

QUANTIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO E DE FUNDO NO MÉDIO RIO ARAGUAIA

SUSPENSION AND BED LOAD SEDIMENTS QUANTIFICATION IN MIDDLE ARAGUAIA RIVER

Thiago Morato de Carvalho –Doutorado em Ciências Ambientais
Universidade Federal de Goiás – LABOGEF – IESA – CEP 74001970
tmorato@infonet.com.br

RESUMO

Este estudo descreve a carga de sedimentos de fundo do médio rio Araguaia em Goiás região de Luis Alves (13°13'S, 50°35'W), entre a foz do rio Crixás-açú e a ilha do Bananal. Foi utilizado o método de Struckrath para avaliar a altura e o deslocamento diário de dunas, através de ecosonda, e o método de Van Rijn que usa equação hidráulica para avaliar principalmente a velocidade da água do canal, diâmetro do sedimento, declividade do canal e profundidade média do canal. Os resultados foram comparados com a carga de sedimento de fundo do Araguaia medidos na região de Aruanã. No trecho estudado de Luis Alves as dunas migraram com as taxas de 7.1 m/dia e 49.7 m/semana; a velocidade média da água foi de 1.25 m/s, correspondendo a um transporte total de 2195.6 toneladas de sedimentos de fundo/dia. Quando comparados os métodos para verificar possíveis fontes de erro, o de Van Rijn apresentou uma diferença de 1414 toneladas com relação ao de Struckrath, 0.06% a menos com relação ao segundo. Quando comparado com a região do Araguaia em Aruanã, a diferença foi de 313954 ton/ano para mais no trecho estudado.

Palavras-chave: rio Araguaia, sedimentos de fundo, migração de dunas.

ABSTRACT

The study describes the bedload of the Araguaia River in Goiás, Luis Alves region (13°13'S, 50°35'W), between the mouth of the Crixás-açú River and the Bananal Island, central region of Brazil. It was utilized the Struckrath method in order to evaluate the dunes diary displacement, through depthsounder, and the Van Rijn that utilizes hydraulic equation to evaluate mainly the water velocity in the channel, sediment diameter, channel slope and average depth. The results were compared with the Araguaia bedload in the Aruanã region. In the studied site of Luis Alves the dunes migrated at the taxes of 7.1 m/day and 49.7 m/week; the average water velocity was 1.25 m/sec, corresponding to a total transport of 2195.6 ton of bedload/day. When compared the methods in order to verify possible error sources, the Van Rijn method showed a difference of 1414 ton, 0.06% less in relation to the Struckrath method. When compared to the Araguaia region in Aruanã, the difference was 313954 ton/year more in the studied site.

Key words: Araguaia River, bedload, dunes migration.

!. INTRODUÇÃO

A caracterização do balanço sedimentar de um rio é uma relação entre a taxa de erosão e sedimentação, de fundamental importância para se entender a dinâmica do seu canal, migrações de barras arenosas e formações de ilhas. Estes estudos sobre balanços sedimentares necessitam de vários locais de amostragens nos rios, para que os trechos possam ser comparados ao nível de distribuição dos sedimentos, como os estudos realizados no médio e baixo rio Paraná (Stevaux *et al.*, 1994, 1995, 2004; Amsler *et al.*, 1994, 2000, 2003; Martins, 2004).

No médio rio Araguaia os estudos sobre a taxa de erosão e sedimentação, realizados na planície situada na região de Aruanã, ainda são escassos, por este motivo há a necessidade de mais estudos neste temática, como o de Morais (2006) em que elaborou um método para estimar o balanço de sedimentos e a partir deste, avaliar se havia a predominância da erosão ou da sedimentação na dinâmica fluvial. Entretanto para uma completa caracterização dos processos erosivos e de sedimentação que ocorrem na planície do médio Araguaia, é necessário a complementação de dados de transporte de sedimentos de fundo para a região de Luis Alves (GO) e assim fornecer maior robustez às estimativas dos processos de erosão e sedimentação do médio rio Araguaia.

Desta forma, o objetivo da presente pesquisa é fornecer informações de transporte de carga de fundo na região de Luis Alves (médio rio Araguaia) para posterior complementação dos estudos dos processos erosivos e deposição de sedimentos do médio rio Araguaia. Para tanto, foi feita uma caracterização do transporte de carga sedimentar de fundo no canal, entre os rios Crixás-Açú e Javaés, localizados a montante de Aruanã.

Este estudo enquadra-se num projeto maior apoiado pelo CNPq, sobre a morfodinâmica atual e evolução Quaternária da planície aluvial do rio Araguaia e suas implicações ambientais. O estudo também avalia os sedimentos em suspensão no trecho estudado do rio Araguaia, porém apenas como informação adicional, porque a ênfase é dada para os sedimentos de fundo, que são justamente as informações que faltam para completar as análises do balanço sedimentar do médio Araguaia (Latrubesse *et al.*, 2006).

2. O RIO ARAGUAIA

O rio Araguaia possui suas nascentes na Serra dos Caiapós, nos Estados do Mato Grosso e Goiás, e percorre rumo ao norte, com extensão de ~ 2100 km, onde se encontra com o rio Tocantins, área conhecida como Bico do Papagaio (Figura 3) em ambiente de transição entre os domínios do cerrado e amazônico. O terreno por onde drena o alto rio Araguaia apresenta altitudes que variam desde suas nascentes (Serra dos Caiapós) de ~ 1000 metros a ~ 300 metros na cidade de Barra do Garças (MT), no trecho entre Barra do Garças até a divisa com o médio Araguaia, aproximadamente 14 km ao sul de Registro do Araguaia (15°38'S 51°45'W), o rio flui por terrenos com altitudes variando ~ 300 a ~ 280 metros (largura do canal em média é de 150 metros). O início do médio Araguaia caracteriza-se por apresentar já uma planície fluvial, onde o rio trabalha lateralmente e verticalmente contribuindo com o aporte e remoção de sedimentos aluvionares (são constituídos basicamente por areias e finos – argila e silte). Deste ponto até o baixo rio Araguaia o rio flui por terrenos com altitudes variando de ~ 280 a ~ 130 metros em Conceição do Araguaia (PA), trecho em que o rio alterna para o baixo Araguaia, marcando o desaparecimento da planície fluvial. Durante o médio Araguaia o rio apresenta larguras de ~ 300 metros no início do seu trecho médio a ~ 1100 metros próximo ao baixo rio Araguaia. A planície fluvial neste

trecho varia de ~ 3 km a 12 km de extensão. No baixo Araguaia, trecho em que não ocorre desenvolvimento de planície fluvial o rio flui por terrenos com altitudes entre ~ 130 a ~ 100 metros, até seu encontro com o rio Tocantins.

Carvalho (2004) verificou a compartimentação do rio Araguaia elaborada por Latrubesse & Stevaux (2002), utilizando o modelo digital do terreno. Desta forma foi possível verificar as “quebras” (knickpoints) no perfil longitudinal do rio Araguaia, áreas chave para determinação entre alto, médio e baixo rio Araguaia (Figura 2).

Souza (2002) elaborou cinco divisões para a bacia do Araguaia, os compartimentos A-E, com base no padrão de drenagem (Figura 1). Estas divisões são mostradas na figura 1: A, tem área aproximada de 135.734,69 Km², predominam os padrões dendrítico e paralelo; B, tem área aproximada de 78.099,66 km², com predomínio do padrão de drenagem paralelo; C, tem área de 39.445,77 km², os padrões de drenagem são bastante variáveis devido a diversidade topográfica; D, tem área aproximada de 21.828.62 km², prevalece o padrão paralelo; E) tem área aproximada de 104.727,45 km², destaca em sua totalidade o padrão de drenagem paralelo e dendrítico.

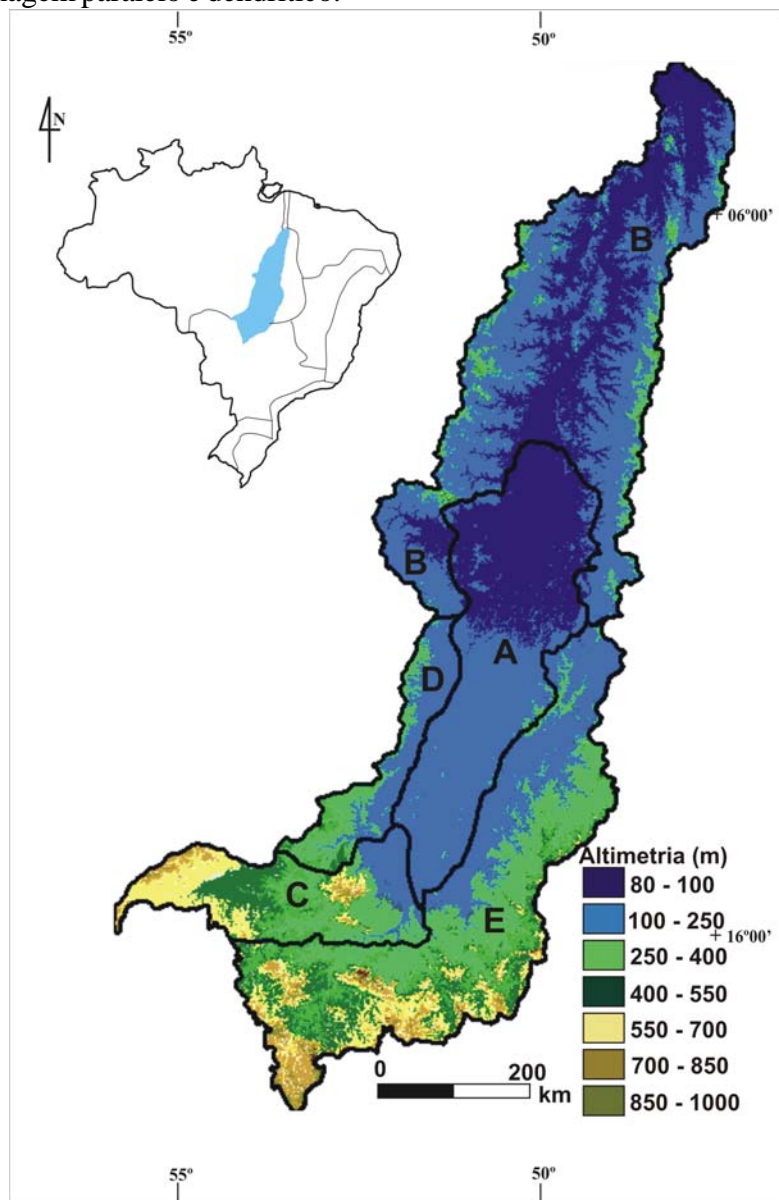


Figura 1 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Araguaia, extraído do modelo digital do terreno SRTM. As delimitações referem-se aos compartimentos texturais da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Araguaia.

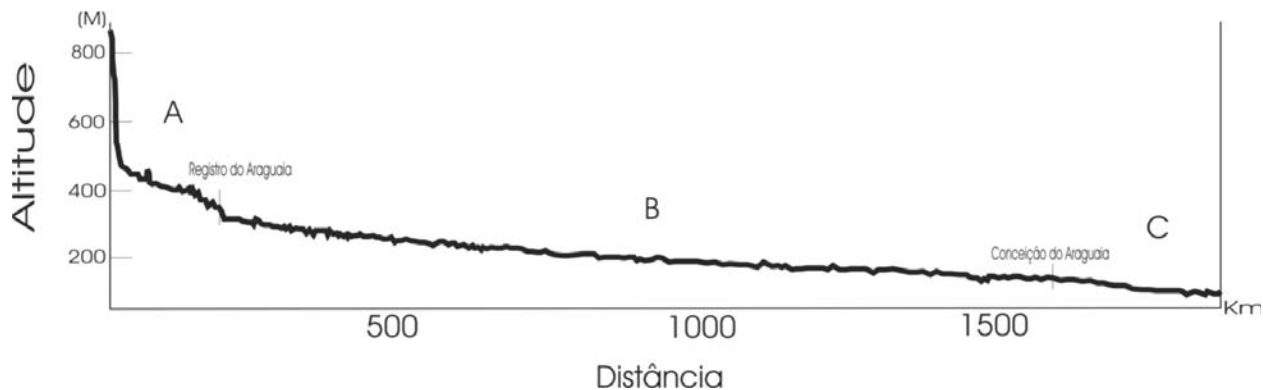


Figura 2 – Perfil longitudinal do rio Araguaia com base no modelo digital do terreno (SRTM). A) alto Araguaia; B) médio Araguaia e C) baixo Araguaia (Carvalho, 2004).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A região pesquisada (Figura 3) está situada no médio Araguaia, entre o segmento 8 e todo o segmento 9 da divisão proposta por Latrubesse *et al.* (2006). O trecho situa-se a 12 km ao sul do município de Luis Alves, no entorno da foz do rio Crixás-Açú, até a bifurcação do Araguaia e Javaés (braço menor do rio Araguaia), 52 km ao norte de Luis Alves (13°19'S, 50° 37' W).

Nos trechos amostrados (Figura 3) do rio Araguaia, foram coletados e analisados: i) sedimentos em suspensão, ii) sedimentos de fundo, iii) batimetria e iv) propriedades do fluxo como velocidade e vazão.

3.2. SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO

A coleta de sedimentos em suspensão foi realizada com garrafa de Van Dorn na superfície e 60% de profundidade, nas margens e meio do canal (seção transversal). As amostras foram armazenadas em recipientes de 1 litro e alojadas em local refrigerado. Posteriormente, o material foi filtrado em bomba a vácuo em filtros de millipore (0,45 μ) para estipular o volume em mg/l para cada amostra.

3.3. SEDIMENTOS DE FUNDO

As amostras de fundo foram coletadas com draga de *Peterssen*. As coletas foram feitas em seções transversais nas margens e meio do canal. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório para determinação granulométrica através de um analisador de partículas a laser (modelo Master Size 2000). Foram estimados também os diâmetros médios dos grãos (d50).

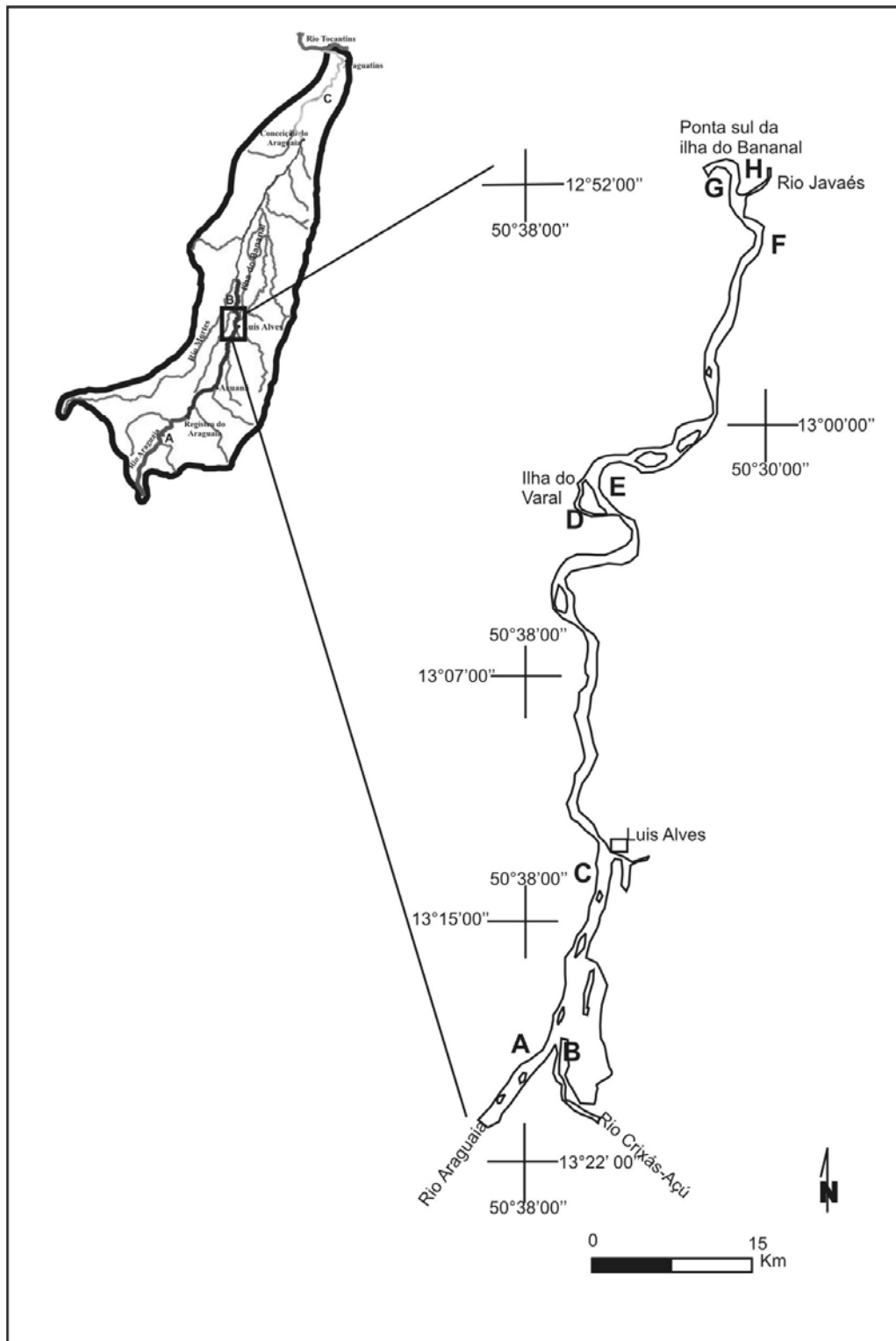


Figura 3 – Mapa da área de estudo. As letras correspondem aos locais de amostragem, sendo eles: A)Montante do Crixás-Açú; B)foz Crixás-Açú; C)Jusante do Crixás-Açú; D)Ilha do Varal; E)Araguaia, frente da Ilha do Varal; F)3 km antes da bifurcação; G)Araguaia, 1 km após a bifurcação; e H) rio Javaés.

3.4. BATIMETRIA

Foi utilizada ecossonda (sensor acústico), modelo Furuno GP1650F/DF (50/200 kHz – 12/24 VDC), acoplada a um microcomputador convencional para os levantamentos batimétricos transversais e longitudinais do canal. Os perfis longitudinais foram realizados na margem esquerda, meio e margem direita. As distâncias dos perfis longitudinais foram de 1 km, navegando no sentido do fluxo e mantendo a mesma velocidade deste. Após 6 dias da primeira medição repetiu-se o mesmo procedimento para detectar o deslocamento das dunas registradas na primeira medição. Este procedimento foi utilizado para determinar o transporte de carga de fundo pelo método direto (Struckrath, 1969).

A amostragem dos transectos longitudinais do rio Araguaia para determinar o transporte de carga de fundo, foi feita a jusante da foz do rio Crixás-Açú, próximo à localidade de Luis Alves. Para verificar uma possível barreira arenosa na entrada do canal do rio Javaés (bifurcação Araguaia-Javaés), foi feito um transecto longitudinal partindo do rio Araguaia e adentrando no rio Javaés.

Os levantamentos batimétricos transversais do rio Araguaia foram realizados para plotar os pontos de amostragem dos sedimentos de fundo e em suspensão, nas respectivas profundidades onde foram coletados. Também foi feito um levantamento batimétrico transversal juntamente à seção dos perfis longitudinais, para verificar a morfologia do leito. Este procedimento permite separar de forma coerente as áreas correspondentes de cada perfil longitudinal (perfis das margens e meio do canal).

Os dados registrados pela ecossonda em computador de campo foram exportados do programa FUGAWI em arquivos de extensão *.txt*, que permite ser importado para outros softwares e serem analisados. O arquivo exportado diretamente do Fugawi na extensão *.txt* contém dados de coordenadas geográficas, distância percorrida no transecto e profundidades.

3.5. VAZÃO E VELOCIDADE DO FLUXO

Para estimar estas duas variáveis foi utilizado o *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP), ou Correntômetro Acústico de Efeito Doppler, instrumento que determina a velocidade do fluxo em perfis verticais. O instrumento funciona com base no efeito Doppler; o modelo utiliza aparelho que emite uma frequência de onda sonora de 600kHz, a uma velocidade de 1400-1570 m/s, a qual ao ser refletida por partículas em suspensão na água e do leito do rio, sofre alteração em seu comprimento de onda, modificando a frequência. O sinal de retorno é usado para estimar o deslocamento relativo do alvo (partículas em suspensão e leito do rio) em relação à fonte (barco). Já que a velocidade das partículas em suspensão é a mesma do fluxo do rio, desta forma obtém-se a velocidade do fluxo (RDI, 2001).

Os dados obtidos foram processados no programa *WinRiver*, que armazena, processa e exhibe os dados registrados pelo ADCP. Os resultados são exibidos instantaneamente pelo *WinRiver*, fornecendo informações das diferentes velocidades nas seções verticais do rio, vazão, vetor do fluxo, temperatura, profundidade, distância entre as margens, área da seção, velocidade relativa do barco, rumo do barco, além de dados que podem ser equacionados para estimar quantidade sedimentos em suspensão e calcular transporte de sedimentos de fundo (Mueller, 2002; RDI, 2001; Kostaschuk, *et al*, 2004).

3.6. CÁLCULOS PARA TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

3.6.1. SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO

Foram utilizadas as seguintes variáveis: tempo (segundos), vazão (m^3/s) e média da concentração total do canal de sedimentos (mg/l). O produto destas três variáveis resulta no transporte total de sedimentos em suspensão em toneladas ao dia, estimada através da equação $Q_{ss} = 86400 \times Q \times C = (g/dia)$ (Q = descarga líquida em m^3/s (vazão); C = concentração em mg/l ; 86400 = segundos totais em 24 horas).

3.6.2. SEDIMENTOS DE FUNDO

Dois métodos para o cálculo foram utilizados nesta pesquisa, o método direto por deslocamento de dunas (Struckrath, 1969) e o indireto por equação hidráulica (Van Rijn, 1984).

4. RESULTADOS OBTIDOS

Apresenta-se a seguir os resultados obtidos nos vários pontos de coleta e medições.

4.1. CARGA DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO

No canal principal do Araguaia, montante da foz do rio Crixás-Açú a carga de sedimentos em suspensão, para uma vazão de $2493,561 m^3/s$ e concentração média de sedimentos em suspensão de $61,68 mg/l$, foi de $Q_{ss} = 13.288,565$ toneladas por dia.

Na foz do rio Crixás-Açú a carga de sedimentos em suspensão, para uma vazão de $1347,500 m^3/s$ e concentração média de sedimentos em suspensão de $16,2 mg/l$, foi de $Q_{ss} = 1886,06$ toneladas por dia.

No canal principal do Araguaia, a jusante da foz do rio Crixás-Açú, próximo a cidade de Luis Alves a carga de sedimentos em suspensão, para uma vazão de $3636,477 m^3/s$ e concentração média de sedimentos em suspensão de $48,2 mg/l$, foi de $Q_{ss} = 15.144,035$ toneladas por dia.

No canal do Araguaia ao lado da Ilha do Varal a carga de sedimentos em suspensão, para uma vazão de $2651,884 m^3/s$ e concentração média de sedimentos em suspensão de $45,73 mg/l$, foi de $Q_{ss} = 10.477,784$ toneladas por dia.

No canal do Araguaia, 3 km antes da bifurcação Araguaia-Javaés a carga de sedimentos em suspensão, para uma vazão de $2743,024 m^3/s$ e concentração média de sedimentos em suspensão de $40,03 mg/l$, foi de $Q_{ss} = 9.487,79$ toneladas por dia.

No canal do Araguaia (braço maior), 1 km após bifurcação a carga de sedimentos em suspensão, para uma vazão de $2671,660 m^3/s$ e concentração média de sedimentos em suspensão de $37,78 mg/l$, foi de $Q_{ss} = 8.720,81$ toneladas por dia.

No canal do Javaés (braço menor do Araguaia), entrada do canal a carga de sedimentos em suspensão, para uma vazão de $156,921 m^3/s$ e concentração média de sedimentos em suspensão de $49,2 mg/l$, foi de $Q_{ss} = 667,05$ toneladas por dia.

4.2. TRANSPORTE DE FUNDO PELO MÉTODO DIRETO POR DESLOCAMENTO DE DUNAS (STRUCKRATH, 1969).

O resultado é referente ao transporte de carga sedimentar de fundo para o período de 08/04/2005 a 14/04/2005, o qual foi realizado a medição longitudinal do deslocamento de dunas, para a seção a jusante da foz do rio Crixás-Açú, próximo à cidade de Luis Alves, GO. O valor calculado do transporte de carga de fundo, por integração das seções batimétricas longitudinais laterais e do meio do canal foi de 2195,604 toneladas por dia.

A velocidade das dunas entre os dias 08/04/2005 a 14/04/2005 no perfil batimétrico longitudinal no meio do canal foi de 49 m/semanal, ou seja, 7,1 m/dia. Para as seções batimétricas longitudinais laterais foram: seção próximo a margem esquerda de 3.2 m/dia e seção próxima a margem direita foi de 3,4m/dia. A altura média das dunas (da base a crista) variou entre as seções longitudinais, sendo próximo a margem esquerda de 0.8 m, meio do canal de 1.35 m e próximo a margem direita de 1.1 metros.

4.3. RESULTADO DO TRANSPORTE DE FUNDO PELO MÉTODO INDIRETO POR EQUAÇÃO DE HIDRÁULICA (VAN RIJN, 1984)

O resultado é referente ao transporte de carga sedimentar de fundo para o dia 08/04/2005, o qual foi realizado a medição dos dados do fluxo de água do canal, no trecho a jusante da foz do rio Crixás-Açú, próximo à cidade de Luis Alves, GO. O valor calculado do transporte de carga de fundo, pelo método de Van Rijn, para toda a seção transversal do canal, foi de 2.194,190 toneladas por dia. Este valor corresponde ao transporte de sedimentos de fundo para uma velocidade média do fluxo de 1,25 m/s, profundidade média de 7,3 m e um D50 de 0.433 mm.

5. DISCUSSÃO

A descarga do fluxo de água no trecho pesquisado apresentou pequenas variações, em torno de 2500 a 3000 m³/s, com variação na foz do rio Crixás-Açú pelo incremento de volume de água, e variações ao longo do trecho até a bifurcação do rio Araguaia e o rio Javaés, onde o fluxo se divide para os dois canais. Este comportamento de vazões foi estudado por Aquino (2002) através de análises de hidrogramas, constatando que o rio no seu médio curso desde Aruanã até a Fazenda Telésforo (a jusante da bifurcação Araguaia-Javaés) tem uma tendência a perder água (cerca de 30% de seu volume total), que em parte deriva para a planície fluvial e em outra parte para o rio Javaés. Este fato também foi observado nesta pesquisa, em que os dados de campo revelaram que os valores de vazão decrescem da montante para jusante, indicando perda de volume de água.

O transporte de sedimentos em suspensão no trecho entre a montante do rio Crixás-Açú e a bifurcação do Araguaia-Javaés apresentou variações na concentração ao longo das seções transversais, entre as margens e o meio do canal. A descarga sólida (sedimentos em suspensão) variou ao longo do trecho, conforme a variação da descarga líquida já citada anteriormente.

O total de descarga sólida em suspensão no trecho de Luis Alves, GO, onde se realizou o cálculo de transporte de fundo foi de 15.144,035 toneladas por dia. Este valor da carga de sedimentos em suspensão é inferior ao valor médio estimado nos estudos de Carvalho (1994), cujo valor médio diário é de 46.791 toneladas para a estação de Luis Alves. Esta diferença de menos da metade do valor médio anual estimado por Carvalho (1994) é explicada pelo fato de o rio Araguaia apresentar grandes pulsos de concentração de sedimentos em suspensão, fato que pode ser observado por ter sido coletado no período da campanha desta pesquisa, ao final da estação chuvosa cujo valores de concentração de sedimentos em suspensão estão abaixo da média na estação de Luis Alves.

De acordo com o método direto, calculado com o uso dos perfis longitudinais para a estimativa de transporte de carga de fundo, trecho defronte à cidade de Luis Alves a jusante do Crixás-Açú, chegou-se ao valor 2195,604 toneladas por dia por integração das seções laterais e do meio do canal. O método indireto de Van Rijn para as mesmas variáveis calculadas no método direto do deslocamento de dunas, apresentou uma diferença de 1.414 toneladas, ou seja, 0.06% a menos. Embora o resultado desta pesquisa sobre transporte de carga de fundo seja referente às condições do canal no dia 08/04/2006, pode ser feita uma comparação e estimar este valor para anual, que nos dá cerca de 801.395,460 ton/ano. Comparando com os dados do transporte de carga de sedimentos de fundo obtidos em Aruanã, a diferença para Luiz Alves seria de aproximadamente 313.954 ton/ano, ou seja, no trecho de Luis Alves passam estimadamente 313.954 ton/anual a mais que em Aruanã.

No entanto, com relação à morfologia de fundo, não houve grandes variações entre Luis Alves e Aruanã, sendo para Aruanã a média da altura das dunas na ordem de 1 a 1.5 m e uma velocidade diária de deslocamento de 7m/dia. Estes valores são próximos aos de Luis Alves, cuja altura média de dunas é de 0.8 a 1.5 metros e uma velocidade diária de 7,1m/dia.

Agradecimentos

A equipe do LABOGEF, ao Dr. Laerte Guimarães Ferreira e Dr. Leandro Gonçalves pelas sugestões e críticas a este trabalho. Agradeço as sugestões de revisão gramatical feitas pelo Dr. Celso Morato de Carvalho e Dra. Selma Simões de Castro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amsler, M.; drago, E.C. 2003. A review of the suspended sediment budget at the confluence of the Paraná and Paraguay Rivers. *Hydrology Processes*, v.32. 32-43p.

Amsler, M.; Gaudi, H.E. 1994. La susperposición de dunas y el transporte de la carga de fondo en el río Paraná. In: *Congreso Nacional del Agua*. La Plata. v.3. 1-10p.

Amsler, M.L.; Prendes, H.H. 2000. Transporte de sedimentos y procesos fluviales asociados. In: *El Río Paraná em su trama médio, Contribucion al conocimiento y practicas ingenieriles em um gran rio de llanura*, Tomo 1. centro de publicaciones, UNL, Santa Fé, Argnetina. Cap.5. 247-253p.

Aquino, S.S. 2002. Regime Hidrológico e Comportamento Morfo hidráulico do rio Araguaia. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR. 113p.

Bayer, M. 2002. Diagnóstico dos processos de erosão/assoreamento na planície aluvial do rio Araguaia: entre Barra do Garças e Cocalinho. P.138. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Carvalho, M.T. 2004. Aplicação de Modelos Digitais do Terreno (MDT) em Análises Macromorfológicas: o Caso da Bacia Hidrográfica do rio Araguaia. Revista Brasileira de Geomorfologia, N1, 85-93p.

Carvalho, N.O. 1994. Hidrossedimentologia Prática. Editora da CPRM/Rio de Janeiro. 372p.

Kostaschuk, R.A.; Villard, P.V.; Best, J.L. 2004. Measuring flow velocity and sediment transport with an acoustic Doppler current profiler. *Geomorphology*, v.68.25-37p.

Leopold, L.; Wolman, M.G.; Miller, J.P. 1964. Fluvial process in Geomorphology. San Francisco: Editora H.W. Freeman. 201p.

Morais, R.P.; Oliveira, L.G.; Latrubesse, E.M.; Pinheiro, R.C. 2005. Morfometria de sistemas lacustres da planície aluvial do médio rio Araguaia. Acta Sci. Biol., Sci. V.27, 203-213p.

Mueller, D.S. 2002. Field assessment of acoustic-Doppler based discharge measurements. Proceedings of Hydraulic Measurements and Experimental Methods. American Society of Civil Engineers. 95-102p.

RD Instruments, Inc. 2001. WinRiver user's guide—USGS version: San Diego, Calif., RD

Stevaux, J.C. 1994. The upper Paraná river (Brazil): Geomorphology, sedimentology and paleoclimatic. Quaternary International, v.21, 1430161p.

stevaux, J.C.; Filho, E.E.; Martins, D.P. 2004. Characteristics and dynamics of the Paraná river channel bedform: na approach to study the influences of the Porto Primavera Dam, Sand mining, and channel construction. In: Structure and function of the Paraná river and its floodplain. 15-18p.

Stevaux, J.C.; Takeda, A.M. Morais, M. 1995. Dinâmica sedimentar no canal do rio Paraná. In: 6º. Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, Boletim de Resumos Expandidos, v.1. 284-297p.

Stevaux, J. C.; Souza Filho, Edvard E.; Martins, D. P., 2003 - Característica e Dinâmica as Formas de Leito do Rio Paraná: Considerações Sobre a Barragem de Porto Primavera, a Extração de Areia do Canal e a Implantação da Hidrovia do Rio Paraná. UEM. Maringá. Field Conference, Guide Amazon, Pg. 27-30.

Struckrath, T. 1969. Movimiento de las ondulaciones del lecho de río Paraná. Mitteilungen das Frazius Institut. Editora da Universitat Hannover, v.1. 20p.

Van Rijn, L.C. 1984. Sediment transport, PartI: Bed Load Transport. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. V.110. 23-31p.