

## **MEDIÇÃO DE VELOCIDADE E VAZÃO EM CURSOS D'ÁGUA: MOLINETE HIDROMÉTRICO VERSUS MÉTODO DO FLUTUADOR**

A.J.C.D'ALMEIDA JUNIOR<sup>1</sup>; F.B.T. HERNANDEZ<sup>2</sup>; R.A.M. FRANCO<sup>3</sup>; J.L ZOCOLER<sup>2</sup>

**RESUMO:** O objetivo deste artigo foi comparar os resultados de medição de vazão e velocidade pelos métodos do flutuador e do molinete hidrométrico, através de medições em 17 pontos localizados em diversos córregos na região noroeste do Estado de São Paulo, obtendo-se as grandezas físicas de velocidade e vazão pelos dois métodos em comparação. Os resultados mostraram diferenças significativas nas grandezas aferidas. Observou-se uma correlação entre a velocidade aferida pelo método do flutuador e do molinete hidrométrico quando esta é inferior a  $0,35 \text{ m.s}^{-1}$ . Também observa-se a necessidade de aferição mais precisa da área da seção transversal média para o uso do método do flutuador.

**PALAVRAS CHAVES:** hidrometria, molinete hidrométrico, flutuador, vazão

### **Measuring velocity and discharge in streams: flow probe versus float method**

**ABSTRACT:** The aim of this study was to compare the results of measurement of velocity and flow velocity by indirect methods using the float and digital water velocity meter (flow probe). Measurements were taken at 17 points located in various streams in the northwest region of São Paulo. At each observation site were obtained from the physical quantities of velocity and flow by the two methods compared. The results showed significant differences in measured quantities. There was a correlation between the speed measured by the method of float and reel hydrometric when it is less than  $0.35 \text{ m.s}^{-1}$ . Also there is a need for more accurate measurement of the average cross-sectional area to use the float method.

**KEY WORDS:** water flow, discharge, float, flow probe, water velocity

### **INTRODUÇÃO**

A água é um recurso natural limitado e ocupa papel extremamente importante no desenvolvimento econômico de uma região. A crescente demanda pelo uso da água aliada a

---

<sup>1</sup> Doutorando em Sistemas de Produção na UNESP Ilha Solteira, Caixa Postal 34, CEP 15385-000, Ilha Solteira - SP. Fone: (18) 3743180. E\_mail: [amandio.cabral@unicastelo.br](mailto:amandio.cabral@unicastelo.br)

<sup>2</sup> Professor Adjunto, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP Ilha Solteira.

<sup>3</sup> Doutorando em Sistemas de Produção na UNESP Ilha Solteira.

também crescente poluição hídrica tem contribuído para as preocupações da humanidade com relação a disponibilidade, com qualidade, deste recurso no planeta.

A atividade que mais utiliza água doce no mundo é a irrigação. Desta forma o conhecimento realista da disponibilidade do recurso deve sempre ser aferido.

Não é de hoje que o homem tem a necessidade de medir as grandezas físicas dos cursos d'água. A tecnologia tem facilitado a aferição de diversas grandezas, como velocidade, pressão, temperatura e a vazão de um corpo d'água.

Uma das variáveis importante é a determinação da vazão, diretamente relacionada com a disponibilidade dos recursos hídricos, serve de parâmetro para planificar o uso da água em uma bacia hidrográfica.

A medição da vazão de um curso d'água é normalmente alcançada de forma indireta a partir da medida da velocidade média do escoamento ou de nível. Para medição da vazão de um curso d'água pode-se fazer uso de diversos aparelhos ou processos, como ADCP (Acoustic Doppler Current Profile), vertedores, calhas, molinete hidrométrico e o método do flutuador, sendo a escolha do método função da grandeza do corpo d'água, da precisão necessária e dos recursos disponíveis.

Neste trabalho procurou-se comparar os resultados obtidos na medição das vazões dos cursos d'água utilizando-se o molinete hidrométrico e o método do flutuador.

O uso do molinete hidrométrico que utiliza a medição e a integração da velocidade média na seção é ainda o mais usado na hidrometria de rios naturais, embora recentemente o método acústico tenha sido empregado com grande frequência.

Já o método do flutuador que consiste em determinar a velocidade de deslocamento de um objeto flutuante, medindo o tempo necessário para que o mesmo se desloque em um trecho de rio de comprimento conhecido, é muito utilizado pela sua simplicidade e na ausência de equipamentos sofisticados que apresentam custos elevados.

Como o método do flutuador é muito utilizado e são frequentes as comparações de vazões e velocidades obtidas por métodos mais precisos, o problema enfrentado é a precisão ou relação obtida pelo método do flutuador quando comparados com os resultados obtidos pelo molinete hidrométrico.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

As medições foram realizadas nos córregos da Taboa, Lagoinha, Ipê e Santa Maria da

Lagoa, Coqueiro e Três Barras, nos municípios de Ilha Solteira, Marinópolis, Palmeira d'Oeste, Dirce Reis, Jales e São Francisco, todos localizados na região noroeste do Estado de São Paulo. Em cada curso d'água, os pontos para realização das medições foram selecionados levando em consideração à linearidade do trecho do córrego, a homogeneidade da seção transversal, a profundidade acessível à medição pelos métodos analisados e ausência de obstáculos que atrapalhassem a coleta de dados, como troncos e galhos, sendo determinadas as vazões dos córregos pelo método do molinete hidrométrico e pelo método do flutuador.

Como as duas metodologias utilizam a relação velocidade e área para determinação da vazão, foi necessário estabelecer uma seção transversal de referência.

Para o método do flutuador foram estabelecidos, por batimetria, a seção molhada a jusante e a montante, com espaçamento de 5,0 metros e definida a seção transversal de referência como a médias dessas seções.

Para o método do molinete, também por batimetria, foi definida a seção intermediária entre as seções de montante e jusante como seção de referência.

Para determinação da vazão pelo método do molinete hidrométrico foi utilizado molinete modelo FP 201 da série #43217 da marca Global Water. Utilizando-se a função AVGSPEED foi possível registrar a velocidade média de escoamento a cada segundo.

Desta forma foram registradas as velocidades médias em diversos pontos da seção de referência e desta forma definida uma velocidade média da seção de referência.

Definida a área da seção transversal e a velocidade média de escoamento na seção a vazão, para o método do molinete, foi definida pela equação da continuidade.

Para a definição da velocidade média para o caso do método do flutuador, utilizou-se uma garrafa de Politereftalato de Etileno (PET) com 250 ml, parcialmente preenchida com água e registrava-se o tempo de deslocamento deste flutuador da seção à montante à seção de jusante, obtendo-se a velocidade superficial pela relação  $\text{espaço} \cdot \text{tempo}^{-1}$  em pelo menos 5 repetições. Foi utilizado um coeficiente proposto por GARCEZ e ALVARES (1988) para correlacionar a velocidade do flutuador, ou seja, a velocidade de superfície e a velocidade média da seção transversal.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

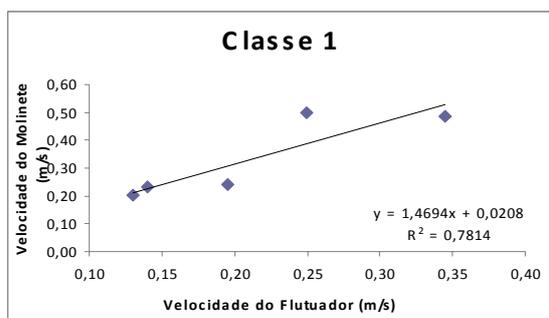
Foram consideradas três grandezas para análise: a velocidade, as áreas das seções transversais e as vazões calculadas e a Tabela 1 apresenta a comparação das velocidades

aferidas pelos métodos do flutuador e molinete nos diversos pontos de amostragem, ordenadas em ordem crescente de velocidades.

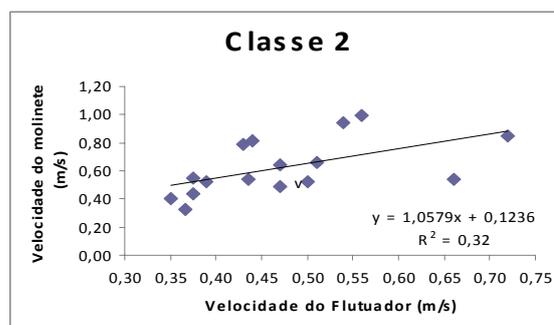
**Tabela 1 Comparação das velocidades calculadas pelo método do molinete e flutuador**

Data	Identificação	Córrego	Velocidade Molinete (m.s <sup>-1</sup> )	Velocidade do Flutuador (m.s <sup>-1</sup> )
31/07/07	01VZ	Ipê	0,13	0,20
04/04/08	Vaz 01	Taboa	0,14	0,23
23/05/08	Ponto03	Coqueiro	0,20	0,24
31/07/07	Vaz 01	Taboa	0,25	0,50
26/07/07	Ponto03	Coqueiro	0,35	0,49
17/08/07	Ponto01	Lagoinha	0,35	0,40
23/05/08	Ponto04	Coqueiro	0,37	0,32
17/08/07	Ponto02	Lagoinha	0,38	0,54
23/05/08	Ponto05	Coqueiro	0,38	0,44
15/05/08	Ponto04	Sta. Maria	0,39	0,52
30/07/07	Ponto 05	Ipê (Caçula)	0,43	0,79
23/05/08	Ponto01	Coqueiro	0,44	0,54
22/04/08	Ponto 01	Lagoinha	0,44	0,81
15/05/08	Ponto01	Sta. Maria	0,47	0,65
15/05/08	Ponto03	Sta. Maria	0,47	0,49
23/05/08	Ponto04	Três Barras	0,50	0,52
15/05/08	Ponto02	Sta. Maria	0,51	0,66
26/07/07	Ponto02	Coqueiro	0,54	0,94
15/05/08	Ponto05	Sta. Maria	0,56	0,99
17/08/07	Ponto03	Lagoinha	0,66	0,54
26/07/07	Ponto01	Coqueiro	0,72	0,85

Observa-se que do intervalo compreendido entre velocidades de escoamento entre 0,13 e 0,35 m.s<sup>-1</sup>, definido como Classe 1, existe uma correlação de 78,14% ( $R^2 = 0,7814$ ), com  $V_{\text{Molinete}} = 1,4694 \times V_{\text{Flutuador}} + 0,0208$ , sendo possível estabelecer uma relação entre a velocidade aferida pelo flutuador e a obtida pelo molinete, conforme demonstrado na Figura 1. Já o intervalo compreendido entre velocidades de 0,35 e 0,72 m.s<sup>-1</sup>, definidas como Classe 2, não há uma correlação entre as grandezas aferidas pelo flutuador e pelo molinete, conforme demonstrado na Figura 2.



**Figura 1 - Dispersão dos valores de Velocidade entre 0,13 e 0,35 m.s<sup>-1</sup>**



**Figura 2 - Dispersão dos valores de Velocidade entre 0,35 e 0,72 m.s<sup>-1</sup>**

Esse resultado pode ser explicado devido aos córregos com maiores velocidades apresentarem superficialmente uma turbulência maior que córregos com velocidades menores, prejudicando assim o método do flutuador, fazendo com que as velocidades sofram grandes alterações. Quando se tentou classificar as velocidades em relação ao tipo de fundo não se obteve correlação entre os dados.

Avaliando os resultados obtidos na determinação das vazões, observa-se uma correção de 85,29% ( $R^2 = 0,8529$ ) quando considera-se três seções transversais (montante, jusante e intermediária) para determinação das seção de referência no cálculo da vazão pelo método do flutuador.

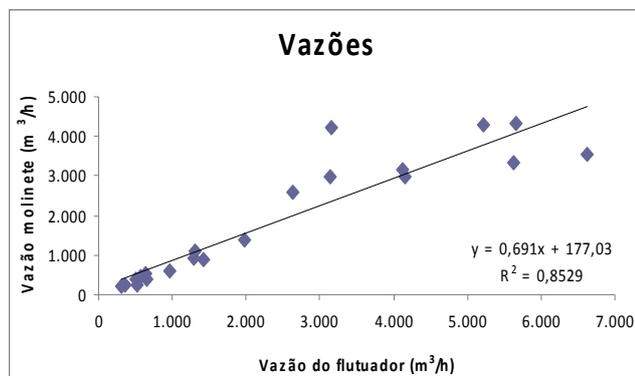


Figura 3 - Dispersão dos valores de Vazão pelo método do Molinete e Método do Flutuador

## CONCLUSÕES

Os resultados nos mostram que existe uma correlação entre a velocidade do escoamento, aferida pelo método do molinete e pelo método do flutuador quando a velocidade do escoamento é inferior a  $0,35 \text{ m.s}^{-1}$ . A correlação é dada pela expressão  $Y = 1,469 X + 0,020$  ( $R^2 = 0,7814$ ), observando-se diferenças significativas tanto nas vazões quanto nas velocidades obtidas pelos dois métodos.

Com velocidades de escoamento superior a  $0,35 \text{ m.s}^{-1}$  não há correlação entre a velocidade aferida pelo molinete e a obtida pelo método do flutuador, não sendo recomendado o uso do método.

Para definição da vazão pelo método do flutuador deve ser utilizada mais de duas seções transversais para definição da área da seção transversal de referência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Departamento Nacional de águas e Energia Elétrica. Manual para serviços de hidrometria. São Paulo, 1977. 95p.

GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A. Escoamento superficial. In:\_\_\_\_. Hidrologia. 2.ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1988. p.211-250.

MARTINS, E.S.P.R.; PAIVA, J.B.D. Quantidade dos Recursos Hídricos. In:\_\_\_\_. Hidrologia aplicada a gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: FINEP/ABRH/UFSM, 2001. p.529-555.

SANTOS, I. dos et al. Medição de vazão líquida. In:\_\_\_\_. Hidrometria aplicada. 2.ed. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. p.119-198.