

FLUXO DE SEDIMENTOS NO BRASIL

Jorge Enoch Furquim Werneck Lima, MsC e Doutorando
Pesquisador da Embrapa, Cerrados - jorge@cpac.embrapa.br

Walszon Terlizze Araújo Lopes, MsC
Especialista da Agência Nacional de Águas - walszon@ana.gov.br

Newton de Oliveira Carvalho, DHC pela UFMS
Consultor - newtonoc@openlink.com.br

Euzébio Medrado da Silva
Pesquisador da Embrapa, Cerrados - euzebio@cpac.embrapa.br

Maurrem Ramom Vieira
Especialista da Agência Nacional de Águas – maurrem@ana.gov.br

O Brasil é um país de dimensões continentais, o que lhe confere grande variabilidade geofísica, biológica e climática. Essa diversidade de ambientes faz com que o comportamento hidrológico e hidrossedimentológico das bacias hidrográficas brasileiras também apresentem diferenças relevantes.

Na medida em que as bases de dados hidrossedimentométricos do país são ampliadas e disponibilizadas, novos estudos são realizados, aumentando o conhecimento sobre o fluxo de sedimentos nos principais rios do país. O banco de dados “Hidro”, gerado a partir da operação da Rede Hidrométrica Básica Brasileira, constitui a maior fonte de dados hidrossedimentométricos do Brasil. Porém, há outras bases de dados geradas para estudos específicos, seja para fins científicos ou para a implementação de grandes empreendimentos dependentes dos recursos hídricos.

Utilizando a base de dados “Hidro”, sob gestão da Agência Nacional de Águas - ANA, Lima *et al.* [2005] avaliaram o comportamento hidrossedimentológico de algumas das grandes bacias hidrográficas do país, estimando a produção de sedimentos em suspensão de grande parte do território brasileiro. Neste estudo, os autores identificaram que os dados disponíveis no “Hidro” não permitiam a estimativa do fluxo de sedimentos em suspensão proveniente da fração brasileira do rio Paraguai e, além disso, que os dados da bacia Amazônica contidos nesta base são duvidosos, afirmação baseada em planilhas originais de campo demonstrando que amostras para análise hidrossedimentométrica foram coletadas apenas a 50 cm da superfície da água.

Diante deste problema, estudos hidrossedimentométricos utilizando dados do “Hidro” indicam que o aporte de sedimentos da bacia Amazônica no oceano seria, em média, de cerca de $600 \times 10^6 \text{ t.ano}^{-1}$ [Bordas *et al.* 1988; Filizola, 1999], informação corroborada por Lima *et al.* [2005]. Meade *et al.* [1985], utilizando apenas dez medições efetuadas em pequeno período, provavelmente em anos mais úmidos, obtidas segundo a metodologia do USGS, estimaram o fluxo de sedimentos em suspensão como 1000 t.ano^{-1} na

estação mais a jusante da bacia Amazônica, sendo o fluxo total entre 1100 e 1300 x 10⁶ t.ano⁻¹.

As incertezas nos estudos hidrossedimentológicos na Amazônia, conforme ressaltado por Lima *et al.* [2005], indicam a importância do levantamento correto de mais dados ao longo da bacia, o que vem sendo efetuado no escopo do Projeto HiBAm – Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica, projeto de cooperação internacional Brasil-França.

Com base em dezoito campanhas de amostragem hidrossedimentométrica efetuadas no âmbito do Projeto HiBAm, Guyot *et al.* (2005) apresentaram uma nova estimativa do fluxo de sedimentos em suspensão na estação mais a jusante da bacia Amazônica (Óbidos). Segundo os autores, o fluxo médio de sedimentos em suspensão na estação Óbidos, com dados obtidos entre 1995 e 2003, é de 810 x 10⁶ t.ano⁻¹. Em função da quantidade, da qualidade dos dados utilizados, bem como maior período de observações, o resultado de Guyot *et al.* [2005] será considerado, neste trabalho, como sendo a mais atual aproximação do aporte de sedimentos em suspensão da bacia Amazônica no oceano Atlântico.

Com relação à fração brasileira da bacia do rio Paraguai, conforme identificado por Lima *et al.* [2005], a base de dados “Hidro” não possuía informações suficientes que permitissem a estimativa do fluxo de sedimentos em suspensão em sua região de jusante. Entretanto, no período entre 1977 e 1981 o DNOS foi responsável por campanhas mensais de medição ao longo da bacia do rio Paraguai, gerando uma base de dados hidrossedimentométricos da região. Da análise desses dados, Carvalho *et al.* [2005] estimaram a produção de sedimentos em suspensão no local da estação Porto Esperança, no rio Paraguai, como sendo de aproximadamente 7,33 x 10⁶ t.ano⁻¹.

A porção brasileira da bacia do rio Paraguai apresenta uma característica bastante peculiar quando analisada sob o ponto de vista do hidrossedimentológico, uma vez que grande parte da produção de sedimentos de suas áreas mais altas se deposita ao longo das planícies do Pantanal. Este fenômeno é comprovado por meio da determinação da produção de sedimentos das regiões do alto e médio Paraguai, que é estimada em 17,36 x 10⁶ t.ano⁻¹ [Carvalho *et al.*, 2005]. Com base nesses dados, pode-se concluir que cerca de 10 x 10⁶ t.ano⁻¹ de sedimentos são depositados, em média, na planície pantaneira.

De acordo com o balanço de sedimentos elaborado por Borges *et al.* [1997], o fluxo médio de sedimentos em suspensão na estação Porto Esperança é de 13,65 x 10⁶ t.ano⁻¹, resultado este obtido de medições efetuadas durante o PCBAP nos anos de 1994 e 1995. Estes autores concluíram que cerca de 36% dos sedimentos produzidos nas partes mais altas da bacia são depositados a montante da estação Porto Esperança, percentual próximo ao obtido por Carvalho *et al.* [2005], de aproximadamente 42%.

Na Figura 1 são apresentados os dados hidrossedimentométricos utilizados por Borges *et al.* [1997] e Carvalho *et al.* [2005] na elaboração do estudo do fluxo de sedimentos em suspensão na estação Porto Esperança, localizada no rio Paraguai.

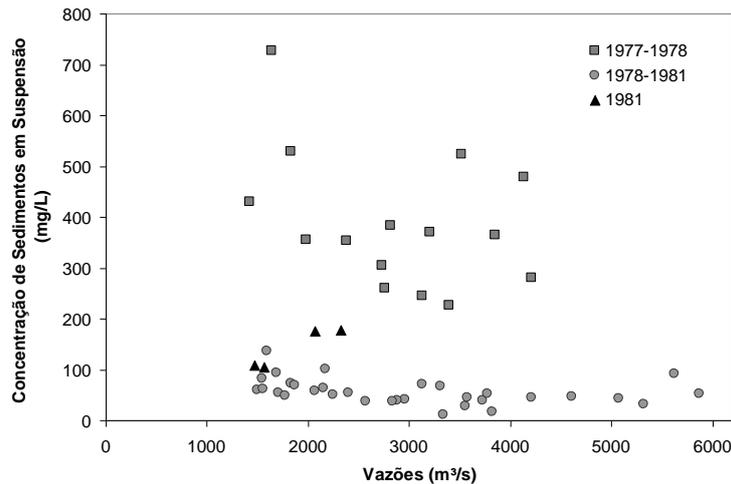


Figura 1. Dados brutos da estação Porto Esperança no rio Paraguai (DNOS) utilizados nos trabalhos de Borges *et al.* [1997] e de Carvalho *et al.* [2005].

Como se pode observar na Figura 1, mesmo com a existência de 51 medições hidrossedimentométricas, a análise dos mesmos não é tarefa simples. Algumas hipóteses que podem ser levantadas para tentar explicar dados tão discrepantes ao longo de um período de menos de 5 anos são: modificações bruscas na bacia; comportamento hidrossedimentológico do rio totalmente peculiar considerando a posição da estação de Porto Esperança no Pantanal, região de planície com baixa declividade; erro inerente em medições de descarga sólida; ou a combinação das hipóteses. Sem querer especular sobre estas hipóteses, o que é realmente relevante para este trabalho é o fato de que os estudos apresentados por Borges *et al.* [1997] e Carvalho *et al.* [2005] tenham sido efetuados utilizando uma base com muitos dados, porém, questionáveis pelas razões apresentadas.

No estudo de Borges *et al.* [1997], com dados de dois anos, a determinação dos valores médios de fluxo e concentração de sedimentos foi efetuada por meio da média das medições realizadas, enquanto no trabalho de Carvalho *et al.* (2005), com dados medidos em cinco anos, utilizou-se o método da curva-chave de sedimentos, que é considerado o mais preciso dos dois. Os dados foram analisados novamente utilizando ambos os métodos, entretanto, em função dos problemas relatados, não foi possível alcançar uma solução segura para representar o fluxo médio de sedimentos em suspensão na estação Porto Esperança. Este resultado indica a necessidade de mais medições hidrossedimentométricas neste local considerando um maior período e maior quantidade de dados.

Diante do exposto, combinando-se os resultados de Lima *et al.* [2005], Guyot *et al.* [2005] e Carvalho *et al.* [2005], tem-se a estimativa da produção de sedimentos em suspensão em grandes bacias hidrográficas brasileiras, conforme apresentado na Tabela 1 e na Figura 2.

Tabela 1. Resumo dos dados hidrológicos e hidrossedimentológicos das estações de jusante de grandes rios brasileiros [adaptado de Lima et al., 2005]

Estação	Código	Rio	A.Dren. (km ²)	Q (m ³ /s)	Q.esp. (L.s ⁻¹ .km ²)	Qss (t.a ⁻¹)	Qss.esp. (t.km ⁻² .a ⁻¹)	Css (mg.L ⁻¹)
Óbidos*	1140 0000	Amazonas	4.800.000	172.000,0	35,8	810,00x10 ⁶	168,8	149,33
Luzilândia	3487 9500	Parnaíba	300.000	694,8	2,3	6,06 x 10 ⁶	20,2	276,59
Porto Guaira	6484 3000	Paraná	802.150	9.381,2	11,7	8,28 x 10 ⁶	10,3	27,97
Estreito do Iguaçu – novo	6598 6000	Iguaçu	63.236	1.767,9	28,0	2,23 x 10 ⁶	35,3	40,00
Porto Esperança**	6696 0008	Paraguai	363.500	2.150,0	5,9	7,33 x 10 ⁶	20,2	108,11
Uruguiana	7715 0000	Uruguai	163.547	4.687,8	28,7	3,59 x 10 ⁶	22,0	24,31
Colatina	5699 4500	Doce	75.800	921,0	12,2	11,22 x 10 ⁶	148,0	386,25
Campos – Ponte Municipal	5897 4000	Paraíba do Sul	55.500	791,4	14,3	4,35 x 10 ⁶	78,8	174,47
Própria***	4970 5000	São Francisco	623.500	2.119,5	3,4	1,83 x 10 ⁶	2,9	27,38
Tucuruí****	2970 0000	Tocantins	742.300	10.981,0	14,8	3,06 x 10 ⁶	4,1	8,84
TOTAL			7.989.533	205.494,6	25,7	857,95x10 ⁶	101,1	124,67

A.Dren.: área de drenagem;

Q: vazão média;

Q.esp.: vazão específica média;

Qss: descarga sólida em suspensão média;

Qss.esp.: descarga sólida em suspensão específica média;

Css: concentração média de sedimentos em suspensão.

- Guyot *et al.* [2005];
- ** Carvalho *et al.* [2005];
- *** Lima *et al.* [2001];
- **** Lima *et al.* [2003].

Conclusões

1. Com relação ao fluxo de sedimentos em suspensão na estação de jusante do rio Amazonas (Óbidos), decidiu-se pela alteração do resultado obtido por Lima *et al.* [2005] com base nos dados do Hidro, de $567,40 \times 10^6$ t.ano⁻¹, pela estimativa efetuada por Guyot *et al.* [2005], de $810,00 \times 10^6$ t.ano⁻¹. Destaca-se que grande parte desses sedimentos vem de fora do Brasil, dos Andes.
2. Apesar da dispersão dos dados utilizados, conforme questionamento antes apresentado, considerou-se a estimativa de Carvalho *et al.* [2005] como a mais adequada para representar o fluxo de sedimentos em suspensão que deixa o Brasil por meio do rio Paraguai, ou seja, $7,33 \times 10^6$ t.ano⁻¹. A posição da estação de Porto Esperança permite a realização da medição de toda a vazão pela existência da passagem da estrada de ferro, tendo sido considerada como exutório da bacia.

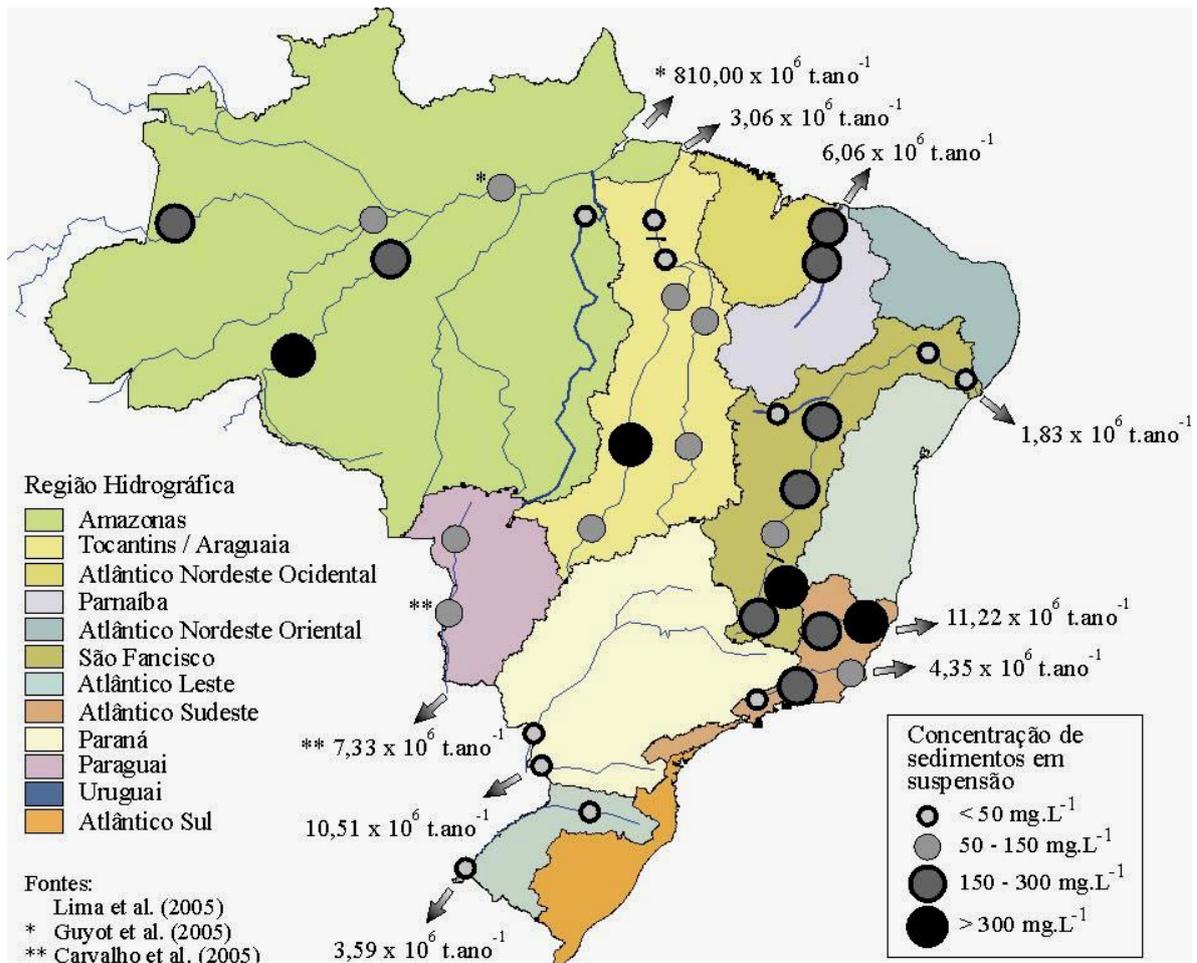


Figura 2. Produção de sedimentos em suspensão em grandes bacias hidrográficas brasileiras [adaptado de Lima *et al.*, 2005].

- São necessárias mais medições hidrossedimentométricas para a realização de um estudo mais consistente quanto à quantidade de sedimentos que deixa o território brasileiro pelo rio Paraguai, o que já foi iniciado pela Agência Nacional de Águas, na estação Porto Murtinho. Essa estação apresenta atualmente apenas três dados no Hidro, porém, encontra-se em operação. Provavelmente será necessária a consideração do grande extravasamento na ocasião de níveis de enchente, quando a seção de medição alcança muitos quilômetros de largura.
- As estações analisadas englobam uma área de drenagem total de 7.989.533 km² e o somatório de suas vazões representam cerca de 80% de toda a vazão que flui nos rios brasileiros. A nova estimativa do fluxo de sedimentos em suspensão que sai do território brasileiro para o oceano ou outros países resultou em um montante igual a 857,95 x 10⁶ t.ano⁻¹.
- Espera-se que no futuro seja feita uma reavaliação do fluxo de sedimentos de nossos rios considerando maior quantidade de dados e também contemplando o restante das bacias do país.

Referências bibliográficas

- BORDAS, M.P.; LANNA, A.E.; SEMMELMANN, F.R. (1988) Evaluation des risques d'érosion et de sédimentation au Brésil à partir de bilans sédimentologiques rusimentaires. In: Sediment budgets. BORDAS, M.P.; WALLING, D.E. (Ed.) Wallingford: IAHS. p.359-368, (IAHS Publication 174).
- BORGES, A.L.O.; SEMMELMAN, F.R.; BORDAS, M.P.; LOPES, M.S. (1997). Fluviomorfologia. In: Hidrossedimentologia do alto Paraguai. *Plano de conservação da bacia do alto Paraguai – PCBAT/Projeto Pantanal*. Brasília: MMA, 394p.
- CARVALHO, N.O.; IDE, C.N.; VAL, L.A.A.; RONDON, M.A.C.; BARBEDO, A.G.A.; CYBIS, L.F.A. (2005). Riscos devido à degradação e agradação de solos na bacia do alto Paraguai. In: *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. João Pessoa: ABRH. (Cd-Rom).
- FILIZOLA, N.P.; GUYOT, J.L.; BOAVENTURA, G. (1999). Fluxo de sedimentos em suspensão na Amazônia – uma análise a partir da base de dados da ANEEL. In: Hydrological and geochemical process in large-scale river basins. Manaus: HyBAm Publ. (Cd-Rom).
- GUYOT, J.L.; FILIZOLA, N.P.; LARAQUE, A. (2005). Régime et bilan du flux sédimentaire de l'Amazonie à Óbidos (Pará, Brésil) de 1995 à 2003. In: Sediment budgets 1. WALLING, D.E.; HOROWITZ, A.J. (Ed.) Oxfordshire: IAHS. p.347-354. (IAHS Publication 291).
- LIMA, J.E.F.W.; SANTOS, P.M.C.; CHAVES, A.M.G.; SCILEWSKI, L.R. (2001). *Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia do Rio São Francisco*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: ANA; ANEEL. 108 p.
- LIMA, J.E.F.W.; SANTOS, P.M.C.; CARVALHO, N.O.; SILVA, E.M.da (2003). *Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia Araguaia-Tocantins*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: ANA; ANEEL. 116 p.
- LIMA, J.E.F.W.; LOPES, W.T.A.; CARVALHO, N.O.; VIEIRA, M.R.; SILVA, E.M. (2005). Suspended sediment fluxes in the large river basins of Brazil. In: Sediment budgets 1. WALLING, D.E.; HOROWITZ, A.J. (Ed.) Oxfordshire: IAHS. p.355-363. (IAHS Publication 291).
- LIMA, J.E.F.W.; LOPES, W.T.A.; CARVALHO, N.O.; VIEIRA, M.R.; SILVA, E.M. (2006). Fluxo de sedimentos em suspensão no exutório de grandes bacias hidrográficas em território brasileiro. In: *Anais do VII ENES, VII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos*. ABRH e IPH, p. 18 e no CD. Porto Alegre, RS.
- MEADE, R.H.; DUNNE, T.; RICHEY, J.E.; SANTOS, U.M.; SALATI, E. (1985). Storage and remobilization of suspended sediment in the lower Amazon River of Brazil. *Science* 228. p.488-490.