

Uso do ADCP para Construção de Curva-Chave

Fernando Grison, UFSC, fernando@ens.ufsc.br
Masato Kobiyama, UFSC, kobiyama@ens.ufsc.br
Irani dos Santos, UFPR, irani@ufpr.br
Helena Dausacker da Cunha, Companhia Águas de Joinville,
helenacunha@aguasdejoinville.com.br

RESUMO

As tecnologias que utilizam o princípio do efeito Doppler para medições de vazão estão cada vez mais sendo utilizadas no manejo de recursos hídricos. Uma dessas tecnologias é o aparelho ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). O presente trabalho teve como objetivo utilizar um ADCP para traçar e extrapolar uma curva-chave em uma estação fluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte (BHRC) no Estado de Santa Catarina e avaliar o desempenho do mesmo. A confiabilidade do ADCP foi confirmada por meio de uma comparação das medições de vazão do ADCP com um micromolinete. Para o traçado e extrapolação da curva-chave utilizou-se o *software* STEVENS, que calcula e extrapola doze tipos de curvas, com base na teoria do Método de Stevens. Utilizando o banco de antigos dados de medição de vazão da estação fluviométrica de Pirabeiraba (antiga estação da ANA desse mesmo local de estudo) juntamente com os dados medidos pelo ADCP foram selecionadas três curvas-chave no *software* STEVENS: Curva Stevens 1; Curva Stevens 4 e Curva Stevens 10. Todas as curvas passam pelos dados obtidos com o ADCP, o que aumenta a confiabilidade desse aparelho. Utilizando-se as mesmas cotas medidas em campo para o cálculo de vazões com as equações das três curvas, constatou-se que a curva gerada com as vazões calculadas pela equação da Curva Stevens 1 foi a que mais se aproximou do conjunto das medições do ADCP. Entretanto, ainda existe uma incerteza de qual das três curvas é a mais adequada para a estação fluviométrica de estudo.

Palavras-chave: ADCP; curva-chave; método de Stevens.

ABSTRACT

Technologies that use the principle of the Doppler effect to measure river discharge have been increasingly used in the water resources management. One of them is the ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). The objective of the present study was to use an ADCP to draw and extrapolate a stage discharge curve at the gauge station in the Cubatão do Norte River Watershed (BHRC) in the state of Santa Catarina and to evaluate its performance. The reliability of the ADCP was confirmed through a comparison of discharge measurements between the ADCP and the micromolinet. For drawing and extrapolating the curve, the software STEVENS which calculates and generates twelve types of curves was used. This software is based on the theory of Stevens' method. Using the database of the old data of discharge at the Pirabeiraba gauge station (former gauge of the ANA at the same locality) and the data measured with the ADCP, three stage-discharge curves in the software STEVENS (Stevens Curve 1, Stevens Curve 4 and Stevens Curve 10) were selected. All of them pass through the data obtained with the ADCP, which increases the reliability of this device. By using the same levels measured on the field in order to calculate the discharges with the equations of these three curves, it was found that the curve generated with the discharges calculated with the equation of the Stevens Curve 1 was the best fitting to all the measurements of the ADCP. However, there exists still uncertainty about which curve is most suitable for the gauge station of the present study.

Key-words: ADCP; stage discharge curve; Stevens' method

1. Introdução

A construção de bancos de dados hidrológicos tem sido cada vez mais solicitada para o gerenciamento dos recursos hídricos. O conhecimento sobre as variações da quantidade de água numa bacia hidrográfica tem sido o principal assunto nas reuniões comunitárias de muitas regiões do Brasil. Isso acontece principalmente porque é com esse conhecimento que se pode realizar previsão de cheias, abastecimento público e industrial, navegação, irrigação, entre muitas outras atividades que atingem diretamente uma comunidade. Segundo CLARK (2002), a importância dos dados de vazão é para previsão de vazões futuras e para estimar a frequência de ocorrência de eventos futuros que possam dificultar o gerenciamento dos recursos hídricos. Portanto, os dados de vazão de um rio precisam ser monitorados da melhor forma possível.

Com o avanço da tecnologia que usa o princípio do efeito Doppler nos aparelhos de medição de vazão em rios, pode-se dizer que atualmente a obtenção de um dado de vazão se tornou menos oneroso. O ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) é um aparelho desenvolvido para medir a vazão dos cursos d'água através do efeito Doppler. Para o ADCP o efeito Doppler é a mudança na frequência de uma onda sonora causada por um movimento relativo entre o aparelho transmissor do som (chamado de transdutor) e o material em suspensão na água. O material ao ser atingido por um feixe de ondas sonoras muda a frequência de retransmissão. Como esse material se desloca na mesma velocidade da corrente de água, a magnitude do efeito Doppler é diretamente proporcional a essa velocidade (FILHO et al., 1999). Portanto, para o ADCP olha-se para a reflexão do som nas partículas da água.

Uma grande vantagem de um ADCP é a sua rapidez na medição da velocidade da água. Além disso, mede muito mais pontos em uma seção transversal de um rio do que instrumentos convencionais, como molinetes. Com apenas algumas horas, em um rio de tamanho médio, é possível até obter a curva-chave desse rio. Basta medir um evento de enchente. Ao contrário, os métodos de medição convencionais, como molinete, exigem muito mais tempo e estrutura para medição. O ADCP também possui a facilidade de comunicar-se diretamente com microcomputadores, transferindo os dados de velocidade em tempo real e calculando a vazão automaticamente. Por outro lado, uma grande desvantagem é o alto custo de aquisição.

Atualmente com o apoio financeiro do CT-HIDRO (Fundo Setorial de Recursos Hídricos), que financia estudos e projetos na área de recursos hídricos, a aquisição do ADCP pelas instituições públicas de ensino superior e pesquisa está ocorrendo com mais frequência. Por isso, é muito importante o conhecimento dessa tecnologia e o acompanhamento de sua evolução. No dia 22 de maio de 2000 foi criado o grupo de discussão “Vazão com ADCP” em um site na Internet, onde freqüentemente são discutidos a importância do aparelho, sua evolução, suas vantagens e desvantagens em relação aos métodos convencionais de medição, etc.

Com o objetivo de criação de bacias-escola, instituições municipais e privadas de tratamento e abastecimento de água estão apoiando a construção de estações fluviométricas. Além disso, também apóiam na construção de estruturas que dão suporte para medição em níveis de enchentes como a instalação de cabos de aço e réguas linimétricas. Com isso, tem-se mais facilidade e praticidade nas medições de vazão.

A preservação dos pequenos mananciais deve ser encarada como prioridade pelas políticas de preservação ambiental. Para isso, a tecnologia Doppler pode ser fundamental. Com a facilidade, rapidez e qualidade nas medições de vazão, os ADCPs contribuem com a rápida execução dos projetos que objetivam contribuir com o gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água. Isso mostra que, nesse sentido, esses aparelhos são mais adequados que os utilizados nas medições convencionais.

O projeto de pesquisa intitulado “Curso de Capacitação em Hidrologia e Hidrometria para Conservação de Mananciais” (KOBAYAMA, 2007) financiado pelo edital MCT/ CNPq/ CT- Hidro nº 037/2006 “Capacitação em Hidrometria para gestão de Recursos Hídricos” tem como uma das suas atividades, a instalação de estações meteorológicas e fluviométricas na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte (BHRC). Atualmente, a BHRC contribui com mais de 70% do abastecimento de água de Joinville/SC, ou seja, aproximadamente 1.500 l/s. Por isso, o conhecimento sobre o comportamento da vazão desse rio no ponto de captação de água da companhia é muito importante. Segundo a ANA (2008), existem dados de vazão desse local desde outubro de 1985. Mas, devido a mudanças no leito do rio, erros nas séries de dados, incertezas nas medições convencionais de vazão, ainda hoje é preciso estudar esse local. Principalmente, por se tratar de grande ponto de captação de água para abastecimento público.

Recentemente o Laboratório de Hidrologia da Universidade Federal de Santa Catarina (LABHIDRO - www.labhidro.ufsc.br) adquiriu um ADCP e está construindo uma curva-chave no ponto da antiga captação de água da Companhia de Águas de Joinville- CAJ. O presente trabalho apresenta os resultados preliminares de medições com o ADCP para construção de uma curva-chave e uma comparação de dados do ADCP com um micromolinete. O objetivo é verificar a confiabilidade do ADCP no traçado e extrapolação da curva-chave do Rio Cubatão do Norte.

2. Materiais e métodos

O local de medição foi no ponto de antiga captação de água da CAJ, dentro da BHRC. A BHRC localiza-se na região nordeste de Santa Catarina abrangendo os municípios de Joinville e Garuva. Possui área total de aproximadamente 492 km², sendo a extensão do rio principal de 88 km. A nascente da bacia está situada na Serra Queimada (cota altimétrica de 1.100 m) e sua foz no estuário da Baía da Babitonga. A Figura 1 mostra uma parte da BHRC, que é apenas a área à montante do antigo ponto de captação de água da CAJ, onde foram feitas as medições de vazão.

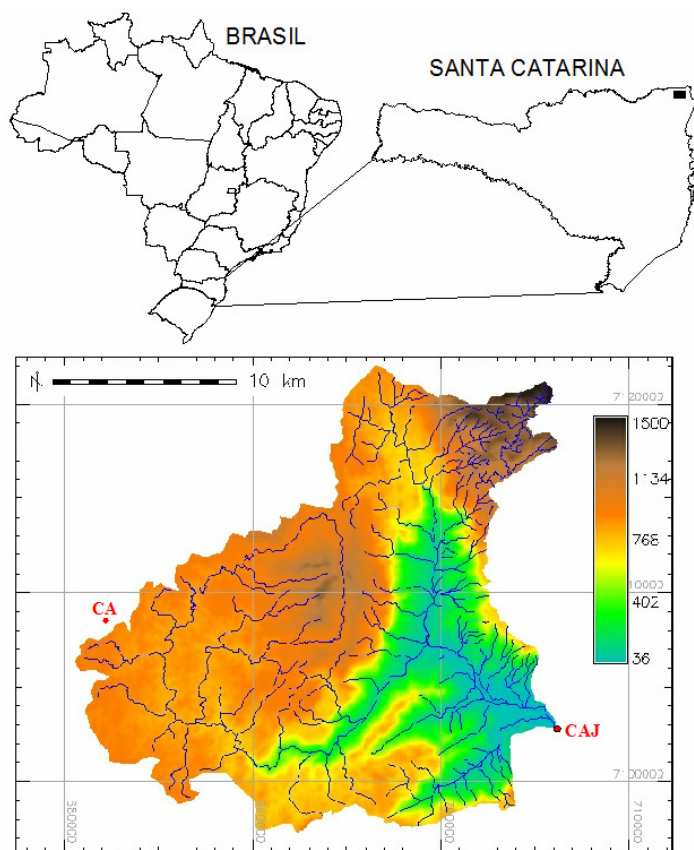


Figura 1 – Localização do ponto de medição na BHRC. O ponto “CA” é o local da estação em Campo Alegre e “CAJ” é o ponto de captação de água e local das medições.

Nessa bacia, recentemente foram instaladas duas estações pluviométricas e uma fluviométrica. Uma estação pluviométrica fica próxima ao divisor de águas da bacia, no município de Campo Alegre – SC, e é identificada pela sigla “CA” na Figura 1. A outra estação pluviométrica e a fluviométrica estão instaladas nas dependências da CAJ, e identificada por “CAJ” na Figura 1.

Para as medições com o ADCP foi instalado um sistema de cabo de aço preso em roldanas. O ADCP era engatado nesse cabo e aos poucos rebocado de um lado a outro do rio. Para ser rebocado, o aparelho foi montado em um sistema chamado de *RiverCat Integrated Catamaran System*, projetado para o uso em rios onde medições com barco são difíceis ou inseguras (Figura 2). Essas medições foram realizadas nos dias 29/04, 13/05 e 14/05/2008.

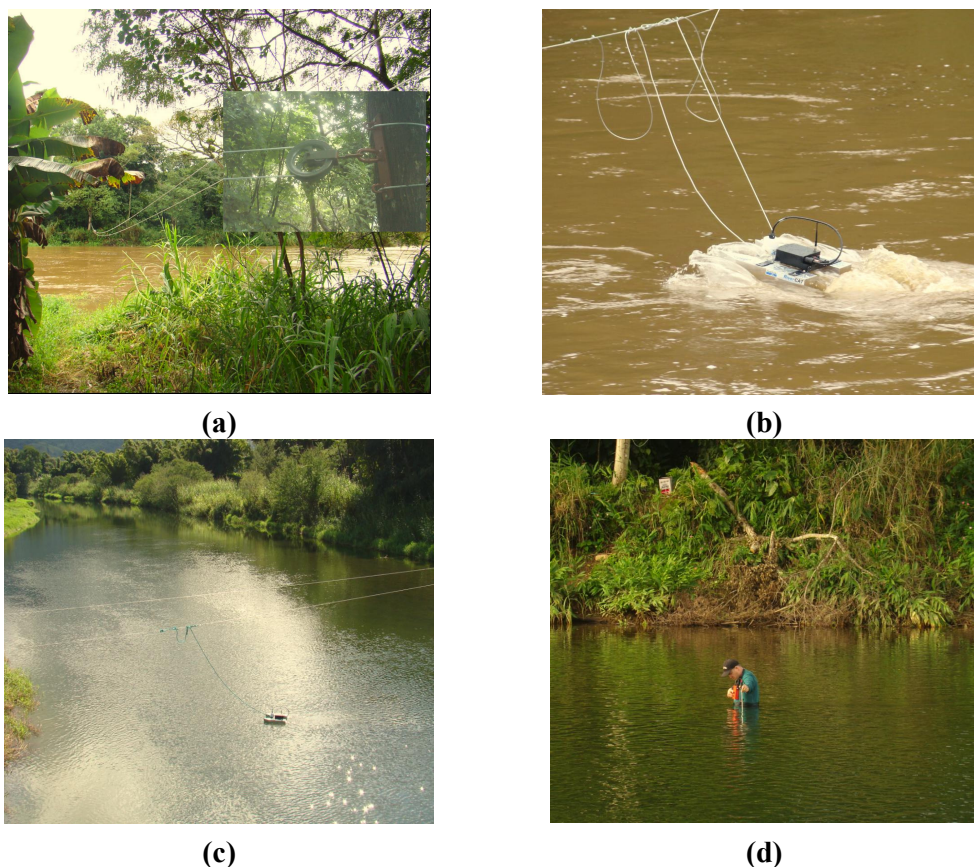


Figura 2 - Sistema de roldanas com cabo de aço. (a) Cabo de aço esticado com detalhe da fixação da roldana; (b) e (c) Travessia do ADCP pelo cabo de aço. (d) Medição com micromolinete.

Para verificação da confiabilidade do ADCP foi realizada uma comparação de dados de vazão medidos com o micromolinete e o ADCP no local da estação. Essas medições foram realizadas no dia 14/05/2008. A medição com o micromolinete foi realizada à vau. Devido à profundidade maior que 1,5 m em algumas partes não foi possível medir toda a seção. Dos 46,6 m de largura foram medidos apenas 20 m no sentido da esquerda para direita do rio.

Além dos dados medidos pelo ADCP, também foram utilizadas as medições de vazão feitas na antiga estação fluviométrica de Pirabeiraba (atualmente desativada). Segundo a ANA (2008), a estação de Pirabeiraba (código 82270050) fica localizada no mesmo local das medições do ADCP. Também, foram utilizados os dados das duas curvas de descarga da estação de Pirabeiraba validadas para dois diferentes períodos pela ANA.

Para o traçado e extrapolação da curva-chave utilizou-se o software STEVENS (Sistema de Ajuste e Extrapolação de Curva de Descarga) desenvolvido por FILHO et al.

(2003) com o objetivo de facilitar a manipulação da grande quantidade de dados envolvidos no processo de ajuste e extrapolação de curvas de descarga. O sistema é baseado no método de Stevens, sendo adequado para seções com escoamento com controle de canal.

3. Resultados e discussões

3.1. Verificação da confiabilidade do ADCP com uso de micromolinete

A Figura 3 mostra as vazões medidas com o micromolinete e o ADCP a fim de verificar a confiabilidade do ADCP. Analisando as vazões acumuladas verifica-se que os dois aparelhos estimam os valores de vazão muito semelhantes. A diferença entre o micromolinete e o ADCP pode resultar das condições de medição em campo. Com o micromolinete foi realizada medição à vau, podendo haver interferência do operador no fluxo de água medido. Além disso, a direção do caminho percorrido pelo ADCP na seção do rio não foi exatamente igual ao do micromolinete, o que é muito difícil de fazer. Assim, pode-se dizer que a medição com o ADCP é confiável.

3.2. Traçado e extrapolação de curva-chave

Utilizando o software STEVENS para traçar e extrapolar uma curva-chave, com os dados do ADCP juntamente com os dados da ANA, obtiveram-se doze diferentes curvas. Destas doze, com base na relação da cota com o fator declividade, foram selecionadas três curvas, denominadas de: Curva Stevens 1; Curva Stevens 4 e Curva Stevens 10. Esta seleção foi realizada segundo os critérios de seleção estabelecidos por FILHO et al. (2003).

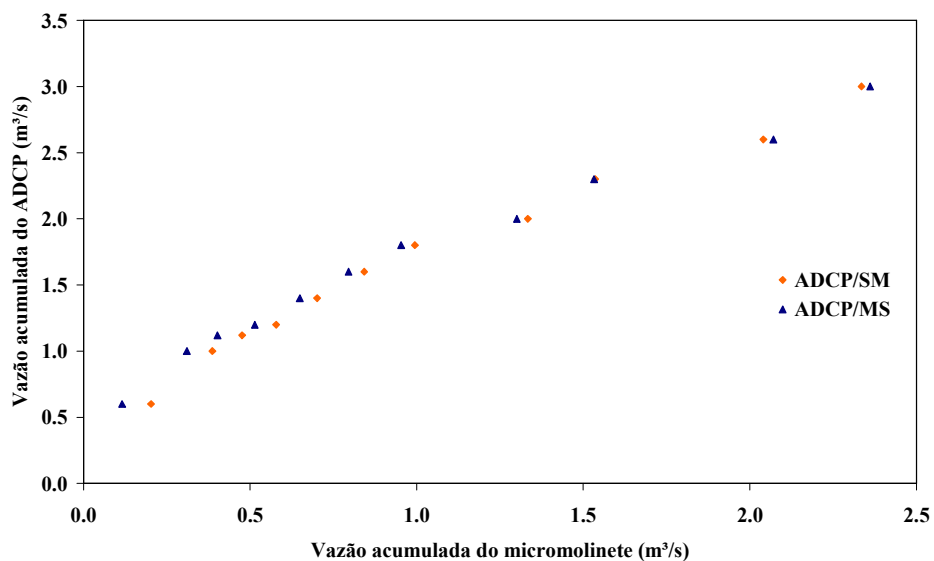
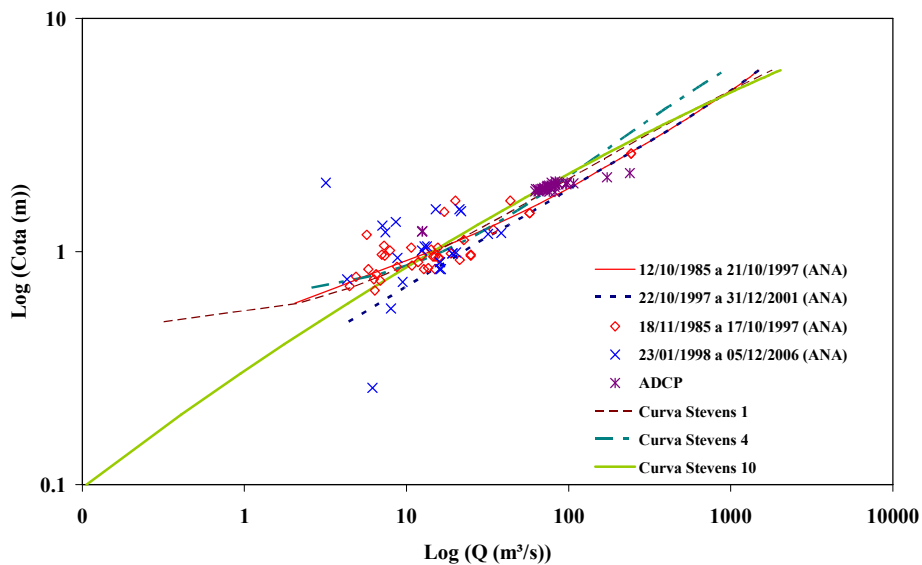


Figura 3 - Vazões estimadas acumuladas do micromolinetete e ADCP

A Curva Stevens 1 é do tipo $c\sqrt{I} = f(h)$, a Curva Stevens 4 é do tipo $\log c\sqrt{I} = f(h)$ e a Curva Stevens 10 é do tipo $\log c\sqrt{I} = f(\log h)$, onde c é o coeficiente de Chezy, variável em função do raio hidráulico e da natureza do leito ($m^{1/2}.s^{-1/2}$), I é a declividade superficial ($m.m^{-1}$) e h é o nível de água (m). Todas são polinômios do 1º grau. Essas curvas foram validadas para o período de 12/10/1985 a 14/05/2008. A fim de reduzir a dispersão dos dados em torno do raio de curvatura e visualizar o traçado das extrapolações das curvas, tanto nos baixos como altos níveis de água, plotou-se as três curvas (juntamente com as curvas validadas pela ANA) em coordenadas logarítmicas (Figura 4).

Na Figura 4 observa-se que as Curvas Stevens 1 e 4 calcularam uma quantidade menor de vazão do que a Curva Stevens 10, que foi extrapolada para cotas mais baixas. Nas altas vazões todas as curvas tendem a um alinhamento. Além disso, as três curvas do Stevens passam nos pontos do ADCP. Isso mostra que as medições do ADCP estão adequadas à série dos dados e podem ser confiáveis. Para cotas baixas as curvas 1, 4 e 10 foram extrapoladas até 0,5, 0,7 e 0,1 metros respectivamente. Para cotas altas, as três curvas foram extrapoladas até 6 metros.



Figuras 4 - Curvas de descargas geradas e extrapoladas pelo *software* Stevens em comparação com as curvas validadas pela ANA

Calculando-se vazões com as equações das curvas Stevens 1, 4 e 10 (usando as mesmas cotas medidas em campo) e comparando essas vazões calculadas com as vazões medidas em campo obtiveram-se novamente três curvas, denominadas de: Curva Stevens 1C, Curva Stevens 4C e Curva Stevens 10C (Figura 5). A letra “C” dessas denominações é referente à palavra “Cálculo”, devido às vazões terem sido calculadas pelas equações dessas curvas.

Na Figura 5, é muito difícil determinar qual das três curvas é a melhor. Somente com mais medições em cotas menores e/ou maiores daquelas já medidas é que provavelmente se consiga observar qual curva é a mais adequada. Ou seja, qual curva ficará mais próxima das novas medições. Por outro lado, calculando as diferenças entre todas as vazões medidas e calculadas (com suas respectivas cotas) e somando-se essas diferenças (em módulo) tem-se o menor somatório na curva Stevens 1C. Isso significa que a Stevens 1C é a que mais se aproxima dos pontos medidos. Também, se for considerado o ADCP como indicador da melhor curva, por esse mesmo somatório das diferenças, verifica-se que a curva Stevens 1C também é a mais próxima das medições.

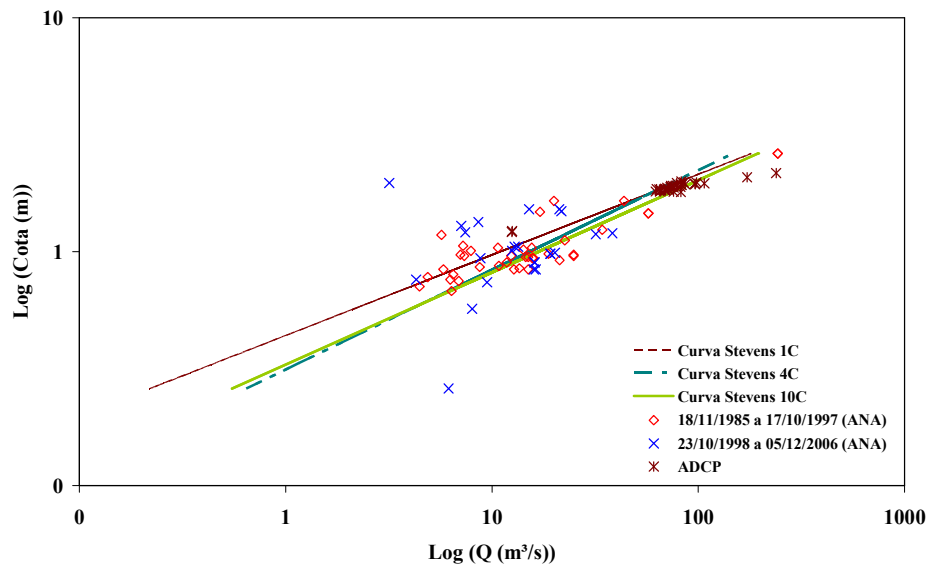


Figura 5 - Comparação de vazões calculadas pelas equações das curvas com as vazões medidas em campo

4. Conclusões

O ADCP como ferramenta de apoio no traçado e extrapolação da curva-chave da estação fluviométrica da BHRC demonstrou alta confiabilidade. Isso foi verificado fazendo uma comparação dos dados de vazão do ADCP com dados medidos com um micromolinete.

Para o traçado e extrapolação da curva chave foram utilizados dados medidos em campo com o ADCP e dados medidos pela ANA. Com o apoio do software STEVENS foram geradas doze curvas. Visualmente, foram selecionadas três curvas que melhor se adequaram aos dados medidos, denominadas de: Curva Stevens 1, Curva Stevens 4 e Curva Stevens 12. Plotando-se em um mesmo gráfico as três curvas Stevens, as medições do ADCP e da ANA e ainda duas curvas-chave validadas pela ANA, observou-se que todas as curvas passam pelos dados obtidos com o ADCP. Isso mostrou que as medições do ADCP estão adequadas à série dos dados e podem ser confiáveis.

Comparando-se vazões medidas em campo com as vazões calculadas com as equações das curvas Stevens obtiveram-se novamente três curvas, denominadas de: Curva Stevens 1C, Curva Stevens 4C e Curva Stevens 10C. Considerando-se o ADCP como indicador, a Curva Stevens 1C foi a que mais se aproximou do conjunto das medições. Com o

banco de dados utilizados nesse trabalho é muito difícil determinar qual das três curvas é a melhor. Essas três podem representar valores de vazões satisfatórios. É preciso mais medições nesse local da BHRC. Tanto em cotas menores e/ou maiores das que já foram medidas.

Enfim, pode-se dizer que o ADCP é um equipamento fundamental nos estudos hidrológicos de bacias-escola, contribuindo para o manejo adequado dos recursos hídricos e para preservação do meio ambiente.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem aos membros do Laboratório de Hidrologia da Universidade Federal de Santa Catarina pelo apoio técnico. O presente trabalho foi financiado parcialmente pelo projeto “Curso de Capacitação em Hidrologia e Hidrometria para Conservação de Mananciais” do edital MCT/ CNPq/ CT– Hidro nº 037/2006.

6. Bibliografia

ANA HIDROWEB. Séries Históricas – estações pluviométricas e fluviométricas. Disponível em: <hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb/>. 2008. Acesso em: jan. 2008.

CLARK, R.T.; SILVA DIAS, P.L.da; *As necessidades de observação e monitoramento dos ambientes brasileiros quanto aos recursos hídricos*. CT Hidro – Secretaria técnica do fundo setorial de recursos hídricos, 13 de novembro de 2002.

FILHO, D.P.; SANTOS, I. dos; FILL, H.D. *Sistema de Ajuste e Extrapolação de Curva de Descarga – Stevens* ” in Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba – Paraná, 23 a 27 de novembro de 2003.

FILHO, G.L.T. ; VIANA, A.N.C.; CAETANO, G.T.; SANTOS, R.M. *O Uso do Adcp em Pequenos e Médios Cursos D’água*. In: Grupo de trabajo sobre hidromecânica - 5ª Reunião, Montevideu – Uruguai, 1999, 10p.

KOBIYAMA, M. Proposta do projeto “Curso de Capacitação em Hidrologia e Hidrometria para Conservação de Mananciais” para o edital MCT/ CNPq/ CT– Hidro nº 037/2006. Florianópolis: UFSC/CTC/ENS/LabHidro, 2007. 19p. (Não publicado).