em suspensão atingiu $2,28 \times 10^5$ t/ano, indicando redução quando comparado com estudos anteriores de Milliman (1975) e Santos (1993), com 69×10^5 t/ano e 21×10^5 t/ano. O material em suspensão comportou-se de maneira predominantemente não conservativa na região de mistura estuarina, apresentando um ganho de material, principalmente na região rasa deposicional do pro-delta dominada pelo regime de alta energia de ondas. Análise de imagens de satélite junto com o baixo aporte fluvial, demonstraram que a matéria em suspensão da pluma costeira, é oriunda da re-suspensão de sedimentos do pro-delta e da erosão costeira. O empobrecimento da matéria em suspensão do Rio São Francisco é fruto da retenção pelas barragens construídas ao longo do rio.

ABSTRACT

This work presents part of the study results (load of suspension material, dissolved inorganic nutrients, chlorophyll *a* and salinity). That has been carried out in the São Francisco river and related adjoining coastal region, during the period 2000 – 2002. The current results of the load of suspension material of about $2,28 \times 10^5$ t/year, when compared with previous studies by Milliman (1975) and Santos (1993), respectively 69×10^5 t/year e 21×10^5 t/year, indicate significant reduction in the annual load of material in suspension of the São Francisco river. The material in suspension behaved predominantly in non-conservative manner in the estuarine mixture region, leading to an increase in the suspension material. The results that have been mix diagrams and analyses of satellites images of the mouth of the São Francisco river demonstrated that the plume related to the mouth of the river in question doesn't behave as a typical fluvial plume. It's consisting of a plume resulting for the re-suspension of the sediments of the pro-delta and for coastal erosion. The impoverishment of the material in suspension of the River São Francisco is fruit of the retention for the barrages constructed to the long one of the river.

Palavras-Chave: material em suspensão, estuário do rio são francisco, ressuspensão.

1. INTRODUÇÃO

Os rios transportam materiais resultantes da erosão continental em direção aos estuários e oceanos. De uma forma geral os rios contribuem com aproximadamente 70 % do aporte total mundial de sedimentos para o oceano, sendo que a contribuição sedimentar dos rios pode variar com mudanças climáticas, erosão e construção de reservatórios (Milliman, 1991).

O rio São Francisco nasce no estado de Minas Gerais, na Serra da Canastra, numa altitude de 1.600 metros. Desloca-se em grande parte no semi-árido do Nordeste, tendo uma grande importância regional dos pontos de vista ecológico, econômico e social. Atualmente, o rio São Francisco, é utilizado para o aproveitamento hidroelétrico, irrigação, navegação, suprimento de água, pesca e aqüicultura.

A área da bacia em estudo abrange parte dos territórios dos seguintes estados: Minas Gerais, Bahia, Pernambuco,

Sergipe e Alagoas. A mesma está compreendida entre as latitudes de 7° e 21° S e longitudes de 35° e 47° W.

O rio São Francisco, considerando-se a área de sua bacia hidrográfica, na ordem de 10^5 Km², enquadra-se na tipologia de rios de médio a grande porte. O rio São Francisco é um exemplo de rio de médio porte, que tem recebido pouca atenção quanto a estimativas do aporte fluvial de material em suspensão na zona costeira. Embora existam registros de vazão ao longo de seu percurso desde 1936, o material em suspensão foi esporadicamente medido nos trabalhos de Milliman (1975) referente ao ano hidrológico de 1970, e Santos (1993), referente ao ano hidrológico 1984-1985.

Este trabalho faz parte do estudo realizado pelo Subprojeto 1.1.B - Determinação da carga de nutrientes do rio São Francisco na região de sua foz (Medeiros, 2003), no âmbito do Projeto GEF São Francisco (ANA, GEF, PNUMA, OEA), visando o Gerenciamento integrado da Bacia do rio São Francisco e sua zona costeira.

O trabalho ora apresentado tem como objetivos a determinação da carga atual de material em suspensão do rio São Francisco, comparação dessa carga com dados pretéritos e o comportamento do material em suspensão durante a mistura estuarina e nas águas costeiras.

2. METODOLOGIA

As amostragens no ambiente fluvial, com objetivo de medição da carga de material em suspensão foi realizada na ponte rodó-ferroviária (Figura 1), localizada entre as cidades de Propriá (SE) e Porto Real do Colégio (AL). As vazões utilizadas para o cálculo das cargas foram fornecidas pela CHESF. O peso do material em suspensão foi determinado segundo Strickland & Parsons (1972).

Para calcular a carga do material em suspensão a seção foi dividida em quatro setores, em função das contribuições relativas diferenciadas ao fluxo total. Os coeficientes da vazão que descrevem a fração da contribuição de cada setor para a vazão total demonstram que o setor I responde por aproximadamente 50 % da vazão total, sendo que os setores II, III e IV que respondem por em torno de 30%, 15% e 5 % da vazão total.

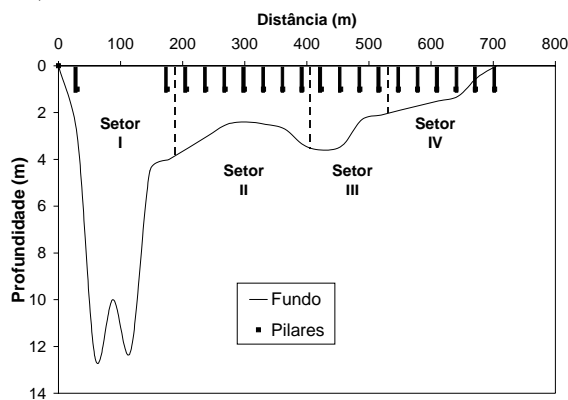


Figura 1 - Representação esquemática da estação de monitoramento entre Propriá (SE) e Porto Real do Colégio (AL).

F_m é o fluxo do material m , Q é a vazão, e a_i e C_i representam a concentração do material m e o coeficiente da vazão nos setores i de I a IV.

Devido às diferenças de contribuições, anteriormente determinadas, de cada setor na vazão e conseqüentemente no fluxo, a vazão foi ponderada gerando fluxos ponderados. Após a obtenção do fluxo ponderado de cada setor, se fez o somatório dos 4 setores, chegando-se dessa forma no fluxo total da transversal. Esse processo é representado na expressão abaixo.

$$F_m = Q \sum_{i=1}^4 a_i C_i \quad (1)$$

Onde,

F_m = fluxo momentâneo do material m

Q = vazão (m^3/s)

a_i = coeficiente da vazão nos setores i de 1 até N

C_i = concentração do material m

Uma vez determinado o fluxo momentâneo do material m , o qual é assumido como média mensal, em razão de não se ter mais observações, estimaram-se as cargas as diárias do material m (toneladas/dia), segundo a expressão abaixo:

$Q_m = 0,0864 F_m$, aonde Q_m é a carga diária expressa em toneladas

A carga total mensal é obtida pela multiplicação da carga diária Q_m pelo número de dias do mês em questão.

O comportamento do material em suspensão durante a mistura estuarina foi determinado a partir da análise de diagramas de mistura (Figura 2).

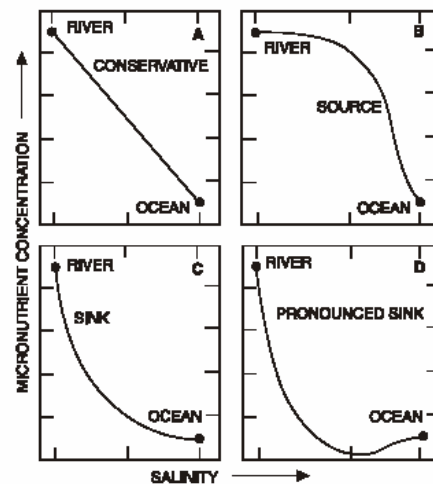


Figura 2 - Diagramas de mistura com esquemas conceituais do comportamento conservador e não conservador de matéria em função da linha teórica de diluição ideal (A).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Carga de material em suspensão

No período estudado, uma estiagem provocou a crise de energia elétrica de maio de 2001 a fevereiro de 2002 (Figura 3). Essa estiagem provocou redução em 30% da vazão do rio São Francisco, regularizada pela barragem Xingó em torno de $2000 m^3/s$.

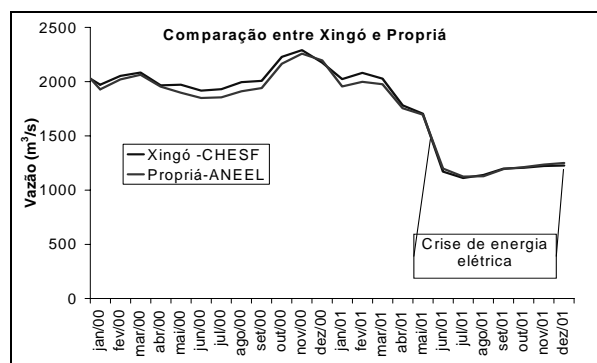


Figura 3 - Comparação das vazões médias mensais fornecidas para a estação de Propriá para o período de estudo de monitoramento.

Os fluxos de material em suspensão (Figura 4) apresentaram, ao longo do período de amostragem, um comportamento que reflete a operação da UHE Xingó nos estágios pré-crise de energia elétrica, crise de energia elétrica e recuperação dos reservatórios. O valor mínimo de fluxo ocorreu no mês de outubro (período de crise) de 2001 ficando em torno de 8000 ton/mês. Já os valores máximos ocorreram nos meses de fevereiro e março de 2002 (período de recuperação), ficando próximos a 48.000 ton/mês.

No estágio pré-crise de energia elétrica, os fluxos de MS, apresentam um comportamento crescente com um máximo local em abril de 2001. Esse comportamento bem diferenciado entre o período de crise (perda) e recuperação (ganho) impediu uma clara relação entre a vazão e material em suspensão, impossibilitando a criação de uma curva chave, relacionando vazão x material em suspensão.

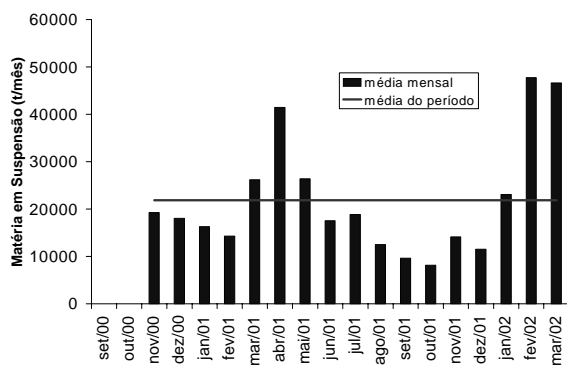


Figura 4 - Fluxos (cargas) mensais do material em suspensão e média do período

A partir de Maio de 2001, quando os reservatórios começaram a apresentar níveis críticos, a crise de energia elétrica se estabelece criando um novo estágio de baixos fluxos e vazões até Dezembro de 2001. No período de recuperação, Janeiro a Março de 2002, os fluxos de material em suspensão se elevam a níveis superiores ao período pré-crise.

Com relação à carga anual de material em suspensão (Tabela 1), esta sofreu forte redução ao longo do tempo, estando associada à construção de diversas barragens no rio São Francisco.

Tabela 1 - Comparação da carga de material em suspensão encontrada com estudos anteriores disponíveis

Variável	Medeiros (2003) t/ano	Santos (1993) t/ano	Milliman (1975) t/ano
MS	$2,28 \times 10^5$	21×10^5	69×10^5

3.2 Comportamento do material em suspensão na região estuarina

A concentração de material em suspensão na fonte fluvial variou inicialmente de 3 mg/l a 10 mg/l, enquanto que na região de mistura chegou a atingir valores superiores a 30mg/l. O material em suspensão caracterizou-se

por exibir um comportamento não conservativo em relação a salinidade, com ganho expressivo na zona de arrebenção do pró-delta, localizada entre as fontes fluviais e marinhas.

Isso é evidenciado quando se analisa a Figura 5, na qual são apresentados os resultados de material em suspensão de todas as coletas agrupadas. Já na Figura 6, com o objetivo de melhor detalhamento do comportamento do material em suspensão em relação à salinidade são apresentados os resultados da coleta realizada no dia 12/11/00 para transecto de ida e volta.

Observou-se um grande aumento de material em suspensão, geralmente entre a salinidade de 1 a 25 correspondendo a uma região de elevada turbulência e turbidez. No entanto, não foi identificada uma região específica de turbidez máxima associada diretamente a salinidade. Em determinadas situações (Figuras 5 e 6) observou-se elevados teores de material em suspensão em águas bastante salinas.

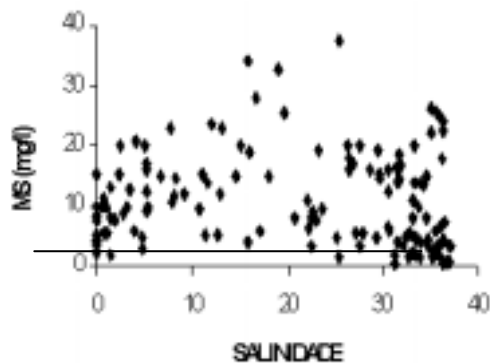


Figura 5 - Comportamento do material em relação à salinidade das coletas agrupadas.

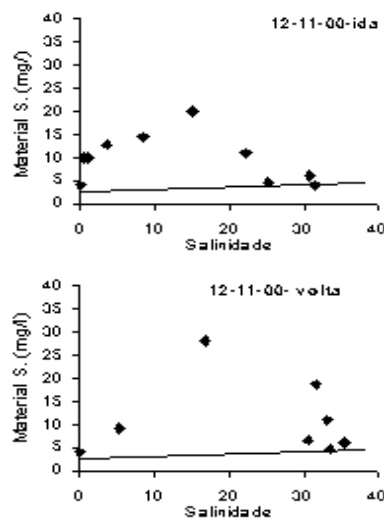


Figura 6 - Comportamento do material em suspensão em relação à salinidade, das coletas isoladas com os transectos de ida e volta. A reta exemplifica a linha teórica ideal de diluição entre a fonte fluvial e marinha.

4. CONCLUSÕES

Concomitantemente a redução da vazão ocorreu grande diminuição do aporte do material em suspensão do rio São Francisco, evidenciado pela comparação dos dados atuais com estudos anteriores. O material em suspensão comportou-se de maneira predominante não conservativo, ocorrendo um ganho durante a mistura estuarina. Isso ocorreu em razão da forte turbulência graças à elevada hidrodinâmica e o regime de alta energia de ondas desta região.

Dessa forma, a pluma de sedimentos na foz do rio São Francisco não é uma pluma fluvial típica, constitui-se de uma pluma de re-suspensão de sedimentos de fundo do pro-delta e da erosão costeira.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alagoas (UFAL), ao Laboratório Integrado de Ciências do Mar e Naturais (LAB-MAR-UFAL) e ao Projeto GEF São Francisco (ANA, GEF, PNUMA, OEA) pelo financiamento e apoio, que permitiu o desenvolvimento deste estudo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MEDEIROS, P. R. P. Aporte fluvial, transformação e dispersão da matéria em suspensão e nutrientes no estuário do Rio São Francisco, após a construção da Usina Hidroelétrica do Xingó (AL/SE). UFF, 2003. 184 p. (Tese de Doutorado).
- MEDEIROS, P. R. P. Determinação da carga de nutrientes do rio São Francisco na região de sua Foz. Projeto GEF São Francisco (ANA, GEF, PNUMA OEA). UFAL, 2003. 131 p. (Relatório Final).
- MILLIMAN, J. D. A Synthesis. In: Upper continental Sedimentology, Stuttgart, v. 4, p. 151-175, 1975.
- MILLIMAN, J. D. Flux and fate of fluvial sediment and water in coastal seas. pp.60-90. In: Ocean Margin Processes in Global Change. Mantoura, R.F.C.; Martin, J.M. & Wollast, R. Eds. John Wiley & Sons, Chichester. 1991. 469p.
- OLIVEIRA, A. M. Estudo Hidrodinâmico-sedimentológico do Baixo São Francisco, Estuário e Zona Costeira Adjacente (AL/SE). Projeto GEF São Francisco (ANA, GEF, PNUMA OEA). UFAL, 2003. 81 p. (Relatório Final).
- SANTOS, C. M. M. Geoquímica do Carbono e Nitrogênio Orgânico Particulado Transportados Durante Um Ano Hidrológico (1984-1985) Pelo Rio São Francisco, Brasil e Transferidos ao Seu Estuário. Salvador, UFBA, 1993. 70 p. (Dissertação Mestrado).
- STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, T. R. A practical handbook of seawater analysis. Bulletin Fisheries Research Board of Canada, 167p. 1972.