

Avaliação do Transporte de Sedimentos no Rio Jundiáí –

Bacia do PCJ com apoio do Software SEDIM 2.0

Stephanie Caroline Pereira Correa de Medeiros¹ Diniz Ferrarezi Neto² ; Luis Fernando Murillo Bermudez³; José Gilberto Dalfré Filho⁴; André Luís Sotero Salustiano Martim⁵

ABSTRACT – Sediment transport in water streams has a direct relationship with erosion, transport and deposition of sediments in riverbeds, natural phenomena that are intensified by the interference of anthropical activities. Aware that the Jundiáí River, object of this study, has almost no history of sampling, this research project aims, based on sediment transport data collected in the Jundiáí River, PCJ Basin, using common direct sampling techniques, to approach the problem of sediment transport with the help of the SEDIM 2.0 software, quantitative results of sediment transport in this section of the Jundiáí River.

Palavras-Chave – Sedimentos em suspensão, Transporte de sedimentos, Descarga sólida

1 - INTRODUÇÃO

Segundo Sari (2015), conhecer e monitorar o transporte de sedimentos é tarefa essencial para o gerenciamento das bacias hidrográficas, sendo que a quantificação de sedimentos presentes em corpos hídricos se faz um dos passos iniciais para prevenção e controle dos problemas causados pelo transporte e deposição de sedimentos.

Para Lopes (2009), a obtenção direta da produção de sedimento é bastante limitada, por necessitar de coleta e análise laboratorial. Já a obtenção indireta e contínua de dados pode ajudar a melhor prever a produção de sedimentos de uma bacia, constituindo importante ferramenta de gestão e controle.

Também em função de interferências de obras hidráulicas inadequadas e da ocupação desordenada do solo e de seu uso indiscriminado, podem se intensificar o aporte de sedimentos, sendo então de fundamental importância que sejam realizados estudos relacionados às questões sedimentológicas. (Santos *et. al.*, 2014).

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar o transporte e deposição de sedimentos no Rio Jundiáí, Estado de São Paulo, afluente do rio Tietê, a partir dos dados de coleta de água bruta obtidos

1) Universidade Estadual de Campinas

por métodos tradicionais e comparação por modelagem no software SEDIM 2.0, conduzindo uma abordagem teórica da problemática do transporte de sedimentos, de forma a avançar os estudos anteriores realizados na seção de estudo. Também no sentido de, com apoio do software SEDIM 2.0, apresentar de forma comparativa com os resultados das análises das coletas do rio Jundiáí, realizadas anteriormente.

A coleta deve utilizar o princípio da integração vertical (Poletto, 2014), e para a análise do material coletado será utilizada uma bomba a vácuo e um conjunto de filtros de papel para a determinação da concentração de sólidos C_{ss} em mg/l para cada amostra coletada.

O “software” SEDIM 2.0. O Sedim é um código computacional para o cálculo do transporte de sedimentos e foi desenvolvido com o objetivo de calcular a vazão sólida do material do leito que se movimenta essencialmente por arraste (*bed-load*) e que se movimenta por arraste e suspensão (*bed-material*). Para isso, possui 10 fórmulas de arraste e suspensão e 4 fórmulas somente de arraste. (Campeão e da Hora, 2018)

Este trabalho estuda a bacia do rio Jundiáí. A bacia está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Piracicaba, Capivari e Jundiáí, UGRHI/PCJ, e possui área total de 1.114 km² abrangendo 11 municípios que se encontram entre as regiões metropolitanas de São Paulo e de Campinas. Sua localização geográfica tem grande influência na importância regional, pois possui grande crescimento populacional e econômico, acima da média do estado, e com grande crescimento industrial. (Barbaroto Junior, 2014; Haupt e Porto, 2009).

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de sedimentos do leito do Rio Jundiáí, foram coletadas na seção identificada na Figura 1. No local existe uma passarela de pedestres sobre o rio, o que facilitou a amostragem.

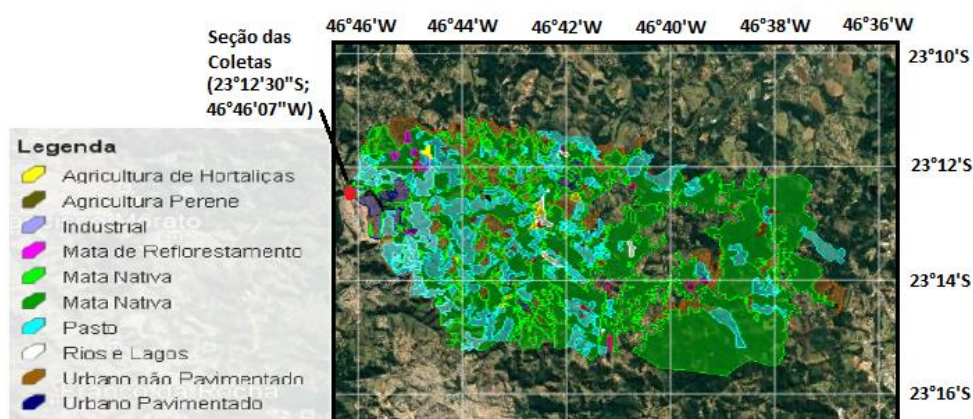


Figura 1 – Bacia do Rio Jundiáí com localização da seção de coleta de amostragem e da estação fluviométrica. Fonte Mathi, 2018.

Para a coleta do material de fundo, necessária para a determinação de parâmetros com o objetivo da análise dos sedimentos, foi escolhido utilizar o amostrador do tipo Petersen. O amostrador tipo Petersen é utilizado para retirar amostras de material do leito, sendo considerado um amostrador de raspagem e de penetração vertical. O mesmo possui um dispositivo de desarme que consiste em alavanca de braço móvel. A draga desce com as caçambas abertas pela alavanca e, ao tocar o leito do rio, desarma, permitindo a coleta de material. Já para a análise dos sedimentos coletados, foi utilizado um conjunto de peneiras e um agitador, distribuindo as partículas da amostra de acordo com sua granulometria.

2.1 - Dados Coletados

Para a avaliação proposta, foram coletadas amostras de sedimentos no leito do Rio Jundiáí, seção localizada em Campo Limpo Paulista. A Figura 2 (a) e (b) ilustra os trabalhos realizados e o amostrador utilizado.

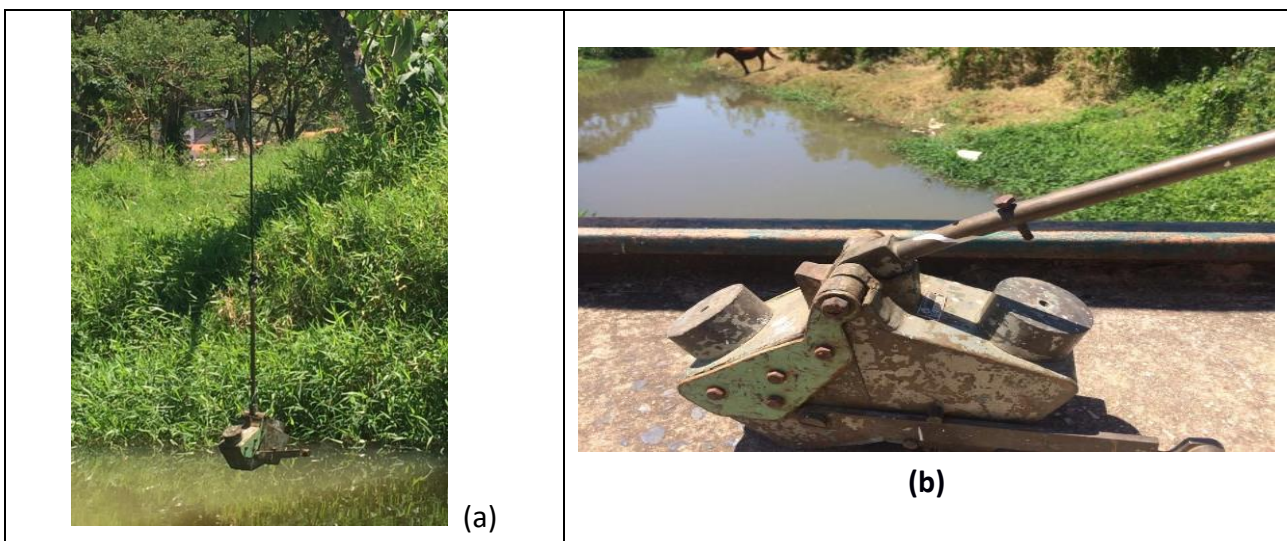


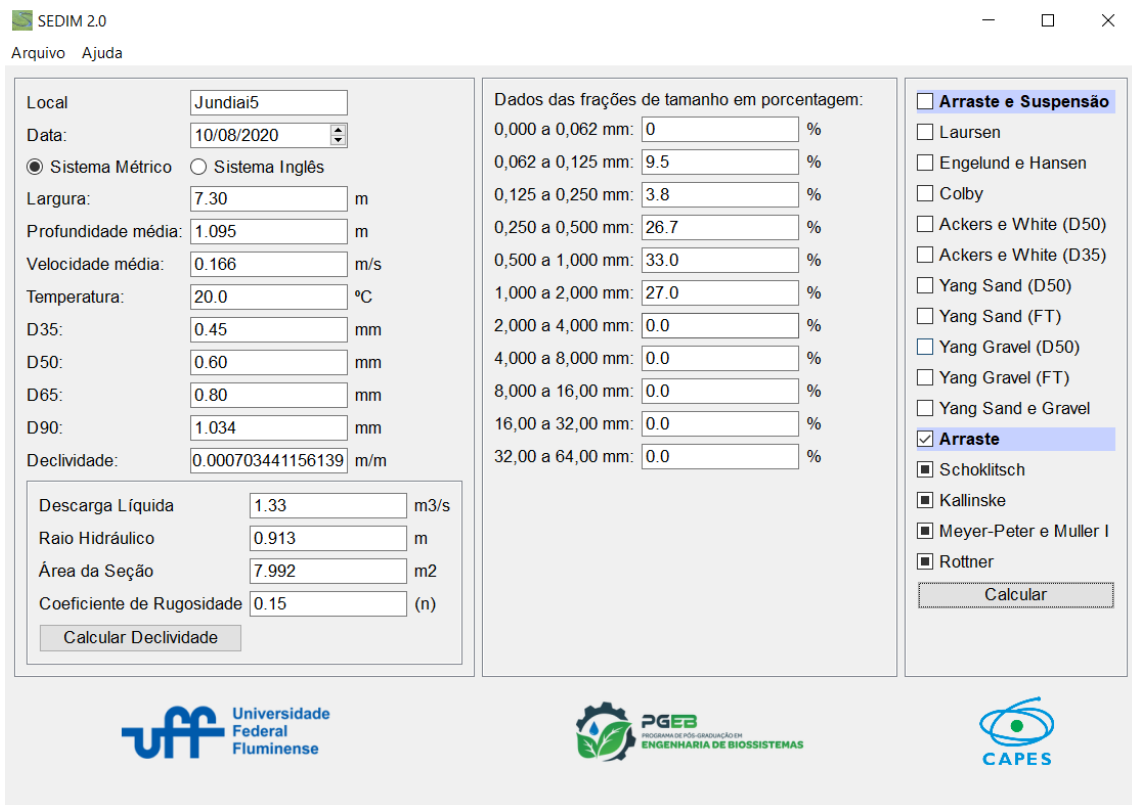
Figura 2. (a) Execução da Amostragem de sedimentos. (b) Detalhe do Equipamento do tipo Petersen da FEC/Unicamp utilizado.

No período desta pesquisa foram realizadas seis expedições para a coleta de dados com o Amostrador do tipo Petersen e feita a análise granulométrica de três amostras, cada uma com 400g. Simultaneamente outra equipe realizou medições dos parâmetros hidráulicos na seção do rio e também amostragem de sedimentos em suspensão com equipamento US-DH 48.

2.2 - Dados inseridos no software

O SEDIM foi desenvolvido com o objetivo de calcular a vazão sólida do material do leito que se movimenta essencialmente por arraste (*bed-load*) e que se movimenta por arraste e suspensão (*bed-material*). Para isso, possui 10 fórmulas de arraste e suspensão e 4 fórmulas somente de arraste, sendo elas; Laursen, Engelund & Hansen; Colby; Ackers & White (D50); Ackers & White (D35); Yang Sand (D50); Yang Sand (FT); Yang Gravel (D50); Yang Gravel (FT); Yang Sand & Gravel; Schoklitsch; Kalinske; Meyer-Peter & Muller; Rottner. (Campeão e da Hora, 2018).

A interface do “software” se dá através do fornecimento de dados específicos obtidos a partir da coleta de sedimentos, sendo eles indicados na figura 3, em que são apresentados os dados inseridos em uma das simulações.



SEDIM 2.0
Arquivo Ajuda

Local: Jundiaí5
 Data: 10/08/2020
 Sistema Métrico Sistema Inglês
 Largura: 7.30 m
 Profundidade média: 1.095 m
 Velocidade média: 0.166 m/s
 Temperatura: 20.0 °C
 D35: 0.45 mm
 D50: 0.60 mm
 D65: 0.80 mm
 D90: 1.034 mm
 Declividade: 0.000703441156139 m/m

Descarga Líquida: 1.33 m³/s
 Raio Hidráulico: 0.913 m
 Área da Seção: 7.992 m²
 Coeficiente de Rugosidade: 0.15 (n)
 [Calcular Declividade]

Dados das frações de tamanho em porcentagem:

0,000 a 0,062 mm:	0	%
0,062 a 0,125 mm:	9.5	%
0,125 a 0,250 mm:	3.8	%
0,250 a 0,500 mm:	26.7	%
0,500 a 1,000 mm:	33.0	%
1,000 a 2,000 mm:	27.0	%
2,000 a 4,000 mm:	0.0	%
4,000 a 8,000 mm:	0.0	%
8,000 a 16,00 mm:	0.0	%
16,00 a 32,00 mm:	0.0	%
32,00 a 64,00 mm:	0.0	%

Arraste e Suspensão
 Laursen
 Engelund e Hansen
 Colby
 Ackers e White (D50)
 Ackers e White (D35)
 Yang Sand (D50)
 Yang Sand (FT)
 Yang Gravel (D50)
 Yang Gravel (FT)
 Yang Sand e Gravel
 Arraste
 Schoklitsch
 Kalinske
 Meyer-Peter e Muller I
 Rottner
 [Calcular]

Logos: UFF Universidade Federal Fluminense, PGE3 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS, CAPES

Figura 3 - Plataforma do SEDIM. – Dados de Entrada

3 - RESULTADOS

Os resultados obtidos das amostragens com amostrador Petersen, coletados diretamente na seção do rio Jundiaí, apresentada na figura 1, após as análises com o peneiramento realizado na

Laboratório de Geotécnica da FEC-Unicamp, foram compilados em tabelas, e estão resumidos nas tabelas 1, 2 e 3 apresentadas.

Os resultados foram utilizados para a confecção das curvas granulométricas e a partir das curvas foi obtido o d₉₀, d₆₅, d₅₀ e d₃₅. Os valores encontrados foram utilizados para alimentar os campos do Software SEDIM 2.0. A partir das tabela 1, 2 e 3 foram geradas as curvas granulométricas apresentadas na figura 4, que reúne as 3 curvas juntas. O cálculo dos parâmetros o d₉₀, d₆₅, d₅₀ e d₃₅ foi realizado de forma gráfica.

Tabela 01. Amostra número 01.

Peneira	D (mm)	Peso peneira (g)	Peso peneira+sól (g)	Peso retido	% (retida)	% (retida acumulada)	% (passa)
10	2						100
20	0,84	414,78	554	139,22	34,81	34,81	65,20
40	0,42	333,83	478	144,17	36,04	70,85	29,15
60	0,25	323,77	396	72,23	18,06	88,91	11,10
100	149	316,49	320	3,51	0,88	89,78	10,22
200	74	386,19	410	23,81	5,95	95,74	4,26

Tabela 02. Amostra número 02.

Peneira	D (mm)	Peso peneira (g)	Peso peneira+sól (g)	Peso retido	% (retida)	% (retida acumulada)	% (passa)
10	2						100
20	0,84	414,78	553	138,22	34,56	34,56	65,45
40	0,42	333,83	476	142,17	35,54	70,10	29,90
60	0,25	323,77	392	68,23	17,06	87,16	12,85
100	149	316,49	321	4,51	1,13	88,28	11,72
200	74	386,19	417	30,81	7,70	95,99	4,01

Tabela 03. Amostra número 03.

Peneira	D (mm)	Peso peneira (g)	Peso peneira+sól (g)	Peso retido	% (retida)	% (retida acumulada)	% (passa)
10	2						100
20	0,84	414,78	549	134,22	33,56	33,56	66,45
40	0,42	333,83	471	137,17	34,29	67,85	32,15
60	0,25	323,77	399	75,23	18,81	86,66	13,35
100	149	316,49	323	6,51	1,63	88,28	11,72
200	74	386,19	420	33,81	8,45	96,74	3,26

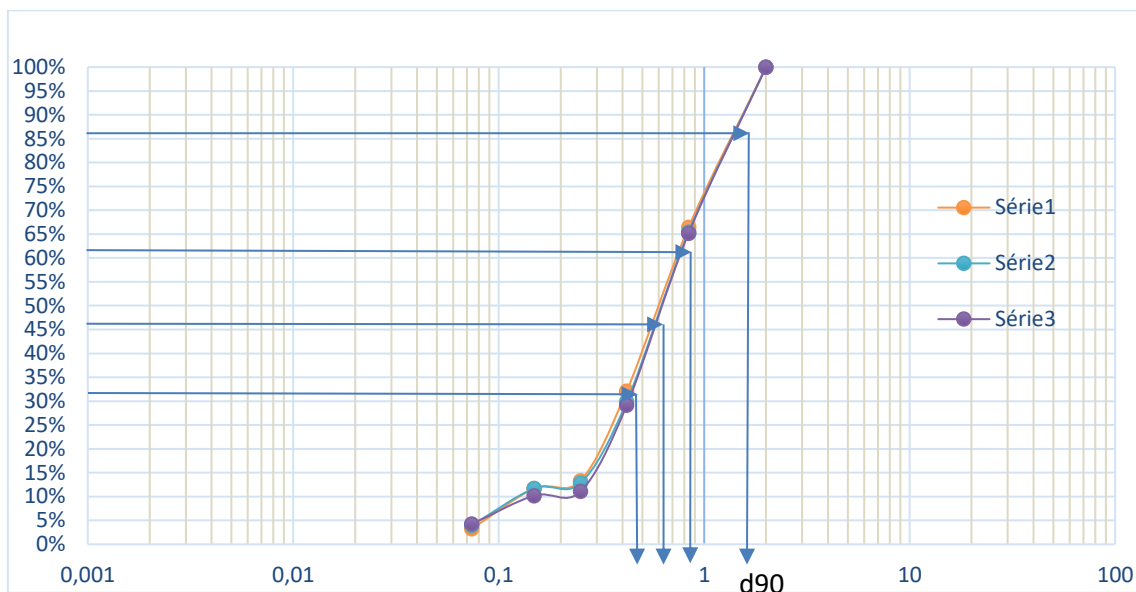


Figura 4 – Curva granulométrica do material coletado no leito do Rio Jundiaí

Os resultados obtidos com o Software SEDIM 2.0 estão apresentados na tabela 4. Inicialmente, escolheu-se analisar as equações somente pelo fenômeno de arraste, **Meyer-Peter e Muller I, Rottner, Kalinske, Schoklitsch**, com suas principais características obtidas por Campeão (2018), entretanto apresentamos os resultados integrais do software para efeito de comparação e análise.

Fórmula	C (mg/l)	Qst (ton/dia)
YangGravelFT	0.000644	8.14441E-05
Rottner	0.008401	0.001062969
AckersWhiteD35	0.110879	0.0140286
YangSandD50	1	0.126521387
YangGravelD50	1	0.126521387
YangSandFT	13.67786	1.730542181
YangMixFT	13.67786	1.730542181
MeyerPetereMuller	58.39539	7.388265629
Amostragem US-DH 48 (*)	61.15	7.925
Schoklitsch	75.75375	9.584469048
EngelundeHansen	83.81239	10.60406003
Kalinske	589.9022	74.63524682

Verifica-se que os resultados pelas equações de YangSandFT, YangMixFT, Schoklitsch, EngelundeHansen apresentaram os melhores resultados comparados com os valores obtidos por amostragem direta (*) realizada simultaneamente com as coletas de fundo, embora seja recomendado que uma avaliação mais aprofundada a respeito das equações e parâmetros

considerados deva ser realizada. Também deverá ser realizada uma campanha de amostragem de transporte de arrasto, para verificar aderências com as equações que calculam as duas parcelas conjuntamente.

4 - CONCLUSÕES

A avaliação do transporte de sedimentos requer uma extensa campanha de coleta de dados, e dados preliminares devem ser usados com cautela. A medição de transporte em suspensão e também em conjunto uma medição de transporte de fundo por arrasto é recomendada.

A utilização de softwares para cálculo deve ser usada com cautela, como ferramenta de auxílio e nunca para conclusões assertivas sem conhecimentos complementares

Em transporte de sedimentos nada pode substituir o conhecimento da bacia hidrográfica, da ocupação e uso do solo. E também dados hidráulicos, da calha do rio, bem como as amostras obtidas in loco são fundamentais para o refinamento dos resultados. Outra variável importante é a quantidade de campanhas e a frequência que são realizadas. A região de estudo possui uma estação seca bem definida entre agosto e outubro, época em que as vazões do rio Jundiá são significativamente menores, e conseqüentemente menores as concentrações de sedimentos transportados.

5 - REFERÊNCIAS

Barbarotto Junior, J. L. (2014) "Análise da disponibilidade hídrica da bacia do rio Jundiá por meio de simulações hidrológicas de cenários prováveis" Dissert. de Mestrado, Unicamp, Campinas, 2014.

Carvalho, N. O.; Salgado J.C.M.; Ross, J.; Ruiz N.C.P., Silva, L.F.A., Mesquita, J.B.; Neto, A.A.G.; Silva, L.P., (2005) REVISÃO DOS ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS DO RIO MADEIRA E MAMORÉ, RO. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa, 2005.

Campeão, R.A.C., da Hora, M.A.G.M, SEDIM 2.0 - Ferramenta computacional para o cálculo do transporte de sedimentos – Niterói : Alternativa Editora - 2018. 80p.

Coiado, E.M. (2001). "Uso do amostrador fixo programável na determinação da concentração dos sedimentos transportados em suspensão no rio Atibaia-SP" XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Aracaju, SE.

Garde, R. J.; Raju, K. G. (1985) Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems. 2nd. Edition, John Wiley & Sons – New York.

Graf. W. H. (1998) Fluvial Hydraulics. Flow and Transport Process in Channels of Simple Geometry. John Wiley & Sons – Chichester, England.

Haupt, J. P. O, Porto, M. F. A., (2009) "Metodologia para avaliação do potencial de produção de poluição difusa: estudo de caso da bacia do rio Jundiaí" in anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande/MS, Nov 2009.

Hickin, E. J. (1995) River Geomorphology. Chapter 4: Sediment Transport. p.71. John Wiley & Sons.

Lopes, G.R.; Távora, B.E.; Santos, R.M., Koide, S. (2009) Estudo sobre correlação entre turbidez e sólidos em suspensão para estimativa da vazão sólida em uma pequena bacia. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande, 2009.

Poleto, C. (2014) Sedimentologia Fluvial: Estudos e Técnicas. Vol 1, Porto Alegre ABRH, 218p, p.31 .

Santos, B. B; Estigoni, M. V.; Miranda, R. B.; Botelho, D. A. ; Mauad, F.F. (2014) Estudo da relação entre a concentração de sedimentos em suspensão e a turbidez do reservatório de MogiGuaçu. XI ENES 2014. ABRH.

Sari, V.; Castro, N.M.R.; Kobiyama, M. Estimativa da concentração de sedimentos suspensos com sensores ópticos: revisão (2015) Revista Brasileira de Recursos Hídricos Versão On-line ISSN 2318-0331 RBRH vol. 20 no.4 Porto Alegre out./dez. 2015 p. 816 – 836.