

IV-021 – INFLUÊNCIA DAS ALTERAÇÕES FÍSICAS EM UM LEITO DE RIO NA DETERMINAÇÃO DE VAZÃO POR MEIO DE CURVA-CHAVE

Cristiane Graepin⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Mestre em Engenharia Ambiental na UFSM e Doutoranda em Engenharia Civil na UFSM.

Glaucia Pivetta

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela UFSM, Mestranda em Engenharia Civil pela UFSM.

Adriano Ricardo Kappes

Acadêmico do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFSM.

Mateus Henrique Schmidt

Acadêmico do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFSM.

Maria do Carmo Cauduro Gastaldini

Engenheira Civil pela UFSM, Mestre em Engenharia Civil - Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (EESC/USP), Doutora em Engenharia Civil pela EESC/USP, e atualmente é professora titular da UFSM.

Endereço⁽¹⁾: UFSM/CT – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Av. Roraima, 1000 – Cidade Universitária – Bairro Camobi – Santa Maria – RS – CEP 97105-900 e-mail: crisgraepin@hotmail.com

RESUMO

O monitoramento dos recursos hídricos é um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão, onde a quantificação das vazões dos corpos hídricos é uma das variáveis mais importantes a serem monitoradas. A curva-chave para a determinação das vazões é uma ferramenta importante e muito utilizada, pois permite monitorar essa variável de forma mais rápida e com menores custos do que se fossem realizadas medições diretas. Porém, da mesma forma que facilitam o monitoramento, as curvas-chave são muito suscetíveis às variações hidráulicas e geométricas que ocorrem na seção de um rio, principalmente devido ao processo de assoreamento. Com isso, o objetivo deste estudo foi analisar a influência das alterações físicas de um leito de um rio em uma curva-chave para a determinação de vazão, por meio da comparação entre valores de vazão calculados pela curva-chave e medidos diretamente. O estudo foi realizado na sub-bacia hidrográfica Menino Deus IV, pertencente ao rio Vacacaí-Mirim. Houve constatação de alterações físicas significativas no leito do rio, uma vez que os valores medidos diretamente foram, em sua maioria, inferiores aos valores calculados utilizando-se a curva-chave. Desta forma, infere-se que a curva-chave do rio está inválida e, propõe-se que seja elaborada uma nova curva, assim que existam dados suficientes para tal.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos Hídricos, Monitoramento, Vacacaí-Mirim.

INTRODUÇÃO

A vazão dos rios é uma variável hidráulica que traduz o volume de água veiculado pelo canal durante certo período de tempo, depende diretamente do regime de chuvas da bacia hidrográfica e varia sazonalmente de acordo com a distribuição pluviométrica ao longo do ano (CALIJURI e CUNHA, 2013). Com isso, a quantificação da vazão é uma das medidas mais importantes a ser realizada em um curso d'água, integrando assim o monitoramento dos recursos hídricos e sendo uma importante ferramenta para o gerenciamento adequado de bacias hidrográficas, principalmente em pequenas bacias onde há uma carência de dados hidrológicos.

Quando realizada de forma direta, a medição de vazão demanda muito tempo e é onerosa para o monitoramento hidrológico contínuo. Sendo assim, na maioria dos casos as vazões podem ser deduzidas a partir da relação cota-vazão, baseada em medições dos níveis de água e das descargas líquidas – a curva-chave (MORLOT *et al.*, 2014).

A curva-chave apresenta a grande vantagem de facilitar o monitoramento hidrológico. Por outro lado, essa curva é muito sensível a alterações físicas que possam ocorrer no leito do rio, principalmente àquelas

relacionadas com as características hidráulicas e geométricas da seção transversal, aliada às características do leito (GOES *et al.* 2007). As alterações físicas no leito do rio estão relacionadas, na maioria dos casos, ao processo de assoreamento, causado, principalmente, pela erosão hídrica de sedimentos que se depositam dentro do leito de rios desprovidos de cobertura vegetal satisfatória ao longo de seu curso. Diante disso, o objetivo desse estudo é analisar a influência das alterações físicas de um leito de um rio em uma curva-chave para a determinação de vazão em uma pequena bacia hidrográfica.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica Menino Deus IV (MDIV), pertencente ao rio Vacacaí-Mirim. A bacia é responsável por contribuir ao reservatório de abastecimento municipal de água no município de Santa Maria. O exutório da bacia está localizado entre as coordenadas geográficas 29°39'29" de latitude Sul e 53°47'23" de longitude Oeste. A bacia abrange uma área de 19,70 km² (Figura 1) e caracteriza-se como rural, onde há predomínio de mata nativa (SOUZA, 2012). A figura 2 apresenta a seção de monitoramento em que foram realizadas as medições de vazão.

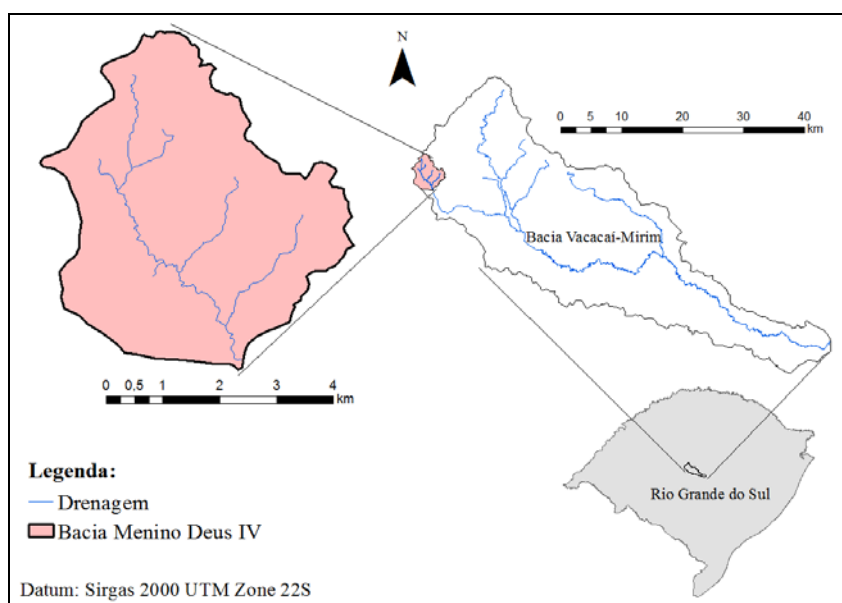


Figura 1 – Localização da área de estudo.

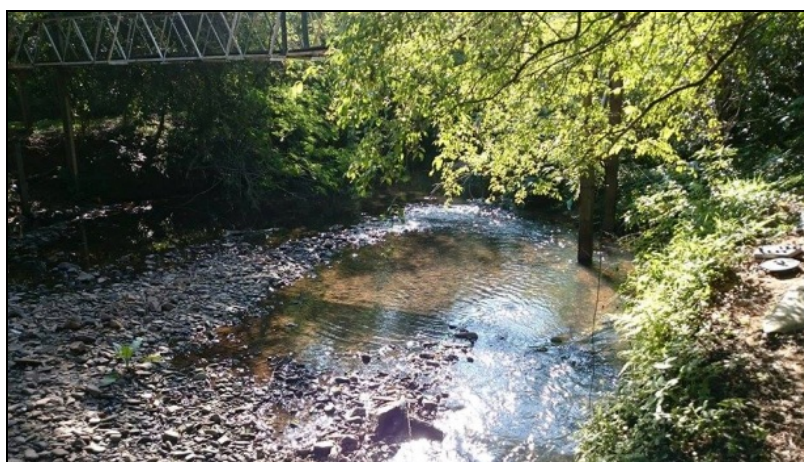


Figura 2 – Seção de monitoramento.

A vazão (Q) foi obtida pela curva-chave proposta por Souza (2012), equação 1, e pelo método da meia seção. A curva-chave é válida para o intervalo de cota (H) entre $0,30 \text{ m} \leq H \leq 0,795 \text{ m}$. Os valores de H (m) foram

obtidos na estação fluviométrica da bacia por meio de um registrador automático de cotas instantâneas (Thalimedes marca OTT Hydrometrie).

$$Q \text{ (m}^3/\text{s)} = 19,13.H^2 - 11,45.H + 1,884 \quad (1)$$

No método da meia seção as vazões parciais são calculadas multiplicando-se a velocidade média na vertical pelo produto da profundidade média na vertical com a soma das semi distâncias às verticais adjacentes (SANTOS *et al.*, 2001), a figura 3 ilustra o método. A velocidade média foi determinada com um molinete hidrométrico marca OTT, modelo C2 170997, e um contador de pulsos marca OTT Z400.

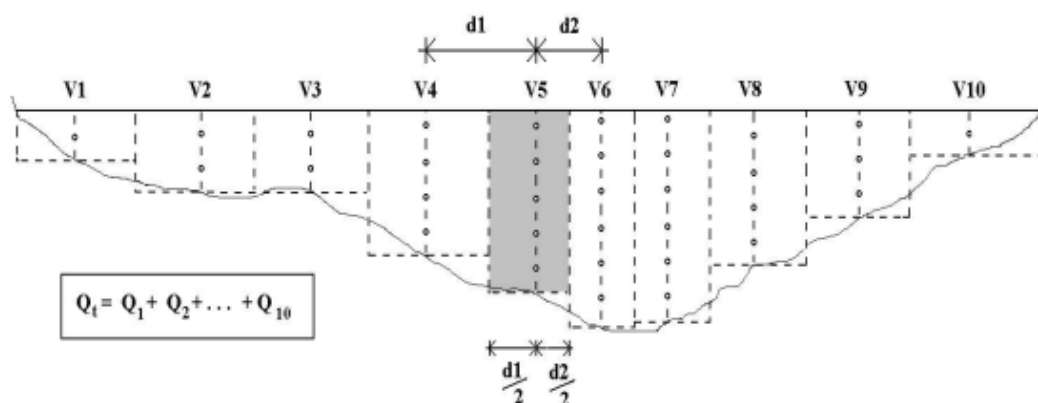


Figura 3 – Ilustração do método da Meia-Seção

Fonte: SEFIONE, 2002

RESULTADOS

A curva-chave proposta por Souza (2012) foi desenvolvida no período de novembro de 2011 a junho de 2012, na mesma seção em que se realizou o monitoramento pelo método da meia-seção. Daí por diante, a seção monitorada sofreu alterações em seu leito, principalmente na geometria da seção transversal, alterando suas características hidráulicas. De acordo com Almeida (2013) a curva-chave de uma determinada seção pode sofrer alterações no decorrer do tempo, dependendo do material do leito, visto que a curva representa a relação entre a vazão e a cota do escoamento levando em conta a características hidráulicas e geométricas da seção transversal desse curso. Atualmente a seção se apresenta dividida por um grande banco de deposição de sedimentos, como mostra a figura 3. A tabela 1 apresenta valores de Q calculados pela curva-chave e pelo método da meia-seção.



Figura 3 – Depósito de sedimento no leito do rio.

Tabela 1 – Vazões obtidas pela curva-chave e método da meia seção.

Data	Q (m³/s) Curva-chave	Q (m³/s) Meia-seção	Diferença (m³/s)	Diferença (%)
17/12/2014	0,27	0,05	0,22	-81%
12/01/2015	1,04	0,61	0,43	-41%
04/02/2015	0,28	0,30	0,02	7%
12/02/2015	0,25	0,06	0,19	-76%
12/03/2015	0,19	0,04	0,15	-79%
20/03/2015	0,18	0,04	0,14	-78%
10/04/2015	0,37	0,18	0,19	-51%
24/04/2015	0,41	0,21	0,20	-49%
26/05/2015	0,23	0,07	0,16	-70%
19/06/2015	1,02	0,66	0,36	-35%
15/07/2015	1,77	1,19	0,58	-33%
06/08/2015	0,55	0,26	0,29	-53%
02/09/2015	0,25	0,10	0,15	-60%

Como se observa na tabela 1 há uma expressiva diferença entre os valores de vazão obtidos pelos dois métodos. A partir disso, pode-se inferir que as alterações no leito da seção foram significativas na determinação da vazão pelo método indireto, com isso a curva-chave não se mostra mais válida para a determinação da vazão nessas condições da seção.

A figura 4 mostra a diferença de vazão obtida pela curva-chave e pelo método da meia-seção para as mesmas datas monitorada em forma de gráfico.

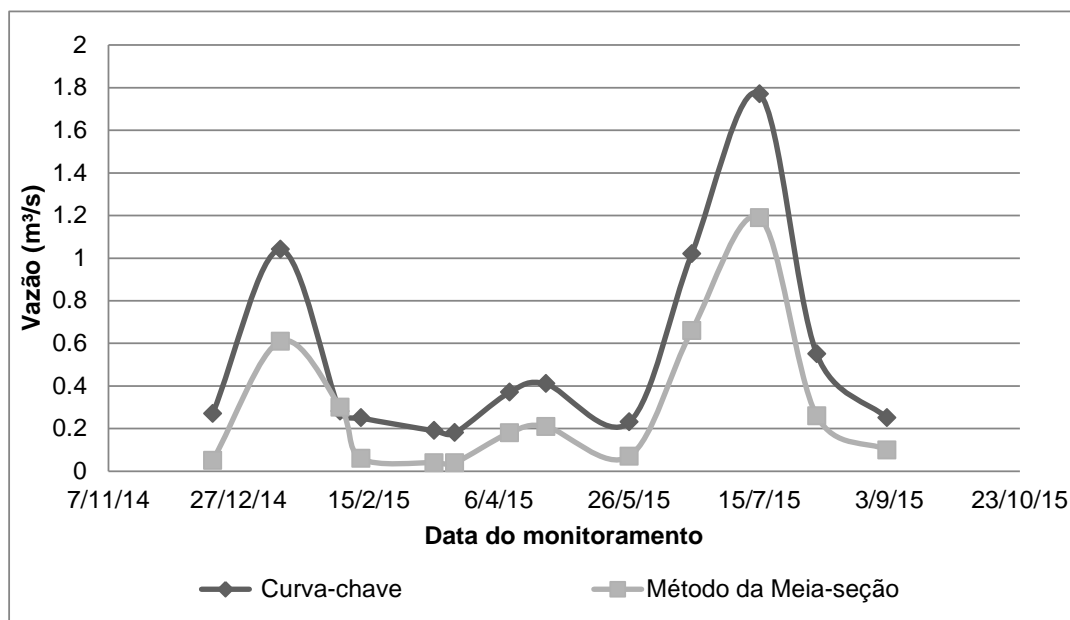


Figura 4 – Diferença de vazão pelos dois métodos empregados.

A curva-chave tende a maximizar os valores de vazão, como pode ser observado na maioria das datas monitoradas, onde a diferença da vazão obtida pelo método da meia-seção chega a ser até 81% menor do que a obtida pela curva chave. Isso pode ser explicado devido ao fato de a largura da seção de monitoramento ser menor quando a curva foi construída. Como dito anteriormente, a seção atual foi dividida por um grande banco de sedimentos no centro da seção, e com isso é errôneo utilizar a curva-chave que foi construída para uma seção com outra geometria.

Bartels et al. (2010) realizaram um estudo sobre a avaliação dos dados de vazão gerados pela curva-chave e o método da meia-seção no arroio Pelotas. Os autores também observaram que há expressiva diferença nos valores calculados pela curva-chave e os obtidos pelo método da meia-seção. Ao contrário do estudo realizado na bacia hidrográfica MDIV, a curva-chave construída para o arroio Pelotas tendeu a subestimar o valor de vazão em relação ao método da meia seção, sendo que a diferença de vazão obtida pela curva-chave chega a ser até 66% maior do que a vazão obtida pelo método da meia seção. De acordo com os autores, tais diferenças de valores de vazão podem ser provocadas principalmente pelas alterações do leito desta seção transversal, assim como a baixa frequência de medições, o que impede a captação de uma grande variação de condições de escoamento do rio, ocasionando problemas quanto aos dados de vazão obtidos pela curva-chave.

Ao fazer uso de um dado de vazão superestimado, podem-se ter diversas consequências no monitoramento hidrológico, comprometendo projetos de uso e controle de recursos hídricos, como por exemplo no monitoramento qualitativo da água, onde as cargas de poluentes serão superestimadas ao se analisar suas concentrações na água, e indicarão valores de poluição que não serão representativas para o curso d'água.

CONCLUSÕES

As alterações físicas apresentadas na seção de monitoramento ao decorrer dos anos, principalmente devido à deposição de sedimentos no leito do rio, influenciaram na determinação da vazão por meio da curva-chave, fazendo com que a curva perdesse a sua validade na determinação da vazão pelo método indireto. Dessa forma deve-se recorrer aos métodos diretos para a quantificação da descarga líquida desse curso d'água, até que se obtenha dados suficientes para a construção de uma nova curva-chave para a seção de monitoramento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, I.K.; ANACHE, J.A.A.; SANTOS, B.B.; SOBRINHO, T.A. Estimativa de vazões e traçado de curvas-chave. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves – RS. 2013.
2. BARTELS, G. K.; BESKOW, S.; AQUINO, L. S.; TAVARES, V. E. Q.; TIMM, L. C. Avaliação dos dados de vazão gerados pela curva-chave no Arroio Pelotas (Ponte Cordeiro de Farias). In Anais do XIX Congresso de Iniciação Científica, XII Encontro de Pós-graduação e a II Mostra Científica, Universidade Federal de Pelotas, 2010.
3. CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. (Org.) Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
4. GOES M .U .A; BERTOLDO, F.; BURIOL, G. A.; RIGHES, A. A.; SILVEIRA, G, L. Curva-chave – Estudo de Caso da Bacia Hidrográfica – Escola Urbana, Santa Maria – RS. In Anais do I Simpósio de Recursos Hídricos Norte e Centro Oeste, Cuiabá, MT, 2007.
5. MORLOT, T.; PERRET, C.; FAVRE, A. C.; JALBERT, J. (2014). Dynamic rating curve assessment for hydrometric stations and computation of the associated uncertainties: Quality and station management indicators. *Journal of Hydrology*. 517, pp. 173–186.
6. SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. Hidrometria aplicada. CEHPAR - Centro Hidráulico e Hidrologia Prof. Parigot de Souza, Curitiba-PR, 2001, 372 p.
7. SEFIONE, A. L. Estudo comparativo de métodos de extrapolação superior de curvas-chave. 2002. 240p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
8. SOUZA, M. M. Carga de poluição difusa em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. 2012. 181 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.