

AVALIAÇÃO DOS DADOS DE VAZÃO GERADOS PELA CURVA-CHAVE NO ARROIO PELOTAS (PONTE CORDEIRO DE FARIAS)

**BARTELS, Guilherme Kruger¹; BESKOW, Samuel²; AQUINO, Leandro Sanzi³
; TAVARES, Vitor Emanuel Quevedo⁴; TIMM, Luis Carlos⁵**

¹ Graduando em Agronomia, FAEM, UFPEL, Bolsista PIBIC, Departamento de Engenharia Rural (DER). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Campus Universitário – Caixa Postal 354, CEP 96010-900 Capão do Leão-RS. – guilhermebartels@gmail.com. ² Eng^o. Agrícola, Doutor, Professor Assistente I, CDTec/Engenharia Hídrica - UFPEL, Pelotas - samuelbeskow@gmail.com. ³ Doutorado do PPGA – Solos, FAEM/UFPEL - leandrosaq@gmail.com. ⁴ Eng^o. Agrícola, Doutor, Professor Associado, DER – FAEM/UFPEL, Pelotas - veqtavares@yahoo.com.br. ⁵ Professor Adjunto, DER – FAEM/UFPEL - lcartimm@yahoo.com.br.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente uma das maiores preocupações da humanidade têm sido os recursos hídricos. O uso desenfreado associado à poluição dos cursos d'água tem levado a se considerar a água como um recurso natural limitado. A disponibilização de valores confiáveis de vazão de um rio é de fundamental importância para: (i) formação de séries históricas úteis para o dimensionamento de obras hidráulicas, tais como barragens e vertedores; (ii) alimentar modelos hidrológicos de simulação chuva-vazão; e (iii) estudos de carga de sedimentos em suspensão num dado curso d'água.

A bacia hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP), com seção de controle na Ponte Cordeiro de Farias é a que apresenta maior área dentro do município de Pelotas – Rio Grande do Sul, constituindo um importante manancial de água doce, tanto para a zona rural como urbana (BESKOW et al, 2010). O principal objetivo deste trabalho é a análise dos resultados de vazão gerados a partir da curva-chave nesta bacia em comparação com resultados medidos diretamente na seção de controle de interesse.

2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODOS)

O trabalho foi realizado na bacia hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP) à montante da Ponte Cordeiro de Farias (município de Pelotas – RS), totalizando esta uma área de drenagem de 369 km². Neste ponto há uma estação fluviométrica (Código 88850000) composta por réguas linimétricas, nas quais são realizadas duas leituras diárias de nível d'água (7 h e 17 h) desde o ano de 1964, estando sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) e operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

A partir da aquisição, no portal Hidroweb da ANA, de pares de valores vazão x cota das réguas linimétricas em diferentes níveis d'água foi possível estabelecer a curva-chave para esta seção, seguindo o modelo proposto na equação 1.

$$Q = a \cdot (h - h_0)^n \quad (1)$$

Onde, Q é a vazão (m³.s⁻¹); h é a cota (cm); h₀ é a cota (cm) quando a vazão é zero; e a e n são parâmetros ajustados por um critério de minimização de erros.

No intuito de avaliar o desempenho da curva-chave no seu ramo inferior, foram realizadas algumas campanhas hidrológicas para fazer medições de

velocidade e cálculo de vazão na seção em diferentes situações de escoamento. Em cada campanha hidrológica também foi tomada a medida de cota das réguas linimétricas. Para a determinação da velocidade da água no momento de cada medição foi utilizado um micromolinetes modelo A.OTT 10.150 que dispõe de seis diferentes hélices e, portanto, diferentes equações para transformação de rotações por segundo em velocidade. Os critérios de número de verticais e profundidades para medição de velocidade em cada vertical foram seguidos de acordo com o recomendado por Santos et al. (2001), conforme as Tabelas 1 e 2, respectivamente. No momento das medições de velocidade também foram feitos levantamentos batimétricos na seção a fim de detalhar a variação da mesma em relação à profundidade de água. O cálculo da vazão da seção transversal do curso d'água foi feito por dois métodos (SANTOS et al., 2001): seção média e da meia seção.

Tabela 1. Recomendação de distância entre verticais para a medição de velocidade da água

Largura do rio (m)	Distância entre verticais (m)
≤ 3,00	0,30
3,00 – 6,00	0,50
6,00 – 15,00	1,00
15,00 – 30,00	2,00
30,00 – 50,00	3,00
50,00 – 80,00	4,00
80,00 – 150,00	6,00
150,00 – 250,00	8,00
≥ 250,00	12,00

Fonte: SANTOS et al. (2001)

Tabela 2. Fórmulas para cálculo da velocidade média na vertical, de acordo com a profundidade.

Nº de pontos	Posição na vertical em relação à profundidade (p)	Cálculo da velocidade média (Vm) na vertical	Profundidade (m)
1	0,6p	$V_m = V_{0,6}$	0,15 - 0,6
2	0,2 e 0,8p	$V_m = (V_{0,2} + V_{0,8})/2$	0,6 - 1,2
3	0,2; 0,6 e 0,8p	$V_m = (V_{0,2} + 2V_{0,6} + V_{0,8})/4$	1,2 - 2,0
4	0,2; 0,4; 0,6 e 0,8p	$V_m = (V_{0,2} + 2V_{0,4} + 2V_{0,6} + V_{0,8})/6$	2,0 - 4,0
5	Sup.; 0,2; 0,6; 0,8p e Fundo	$V_m = [V_s + 2(V_{0,2} + V_{0,4} + V_{0,6} + V_{0,8}) + V_f]/10$	> 4

Vs - Velocidade medida na superfície e Vf - Velocidade medida no fundo

Fonte: SANTOS et al. (2001)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos valores de vazão x cota das réguas linimétricas obtidos no portal Hidroweb foi possível estabelecer a curva-chave na seção de interesse (Figura 3). O ajuste dos parâmetros a , h_0 e n da equação 1 foi realizado com a ferramenta Solver do Microsoft Excel.

O coeficiente de eficiência de Nash–Sutcliffe (NASH & SUTCLIFFE, 1970), aqui denominado por NS, varia de $-\infty$ a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 melhor é o modelo para representar a massa de dados observados. Neste estudo obteve-se um NS igual a 0,98 (Figura 1), significando que a equação ajustada representou de forma excelente o comportamento dos pares de valores vazão x cota observados.

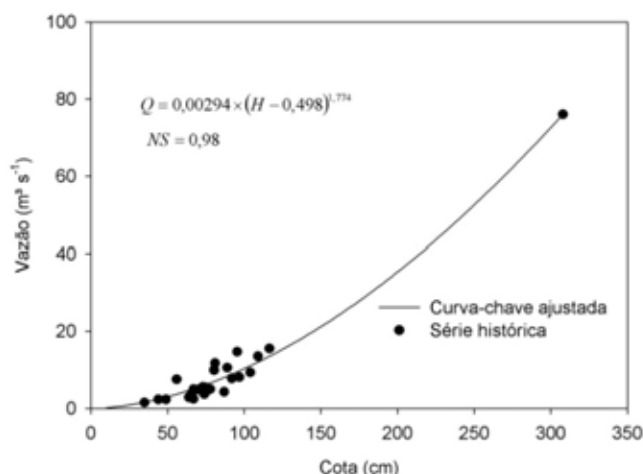


Figura 1. Representação dos valores de vazão x cota e a curva-chave, com a equação resultante e valor do coeficiente de Nash–Sutcliffe (NS).

Foi avaliada ainda a relação existente entre os valores de vazão gerados pela curva-chave e os valores calculados de acordo com os métodos da meia seção e da seção média (Tabela 3).

Pode-se observar que a diferença nos valores de vazão calculados pelos métodos da seção média e meia seção foi bem pequena, o que pode ser explicado pela uniformidade do leito do rio na seção de medição. No caso de se tratar de um leito não homogêneo a diferença provavelmente seria mais pronunciada. O detalhe que mais chama a atenção na Tabela 3 é a diferença entre os valores calculados pela curva-chave e os obtidos pelas medições de campo e posterior cálculo de acordo com os métodos da seção média e meia seção. As alterações do leito desta seção transversal podem estar causando tais diferenças, fato que dificulta a aplicação de uma dada curva-chave. Outro motivo bastante comum é a frequência de idas a campo para medição de velocidade e cálculo de vazão e, além disso, a amplitude de condições observadas de escoamento do curso d'água. No caso da seção da BHAP na Ponte Cordeiro de Farias, os técnicos responsáveis pelo monitoramento geralmente visitam de 3 a 4 vezes ao ano o local para realizar medições, sendo isto em virtude do orçamento disponível para tal tarefa. Esta frequência de campanhas hidrológicas muitas vezes impede que se consiga captar uma grande variação de condições de escoamento do rio, acarretando em problemas na curva-chave. Na Figura 1 facilmente se verifica que existem poucos pontos medidos quando a cota estava entre 40 e 50 cm, que foi o caso das medições deste trabalho, e uma grande concentração de medições quando a cota estava entre 70 e 100 cm. Vale a pena ressaltar que neste estudo foram analisadas apenas situações no ramo inferior da curva-chave, portanto nada se pode afirmar sobre a qualidade da curva no ramo superior.

Tabela 3. Variação da vazão quando calculada a partir da equação da curva - chave (Figura 2), quando calculada pelo método da seção média e meia seção.

Cota (cm)	Vazão calculada pela equação da curva - chave ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	Vazão calculada pelo método da seção média ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	Vazão calculada pelo método da meia seção ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)
40	2,00	2,94	3,31
50	2,98	4,97	4,91

4 CONCLUSÕES

Este tipo de estudo é fundamental para a avaliação dos resultados gerados por uma curva-chave, pois estes resultados dependendo do grau de distorção podem comprometer projetos de uso e controle de recursos hídricos. Este estudo mostrou a importância de se analisar bem a validade de uma curva-chave antes de simplesmente utilizá-la e que pode ser necessário estabelecer mais de uma curva-chave para o intervalo de cotas observado ao longo da série, a fim de melhorar a representação dos dados medidos.

5 REFERÊNCIAS

BESKOW, S.; COELHO, G.; TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q.; DAMÉ, R. C. F. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Arroio Pelotas (RS): base para estudos hidrológicos. In: **IX Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola - CLIA 2010 e XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2010**, Vitória, 25 a 29 de julho de 2010.

NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J.E. River flow forecasting through conceptual models: part I: a discussion of principles. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 10, n. 3, p. 282 - 290, 1970.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, LACTEC, 2001.