



HIDROSSEDIMENTOLOGIA DO RIO MIRANDA, PANTANAL SUL-MATO-GROSSENSE

Sarah Lacerda Farias¹; Thaynara D'Avalô Centurião²; Yeda de Lima Sousa³; Glauber Altrão Carvalho⁴ & Carlos Nobuyoshi Ide⁵.

ABSTRACT – The generation of basic fluvial sediment data is done by hydrosedimentation, which is a quantity of sediments transported through watercourses in a given section. These data are: liquid discharge, suspension, sedimentation of bed and granulometry of sediments in suspension and bed. The purpose of this study was to realize liquid and solid discharge measurements to evaluate sediments transport and aggregate data to compose base in study at Miranda River, region of the Passo do Lontra, city of Corumbá/MS. Measurements were made between October 16 - 18, 2017, downstream of “Base de Estudos do Pantanal”. In the flow measurement, the traditional methodology of half section with the hydrometric windlass was used, being determined 16 verticals with spacing calculated according to width of the river. Bedloads discharge was measured with the Rock-Island type sampler and solid trawl discharge with Helley-Smith. The values of solid discharge of bedload were, respectively: 117.751.18 kg.day⁻¹ on first day; 136,374.8 kg.day⁻¹ on second Day and 148.195.2 kg. day⁻¹ on third day. It can be noticed that these values are approximated among the three days, and some of the differences found in the hydrometric measurements are related to flow depletion, and the differences in sedimentometric analyzes related to possible decrease or increase of turbidity, variations of depths in collected layers and the possible errors of data collect, sample processing and calculation. It is recommended to carry out more elaborate studies with the use of acoustic method with Doppler equipment and the test of other methods of calculations to evaluate which one is more suitable in quantification of solid discharge and characterization of sediment transport from the river basin.

Palavras-Chave – Medição de vazão; Sedimento de fundo; Pantanal.

¹) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Av. Costa e Silva, s/nº, Bairro Universitário, 79070-900, sarahfarias1@gmail.com, (67) 98165-8835;

²) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Av. Costa e Silva, s/nº, Bairro Universitário, 79070-900, thaynaracenturião@gmail.com, (67) 98151-3236;

³) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Av. Costa e Silva, s/nº, Bairro Universitário, 79070-900, yedalsousa@gmail.com, (67) 99118-5719;

⁴) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Av. Costa e Silva, s/nº, Bairro Universitário, 79070-900, Glauber.altrao@gmail.com, (67) 3345-7491;

⁵) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Av. Costa e Silva, s/nº, Bairro Universitário, 79070-900, Campo Grande - MS, carlos.ide@ufms.br, (67) 3345-7491.



1 – INTRODUÇÃO

Análises do comportamento hidrológico e sedimentológico são princípios básicos para um bom dimensionamento, gestão e monitoramento ambiental (Teixeira, 2011). Ademais, as pesquisas sob o viés hidrossedimentológico no Pantanal são fundamentais para um melhor entendimento da dinâmica hidrológica dessa imensa planície aluvial e colabora com o avanço na compreensão do sistema (Macedo, 2013).

A Hidrossedimentologia tem a função de gerar dados básicos de sedimentos fluviais, sendo eles os valores de descarga sólida, a granulometria dos sedimentos, as questões fundamentais para aplicação em estudos e operação de uso dos recursos hídricos, diretamente relacionados a construção de pontes e bueiros, a construção de hidrelétricas, aos projetos de estradas, ao controle ecológico, a autorização para uso da água, dentre outros (ANA, 2011; Poletto, 2013). Já a sedimentometria trata da medida da quantidade de sedimentos transportados pelos cursos d'água em uma determinada seção, tendo como exigências métodos apropriados para análise e amostragem (Carvalho *et al.*, 2000; ANA, 2011).

Para as medições existem diversos métodos classificados em diretos ou indiretos. Assim, os valores necessários, normalmente, se referem às descargas em suspensão, de sedimentos do leito e a líquida (Carvalho *et al.*, 2000; Carvalho, 2008).

O estudo tem como escopo o trabalho em campo, resultante de atividades acadêmicas realizadas anualmente na Base de Estudos do Pantanal (BEP), citando-se como exemplo as publicações de Andrade e Ide (2012), Aramaqui (2015), Correa *et al.* (2013), Silva *et al.* (2012), Teixeira *et al.* (2000), entre outros, que envolveram alunos da graduação e pós-graduação da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS).

Com o avanço de novas tecnologias de medições, a hidrologia de campo tem entrado em declínio (Burt e Mcdonell, 2015), sendo fundamental, portanto, que pesquisas como essa continuem sendo desenvolvidas.

O objetivo do estudo foi avaliar o transporte de sedimentos e agregar dados para compor uma base de estudos para a região, através de medições da descarga sólida e líquida.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Área de estudo

O estudo foi realizado no Rio Miranda, na região do Passo do Lontra, município de Corumbá/MS. A seção transversal de medição da descarga líquida e sólida foi estabelecida próxima ao píer do Hotel Passo do Lontra, à jusante da Base de Estudos do Pantanal (Figura 1).

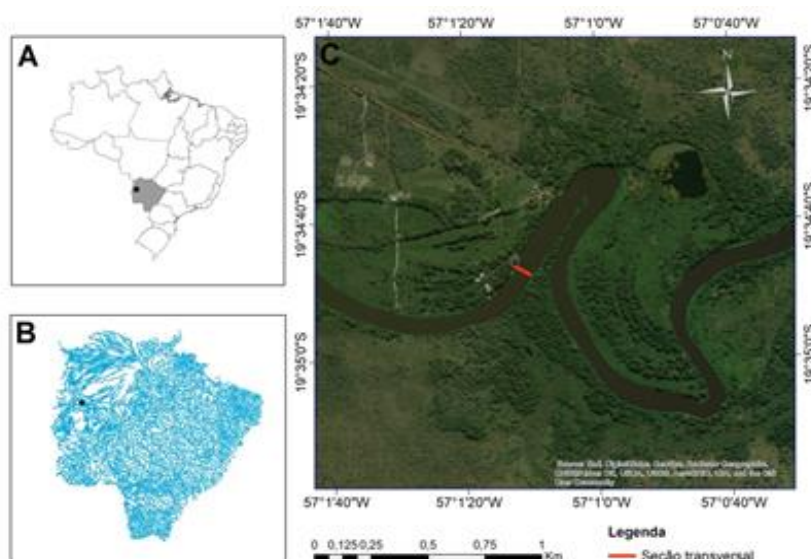


Figura 1 - Área de estudo (fonte: autoria própria)

2.2- Medição da descarga líquida

Na medição de vazão empregou-se a metodologia tradicional descrita em BRASIL (1977), utilizando o método do molinete hidrométrico, medindo-se a velocidade em pontos criteriosamente escolhidos, onde a velocidade do líquido é proporcional à rotação de uma hélice. Na determinação da posição do barco, referenciada pela margem, utilizou-se trena, cabo de aço tracionado fixado em cada margem, obtendo-se o Ponto Inicial (PI) e o Ponto Final (PF).

Para determinar a posição do molinete em cada vertical, utilizou-se um contador de profundidades instalado no guincho hidrométrico, em 16 verticais, com espaçamento calculado de acordo com a largura do rio. As medições foram realizadas entre 16 - 18 de outubro de 2017. Adotou-se o método da meia seção, onde cada segmento considerado tem a área de um retângulo e vai da metade entre as duas verticais antecedentes à vertical considerada até a metade das duas verticais seguintes, sendo a velocidade média igual à da vertical do segmento.

As equações utilizadas para o molinete, calibrado, foram:

$$V=0,2479 \times N+0,012 \text{ para } N \leq 0,63 \quad (01)$$

$$V=0,2606 \times N+0,004 \text{ para } 0,63 < N \leq 9,59 \quad (02)$$

Sendo V, a velocidade em (m/s) e N a rotação pelo tempo.

2.3- Medição da descarga sólida

2.3.1 - Descarga sólida do leito

A descarga sólida do leito foi realizada através do amostrador tipo *Rock-Island*, recomendado para rios não muito profundos e com baixas velocidades (Figura 2). O procedimento de coleta consiste em jogar o equipamento no fundo do rio em direção à correnteza, de modo que a vazão estique o cabo. Após o lançamento, o amostrador é recolhido. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados para análise posterior (Carvalho, 2008).

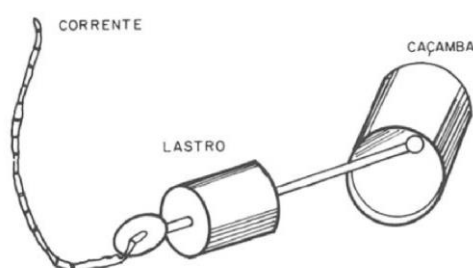


Figura 2 - Amostrador do tipo *Rock-Island* para sedimento de leito (fonte: Carvalho *et al.*, 2000).

2.3.2 - Descarga sólida de arrasto

A descarga sólida de arrasto foi executada adotando a medição direta, através do amostrador do tipo *Helley-Smith* - US BL-84 (Figura 3). Neste método o diferencial de pressão reduz a velocidade de entrada para o interior permitindo melhor deposição de partículas na saca. A saca mais adequada para este amostrador é a de #200 μ m, que permite retenção de partículas de diâmetros um pouco menores mais finas que a areia fina. Foram coletadas amostras de 7 verticais com tempo de amostragem de 2 minutos.



Figura 3 - Amostrador do tipo Helley Smith (fonte: autoria própria).



2.4 - Ensaios granulométricos

Os ensaios granulométricos foram realizados através do peneiramento a seco, utilizando peneiras de malhas padronizadas (série de Tyler). As peneiras são empilhadas, estando a de maior diâmetro de malha no topo e a de menor no fundo, acopladas a um recipiente final que recebe os finos da última peneira. As amostras foram secadas em estufa e na sequência processadas em um peneirador automático (*Ro-tap*). Cada porção de material retido na peneira foi pesado e a porcentagem de cada diâmetro de malha de peneira foi obtida com a divisão pelo peso total da amostra.

2.4.1 - Descarga sólida de arrasto

O cálculo da descarga sólida de arrasto foi realizado através da equação 03, que considera o peso seco de cada amostra, as larguras parciais e a eficiência de amostragem:

$$q_{sa} = \frac{1}{E_{am}} \times \frac{p \times (d_{i+1} - d_{i-1})}{l \times t} \quad \text{kg.min.m}^{-1} \quad (03)$$

Sendo p - o peso da amostra no ponto; $d_{i+1} - d_{i-1}$ - a distância entre a metade da largura da vertical antecedente ao ponto medido até a metade da largura da vertical subsequente, considerado do PI, em m; os pontos extremos terão suas distâncias contadas até a margem; E_{am} - eficiência do amostrador;

A descarga sólida total do leito é calculada por:

$$Q_{sa} = \sum \frac{1}{E_{am}} \times \frac{p(d_{i+1} - d_{i-1})}{l \times t} \quad \text{kg.min}^{-1} \quad (04)$$

É conveniente que os resultados sejam apresentados em kg.dia^{-1} .

Além disso, foi utilizado o software Sedim 2.0 para o cálculo indireto da descarga sólida, realizado através da fórmula de Kalinske (1947):

$$g_s = 25,28 \times \sqrt{\tau_o} \times \sum_{i=1}^n \tau_{ci} \times \frac{i_b / D_{si}}{m} \times \left[\frac{\bar{U}_g}{\bar{U}} \right] \quad (05)$$

$$\log \left[\frac{\bar{U}_g}{\bar{U}} \right] = -0,068 - 1,1328 \times \left[\frac{\tau_{ci}}{\tau} \right] + 0,94 \times \left[\frac{\tau_{ci}}{\tau} \right]^2 - 1,206 \times \left[\frac{\tau_{ci}}{\tau} \right]^3 + 0,567 \times \left[\frac{\tau_{ci}}{\tau} \right]^4 - 0,0975 \left[\frac{\tau_{ci}}{\tau} \right]^5 \quad (06)$$

$$\tau_o = g \times h \times S \quad (07)$$

$$\tau_{ci} = 12 \times D_{si} \quad (08)$$

$$m = \sum_{i=1}^n \frac{i_b}{D_{si}} \quad (09)$$

Onde \bar{U}_g - velocidade média das partículas, da classe granulométrica i considerada, em ft/s; \bar{U} - velocidade média do escoamento próxima do leito, em ft/s; τ_o - tensão tangencial junto ao fundo, em lb/ft^2 ; τ_{ci} - tensão tangencial crítica, em lb/ft^2 ; h - profundidade média, em ft; g - aceleração da gravidade, em ft/s^2 .

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos das principais características hidráulicas e granulométricas para os três dias de medições estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características hidráulicas e granulométricas

Dias	Parâmetros Hidráulicos					Nível régua linimétrica(m)	Características granulométricas			
	L (m)	Q (m ³ /s)	Pm (m)	Am (m ²)	Vm (m/s)		Diâmetro efetivo (mm)			
							D35	D50	D65	D90
1	101,80	144,36	2,39	243,66	0,59	121	0,309	0,324	0,476	0,512
2	101,00	141,34	2,43	245,91	0,57	108	0,378	0,425	0,459	0,549
3	101,00	127,94	2,22	225,72	0,57	105	0,301	0,315	0,326	0,508

Onde: L - largura do rio; Q - descarga líquida; Pm - profundidade média; Am - área molhada; Vm velocidade média.

Houve uma depleção no hidrograma da vazão durante as medições, tendo em vista as variações dos níveis marcados pela régua linimétrica.

Para orientar a amostragem de sedimento foi determinada a vertical de controle de acordo com a relação velocidade e profundidade, sendo utilizadas as de número 6, 10 e 9 para os dias 1, 2 e 3 de medições, respectivamente.

Conforme classificação granulométrica definida pela norma ABNT - NBR 6502/95 (ABNT, 1995), observou-se elevado índice de areia, em todas as medições, representando mais de 99% da composição total. A areia média manteve o predomínio com cerca de 74% da quantidade total.

Foi elaborada a curva granulométrica conjugando as amostras para cada dia de medição, conforme resultado apresentado na figura 4.

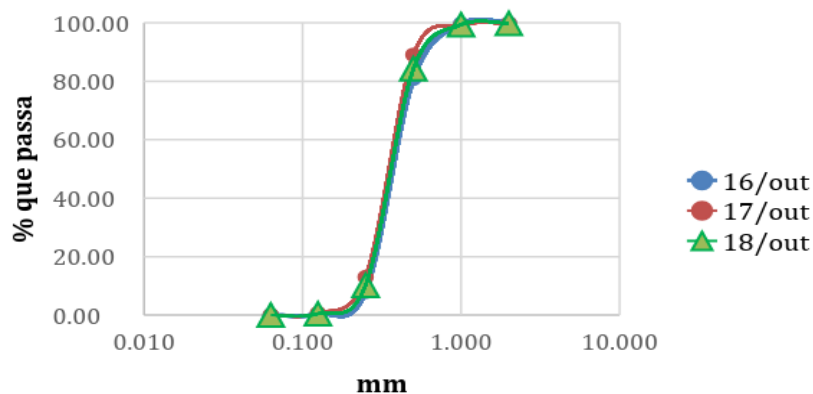


Figura 4 - Curva Granulométrica

Observa-se uma constância na caracterização granulométrica, onde os resultados encontrados para cada dia de medição foram bastante aproximados. Isso demonstra que houve uma padronização na aplicação das metodologias, diminuindo a possibilidade de erros amostrais.



Estimou-se os diâmetros efetivos que correspondem à porcentagem 10% da curva granulométrica (ABNT, 1995). Os principais utilizados na aplicação dos modelos de cálculo de transporte foram apresentados na tabela 1 (D35, D50, D60 e D90).

Através da equação 3 foi calculada a descarga sólida de arrasto na seção transversal. A descarga foi também calculada através do software Sedim 2.0 pela fórmula de Kalinske, a fim de comparar os resultados obtidos, conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2 - Descarga sólida de arrasto

Dias de medição	Helley-smith Q_{sa} ($t.d^{-1}$)	Kalinske ($t.d^{-1}$)
1	117,75	174,20
2	136,37	156,76
3	148,20	151,92

A utilização da equação de Kalinske apresentou um bom ajuste. As razões (r) entre os valores calculados pelo método e pelo medido foram de 1,5, 1,1 e 1,0 para os três dias de medições, respectivamente, o que indica resultados bastante aproximados (Scapin *et al.*, 2007).

4 - CONCLUSÃO

O estudo teve como base o desenvolvimento da hidrologia de campo, promovendo benefícios como a habilidade de observação e o trabalho em equipe.

Os resultados obtidos mostraram valores bem aproximados para os três dias de medições das descargas líquidas e sólidas. Algumas das diferenças encontradas nas medições hidrométricas podem estar relacionadas com a depleção de vazão.

As diferenças encontradas nas análises sedimentométricas podem ter relação com possíveis variações de profundidades nas camadas coletadas e possíveis erros de coleta, processamentos das amostras e cálculo.

Recomenda-se, testes com outros métodos de cálculos a fim de avaliar qual o mais adequado para obter resultados com maior precisão na quantificação da descarga sólida e caracterização do transporte de sedimentos da bacia para o rio Miranda.

5 – BIBLIOGRAFIA

ABNT, Associação Brasileira de normas técnicas (1995) *NBR 6502: Rochas e Solos*. Rio de Janeiro/RJ, 18 p.

ANA, Agência Nacional de Águas (2011). *Notas de aula sobre Hidrometria – operação e*



manutenção de estações automáticas de coleta de dados. SGH, Brasília/DF, 105 p.

ANDRADE, G. H.; IDE, C. N. (2012). “*Monitoramento automático de material particulado em suspensão no Rio Miranda - MS, Passo do Lontra*” in Anais do XIII Encontro de Iniciação Científica da UFMS, Campo Grande/MS, 2012, pp. 1 – 5.

ARAMAQUI, J. N.; IDE, C. N.; VAL, L. A. A.; MONTANHEZ, B. E.; BARBOSA, E. H. B.; CORREA, J. S. “*UTILIZAÇÃO DO MÉTODO ACÚSTICO EM ESTUDO HIDROMÉTRICO DO RIO MIRANDA/CORUMBÁ MS*” in Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília/DF, 2015, pp. 1 - 8.

BRASIL, Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (1977). *Manual para Serviços de Hidrometria.* DNAEE, Brasília/DF, 95 p.

BURT, T. P.; MCDONELL, J. J. (2015). “*Whither field hydrology? The need for discovery science and outrageous hydrological hypotheses*”. Water Resources Research. v. 51, p. 5919- 5928.

CARVALHO, N. O. (2008). *Hidrossedimentologia Prática.* Interciência, Rio de Janeiro/RJ, 599 p.

CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JÚNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. (2000). *Guia de práticas sedimentométricas.* ANEEL, Brasília/DF, 154 p.

CORREA, J. S.; IDE, C. N.; MENEZES, C. G. “*AVALIAÇÃO RÁPIDA EM TRÊS DIAS CONSECUTIVOS COM USO DE IQA-CETESB EM UM TRECHO DO RIO MIRANDA/CORUMBÁ-MS*” in Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves/RS, 2013. pp. 1 - 6.

KALINSKE, A. A. (1947). *Movement of sediment as bed-load in rivers.* Eos, Transactions American Geophysical Union, v. 28, n. 4, p. 615 - 620.

MACEDO, H. A. (2013). *Geomorfologia e hidrossedimentologia da planície do rio Paraguai, da lagoa Vermelha à confluência do rio Miranda, Pantanal Mato-grossense.* Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 73p.

POLETO, C. (2014). *Sedimentologia Fluvial: Técnicas e Estudos.* ABRH, Porto Alegre/RS, ed. 1, v. 1, p. 203 - 240.

SCAPIN, J.; PAIVA, J. B. D.; BELING, F. A. (2007). “*Avaliação de Métodos de Cálculo do Transporte de Sedimentos em um Pequeno Rio Urbano*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos., V. 12, n. 4, p 05 - 21.

TEIXEIRA, J. J. (2011). *Hidrossedimentologia e Disponibilidade Hídrica da Bacia Hidrográfica da Barragem de Poilão - Cabo Verde.* Universidade Federal do Ceará - Centro de Ciências Agrárias - Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. Fortaleza/CE.

TEIXEIRA, S. S.; IDE, C. N.; SAMPAIO, A. C. S.; CHEUNG, P. B.; ESCANDOLHERO, J. M.; LUCA, S. J. (2000). “*Avaliação de impactos ambientais no Passo do Lontra*” in Anais do I Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste, Brasília/DF, 2000, pp. 1 - 29.