

CORRELAÇÕES VISANDO REDUZIR O NÚMERO DE MEDIÇÕES FLUVIO-SEDIMENTOMÉTRICAS

Joana Maria Henklein

Engenharia Civil - UNICAMP

henklein@mps.com.br

Evaldo Miranda Coiado

Engenharia Civil da UNICAMP - Departamento de Recursos Hídricos

coiado@fec.unicamp.br

RESUMO

A obtenção de dados hidrossedimentológicos exige racionalização de custos com qualidade de resultados. Neste estudo são analisadas as relações entre valores de velocidade e contração pontuais e médias de uma seção de medição visando orientar a redução do número de verticais e medidas em cada vertical.

Para um posto fluviosedimentométrico do rio Atibaia, principal afluente do rio Piracicaba/SP, foram realizadas 108 campanhas de medições em 5 anos. Com bases nestes dados foram estabelecidas regressões entre valores médios e pontuais e verificadas as verticais mais apropriadas. Adicionalmente foram testados métodos usuais quanto a sua aplicabilidade.

Os resultados obtidos mostram que é possível reduzir o número de verticais e pontos de medições e de amostragens. Permitem ainda orientar estudos em outras seções considerando as características específicas do local estudado.

INTRODUÇÃO

A rede sedimentométrica brasileira contava, em 1987, com apenas 305 postos, número insuficiente para as dimensões do país. Segundo Carvalho (1994), dever-se-ia ter cerca de 900 postos.

Nos últimos anos, devido a escassez de recursos financeiros disponíveis para operação e manutenção, houveram reduções quantitativa e qualitativa dos postos sedimentométricos.

Há portanto a necessidade de desenvolver alternativas que venham a reduzir os custos operacionais dos postos sedimentométricos. Uma das maneiras é diminuir o número de pontos de coleta de amostras, e de medições em toda a seção transversal do rio, sem no entanto, reduzir a qualidade dos dados.

Coleta de amostras para se obter a concentração dos sedimentos em suspensão

O número de pontos de coleta de amostras, para se determinar a concentração dos sedimentos em suspensão, pode variar de acordo com a profundidade do rio e com o tamanho dos sedimentos em suspensão. Os métodos podem ser classificados em "método dos multipontos" ou "métodos simplificados" (Yuqian, 1989 e 1996).

No método dos multipontos as amostras são tomadas em cinco posições da vertical. Entretanto, mais posições podem ser usadas para aumentar a precisão.

Nos métodos simplificados, as amostras são tomadas em poucos pontos para reduzir o trabalho de amostragem e de processamento (laboratório). Tais métodos somente podem ser adotados após feitas correlações com resultados obtidos pelo método dos multipontos.

Segundo Yuqian, os métodos simplificados geralmente usados são:

- amostras tomadas num ponto localizado a $y/D = 0,5$ ou a $y/D = 0,6$ (y = posição em relação à superfície livre; D = profundidade da vertical considerada);
- amostras tomadas em dois pontos, um localizado a $y/D = 0,2$; e o outro a $y/D = 0,8$. A concentração média pode ser calculada considerando pesos iguais para as duas concentrações obtidas ou pode-se fazer uma ponderação baseando-se nas proporções das descargas que as representam;
- amostras tomadas em três pontos, $y/D = 0,2$; $y/D = 0,5$; e $y/D = 0,8$. A concentração média pode ser calculada considerando uma ponderação baseada nas proporções das descargas que as representam; com marcadores.

As medições rotineiras usam a amostragem por integração na vertical, que é considerado o método de melhor precisão. Permite a obtenção da concentração média na vertical, se analisada a amostra independentemente, ou a concentração média em toda a seção, se analisada como um conjunto segundo os critérios apropriados (Carvalho, 1994; Garde & Ranga Raju, 1985).

A análise de dados de alguns rios largos tem revelado que a concentração média dos sedimentos não varia muito em toda a seção. Entretanto, no caso de alguns rios pequenos, a concentração média numa vertical pode afastar-se da concentração média de toda a seção em até 70%. Para rios grandes essa relação é menor que 15% (Garde & Ranga Raju, 1985; Simons & Senturk, 1992).

O arranjo das verticais na seção transversal de medições tem uma influência muito importante na precisão caso a distribuição transversal de sedimentos for não-uniforme. Para partículas finas a distribuição transversal é muito uniforme, enquanto que para partículas maiores do que 0,05 mm (areias), a distribuição é não-uniforme (Yuqian, 1989).

Ainda segundo Yuqian, o número de verticais requeridas para a medida da descarga de sedimentos, depende das distribuições de tamanho e de concentração dos sedimentos, assim como da precisão desejada na aquisição dos dados. Nas medidas de descarga de sedimentos, é usual medir as velocidades e concentrações simultaneamente. O número de verticais para a amostragem dos sedimentos (determinação da concentração) deverá ser igual ou próximo da metade do número de verticais exigidas para as medidas de velocidades.

Segundo "Indian Standards" (1966), "apud" Yuqian (1989), a seguinte regra empírica pode ser utilizada:

- para $B < 30$ m deve-se escolher 3 verticais;
- para B entre 30 a 300 m deve-se escolher 5 verticais;
- para $B > 300$ deve-se escolher 7 verticais.

De acordo com Yuqian, o número de verticais amostradas pode ser reduzido sem redução significativa da precisão. Para análise da distribuição transversal da concentração, o número mínimo de verticais amostradas poderia ser menor do que cinco. Pode-se reduzir o número de verticais para um (método simplificado), fazendo-se a correlação entre a concentração média de toda a seção (C_m) e as concentrações obtidas nas verticais (C_{vi}). Plotando num gráfico os valores de (C_{vi}/C_m) versus a

largura, pode-se definir a vertical onde ocorre a concentração média, ou seja, local onde (C_{vi}/C_m) = 1.

Medidas da velocidade

Para a medição de velocidades na seção, o número de verticais pode ser estabelecido através do espaçamento entre duas verticais consecutivas, em que serão tomadas as velocidades.

Segundo o "Guide to Hydrological Practices" (WMO, 1981), "apud" Yuqian (1989 e 1996), em geral, o intervalo entre duas verticais quaisquer não pode ser maior que 1/20 da largura total, e a descarga líquida entre duas verticais de amostragem de sedimentos não pode ser maior que 10% da descarga total. Na China, o número mínimo padrão de verticais de medidas de velocidades é o recomendado na Tabela 1.

Tabela 1. Número mínimo de verticais requeridas na medição da descarga líquida.

b/D	Largura (b) em (m)				
	50	100	300	1000	>1000
b/D < 100	10	12	15	15	>15
b/D > 100	10	15	20	25	>25

Fonte: Chinese standards (Ministry of Water Conservancy, 1975), segundo Yuqian (1989).

Neste estudo é utilizada a metodologia de Yuqian (1996), que permite a redução das amostragens e medições sem perda da qualidade, a partir das correlações entre os valores das concentrações pontual, integrada, e média da seção. Para isto, foram analisadas 108 campanhas de medições feitas durante 5 anos.

Procederam-se também correlações entre os valores das concentrações obtidas por amostragens integrada e pontual ao longo da vertical do talvegue. Neste caso utilizou-se a metodologia de Yuqian, com modificações para se adequar ao caso em estudo.

Em relação à velocidade, apresentam-se correlações entre os valores da velocidade média da seção transversal, velocidade média da vertical do talvegue e velocidades medidas em cinco pontos. Verificaram-se também a validade dos métodos de 1 e 2 pontos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Escolheu-se para o estudo um trecho do rio Atibaia, um dos principais afluentes do rio Piracicaba (SP).

O trecho do rio está localizado no Distrito de Sousas, na cidade de Campinas, estado de São Paulo. A seção de medidas, coincidindo com a seção onde se localiza uma passarela de pedestres, foi levantada através de batimetrias. Com uma largura de aproximadamente 34 metros, é bastante regular. Foram estabelecidas sete verticais.

Para a determinação experimental do diagrama de velocidades no talvegue foram feitas medidas de velocidades, com um molinete fluvio-métrico, nas posições: $y = 0,0$; $y = 0,2.D$; $y = 0,6.D$; $y = 0,8.D$; em relação à superfície livre, e $y = 0,16$ cm do fundo (onde D = profundidade total).

A velocidade média da vertical do talvegue foi obtida pela integração do diagrama ajustado de velocidades pontuais medidas referentes à esta vertical.

Já a velocidade média da seção foi obtida através da equação da continuidade. Para a obtenção da vazão foram realizadas batimetrias na seção de medição para determinar a área de escoamento e o perímetro molhado. As velocidades medidas nas verticais, foram obtidas posicionando o molinete no ponto $y = 0,6.D$; em relação à superfície livre, sendo D a profundidade total. Testes anteriormente feitos nos pontos $y = 0,0$; $y = 0,2.D$; $y = 0,6.D$; $y = 0,8.D$; em relação à superfície livre, e $y = 0,16$ cm do fundo, indicaram que a velocidade média coincide com aquela localizada a $y = 0,6.D$. O cálculo da vazão é dado por:

$$Q = \sum_{i=1}^n \bar{V}_i \cdot \bar{Y}_{mi} \cdot l_i \quad (1)$$

onde: \bar{V}_i = velocidade média medida na vertical i ;
 \bar{Y}_{mi} = profundidade da faixa de influência i ;
 l_i = largura da faixa de influência.

Para a determinação experimental das concentrações, em cada campanha de medições foi coletada de cada vertical uma amostra integrada. Da vertical do talvegue, além da amostra integrada, foram coletadas cinco amostras das seguintes posições: $y = 0,0.D$; $y = 0,2.D$; $y = 0,6.D$; $y = 0,8.D$; em relação à superfície livre, e $y = 3,5$ cm; em relação ao fundo. Considerou-se como concentração média da seção, a média aritmética dos valores das concentrações obtidas por amostragem integrada nas sete verticais.

O equipamento utilizado para as coletas das amostras foi um amostrador do tipo AMS-3. Esse amostrador foi adaptado para realizar também amostragens pontuais.

Para a determinação da concentração dos sólidos em suspensão foi utilizado o seguinte método:

- De cada amostra coletada pela garrafa amostradora, após a agitação da amostra para uma homogeneização perfeita, eram retiradas aproximadamente 200 ml. O líquido era filtrado em um microfiltro (GF/G; 1,2 μ m de abertura, "Whatman"), utilizando-se de uma bomba a vácuo acoplada num suporte milipor para filtro de 4,7 cm de diâmetro. Antes da filtragem, o microfiltro era seco em uma mufla a 550 °C, durante 15 minutos. Decorrido este tempo, o microfiltro era resfriado em um dessecador até atingir a temperatura ambiente, e pesado, obtendo-se o peso (pf) em mg.
- O microfiltro e os sólidos retidos na operação de filtragem eram secos em uma estufa a 103°C, durante 24 horas. Decorridas estas horas, o filtro era resfriado em um dessecador, até atingir a temperatura ambiente e pesado, obtendo-se o peso (pfa). A diferença (pfa-pf) resulta o peso dos sólidos totais, retidos pelo microfiltro, existente no volume filtrado (vf).
- As concentrações C_i de cada amostra foram calculadas através das seguintes relações:

$$C_i = \frac{pfa - pf}{vf} \quad (2)$$

onde: C_i = concentração dos sólidos totais em suspensão em ppm = mg/l; pfa = peso dos sólidos totais retidos pelo microfiltro em mg; pf = peso do microfiltro em mg; vf = volume da amostra filtrada em litros.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Concentração

Os dados das 108 campanhas de medições, realizadas durante cinco anos, permitiram obter as funções apresentadas na Tabela 2. As sete primeiras, entre os valores das concentrações

Tabela 2. Regressões e coeficiente de correlação entre os valores de concentrações.

Ordem	Função	Coeficiente de correlação
1	$C_{ms} = 4,88 + 0,67 C_{V1}$	0,824
2	$C_{ms} = 2,27 + 1,04.C_{V2}$	0,989
3	$C_{ms} = 6,23 + 0,99.C_{V3}$	0,989
4	$C_{ms} = 4,98 + 1,01.C_{V4}$	0,991
5	$C_{ms} = 8,70 + 0,97.C_{V5}$	0,992
6	$C_{ms} = 7,79 + 0,96.C_{V6}$	0,977
7	$C_{ms} = 7,00 + 0,91.C_{V7}$	0,991
8	$C_{ms} = 4,96 + 1,12.C_{y=0,0D}$	0,984
9	$C_{ms} = 6,54 + 1,02.C_{y=0,2D}$	0,975
10	$C_{ms} = 4,82 + 1,03.C_{y=0,6D}$	0,985
11	$C_{ms} = 6,89 + 0,97.C_{y=0,8D}$	0,990
12	$C_{ms} = -1,37 + 1,07 C_{y=3,5cm}$	0,987

C_{ms} = Concentração média da seção; C_V = concentração média obtida pelo método de amostragem integrada na vertical; C_y = concentrações obtidas por coleta de amostras pontuais.

médias da seção e os valores das concentrações médias obtidas pelo método de amostragem integrada na vertical. As últimas cinco funções, entre os valores das concentrações médias da seção e os valores das concentrações obtidas por coleta de amostras pontuais. Observam-se boas correlações lineares entre os valores de concentrações. As melhores correlações referem-se às funções entre os valores das concentrações obtidas nas verticais 4, 5, 7, e no ponto $y = 0,8.D$ da vertical do talvegue.

Relação entre os valores das concentrações integrada na vertical e média da seção

Para se verificar em qual posição, ao longo da largura (B) do rio, há maior ocorrência da igualdade entre os valores das concentrações média da seção (C_{ms}) e integrada na vertical (C_V), foram calculadas, para as 108 campanhas de medições, a relação entre os valores destas concentrações (C_V/C_{ms}). Elaborou-se um gráfico para cada campanha de medições, conforme exemplo apresentado na Figura 1, referente à campanha número 76, onde os valores de (C_V/C_{ms}) foram plotados em função das sete posições das verticais. Esta metodologia permitiu obter o gráfico de colunas, mostrado na Figura 2, onde são apresentadas as frequências da igualdade (C_V/C_{ms}) ao longo da largura (B). Verificam-se maiores frequências nas verticais próximas das margens. Entorno de 9 metros da margem esquerda (vertical 2) e entorno de 3 metros da margem direita (entre as verticais 6 e 7).

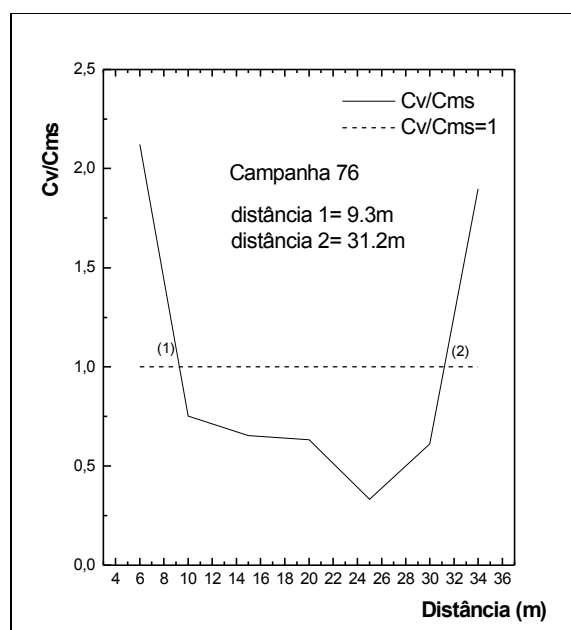


Figura 1. Posições ao longo da largura da seção do rio onde os valores das concentrações integrada na vertical e média da seção são iguais.

Na Figura 3 apresentam-se as médias das relações entre os valores das concentrações integrada na vertical e média da seção. Mostram-se também os desvios padrões destas médias. Observam-se que nas verticais próximas das margens (verticais 2 e 7) as médias destas relações mais se aproximam da unidade.

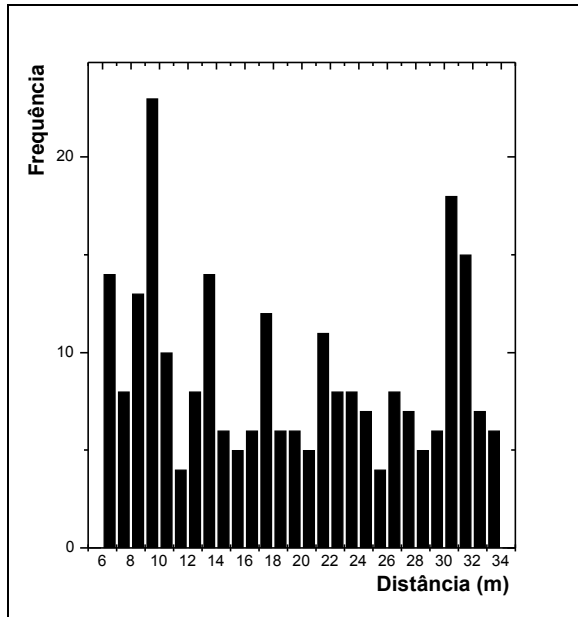


Figura 2. Número de eventos ao longo da largura da seção do rio onde os valores das concentrações integrada na vertical e média da seção são iguais.

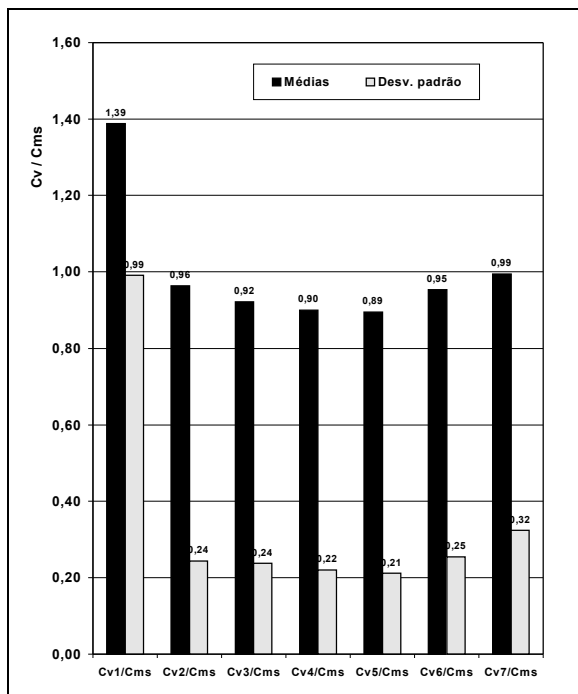


Figura 3. Médias das relações entre as concentrações integrada na vertical e média da seção.

Relação entre os valores das concentrações pontual e média da seção

Objetivando verificar em qual posição há maior ocorrência da igualdade entre os valores das concentrações pontual e média da seção, foram calculadas, para as 108 campanhas de medições, a relação entre estas concentrações, (C_p/C_{ms}) . Elaborou-se um gráfico para cada campanha de medições, conforme exemplo apresentado na Figura 4, referente à campanha número 74, onde os valores de (C_p/C_{ms}) foram plotados em função das cinco posições da vertical do talvegue (vertical 4). Essa metodologia permitiu obter o gráfico de colunas, mostrado na Figura 5, onde são apresentadas as frequências da igualdade (C_p/C_{ms}) ao longo da vertical.

Verificam-se maiores frequências nas posições: $y = 0,7.D$ e $y = 0,9.D$; em relação à superfície livre.

Na Figura 6 são mostradas as médias das relações entre as concentrações pontual, na vertical do talvegue, e média da seção. Pode-se ver que na posição próxima do fundo ($y = 3,5$ cm do fundo) a média destas relações é muito próxima da unidade.

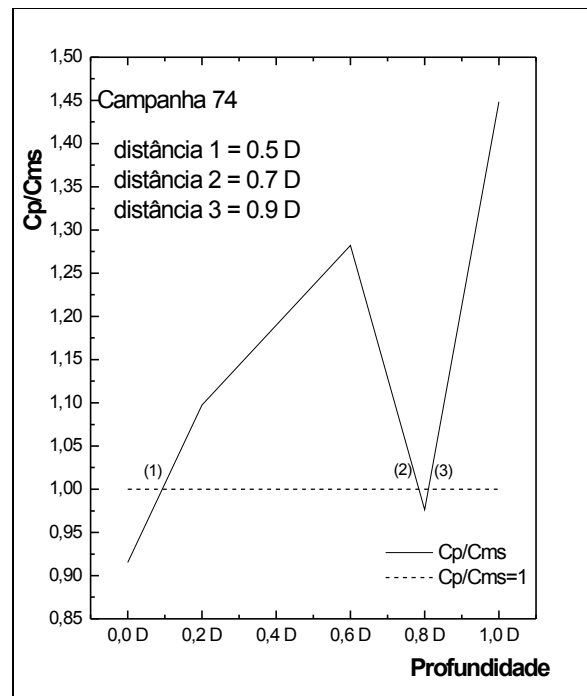


Figura 4. Posições ao longo da vertical do talvegue onde os valores das concentrações pontual e média da seção são iguais (D = profundidade total).

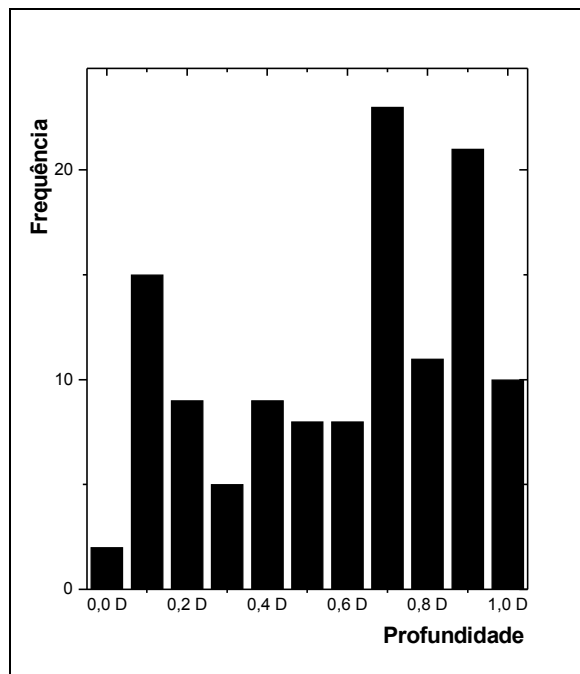


Figura 5. Número de eventos ao longo da vertical do talvegue onde os valores das concentrações pontual e média da seção são iguais.

Relação entre os valores das concentrações pontual e integrada da vertical do talvegue

Com o propósito de se verificar em qual posição da vertical do talvegue há maior ocorrência da igualdade entre os valores das concentrações pontual e integrada desta vertical, foram calculadas, para as 108 campanhas de medições, a relação entre os valores das concentrações pontuais e integrada, (C_p/C_{iv}). Elaborou-se um gráfico para cada campanha de medições, onde os valores de (C_p/C_{iv}) foram plotados em função das cinco posições da vertical do talvegue. Esse procedimento permitiu obter o gráfico de colunas, mostrado na Figura 7, onde são apresentadas as frequências da igualdade (C_p/C_{iv}) ao longo da vertical. Verificam-se maiores frequências nas posições: $y = 0,1.D$ e $y = 0,8.D$. Observa-se uma maior concentração da igualdade ($C_p = C_{iv}$) no intervalo $y = 0,6.D$ a $y = 0,9.D$.

Na Figura 8 são apresentadas as médias das 108 relações entre os valores das concentrações obtidas nos pontos e por amostragens integradas ao longo da vertical do talvegue. Apresentam-se também relações semelhantes substituindo os valores das concentrações pontuais

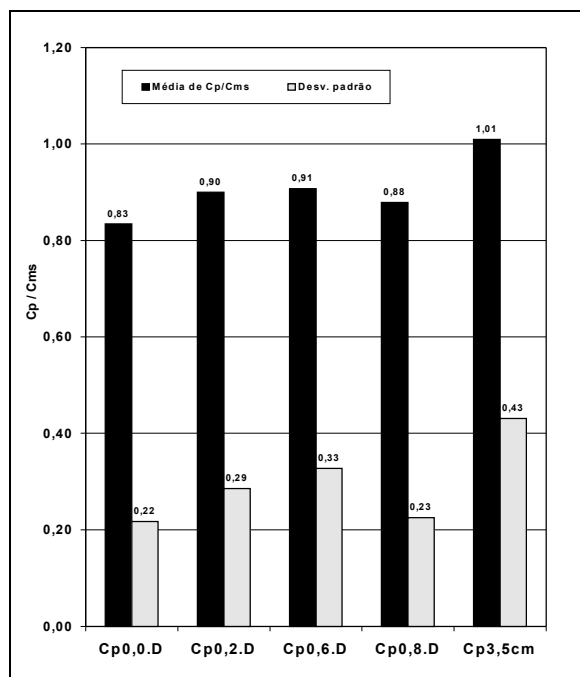


Figura 6. Médias das relações entre as concentrações pontual na vertical do talvegue e média da seção.

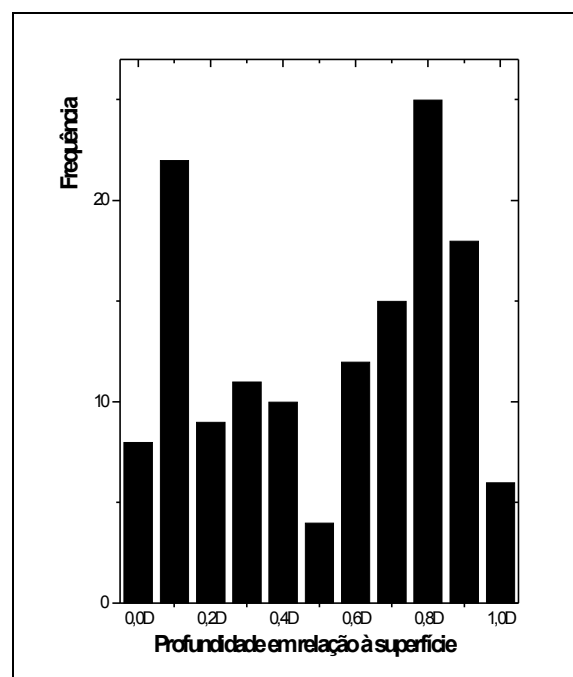


Figura 7. Frequência das medidas em que a concentração pontual assume valores iguais à concentração integrada no talvegue.

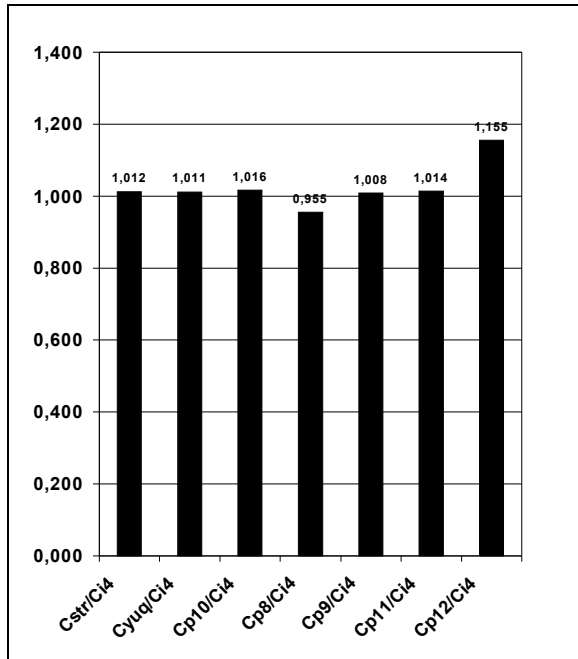


Figura 8. Médias das relações entre as concentrações pontuais e a integrada na vertical do talvegue.

pelas médias sugeridas por Yuqian (1989), segundo Simons & Senturk (1992).

Observam-se que as relações entre os valores das concentrações médias, calculadas pelas equações de Straub (1940) e por Yuqian (1989), e os das concentrações integradas ao longo da vertical do talvegue, afastam-se da unidade da ordem de 1,2% e 1,1%, respectivamente, mostrando-se muito adequadas para o caso em estudo.

No ponto $y = 0,8.D$, obteve-se a média das relações entre os valores das concentrações pontual e integrada que mais se aproxima da unidade, com um desvio da ordem de 0,8%. Verificam-se ainda que, as relações que mais se afastaram da unidade foram aquelas referentes aos pontos localizados na superfície e próximo ao fundo do rio. Nos pontos $y = 0,6.D$ e $y = 0,2.D$ as relações também pouco se afastaram da unidade, da ordem de 1,6% e 1,4%, respectivamente.

Velocidade

A partir de ajustes lineares, obtiveram-se as funções apresentadas na Tabela 3. As cinco primeiras, entre os valores das velocidades pontual e os valores das velocidades médias obtidos por integração do diagrama de velocidades. A sexta

função entre os valores das velocidades médias da seção, calculados através da equação da continuidade, e os valores das velocidades médias obtidos por integração do diagrama de velocidades. As últimas cinco funções entre os valores das velocidades pontual e os valores das velocidades médias da seção, calculados através da equação da continuidade. Observam-se boas correlações lineares entre os valores de velocidades. A melhor correlação refere-se à função entre os valores das velocidades medidas no ponto $y = 0,8.D$ e os valores das velocidades médias obtidos por integração do diagrama de velocidades do talvegue (Equação ordem 2).

Relação entre os valores das velocidades integrada e pontual

Na Figura 9 apresentam-se as médias das relações entre os valores das velocidades obtidas por integração do diagrama de velocidades e as velocidades pontuais. É mostrada também a média das relações entre as velocidades obtidas por integração do diagrama de velocidades e as médias dos pontos 0,2.D e 0,8.D.

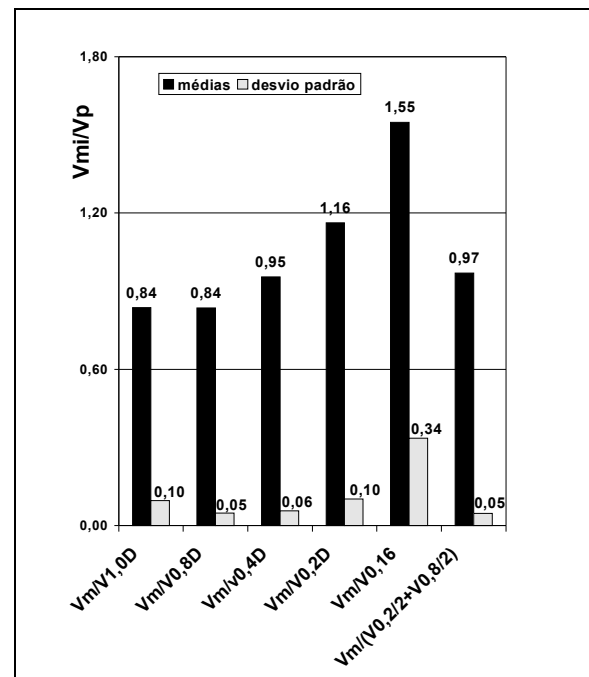


Figura 9. Médias das relações entre as velocidades integrada e pontual na vertical do talvegue.

Tabela 3. Regressões e coeficiente de correlação entre os valores de velocidades.

Ordem	Função	Coeficiente de correlação
1	$V_{1,0D} = 0,052 + 1,089.V_{mi}$	0,965
2	$V_{mi\ 0,8D} = 0,016 + 1,166.V_{mi}$	0,991
3	$V_{0,4D} = 0,077 + 1,040.V_{mi}$	0,975
4	$V_{0,2D} = -0,016 + 0,900.V_{mi}$	0,983
5	$V_{16cm} = 0,0054 + 0,652.V_{mi}$	0,937
6	$V_{ms} = -0,0435 + 0,945.V_{mi}$	0,980
7	$V_{1,0D} = 0,110 + 1,137.V_{ms}$	0,960
8	$V_{0,8D} = 0,084 + 1,200.V_{ms}$	0,982
9	$V_{0,4D} = 0,077 + 1,040.V_{ms}$	0,975
10	$V_{0,2D} = 0,0423 + 0,910.V_{ms}$	0,962
11	$V_{16cm} = 0,0497 + 0,657.V_{ms}$	0,910

V_{mi} = velocidade média obtida por integração do diagrama de velocidades da vertical do talvegue;

V_{ms} = velocidade média obtida através da equação da continuidade referente à seção transversal.

Verificam-se que os valores de velocidades, correspondentes às médias nos pontos $y = 0,2.D$ e $y = 0,8.D$ são os que mais se aproximam dos obtidos por integração do diagrama de velocidades, resultando um desvio de 3%.

Os valores de velocidades, referentes ao ponto $y = 0,6.D$ ($V_m/V_{0,4.D}$), em relação à superfície livre, apresentaram o segundo melhor resultado, com um desvio de 5%.

Para verificar em qual posição da vertical há maior ocorrência da igualdade entre valores das velocidades pontual e integrada, foram calculadas, para as 108 campanhas de medições, as relações entre os valores das velocidades pontuais e integrada, (V_p/V_{mi}). Elaborou-se, para cada campanha de medições, um gráfico onde os valores de (V_p/V_{mi}) foram plotados em função das cinco posições da vertical do talvegue. Essa metodologia permitiu obter o gráfico de colunas, mostrado na Figura 10, onde são apresentadas as frequências das igualdades ($V_p = V_{mi}$) ao longo da vertical. Para a igualdade ($V_p = V_{mi}$) verificam-se as maiores frequências nas posições $y = 0,6.D$ e $y = 0,7.D$.

Relação entre os valores das velocidades média da seção e pontual

Na Figura 11 apresentam-se as médias das relações entre os valores das velocidades médias, calculadas através da equação da continuidade, e os valores das velocidades pontuais. É mostrada também a média das relações entre os valores das velocidades médias, calculadas através da equação da continuidade, e os valores das médias das velocidades nos pontos $0,2.D$ e $0,8.D$.

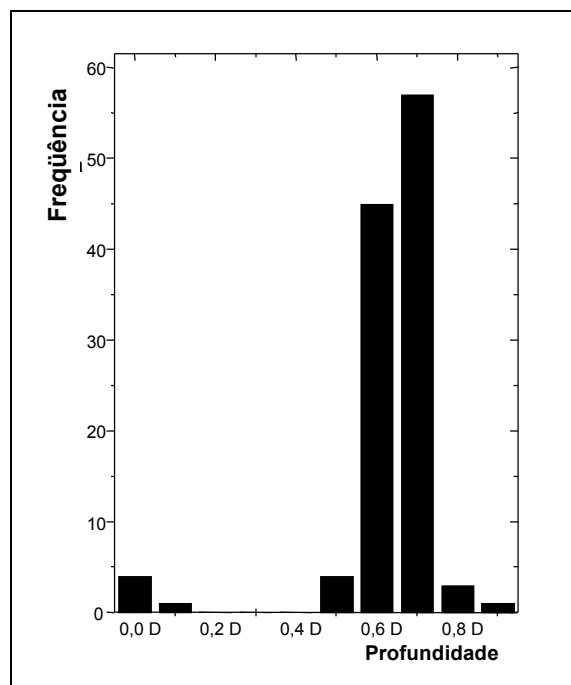


Figura 10. Número de eventos ao longo da vertical do talvegue onde a velocidade integrada é igual a pontual.

Os valores de velocidades, referentes ao ponto $y = 0,8.D$ (no gráfico posição, $V/V_{0,2.D}$), em relação à superfície livre, apresentaram o melhor resultado, com um desvio de 2%.

Para verificar em qual posição da vertical há maior ocorrência da igualdade entre os valores das velocidades pontual e média da seção foram calculadas, para as 108 campanhas de medições,

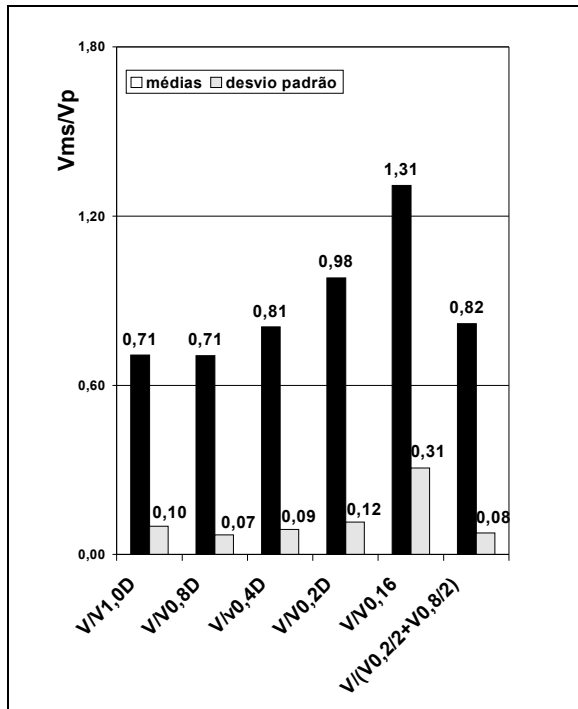


Figura 11. Médias das relações entre as velocidades média da seção e pontual na vertical do talvegue.

a relação entre os valores das velocidades pontuais e média da seção (V_p/V_{ms}). Elaborou-se, para cada campanha de medições, um gráfico onde os valores de (V_p/V_{ms}) foram plotados em função das cinco posições da vertical do talvegue. Essa metodologia permitiu obter o gráfico de coluna, mostrado na Figura 12, onde são apresentadas as frequências das igualdades ($V_p = V_{ms}$) ao longo da vertical. Verifica-se maior frequência da igualdade na posição $y = 0,8.D$.

CONCLUSÕES

Os problemas provocados pela presença dos sedimentos nos corpos d'água, como o assoreamento dos canais de drenagem e de reservatórios, vêm se agravando nos últimos anos.

O assoreamento dos canais de drenagem, especificamente aqueles de bacias hidrográficas urbanizadas, por provocar a redução da capacidade de escoamento da água, é uma das causas das inundações registradas nos grandes centros urbanos.

Registra-se, no Brasil, que alguns reservatórios destinados à geração de energia elétrica

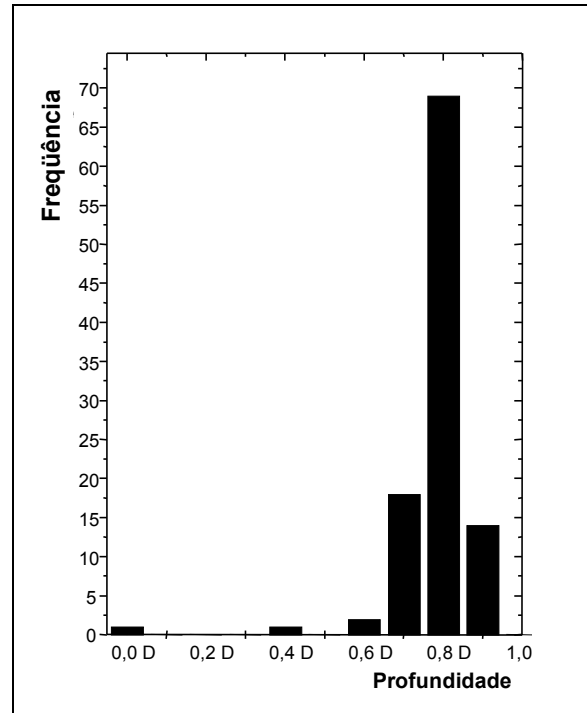


Figura 12. Número de eventos ao longo da vertical do talvegue onde a velocidade média da seção é igual a pontual.

(exemplo: reservatório da usina Mascarenhas, ES) apresentam volumes de sedimentos que estão provocando reflexos consideráveis na manutenção.

Outros reservatórios estão sendo abandonados por serem economicamente inviáveis em termos de geração de energia elétrica, (exemplo: reservatório da usina de Cariobinha, SP).

Portanto, no Brasil, estão crescendo os problemas devido à presença de sedimentos nos corpos d'água. No entanto, o monitoramento está sendo reduzido pela diminuição, em qualidade e quantidade, dos postos sedimentométricos.

Esta redução, em parte, se deve ao custo elevado de operação dos postos. Para se obter, pelos métodos convencionais, a concentração média diária dos sedimentos transportados numa seção de um rio considerado pequeno (largura de 30 m), é necessário, pelo menos, três técnicos, dois para a coleta das amostras em campo e um terceiro para a manipulação dessas amostras, o que resulta, no mínimo, de um total de 48 horas de trabalho.

É necessário e urgente que sejam alocados recursos para a ampliação da rede sedimentométrica brasileira, e que seja retomada a manutenção e operação dos postos existentes.

É preciso que sejam investigadas novas alternativas para a redução dos custos de operação dos postos sedimentométricos. Uma das maneiras é reduzindo o número de amostras coletadas sem diminuir a qualidade dos dados obtidos.

Este trabalho mostra, que a partir de uma série de dados consistentes, não tão extensa, é possível diminuir o número de amostras para apenas uma, a partir dos seguintes resultados:

Quanto à concentração dos sólidos transportados em suspensão

Foram observadas boas correlações lineares entre os valores das concentrações média da seção e obtida pelo método de amostragem integrada na vertical.

Determinaram-se boas correlações entre os valores das concentrações média da seção e obtidas por coleta de amostras pontuais.

Existem, na seção transversal do rio, posições das verticais, onde se obtém as melhores correlações, e portanto, é de uma dessas posições que a única amostra deve ser coletada.

Existe um ponto da vertical, localizada no talvegue da seção transversal, onde se constata a maior frequência da igualdade entre os valores das concentrações pontual e média da seção.

As relações entre os valores das concentrações médias, calculadas pelas equações de Straub (1940) (segundo Simons & Senturk, 1992) e por Yuqian (1989), e os das concentrações integradas ao longo da vertical do talvegue, afastam-se da unidade da ordem de 1,2% e 1,1%, respectivamente, mostrando-se muito adequadas para o caso em estudo.

Quanto às velocidades média, pontual e integrada

Apresentaram-se boas correlações lineares entre os valores de velocidades obtidos por medições pontuais, por integração do diagrama de velocidades e calculados através da equação da continuidade para toda a seção transversal.

Os valores de velocidades, correspondentes às médias nos pontos $y = 0,2.D$ e $y = 0,8.D$, são os que mais se aproximam dos obtidos por integração do diagrama de velocidades, resultando um desvio de 3%. Valor este muito próximo dos obtidos por outros autores.

Os valores de velocidades, referentes ao ponto $y = 0,6D$ em relação à superfície livre, apresentaram um desvio médio de 5% em relação aos

valores obtidos por integração do diagrama de velocidades.

Os valores de velocidades no ponto $y = 0,8.D$, tendo como referencial a superfície livre, apresentaram um desvio de 2% em relação aos valores calculados pela equação da continuidade para toda a seção.

Estes resultados foram obtidos apenas para um local de medição e não podem ser generalizados. No entanto, devem ser tomados como uma amostra dentro deste tipo de prática.

Neste sentido, para a determinação da concentração média da seção, a quantidade de amostragens integradas pode-se reduzir a uma, localizada no talvegue ou próxima do talvegue (locais onde se obtiveram os melhores coeficientes de correlação). O melhor ponto, da vertical do talvegue, para a coleta da amostra, é o localizado a 80% da profundidade (referencial à superfície livre da água).

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelos auxílios financeiros concedidos e pela Bolsa de Iniciação concedida à estudante Joana Maria Henklein.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, N. O. C. (1994). *Hidrossedimentologia*. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. Centrais Elétricas Brasileiras S. A.-ELETROBRÁS.
- GARDE, R. J. & RANGA RAJU, K. G. (1985). *Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems*. John Wiley & Sons. New York.
- SIMONS, D. B. & SENTURK, F. (1992). *Sediment Transport Technology. Water and Sediments Dynamics*. Water Resources Publication. Fort Collin. Colorado.
- YUQIAN, L. (1989). *Manual on Operational Methods for the Measurement of Sediment Transport*. Secretariat of the World Meteorological Organization. Geneva. Switzerland.
- YUQIAN, L. (1996). *River Sediment Problem in China*. Notas do curso ministrado durante o II Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. Rio de Janeiro.

Correlations to Reduce the Number of Samplings in Rivers

ABSTRACT

This paper presents experimental research on the correlation between the mean suspended sediment concentration of flow and those measured by point samplers and integrating samplers. During five years concentration was measured at seven verticals by integrating sampler, and by point sampler in the following positions: $y = 0,0.D$; $y = 0,2.D$; $y = 0,6.D$; $y = 0,8.D$, from the depth, and $y = 3,5$ cm, from the bottom.

Also presented is the correlation between mean flow velocity and mean velocity calculated by integrating the velocity profile in the thalweg; between the average velocity calculated by integrating the velocity profile in the thalweg, the average velocity of flow and those measured in positions: $y = 0,0$; $y = 0,2.D$; $y = 0,6.D$; $y = 0,8.D$; from the depth, and $y = 0,16$ cm from the bottom. The velocities were measured during five years.

Good linear relations were obtained between concentrations as well as between velocities by regression analysis of field data.

Information presented in this paper was very important to reduce the number of samplings and operational costs.