
ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO E TRASPORTE DE SEDIMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARNAÍBA, NORDESTE DO BRASIL

Reurysson Chagas de Sousa **MORAIS**

Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela UFC

reurysson@ifpi.edu.br

<http://lattes.cnpq.br/9693291055100099>

RESUMO:

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção e transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Parnaíba. Para tanto, foram calculados os valores de descarga total sólida a partir das séries históricas de vazão e concentração de sedimentos em suspensão registrados pelas 12 estações sedimentométricas instaladas nos principais rios da bacia do Parnaíba, obtidos na base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), com base no método de Colby. Concluiu-se que: (i) o setor superior da bacia do Parnaíba constitui-se a principal fonte de sedimentos, com uma produção específica da ordem de 70,7 t/km²/ano; (ii) um volume expressivo de sedimentos transportados pelos rios Parnaíba (alto curso), Uruçuí Preto e Rio das Balsas, cerca de 1.900.000 toneladas, fica retido na barragem da represa Boa Esperança; (iii) o Rio das Balsas apresenta a maior descarga anual de sedimentos para o rio Parnaíba, o correspondente a 37,7% do total das descargas dos rios analisados. Acredita-se que a instalação do comitê gestor da bacia do Parnaíba possa garantir a sustentabilidade da bacia ao promover ações de planejamento e gestão territorial com foco na conservação e recuperação dos recursos naturais.

Palavras-chave: Assoreamento. Descarga de Sedimento. Rio Parnaíba.

PRODUCTION ESTIMATE AND SEDIMENT TRASPORTE IN THE WATERSHED OF PARNAÍBA RIVER, NORTHEAST BRAZIL

ABSTRACT:

This study aimed to evaluate the production and transport of sediments in the basin of Parnaíba river. For this purpose, solid total discharge values were calculated from the historical flow series and concentration of suspended sediment recorded by 12

sedimentometric stations installed in the main rivers of the basin of Parnaíba, obtained from the database of the National Water Agency (ANA), based on the Colby method. It was concluded that: (i) the upper sector of the Parnaíba basin constitutes the main source of sediment with a specific production of around 70.7 t/km²/year; (ii) a significant amount of sediment carried by rivers Parnaíba (upper reaches), Uruçuí Preto and Rio das Balsas, about 1.9 million tons, it is retained in the dam of Boa Esperança; (iii) the Rio das Balsas has the highest annual sediment discharge into the river Parnaíba, corresponding to 37.7% of total discharges of the analyzed rivers. It is believed that the installation of the steering committee of the Parnaíba basin can ensure the sustainability of the basin to promote action planning and land management with a focus on conservation and restoration of natural resources.

Keywords: Silting. Sediment discharge. Rio Parnaíba.

ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN Y TRASPORTE SEDIMENTOS EN LA CUENCA DEL RÍO PARNAÍBA, NORESTE DE BRASIL

RESUMEN:

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la producción y transporte de sedimentos en la cuenca hidrográfica de río Parnaíba. Por lo tanto fueron calculados los valores de descarga total sólida a partir de las series históricas de flujo y concentración de sedimentos en suspensión registrados por las 12 estaciones sedimentométricas instaladas en los principales ríos de la cuenca de Parnaíba, obtenida de la base de datos de la Agencia Nacional de Aguas (ANA), basado en el método de Colby. Se concluye que: (I) el sector superior de la cuenca de Parnaíba constituye la principal fuente de sedimentos, con una producción específica del orden de 70,7t(km²/año; (II) un volumen expresivo de sedimentos desplazados por los ríos Parnaíba (alto curso), Uruçuí Negro y Río de las Balsas, hacia 1.900.000 toneladas, queda retenido en el embalse de la represa Buena Esperanza; (III) el Río de las Balsas presenta la mayor descarga anual de sedimentos para el río Parnaíba, el correspondiente a 37,7% de total de las descargas de los ríos analizados. Se cree que la instalación del comité gestor de la cuenca de Parnaíba pueda garantizar la sostenibilidad de la cuenca al promover acciones de planeamiento y gestión territorial con el enfoque en la conservación y recuperación de los recursos naturales.

Palabras – Clave: Sedimentación. Descarga de Sedimento. Río Parnaíba

INTRODUÇÃO

A gestão dos recursos hídricos envolve uma série de instrumentos que visa, dentre outros aspectos, proporcionar a oferta de água em quantidade e qualidade compatível aos usos previstos na legislação brasileira e garantir o funcionamento dos sistemas hídricos. Para tanto, Mota (2008) defende que a gestão dos recursos hídricos deva contemplar ações de gestão ambiental, ou seja, a adoção de medidas administrativas que vise o gerenciamento dos ecossistemas nos quais o homem está inserido, buscando a compatibilização entre o uso, preservação, conservação e monitoramento dos recursos naturais em determinado espaço geográfico.

A intrínseca relação entre gestão ambiental e gestão de recursos hídricos é explicitada por meio da influência que o uso do solo exerce sobre a qualidade e disponibilidade da água em determinado corpo hídrico. Mudanças na cobertura e uso do solo alteram a configuração espacial e qualidade dos componentes do meio físico, biótico e antrópico que, por sua vez, interferem na hidrologia das bacias hidrográficas e culminam na deterioração dos corpos hídricos (MOTA, 2008).

O assoreamento dos rios representa um bom exemplo dos impactos negativos que as atividades humanas exercem sobre os corpos hídricos. Segundo Carvalho et al. (2000), as taxas de erosão decorrentes das intervenções antrópicas chegam a ser cem vezes maiores do que as taxas resultantes de processos geológicos naturais.

Silva et al. (2007) afirmam que a sedimentação nos corpos d'água é uma das mais sérias consequências da erosão, pois altera a fisiografia do canal fluvial acarretando o extravasamento nas enchentes, obstruem vãos de pontes e bueiros, além de comprometer a capacidade de armazenamento de água em reservatórios.

Não obstante a esses fatores, o transporte de sedimentos afeta a qualidade da água, restringindo seu uso para abastecimento humano e outras finalidades. Segundo Carvalho et al. (2000), os sedimentos além de poluírem a água, serve de catalisadores, carreadores e como agentes fixadores para outros agentes poluidores. Em estudo desenvolvido no rio Parnaíba, na região de Teresina, Oliveira et al. (2009) constataram a presença de metais pesados adsorvidos em sedimentos transportados pelo rio.

Os impactos da sedimentação sobre um corpo hídrico podem ser facilmente observados no rio Parnaíba, localizado no nordeste do Brasil, no limite dos estados do Piauí e Maranhão. O assoreamento desse corpo hídrico, especialmente no seu médio e baixo curso,

restringe seu uso para navegação. Nestes trechos, fixaram-se diversas ilhas fluviais evidenciando a magnitude do processo de sedimentação, conforme diagnosticado por Nunes et al. (2014).

A sedimentação também tem afetado a qualidade da água. Frequentemente a Agência de Águas e Esgotos do Piauí S/A (AGESPISA) é forçada a reduzir a produção de água devido a turbidez elevada durante os períodos chuvosos.

A investigação dos valores de descargas de sedimentos nos rios a partir da contribuição de seus tributários, representa uma tentativa de apontar as áreas prioritárias para conservação ambiental. Estudos dessa natureza vem sendo desenvolvidos em diversas regiões do Brasil. Paiva e Beling (2006) calcularam a concentração média de sedimentos nas bacias hidrográficas do Rio das Velhas, rio Paracatu e rio Urucua com a finalidade de estimar a contribuição dessas bacias no aporte de sedimentos para os reservatórios nos estados de Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal.

Com base no exposto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a produção e transporte de sedimentos nas principais bacias da região hidrográfica do Parnaíba, a partir dos dados sedimentométricos disponíveis no banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), visando identificar aquelas que mais contribuem para o assoreamento do rio Parnaíba. Espera-se que esse diagnóstico possa indicar possíveis áreas que necessitam de intervenção ambiental, como foco na adoção de práticas que visem a conservação dos recursos naturais, em especial dos recursos hídricos.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Parnaíba localiza-se na região nordeste do Brasil entre as coordenadas 02°21' e 11°06' de latitude sul e 47°21' e 39°44' de longitude oeste (Figura 1), ocupando uma área de 331.441 Km², sendo 65.492 Km² no Maranhão, 249.497 Km² no Piauí, 13.690 Km² no Ceará e 2.762 Km² de área em litígio entre estes dois estados (MMA, 2006).

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Parnaíba.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O rio Parnaíba nasce na base das escarpas da Chapada das Mangabeiras e corre na direção norte até o município de Ribeiro Gonçalves, onde toma a direção nordeste até o município de Floriano, de onde segue na direção norte até sua desembocadura na forma de delta no oceano Atlântico. Os principais tributários em sua margem direita são: rio Uruçuí Preto, rio Gurguéia, rio Itaueira, rio Canindé, rio Poti e rio Longá; na margem esquerda destaca-se o Rio das Balsas.

Esses rios transportam expressivo volume de sedimentos para o canal do rio Parnaíba provocando seu assoreamento. Esses sedimentos são oriundos de processos erosivos atuantes nas suas respectivas sub-bacias hidrográficas e estão associados a processos naturais e antrópicos. Entre as causas antrópicas destacam-se o desmatamento para estabelecimento de pastagens e campos agrícolas.

O volume de sedimentos transportados pelos afluentes do Parnaíba reflete, ainda, a estrutura geológica e o clima da região. Com exceção da porção cearense da bacia do rio Poti e de uma estreita faixa no sudeste da bacia que apresenta estrutura cristalina, em todo o restante da bacia ocorrem rochas sedimentares com diferentes graus de resistência à erosão.

A geomorfologia da bacia do Parnaíba é caracterizada pela ocorrência de planaltos na sua porção superior, individualizados pela drenagem nos principais rios da região. Sobre esses

planaltos desenvolvem-se atividades de monocultura, sobretudo soja, sorgo e milho. Na porção intermediária da bacia ocorrem platôs fortemente dissecados pela erosão seguidos, em direção norte, pelas superfícies aplainadas que se estendem até os tabuleiros litorâneos. Na faixa de terra que se estende do sul ao sudeste da bacia, ocorre a depressão periférica, marcada por baixo potencial hídricos superficial e subterrâneo (CODEVASF, 2006).

Segundo MMA (2006) a temperatura média da região é de 27°C, a precipitação é de 1.721 mm/ano e a evapotranspiração é de 1.517 mm/ano, embora ocorram áreas (leste e sudeste da bacia) de clima semiárido com precipitação média anual em torno dos 700 mm.

METODOLOGIA DE TRABALHO

A estimativa do transporte de sedimentos dos rios da Bacia do Parnaíba foi realizada com base nos dados de vazão e concentração de sedimentos em suspensão obtidos pelas 12 estações sedimentométricas operadas pela Agência Nacional de Águas (ANA) instaladas nos principais rios da região (Figura 1). A descrição das estações utilizadas e o período de dados disponível é apresentado na Tabela 1. Esses dados são obtidos espaçadamente no tempo, em geral de três a quatro medições por ano, e disponibilizado por meio da plataforma eletrônica Hidroweb (ANA, 2015).

A partir dos dados levantados calculou-se a descarga total de sedimentos para cada concentração de sedimentos em suspensão, com base no método de Colby (1957 apud CARVALHO et al., 2000), matematicamente definido por (Equação 1):

$$Q_{ss} = 0,0864.Q.C_{ss} \quad (1)$$

Onde: Q_{ss} é descarga sólida em suspensão em tonelada por dia (t/dia); Q é vazão em m^3/s ; C_{ss} é concentração de sedimentos em suspensão em mg/L ou ppm.

Após a determinação dos valores da descarga sólida em suspensão para cada medição, foram traçadas as curvas-chave de sedimentos para cada estação, utilizando a metodologia proposta por Carvalho et al. (2000). As curvas-chave têm, geralmente, a forma de potência, como apresentado na Equação 2.

$$Q_{ss} = a.Q^b \quad (2)$$

Onde: Q_{ss} é descarga sólida total em toneladas por dia (t/dia); Q é descarga líquida (m^3/s); a e b são parâmetros ajustados para cada estação.

Por meio das curvas-chave é possível verificar a correlação entre os valores de vazão (Q) e a descarga sólida em suspensão de cada estação. Deste modo, estações que apresentam baixa correlação entre esses parâmetros podem estar sobre influência de um fenômeno específico, como, por exemplo, estar a jusante de uma represa ou mesmo recebendo aporte de excessivo de sedimentos devido erosão promovida por atividade antrópica (desmatamento, movimentação de solo para produção agrícola etc.)

Tabela 1 - Descrição das estações sedimentométricas instaladas na bacia do rio Parnaíba.

Código	Nome da Estação	Curso d'água	Latitude sul	Longitude oeste	Período de dados
34060000	Ribeiro Gonçalves	Parnaíba	7°34'00"	45°15'16"	1992/2014
34090000	Fazenda. Bandeira	Uruçuí Preto	7°23'27"	44°36'51"	1992/2014
34160000	Sambaíba	Rio das Balsas	7°08'56"	45°20'56"	2008/2014
34170000	São Félix de Balsas	Rio das Balsas	7°04'55"	44°48'50"	1992/2014
34251000	Cristino Castro II	Gurguéia	8°47'33"	44°12'21"	2007/2014
34270000	Barra do Lance	Gurguéia	7°14'51"	43°38'36"	1992/2014
34311000	Barão de Grajaú	Parnaíba	6°45'43"	43°01'35"	1992/2014
34600000	Francisco Ayres	Canindé	6°37'20"	42°41'49"	1999/2014
34690000	Teresina - Chesf	Parnaíba	5°08'06"	42°48'40"	1992/2014
34770000	Prata do Piauí	Poti	5°39'59"	42°12'49"	2008/2014
34789000	Fazenda. Cantinho II	Poti	5°12'09"	42°41'48"	1992/2014
34879500	Luzilândia	Parnaíba	3°27'14"	42°22'12"	1999/2014

Fonte: ANA (2015).

A partir dos valores de Q_{ss} , obteve-se a descarga sólida em suspensão anual. Posteriormente, calculou-se o valor da descarga sólida em suspensão específica ($Q_{ss_{esp}}$) por

meio da divisão dos valores de Q_{ss} anual pela área de drenagem correspondente a cada estação sedimentométrica. Na análise da contribuição individual de cada afluente no aporte de sedimentos para o rio Parnaíba, considerou-se as apenas os dados das estações localizadas próximo da foz desses afluentes.

Na etapa seguinte foram calculados, com auxílio de planilha Excel, os valores médios de vazão (Q) e concentração de sedimentos em suspensão (C_{ss}) a partir dos dados disponíveis para cada estação sedimentométrica; os valores de descarga sólida em suspensão (Q_{ss}), obtido por meio da metodologia de Colby; e os valores de descarga sólida em suspensão específica ($Q_{SS_{esp}}$).

Os valores obtidos correspondentes a cada uma das estações sedimentométricas foram inseridos em um banco de dados (planilha Excel), posteriormente transformado em arquivo de vetorial do tipo pontos, e plotados sobre a base cartográfica da bacia do Parnaíba de modo a facilitar a visualização espacial, com uso do software ArcGis, versão 10.3. Os valores das variáveis Q , Q_{ss} e $Q_{SS_{esp}}$ foram classificados em cinco classes utilizando com critério a quebra natural dos dados. A variável C_{ss} foi classificada segunda a proposta de Lima et al. (2004): muito baixa (<50), baixa (50 a 100), moderada (100 a 150), alta (150 a 300) e muito alta (>300).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os rios afluentes do Parnaíba apresentam diferenças significativas nos valores médios de vazão. De acordo com os dados levantados, as maiores vazões são apresentadas pelo rio Parnaíba na extensão de seu médio e baixo curso, seguindo do Rio das Balsas, localizado na porção maranhense da bacia (Figura 2-A). A Tabela 2 apresenta os valores médios de vazão e descarga sólida de sedimentos em suspensão para os rios avaliados.

Tabela 2 – Valores dos parâmetros fluviométricos e sedimentométricos da bacia do Parnaíba.

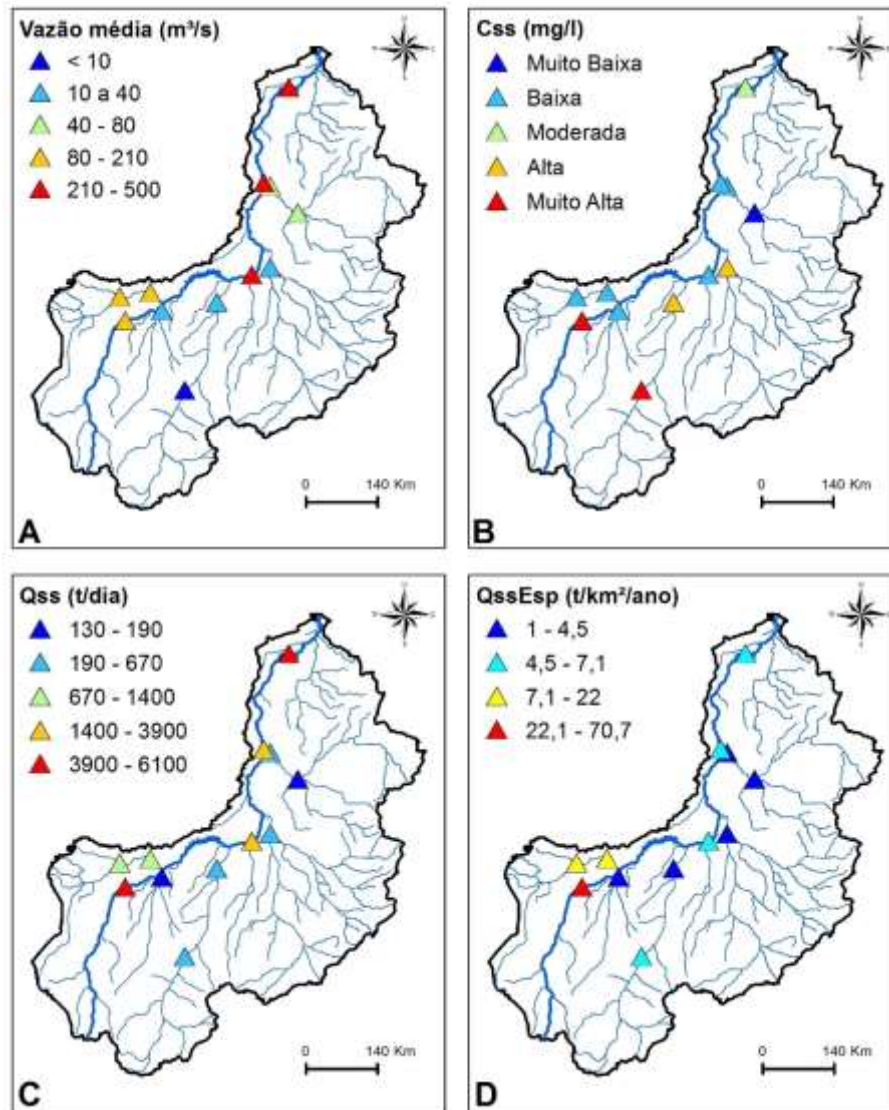
Curso d'água	Código	A _{dren} (km ²)	Q (m ³ /s)	C _{ss} (mg/l)	Q _{ss} (t/dia)	Q _{ss} (t/ano)	Q _{SS_{esp}} (t/km ² /ano)
Parnaíba	Ribeiro Gonçalves (34060000)	31.300	204,73	342,61	6.060,32	2.212.015,31	70,67
Parnaíba	Barão de Grajaú (34311000)	140.000	463,91	67,49	2.705,12	987.369,64	7,05
Parnaíba	Teresina-Chesf (34690000)	237.000	478,63	93,89	3.882,69	1.417.182,77	5,98
Parnaíba	Luzilândia (34879500)	298.000	490,59	113,46	4.809,23	1.755.367,60	5,89
Uruçuí Preto	Faz. Bandeira (34090000)	15.600	33,66	64,78	188,39	68.764,08	4,41
Rio das Balsas	Sambaíba (34160000)	22.200	155,12	99,94	1.339,43	488.892,92	22,02
Rio das Balsas	São Félix de Balsas (34170000)	24.700	156,48	86,32	1.167,04	425.967,90	17,25
Gurguéia	Cristino Castro II (34251000)	31.000	9,54	683,00	562,97	205.482,90	6,63
Gurguéia	Barra do Lance (34270000)	47.000	32,23	185,21	515,75	188.248,42	4,01
Canindé	Francisco Aires (34600000)	73.700	38,85	197,43	662,70	241.886,02	3,28
Poti	Prata do Piauí (34770000)	43.400	41,61	38,85	139,67	50.979,47	1,17
Poti	Faz. Cantinho II (34789000)	51.400	76,67	84,65	560,75	204.672,28	3,98

A_{dren} = área drenada; Q = vazão média; C_{ss} = concentração de sedimentos em suspensão média; Q_{ss} = descarga sólida em suspensão média; Q_{SS_{esp}} = descarga sólida em suspensão específica média.

Fonte: ANA (2015).

Dentre os rios monitorados, o Gurguéia, que apresentou a menor vazão na estação Cristino Castro (9,54 m³/s), destacou-se por transportar a maior carga de sedimentos em suspensão (em média 683 mg/L), bem acima da média dos demais rios da região, evidenciando uma alta taxa de erosão na área de influência daquela estação. Contudo, a descarga anual de sedimentos para o rio Parnaíba mostrou-se bastante reduzida evidenciando a baixa competência do rio em transportar sedimentos resultando, portanto, no assoreamento de seu canal fluvial.

Figura 2 – Variação espacial dos valores médios de vazão (A), Concentração de material em suspensão (B) e Descarga sólida em suspensão (C) e Descarga sólida em suspensão específica (D) da bacia do rio Parnaíba.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A menor carga em suspensão foi identificada na estação Prata do Piauí, no rio Poti, com 38,85 mg/L em média, o que pode ser explicado pelo caráter intermitente do rio a montante dessa estação (Figura 2-B).

A partir do cálculo da descarga sólida em suspensão (Q_{ss}), que relaciona a concentração de material em suspensão à vazão em cada estação, identificou-se que a bacia a montante da estação Ribeiro Gonçalves (34060000) apresenta a maior contribuição de sedimentos para o canal do rio Parnaíba, cerca de 2.212.015 t/ano (Figura 2-C), fato também

comprovado quando se considera a produção específica de sedimento por unidade de área (70,67 t/km²/ano) (Figura 2-D).

Tomando como referência o somatório da descarga sólida em suspensão anual (Q_{ss} t/ano) medida nas estações Ribeiro Gonçalves (34060000), São Félix de Balsas (34170000) e Fazenda Bandeira (34090000), localizadas a montante da barragem da represa de Boa Esperança, no rio Parnaíba, estima-se um aporte de sedimento para represa da ordem de 2.700.00t/ano. Considerando, portanto, a descarga sólida em suspensão medida na estação Barão de Grajaú (34311000), localizada a jusante da barragem, descontada a contribuição do rio Gurguéia, estima-se que a referida barragem retém cerca de 1.900.00t de sedimentos anualmente.

Analisando individualmente as contribuições no aporte de sedimento dos afluentes do rio Parnaíba, tomando como base as estações sedimentométricas localizadas próximo a foz dos rios Gurguéia, Rio das Balsas, Uruçuí Preto, Canindé e Poti (Figura 2-C), observa-se que o Rio das Balsas, no vizinho estado do Maranhão, é uma importante fonte de sedimentos, superado apenas pela produção de sedimentos na porção superior da bacia do Parnaíba. Este fato reforça a necessidade de gestão integrada dos recursos hídricos da bacia do Parnaíba. Ressalta-se que por ausência de dados, os rios Itaueira e Longá não puderam ser considerados nesta análise.

A estimativa do transporte de sedimentos da bacia do rio Parnaíba para a região litorânea pode ser averiguada com base nos valores de descarga de sedimentos mensurados na estação Luzilândia (34879500). Assim sendo, estima-se, com base na série histórica analisada (1999-2014), que são drenados anualmente cerca de 1.755.367 toneladas de sedimentos, valor bem abaixo do registrado por Silva et al. (2005) que foi 6.060.00t/ano. Os valores apresentados neste estudo foram obtidos segundo o mesmo método adotado pelo autor. A Tabela 3 apresenta uma comparação dos dados apresentados por Lima et al. (2005) e os dados obtidos nesta pesquisa, para as duas estações localizadas no médio e baixo curso do rio Parnaíba. É possível observar uma diferença significativa nos valores médios de vazão e concentração de sedimento no rio Parnaíba obtidos a partir das séries históricas adotadas nos dois trabalhos.

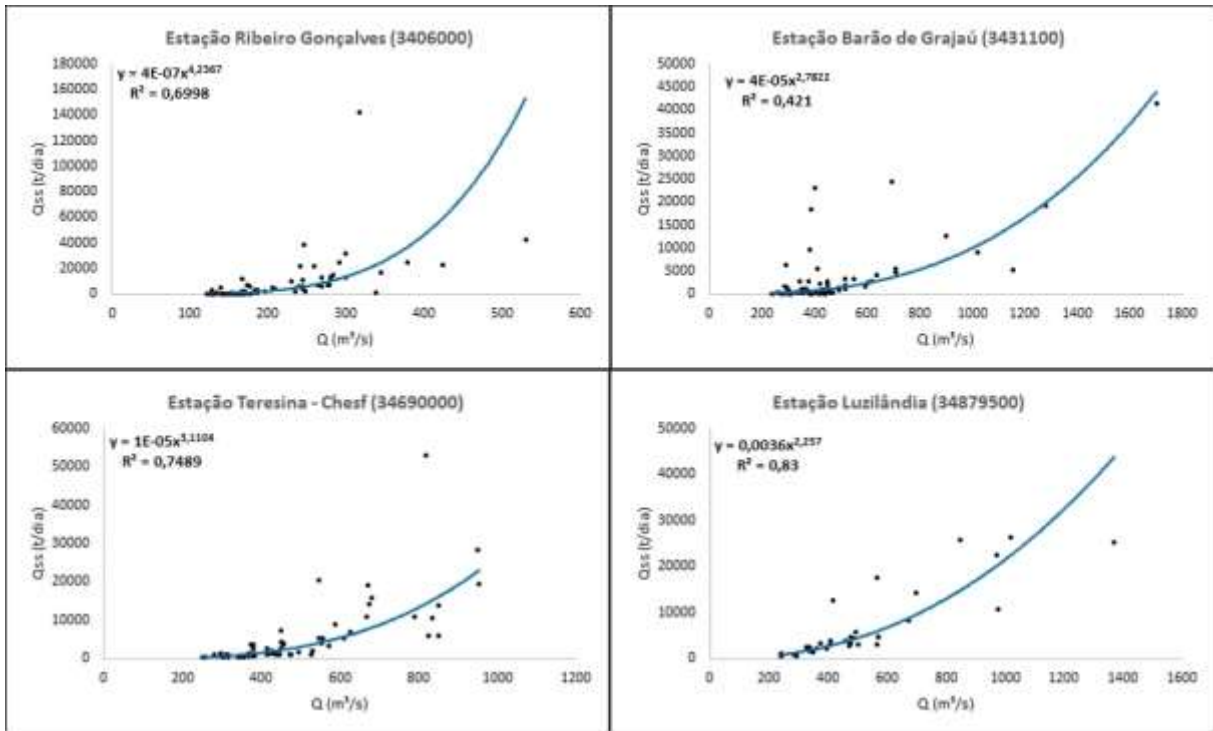
Tabela 3 – Comparação entre os valores de descarga sólida em suspensão no médio e baixo curso do rio Parnaíba.

Estação	Série Histórica	Área	Q (m ³ /s)	C _{ss} (mg/l)	Q _{ss} (t/ano)
Luzilândia* (34879500)	Não informado	300.000	694,8	276,59	6.060.804
Luzilândia** (34879500)	1999-2014	298.000	490,59	113,89	1.755.367
Teresina* (34690000)	Não informado	232.000	577,1	190,67	3.469.847
Teresina** (34690000)	1992-2014	237.000	478,63	93,89	1.417.182

Fonte: *Lima et al. (2005); **ANA (2015).

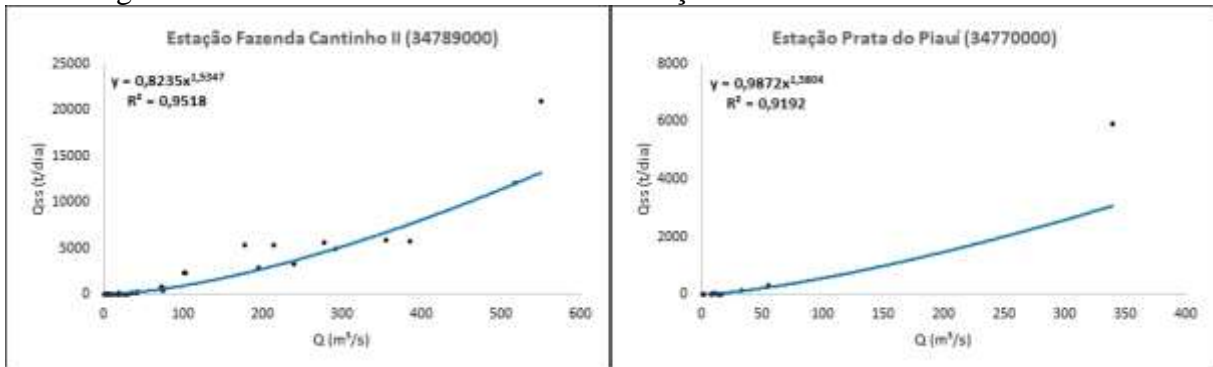
A sequência de figuras abaixo (Figuras 3 a 7) apresenta as curva-chave de sedimentos obtidas para cada estação sedimentométrica considerada neste estudo, acompanhada da equação da curva e do coeficiente de determinação R². De modo geral considerou-se 0,6 (60%) o valor mínimo de R² capaz de explicar a relação entre as variáveis, o mesmo valor utilizado por Lima et al. (2005).

Figura 3 – Curva-chave de sedimento das estações sedimentométricas do rio Parnaíba.



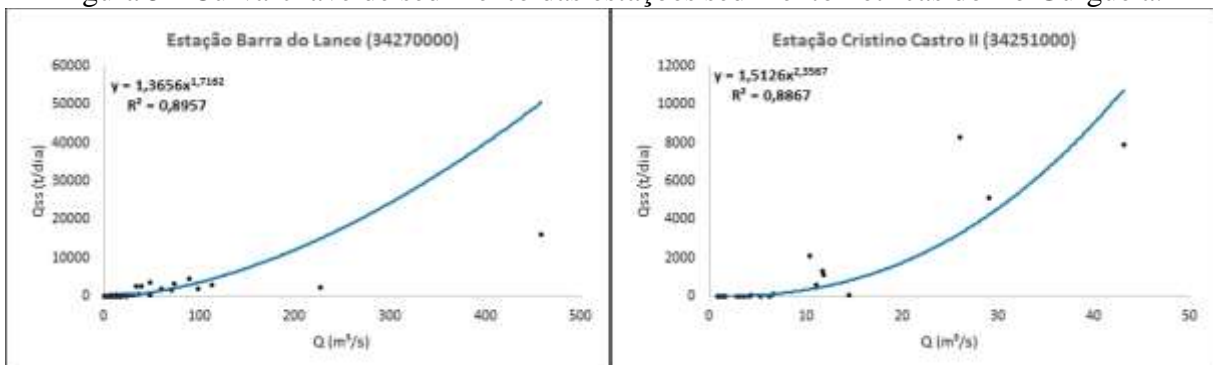
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4 - Curva-chave de sedimento das estações sedimentométricas do rio Poti.



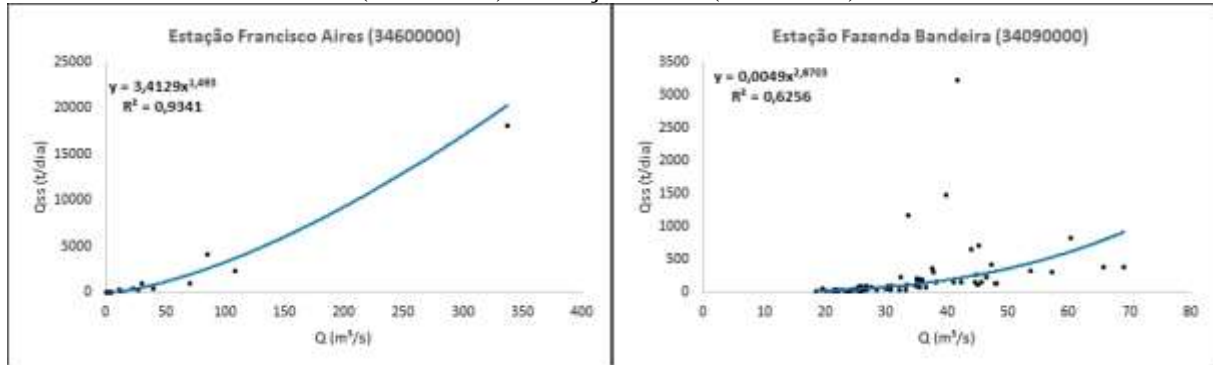
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5 - Curva-chave de sedimento das estações sedimentométricas do rio Gurguéia.



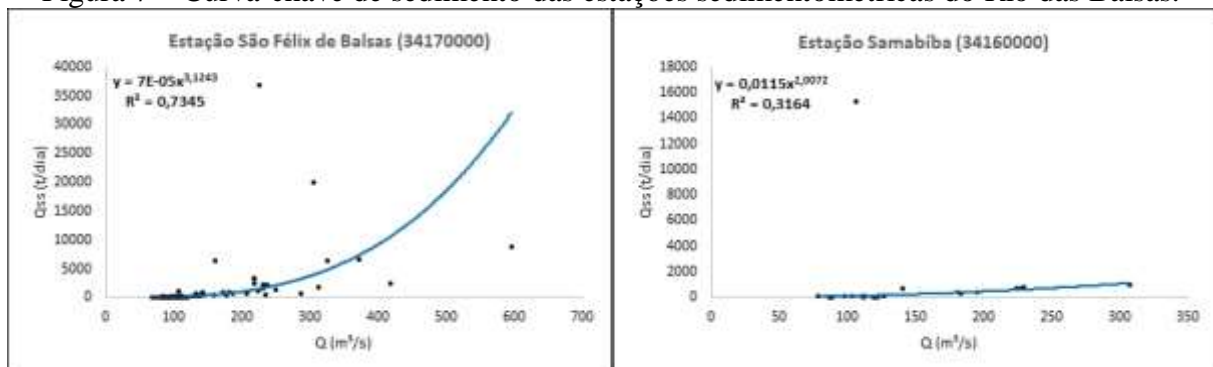
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6 – Curva-chave de sedimento das estações sedimentométricas dos rios Canindé (34600000) e Uruçuí Preto (34090000).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7 – Curva-chave de sedimento das estações sedimentométricas do Rio das Balsas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com exceção das estações Barão de Grajaú (3431100) no rio Parnaíba, e da estação Sambaíba (34160000) no Rio das Balsas, todas as outras estações apresentaram valores de R^2 acima do limite mínimo estabelecido. O baixo índice apresentado pela estação Barão de Grajaú ($R^2 = 0,421$) é atribuído à influência da represa de Boa Esperança que retém um volume expressivo de sedimentos transportados pelo rio Parnaíba, conforme alertado por Lima et al. (2004).

Na estação Sambaíba, o baixo valor de R^2 (0,3163) foi influenciado por um único evento datado de 29 de junho de 2013, tendo sido registrado uma vazão de 105,78 m³/s e uma concentração de sedimento em suspensão de 1.678 mg/l, que resultou numa descarga total de 15.337,49 toneladas/dia de sedimento. As causas desse aporte de sedimento são, no entanto,

desconhecidas. Desprezando-se esse registro, o coeficiente de determinação passaria de 0,3163 a 0,7791.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise dos dados nos permite concluir o setor superior da bacia do Parnaíba constitui-se a principal fonte de sedimentos, com uma produção específica da ordem de 94,8 t/km²/ano. Por se tratar de uma área de cerrado, que apresenta grande expansão da produção agrícola comercial, requer uma atenção especial por parte órgãos envolvidos com a proteção e conservação dos recursos naturais.

A bacia hidrográfica do Rio das Balsas apresenta a maior contribuição no aporte de sedimentos para o rio Parnaíba, ficando atrás apenas da bacia hidrografia do alto Parnaíba. Ressalta-se que estas áreas são largamente utilizadas para produção agrícola de larga escala, dada as condições de geoambientais da região.

A bacia do rio Gurguéia destaca-se por apresentar grande produção de sedimentos, sem, contudo, drená-los para o rio Parnaíba, indicando uma condição de sedimentação dentro de sua própria bacia.

O excesso de sedimentos transportados e depositados no leito do rio Parnaíba, evidencia os impactos ambientais existentes na extensão de sua bacia. Acredita-se que a solução para este problema é a gestão integrada de sua bacia, articulando mecanismo de gestão territorial e proteção/conservação dos recursos naturais, valendo-se nos instrumentos propostos pela Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981) e Plano Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9433/1997) (BRASIL, 1981; 1997).

Deste modo, recomenda-se a implantação imediata do comitê da bacia hidrográfica do rio Parnaíba, especialmente por sua área abranger três estados federativos, onde as ações de gestão ambiental e de recursos hídricos precisam ser coordenadas visando a sustentabilidade ambiental da bacia. Propõe-se ainda, a instalação dos comitês em cada sub-bacia da região hidrográfica do Parnaíba com o intuito de descentralizar as ações de gestão e planejamento ambiental.

Recomenda-se, veementemente, a ampliação da infraestrutura de monitoramentos de dados sedimentométricos, fluviométricos e pluviográficos da bacia do Parnaíba, visando diminuir o problema da escassez de dados que interfere significativamente nos estudos e desenvolvimento de ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Sistemas de informações hidrológicas**. 2015. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 02 abr. 2015.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 set. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 17 out. 2015.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em 17 out. 2015.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA. **Plano de Ação para o Desenvolvimento Integrado da Bacia do Parnaíba, PLANAP: Atlas da Bacia do Parnaíba – Brasília, DF: TDA Desenho & Arte Ltda., 2006. 126 p.**

CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JÚNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. **Guia de práticas sedimentométricas**. Brasília: ANEEL, 2000, 154 p. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/guia_prat_port.pdf >. Acesso em: 17 out. 2015.

LIMA, J. E. F. W.; SANTOS, P. M. C.; CARVALHO, N. de O.; SILVA, E. M. **Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia Araguaia-Tocantins**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília: ANELL, ANA, 2004. Disponível em: <www.cpac.embrapa.br/download/1152/t>. Acesso em: 17 out. 2015.

LIMA, J.E.F.W.; LOPES, W.T.A.; CARVALHO, N.O.; VIEIRA, M.R.; SILVA, E.M. Suspended sediment fluxes in the large river basins of Brazil. In: WALLING, D.E.;

HOROWITZ, A.J. (Ed.) **Oxfordshire**: IAHS, 2005 p. 355-363. (IAHS Publication 291). Disponível em: <<http://goo.gl/SazaSv>>. Acesso em: 23 jul. 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caderno da região hidrográfica do Parnaíba**. SRH. Brasília, 2006. 190 p. Disponível em: <<http://goo.gl/rKe7iS>>. Acesso em: 17 out. 2015.

MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos**. 3. ed., atual. e rev. Rio de Janeiro: ABES, 2008, 343 p.

NUNES, H.K.B; GOMES, M.L.; PAULA, J.E.A. Assoreamento e formação de bancos de areia no leito do rio Parnaíba, na zona urbana de Teresina-Piauí. **Revista Geonorte**, v.10. n. 1. 2014. p.156-160. Disponível em: <<http://goo.gl/ZkA7Nz>>. Acesso em: 28 maio 2015.

OLIVEIRA, T. B. F. de; COSTA, T. M. de S.; SOUSA, Y. S. C.; SILVA FILHO, J. P. da; SILVA, R. L. G. N. P. Estudo da qualidade ambiental do rio Parnaíba, Teresina-PI, baseado na quantificação de metais em sedimentos e de nutrientes na água. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 32., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBQ, 2009. Disponível em: <<http://sec.s bq.org.br/cdrom/32ra/resumos/T0669-1.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2015.

PAIVA, J. B. D. de; BELING, F. A. (2006). Estimativa da produção anual de sedimentos para fins de avaliação do assoreamento de reservatórios. Estudo de caso: rio das Velhas, rio Paracatú e Urucuia. In: Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 7., 2006, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2006. p. 1-20. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/paiva/download/Paiva-VII%20Enes.pdf>>. Acesso em: 20 maio de 2015.

SILVA, A. M. da; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. de. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. 2. ed. São Carlos: Rima, 1997, 158p.