

IV-150 - ESTIMATIVA DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS UTILIZANDO MÉTODOS TEÓRICOS E EMPÍRICOS PARA O CÁLCULO DA DESCARGA SUSPensa E DE FUNDO

Kelly Leiko Umeki⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão. Bolsista de iniciação científica/CNPq.

Eudes José Arantes⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Mestre e Doutor em Engenharia (Hidráulica e Saneamento) pela Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Christopher Yuity Kuroda⁽³⁾

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão. Bolsista de iniciação científica/Fundação Araucária.

Marcel Tomas Arantes⁽⁴⁾

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual do Norte de Paraná, Campus Luiz Meneghel. Mestrando da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Elisângela de Abreu Arantes⁽⁵⁾

Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Paraná, Campus Campo Mourão.

Endereço⁽¹⁾: Rua Dos Expedicionários, 631 - Jardim Copacabana - Campo Mourão - Paraná - CEP: 87302-350 - Brasil - Tel: (44) 8436-8783 - email: kellyumeki@hotmail.com.

RESUMO

O presente trabalho analisou a granulometria das partículas e estimou a descarga de sedimentos de fundo de um segmento do Rio do Campo, localizado no município de Campo Mourão, utilizando para cálculos fórmulas clássicas da literatura. A análise granulometria foi realizada com o sedimento de fundo em que se verificou que para a seção estudada o sedimento caracterizou-se como arenosa com exceção de um dos pontos de estudo. Este fato é explicado devido à proximidade deste ponto com o vertedouro de regularização de nível da captação de água, promovendo a maior facilidade de deposição do material fino. Quanto à estimativa de descarga de sedimentos de fundo, o trabalho identificou os dados hidrométricos para cada ponto da área de estudo para posterior análise. Para os três dias de coletas de dados, na descarga de fundo, o método de Dubois e Zeller apresentou maior valor, seguido do método de Einstein com Peter-Meyer e Shoklitsch apresentando o menor valor. Neste trabalho também se analisou os dados para a descarga de sedimento em suspensão experimental e calculado por modelos de teóricos e empíricos. Observou-se a proximidade dos resultados entre os dois métodos, com exceção de um dos pontos, caracterizado pela formação de um remanso hidráulico apresentando uma variação na largura do trecho, fazendo com que o calculado seja menor que o experimental.

PALAVRAS-CHAVE: Granulometria, Estimativa de descarga de sedimentos, Vazão.

INTRODUÇÃO

Sedimentos são partículas sólidas provenientes da erosão. Esta é causada tanto por processos geomorfológicos, como também são influenciadas pela atividade humana, que podem intensificar este processo.

No Brasil o estudo dos sedimentos tem grande importância porque além de parte do país ser grande produtor agrícola, a energia é gerada praticamente por usinas hidrelétricas. A principal causa da degradação das terras agrícolas é a erosão dos solos, reduzindo a fertilidade e produtividade do solo, causando voçorocas, o transporte de sedimentos nos rios, depósitos em locais indesejáveis e assoreamento das barragens. Em áreas urbanas as enxurradas são um dos maiores causadores da erosão.

As qualidades das águas são determinadas por características físicas, químicas e biológicas dos sedimentos, sendo estes os mais poluentes quando comparados em concentração na água. O transporte de sedimentos em

suspensão atua como portador de poluentes e bactérias, impedindo também a fotossíntese, pois diminui a penetração de raios de luz na água, acarretando também aumento no custo do tratamento desta.

Este trabalho tem como objetivo efetuar a descarga de sedimentos de um segmento fluvial de um pequeno rio que é o principal contribuinte a um reservatório urbano na cidade de Campo Mourão – PR e relacionar entre si as informações referentes à granulometria dos sedimentos. Nesse sentido foram utilizados os métodos de Dubois e Zeller (1963), Einstein (1942) com Peter-Meyer e Shoklitsch (1914,1950).

MATERIAL E MÉTODOS

A estimativa da descarga de sedimento foi realizada considerando as características de um rio, Rio do Campo, localizado na cidade de Campo Mourão - PR. Este corpo d'água é um manancial de abastecimento de água de parte da população da cidade e também constitui no principal contribuinte para um reservatório local de recreação e realização de exercícios físicos de um parque em um bairro da cidade, Parque do Lago. Na figura 1, estão representados os mapas de hidrografia do município, em que o principal corpo d'água é o Rio Ivaí, tendo como seu afluente à esquerda o rio Mourão.

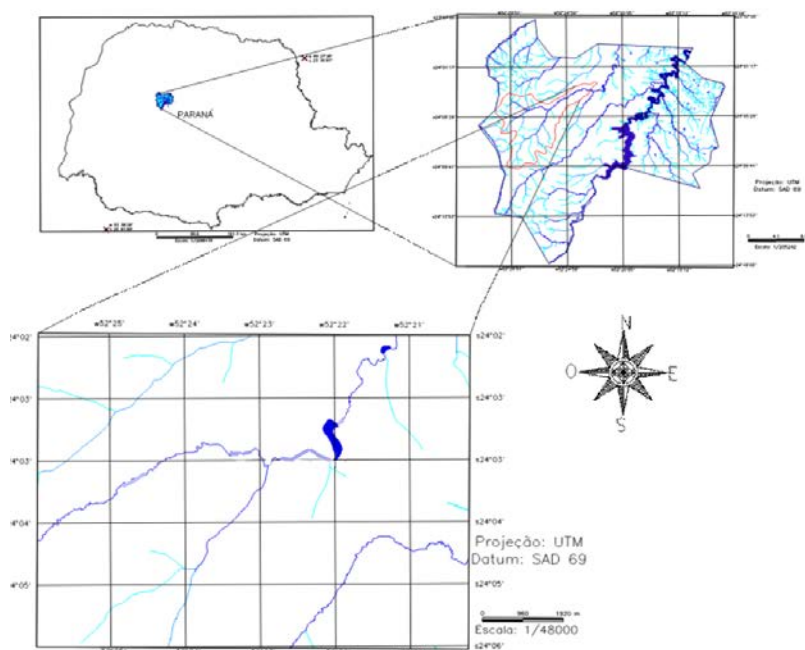


Figura 01. Localização da bacia hidrográfica e do trecho em estudo; a montante do reservatório do parque do lago.

Foram realizadas três coletas e análises de campo durante o período de Maio a Julho de 2009 em quatro pontos distintos. Como o ponto 4 se caracteriza como reservatórios, não foram realizados os cálculos para a descarga e concentração de sedimentos.

O ensaio de granulometria foi realizado com amostras de sedimento de fundo coletados com equipamento amostrador *piston-core*, como mostra a figura 02. A granulometria foi realizada de acordo com o método da sedimentação e peneiramento seguindo a norma para Ensaios (NBR 7181/84).



Figura 02. Camada de solo para análise granulométrica.

Para a análise da granulometria foram coletadas e separadas duas camadas da amostra, a cada 5 cm, para verificar a variabilidade da granulometria. Para os cálculos da descarga de sedimento, a vazão foi calculada utilizando-se o método do flutuador e a declividade foi obtida por dois métodos: teodolito e mangueira. Para o raio hidráulico, foi medida uma seção do trecho e calculado a geometria (área e perímetro molhado) de cada ponto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 03 é apresentado a curva granulométrica para a camada superior do ponto 1. Verifica-se neste gráfico a grande quantidade de areia fina e a baixa quantidade de silte e argila. Para uma melhor visualização do gráfico, foi construída a tabela identificando as porcentagens dos tamanhos das partículas de cada camada.

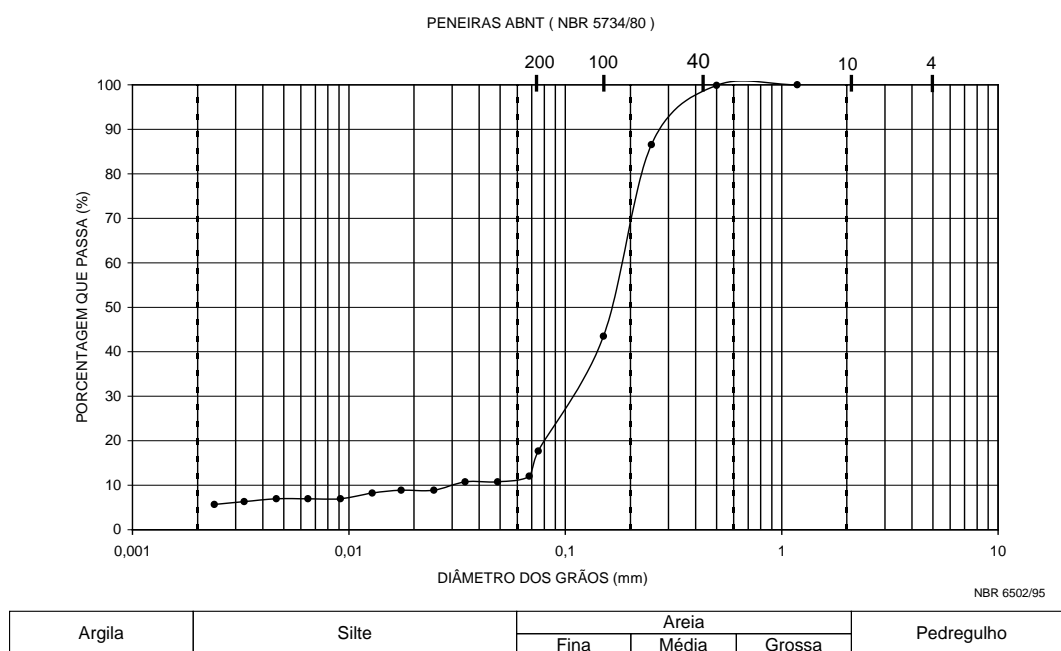


Figura 03 : granulometria do ponto 1 direito superior.

Na tabela 01 estão apresentadas as porcentagens para a camada superior. Verifica-se que o ponto 4 apresenta a maior porcentagem de partículas finas. Acredita-se que a proximidade do vertedouro de regularização de nível da captação de água promove a maior facilidade de deposição do material fino, principalmente o silte.

Como nos outros pontos 1, 2 e 3 a água possui maior velocidade, o material fino acaba não se depositando, sendo justificada a menor porcentagem dessas partículas. Na comparação entre os pontos 1, 2 e 3 não se verifica grandes diferenças.

Tabela 01. Porcentagens dos tamanhos das partículas da camada superior.

Pontos	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Média e Grossa
1 Direito	8%	2,5%	59,5%	30%
1 Esquerdo	5%	5%	50%	40%
2 Direito	6%	3%	41%	50%
2 Esquerdo	2%	6%	41%	51%
3 Direito	8%	6%	56%	30%
3 Esquerdo	8%	7%	35%	50%
4 Direito	13%	30%	48%	9%
4 Esquerdo	15%	50%	33%	2%

As mesmas características observadas na granulometria da camada superior podem ser observadas também na camada inferior, mostrada na tabela 02. Tendo em vista que a camada inferior representa épocas anteriores, conclui-se que não houve mudanças significativas no processo de sedimentação ao longo do tempo.

Tabela 02. Porcentagens dos tamanhos das partículas da camada inferior.

Pontos	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Média e Grossa
1 Direito	7%	5%	48%	40%
1 Esquerdo	8%	3%	39%	50%
2 Direito	6%	6%	48%	40%
2 Esquerdo	4%	4%	37%	55%
3 Direito	10%	9%	66%	25%
3 Esquerdo	5%	6%	14%	75%
4 Direito	22%	39%	27%	2%
4 Esquerdo	19%	39%	35%	7%

A maior vazão encontrada foi no dia 25/Maio para o ponto 2 e a menor foi no dia 23/Junho para o ponto 1. Quanto à declividade, a maior foi no dia 25/Maio para o ponto 1 e a menor encontrada foi no dia 7/Julho para o ponto 2. Os dados hidrométricos do ponto 1 estão apresentados na tabela 3.

Tabela 03. Dados hidrométricos para o Ponto 1.

Ponto 1	Seção (m)	Área da seção (m ²)	Perímetro (m)	Raio Hidráulico (m)	Velocidade (m/s)	Vazão (m ³ /s)	Declividade (m/m)
25/mai	6,4	3,3712	6,7132	0,5021	0,4546	1,2262	0,0043
23/jun	6,2	3,189	6,5284	0,4884	0,3372	0,8603	0,000975
7/jul	6,4	3,807	6,7818	0,5613	0,4365	1,3296	0,001517

As tabelas 04, 05 e 06 apresentam os resultados de descargas de sedimentos de fundo e em suspensão. Para os três dias, na descarga de fundo, o método de Duboys e Zeller (1963) apresentou maior valor, seguido do método de Einstein (1942) com Peter-Meyer e Shoklitsch (1950) apresentando o menor valor.

O dia 25/Maio apresentou valores menos confiáveis para os 3 pontos, devido à forma de coleta dos dados. Neste dia foi utilizado o clinômetro para a medida da declividade, sendo que nos dias 23/Junho e 7/Julho utilizou-se o teodolito e a mangueira, fazendo-se uma média dos resultados.

Tanto para as descargas de fundo e em suspensão, os pontos 1 e 3 apresentaram valores maiores no dia 7/julho do que no dia 23/junho em função da grande quantidade de chuva que ocorreu naquela época, fazendo com que a vazão do dia 7/Julho fosse maior do que a do dia 23/Junho. Com a vazão maior, a descarga de sedimentos também aumenta, explicando tal fato.

O mesmo não pode ser observado no Ponto 2, pois este ponto caracteriza uma formação de remanso, apresentando resultados não muito esperados.

Tabela 04. Estimativas das descargas de sedimentos para o Ponto 1.

	Ponto 1	25/mai	23/jun	7/jul
Fundo	Schoklitsch (1914, 1950)	0,8585 Kg/s	0,0622 Kg/s	0,1888 Kg/s
	Duboys e Zeller (1963)	186,56 Kg/s	7,579 Kg/s	26,5 Kg/s
	Einstein (1942) com Peter-Meyer	25,5744 Kgf/s	2,480 Kgf/s	6,13 Kgf/s
Suspensão	Righetto (1998)	0,8257 Kg/s	0,01532 Kg/s	0,0786 Kg/s

Tabela 05. Estimativas das descargas de sedimentos para o Ponto 2.

	Ponto 2	25/mai	23/jun	7/jul
Fundo	Schoklitsch (1914, 1950)	0,7443 Kg/s	0,2574 Kg/s	0,0788 Kg/s
	Dubois e Zeller (1963)	79,7 Kg/s	54,219 Kg/s	8,79 Kg/s
	Einstein (1942) com Peter-Meyer	15,35 Kgf/s	11,7325 Kgf/s.	3,268 Kgf/s
Suspensão	Righetto (1998)	0,3377 Kg/s	0,2231 Kg/s	0,0229 Kg/s

Tabela 06. Estimativas das descargas de sedimentos para o Ponto 3.

	Ponto 3	23/jun	7/jul
Fundo	Schoklitsch (1914, 1950)	0,295 Kg/s	0,422 Kg/s
	Dubois e Zeller (1963)	20,5 Kg/s	50,25 Kg/s
	Einstein (1942) com Peter-Meyer	4,72 Kgf/s.	9,24 Kgf/s
Suspensão	Righetto (1998)	0,04566 Kg/s	0,1762 Kg/s

As concentrações apresentadas na tabela 07 estão em g/L. Nela observa-se que o valor do Ponto 2 experimental e o calculado não estão próximos. Isso se deve, pois este ponto se caracteriza pela formação de um remanso hidráulico por apresentar uma variação na largura do trecho, fazendo com que o calculado seja menor que o experimental.

Tabela 07. Descarga de sedimento em suspensão experimental e calculado.

Suspensão	Experimental	Calculado
Ponto 1	0,084	0,05915
Ponto 2	0,116	0,01619
Ponto 3	0,09	0,1268
Ponto 4	0,061	

O Ponto 4 apresentou menor valor devido sua proximidade com o vertedouro, pois como é o ponto de maior deposição de materiais finos, explicado anteriormente, a concentração de sólidos em suspensão é menor devido à decantação desses sólidos. Este ponto não foi calculado, pois ele não se caracteriza como canal, e sim como reservatório.

CONCLUSÕES

O trabalho apresentado avaliou características do corpo d'água, como a granulometria do leito, a variação do raio hidráulico e a declividade média do trecho para o estudo do transporte de sedimento, sendo possível a aplicação dos métodos de estimativa da descarga de sedimentos.

A granulometria foi dividida em duas camadas, superior e inferior, apresentando como resultado um solo arenoso. Como não houve diferenças significativas entre as camadas, concluiu-se que o processo de sedimentação não variou muito com o passar do tempo, já que a camada inferior representa épocas anteriores.

Em relação à carga de sedimentos, observou-se que a maior vazão encontrada foi no dia 25/Maio para o ponto 2 e a menor foi no dia 23/Junho para o ponto 1.

Quanto à declividade, a maior foi no dia 25/Maio para o ponto 1 e a menor encontrada foi no dia 7/Julho para o ponto 2.

Além da vazão e declividade, foram analisados também a área da seção, o perímetro, o raio hidráulico e a velocidade para cada dia nos pontos de estudo. A partir dos dados hidrométricos foram possíveis a realização de cálculos para os métodos de Dubois e Zeller (1963), Einstein (1942) com Peter-Meyer e Shoklitsch (1950).

O melhor método avaliado de descarga de fundo foi o de Shoklitsch (1950), devido à proximidade nos valores em relação à descarga em suspensão, já que para os cálculos desta, realizou-se a média entre os três métodos.

Sendo assim, o método com resultados menos eficaz foi o de Duboys e Zeller (1963), pois apresentou uma grande diferença na descarga em suspensão.

A concentração da descarga de sedimentos em suspensão também foi analisada experimentalmente e sendo calculada, obtendo valores próximos com exceção do ponto 2, pois como esse ponto apresenta uma variação na largura do trecho, ele se caracteriza pela formação de um remanso hidráulico, fazendo com que o calculado seja menor que o experimental.

Este estudo apresentou incertezas quanto à geometria dos leitos no dia 25 de Maio devido à forma de coleta dos dados. Neste dia foi utilizado o clinômetro para a medida da declividade, sendo que nos dias 23/Junho e 7/Julho utilizou-se o teodolito e a mangueira, fazendo-se uma média dos resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. EINSTEIN, H. A. Formulas for the Transportation of Bed-Load, Trans. Am. Soc. Civil Engrs., vol. 107. 1942.
2. GRAF, W. H. Hydraulics of Sediment Transport. McGraw Hill Book Company. 1971.
3. RIGUETTO, M,R. Hidrologia e Recursos Hídricos. São Carlos. EESC/USP, 1998.
4. CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JÚNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. Guia de práticas sedimentométricas. Brasília: ANEEL. 2000. 154p.
5. MEYER-PETER, E.; FAVRE, H.; EINSTEIN, A. Neuere Versuchsergebnisse über den Geschiebetrieb, Schweiz. Bauzeitung, vol 103, no 13. 1934.
6. SHIELDS, A. Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik und Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung, Mitteil Preuss. Versuchsanst. Wasser, Erd. Schiffsbau, Berlin, no 26. 1936.
7. ZELLER, J. Einführung in den Sedimenttransport offener Gerinne. Schweiz. Bauzeitung, Jgg. 81. 1963.
8. NOGUEIRA, B. J. Mecânica dos solos. São Carlos: Eesc-usp, 2005.
9. SCUISSATO, C. ; KNAPIK, Heloise Garcia ; FERNANDES, C. V. S. ; CHELLA, Márcia Regina . Dinâmica de Transporte de Sólidos: Estudo de Caso do Rio Barigui e do Rio Iguaçu. In: VIII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2008. VIII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. Porto Alegre : ABRH, 2008. v. 1. p. 1-15.