



Determinação da Curva Chave para um trecho do Rio da Prata-RS

Franciele Priori¹, Sara Regina Sperotto², Taison Anderson Bortolin³

¹ Universidade de Caxias do Sul (fpriori@ucs.br)

² Universidade de Caxias do Sul (srsperotto@ucs.br)

³ Universidade de Caxias do Sul (tabortol@ucs.br)

Resumo

A determinação da curva chave de uma bacia hidrográfica é um importante instrumento para o gerenciamento dos recursos hídricos. Ela representa a relação cota x vazão de uma seção transversal, onde a partir de uma determinada altura de lâmina d'água é possível calcular a vazão correspondente. É uma medida indireta de vazão, o que oferece tempo e custos reduzidos com equipamentos e profissionais. O presente trabalho apresenta a obtenção da curva chave de um trecho do Rio da Prata, localizado no município de Nova Prata - RS. Para a elaboração da curva chave foi utilizado os dados de séries históricas referente ao posto fluviométrico 86420000 – Ponte do Prata. Os resultados obtidos são confiantes ($R^2 = 0,98$), sendo a curva chave satisfatória.

Palavras-chave: Estudos Hidrológicos. Vazões. Curva Chave.

Área Temática: Recursos Hídricos.

Determination of the Rating Curve for the River Plate

Abstract

The determination of the key curve of a river basin is an important instrument for the management of water resources. It represents the ratio x ratio of a cross section, where from a given height of water depth it is possible to calculate the corresponding flow rate. It is an indirect measure of flow, which offers reduced time and costs with equipment and professionals. The present work presents the key curve obtained from a stretch of Rio de la Plata, located in the municipality of Nova Prata - RS. For the elaboration of the key curve was used the data of historical series referring to the fluvimetric station 86420000 - Ponte do Prata. The results obtained are confident ($R^2 = 0.98$), and the key curve is satisfactory.

Key words: Hydrologic Studies. Flows. Rating Curve.

Theme Area: Water resources.



1 Introdução

O ciclo hidrológico é um processo dinâmico, governado por processos aleatórios, como a precipitação. Para caracterizar o comportamento hidrológico de um curso d'água ou de uma bacia não basta dispor de uma medição de vazão, mas sim de uma série de medições (COLLISCHONN; TASSI, 2011). A caracterização e monitoramento dos corpos hídricos é fundamental para conhecer o comportamento das variáveis hidrológicas. Segundo Adami et al. (2013), os recursos hídricos, situados em pequenas bacias, precisam ser geridos criteriosamente no intuito de resolver os diversos conflitos gerados pelo crescimento demográfico e ocupação solo.

Os dados de vazão são indispensáveis para o planejamento dos recursos hídricos, previsão de cheias, gerenciamento de bacias hidrográficas, saneamento básico, abastecimento público e industrial, navegação, irrigação, transporte, meio ambiente e muitos outros estudos de grande importância científica e socioeconômica (IBIAPINA, 2007).

Conforme Clarke (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. As baixas vazões podem prejudicar a produção de energia e sistemas de irrigação, enquanto as enchentes podem danificar infraestruturas. As técnicas hidrológicas utilizadas para a estimativa das frequências de eventos futuros se baseiam na suposição crítica de que a frequência de um evento no passado será a mesma no futuro. Por isso, é tão importante o monitoramento de vazões extremas assim como a aplicação de técnicas estatísticas apropriadas, a fim de detectar possíveis tendências nas séries de dados.

Com o uso de equipamentos como ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) e molinetes é possível determinar a vazão de um rio de forma direta, porém é trabalhoso e de custo elevado. Logo, o registro dos níveis da água é uma opção para determinada seção transversal do rio onde pode-se determinar uma relação entre vazão e cota chamada de curva chave. Utilizando as variações de níveis, o monitoramento da vazão do rio torna-se muito mais simples, rápido e com um custo menor.

A medição da vazão de um curso d'água é um processo complexo que envolve equipamentos e técnicos especializados. Não sendo economicamente viável a realização de medições de vazões de forma contínua, de modo a permitir ao hidrólogo o conhecimento pleno do regime fluvial dos rios, estas medições são feitas de forma esporádica, procurando-se definir uma relação entre o nível d'água e a vazão, de tal forma que a partir da medida da cota limimétrica se obtenha a vazão correspondente. A relação entre estas variáveis, cota e vazão, é denominada curva chave (ELETROBRÁS, 2000).

Nesse sentido, este trabalho buscou determinar a curva chave para o Rio da Prata, junto ao posto pluviométrico 86420000, latitude -28.6775° e longitude -51.6081° - Ponte do Prata, localizado na bacia hidrográfica Taquari-Antas. O ajuste da curva chave foi realizado através da representação gráfica, de onde empiricamente se obtém pares de pontos. Esse processo de ajuste não é único, pois a relação entre as duas variáveis não é perfeitamente unívoca, ou seja, sofre modificações ao longo do tempo.

Caracterização da área de estudo

A sub bacia hidrográfica onde está inserido o Rio da Prata, faz parte da região hidrográfica do Atlântico Sul. O ponto de estudo é sobre o posto fluviométrico do Prata, em Nova Prata, sendo que sua localização foi obtida através do site Hidroweb.

Através dos estudos realizados na sub bacia, verificou-se que a mesma possui uma área de drenagem de 316,83 Km² e está inserida na bacia do Rio Taquari-Antas. Possui um coeficiente de compacidade de Gravelius de 1,94 e uma relação circular de 0,27,



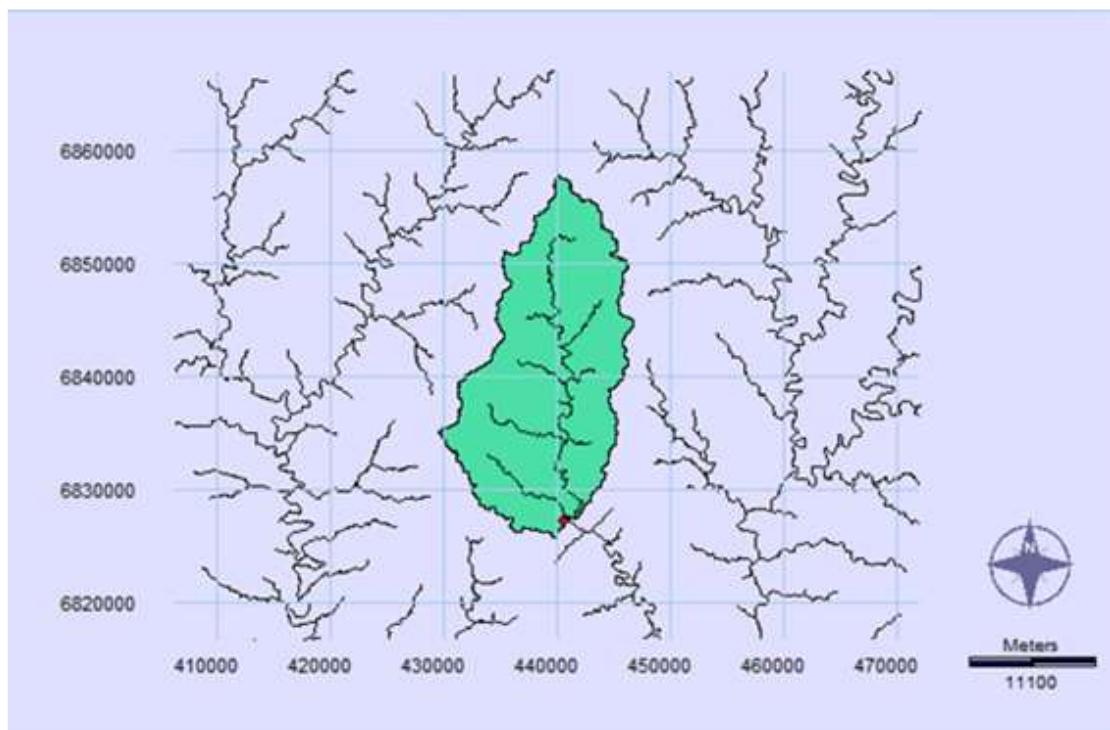
6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

demonstrando que a bacia apresenta menor tendência às enchentes. O formato da bacia é importante, pois influencia no tempo de transformação da chuva em escoamento.

A Figura 1 mostra a bacia hidrográfica compreendida pelo estudo, juntamente com a rede de drenagem e a localização do posto fluviométrico.

Figura 1 – Área de estudo



2 Metodologia

Os dados de vazão utilizados para compor a curva chave, referentes ao local de estudo, foram extraídos software Hidro 1.3. Para este estudo, foram utilizados dados de uma série histórica de 47 anos, referente ao período de 1959 até 2006, totalizando 174 medições de cotas e vazões.

Em posse dos dados de cotas e vazões, foi possível estabelecer a equação da curva chave, conforme Equação 1.

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

Onde:

Q = vazão calculada (m^3/s);

h = leitura de régua correspondente à vazão Q (cm);

h_0 = leitura de régua correspondente à vazão Q_0 (cm);

a e b = parâmetros ajustados pelo critério de erros mínimos quadrados.

Este tipo de equação é preferida porque se assemelha ao tipo de relação entre nível de água e vazão encontrado em equações de escoamento em regime permanente e uniforme, como as fórmulas de Manning e Chezy (COLLISCHONN; TASSI, 2011).



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Através do método dos mínimos quadrados, foram calculados os parâmetros b e a, de acordo com as Equações 2 e 3, respectivamente.

$$b = \frac{(N \sum_{i=1}^N (X_i Y_i)) - [(\sum_{i=1}^N X_i) \cdot (\sum_{i=1}^N Y_i)]}{(N \sum_{i=1}^N X_i^2) - (\sum_{i=1}^N X_i)^2} \quad (2)$$

Onde:

$$X_i = \ln(h_i - h_0)$$

$$Y_i = \ln(Q_i)$$

$$\ln(a) = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (3)$$

Onde:

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i)}{N}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i)}{N}$$

O valor de h_0 foi ajustado através da ferramenta Solver do Excel, visando encontrar um Coeficiente de Eficiência de Nash e Sutcliffe (Equação 4) próximo de 1.

$$CNS = 1 - \left(\frac{\sum (Q_{observada} - Q_{calculada})^2}{\sum (Q_{observada} - Q_{média observada})^2} \right) \quad (4)$$

Segundo Collischonn (2011), não existe uma forma ideal de encontrar o valor de h_0 . Uma primeira aproximação pode ser obtida encontrando o ponto mais baixo da seção transversal, porque se a seção transversal estiver completamente seca, a vazão no rio obviamente será zero. Depois disso, o valor de h_0 pode ser alterado por pequenos incrementos e os valores de a e b são reajustados sucessivamente, até que se obtenha um mínimo no somatório de desvios ao quadrado, ou até que, numa análise visual do gráfico da curva chave e dos dados, a equação encontrada seja considerada satisfatória.

A curva chave de um rio pode sofrer alterações com o passar dos anos. A construção de ponte e aterros, também podem modificar a curva chave. Se faz necessário medições de vazão regulares, mesmo após a curva ser definida.

3 Resultados

A fluviometria se destina as medições de vazões dos rios. Uma estação fluviométrica se localiza em uma seção do rio, composta por réguas limimétricas e níveis de água. As características da seção transversal definida pela estação variam com o nível d'água na mesma.

Os resultados da curva chave são utilizados nos estudos de vazões extremas, máximas e mínimas. A série de vazões a ser utilizada pode ser diária, mensal ou anual conforme o objetivo do uso da curva.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

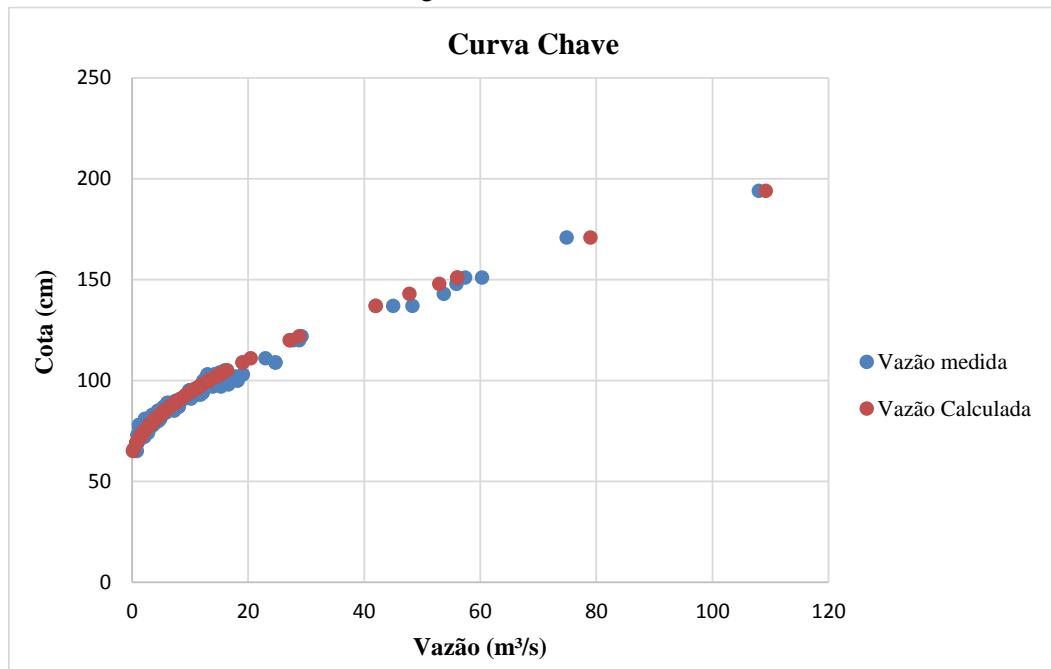
Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Para o local em que está sendo realizado o estudo, foram encontrados os valores de $2,87 \times 10^{-2}$ para o parâmetro a, 1,69 para o parâmetro b, 62,09 cm para o h_0 e 0,986 para o Coeficiente de Eficiência de Nash e Sutcliffe. Com estes valores, foi possível determinar a equação da curva chave para a área de estudo, a qual é apresentada abaixo.

$$Q = 2,87 \times 10^{-2} (h - 62,095)^{1,69}$$

A Figura 2, mostra a curva chave gerada a partir de regressão polinomial, relacionando os valores de vazões medidas e calculadas e suas respectivas cotas.

Figura 2 – Curva chave



Fonte: Autores, 2017

A curva chave, representada pela Figura 2, apresentou um coeficiente de determinação, R^2 , de 0,98, o que indica que 98% das variações dos valores de vazão são esclarecidos pelo modelo adotado, ou seja, um valor elevado, logo pode-se verificar que não há variação significativa entre os valores medidos em campo e as vazões calculadas com o ajuste.

Conforme Filho (2003), a interpretação e análise das curvas chave devem considerar todas as informações disponíveis, pesquisando-se históricos e relatórios de inspeção, alterações da posição das réguas e das seções transversais, e possíveis mudanças das condições de escoamento nas proximidades das estações.

Mesmo com a definição da curva chave, deve-se considerar que o curso d'água pode sofrer alterações com o tempo, dependendo do material do leito, uma vez que a curva representa a relação entre a vazão e a cota considerando as características hidráulicas e geométricas da seção transversal do rio.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

4 Conclusão

Com base nos estudos hidrológicos realizados na sub-bacia do Taquari-Antas, referentes ao exutório considerado, é possível afirmar que:

- A série histórica possui um período considerável de dados para projeção da curva chave, o que resulta numa maior representatividade contemplando anos com precipitações acima ou abaixo da média histórica e precipitações normais.
- A equação ajustou-se melhor às cotas que variam de 50 cm a 150 cm;
- Não há variação significativa entre os valores medidos em campo e as vazões calculadas para cotas acima de 150 cm, logo a curva possui um bom ajuste;
- Há mais medições de vazão na faixa de cota de vazões mais baixas, pois as vazões altas ocorrem apenas durante as cheias e, podem não coincidir com os dias programados para medição, além de poderem ser bastante rápidas;
- Mesmo após a definição da curva chave as medições de vazões devem ser regulares, pois a seção do rio pode se alterar com o tempo e, consequentemente modificar a curva;
- A curva chave é uma alternativa menos trabalhosa e mais viável ao se comparar com outros recursos de medições de vazões;
- A curva chave para o trecho do Rio da Prata em estudo, é descrita pela equação $Q = 2,87 \times 10^{-2} (h - 62,095)^{1,69}$.

Referências

ADAMI, Marcio Vicente Duarte et al. CURVA CHAVE – ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SEPULTURA, CAXIAS DO SUL – RS. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Bento Gonçalves. nov. 2013. Disponível em: <<http://www.samaecaxias.com.br/Upload/Paginas/Pagina/b61604c5-b77e-4c5a-bc3b997014032f5b.pdf>>. Acesso em: 29 dez. 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. 2000. 458 p. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/eletrobras_diretriz_projeto_PCH.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2017.

BRUSA L.C.; CLARKE R.T. **Erros envolvidos na estimativa da vazão máxima utilizando curva-chave**. Caso de estudo: bacia do rio Ibicuí-rs. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Vol. 4, nº 3, 1999.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R.. **Introduzindo hidrologia**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hídricas. UFRGS, 2011.

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.

IBIAPINA, A.V. ; FERNANDES, D. CARVALHO, D.C.; OLIVEIRA, E.; SILVA , M.C.A.M.; GUIMARÃES, V.S. **Evolução da hidrometria no Brasil**. Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2007. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/publica/doc/oestado/texto/121-138.html>>. Acesso em: 10 de jan. de 2018.