

## IX-029 - MONITORAMENTO DA VAZÃO EM UMA BACIA EXPERIMENTAL NO CENTRO-OESTE DO ESTADO DO PARANÁ.

**Victor Hugo Tsuda Gentil** <sup>(1)</sup>

Graduado em Tecnologia em Gestão Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão, bolsista voluntário de iniciação científica.

**Alexandre Rafael Kelnar**

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão. Bolsista de iniciação científica/Ações Afirmativas - Fundação Araucária

**Eudes José Arantes**

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Mestre e Doutor em Engenharia (Hidráulica e Saneamento) pela Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

**Cristiane Kreutz**

Tecnóloga Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Doutoranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Campo Mourão.

**Fernando Hermes Passig**

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre e Doutor em Engenharia (Hidráulica e Saneamento) pela Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Rua: Lima e Costa 759, Alto Cafezal – Marília – São Paulo - CEP: 175040030 - Brasil – Tel: (14) 96604264 - e-mail: victsuda@gmail.com.

### RESUMO

O processo de urbanização crescente, afeta a micro bacia hidrográfica do Rio do Campo no município de Campo Mourão, PR. Por este manancial ser a principal fonte de abastecimento, existe uma ausência de uma estação fluviométrica, o que acelera o processo de degradação do rio. Para o conhecimento do regime fluvial, foram realizadas medições de velocidades com Molinete Fluviométrico Newton, seguindo pelo cálculo da vazão e finalmente as observações na régua linimétrica. Para assim construir uma curva chave de cota vazão. No trabalho de campo realizado, ao longo de um ano de estudo, foram obtidos resultados em 10 campanhas. Mesmo devido as alterações no leito que ocorreram no período em estudo do manancial, foram obtidos resultados que permitiram a medição da vazão para valor máximo de 3,103 m<sup>3</sup>/s no início do período chuvoso, e com 0,8881 m<sup>3</sup>/s no início do período seco, tendo um nível da água (cota) de 1,13 m e 0,91 m, respectivamente. Consequente a relação cota-vazão foi determinada demonstrando uma boa correlação de forma a permitir a aplicação para condições de medição diária das cotas para o cálculo da vazão para o período de dezembro de 2008 à maio de 2010..

**PALAVRAS-CHAVE:** hidrometria, vazão ou descarga líquida, régua linimétrica e escoamento superficial.

### INTRODUÇÃO

A crescente necessidade pela água conforme aumenta a população, trás um consumo desenfreado com pouco controle em abastecer residências, indústrias, agricultura e manter ambientes públicos, assim começam as preocupações em encontrar mais fontes de água, trata lá e ainda não degradar o meio ambiente.

Rios com processo de urbanização ao redor não se tornam diferentes, e para a micro bacia hidrográfica do Rio do Campo no município de Campo Mourão, PR, também ocorre. Sendo compreendido como fontes de recurso natural com alto valor, essencial para a manutenção e desenvolvimento contínuo dessa cidade município, devido à crescente utilização dessa fonte hídrica, e a bacia vem apresentando alto grau de degradação visual.

No momento a utilização desses recursos vem sendo realizado com poucos e escassos estudos hidrológicos, principalmente por uma falta de uma estação fluviométrica. Para Carvalho (2000), a importância do

conhecimento detalhado de um regime fluvial, torna-se indispensável uma vez que este recurso é aproveitado para diversos fins.

Para Azevedo *et al.* (1998) mesmo em condições naturais ou mesmo controlada, o estudo da hidrometria se aplica da mesma forma, pelo fato de cuidar de variáveis como profundidade, variação do nível de água, seções de escoamento, velocidades, e vazões ou descargas líquidas, cujas medições são realizadas para diversos fins.

A preocupação e a preservação de potenciais hídricos da bacia dependem de um gerenciamento adequado. Para o conhecimento do regime fluvial no Município de Campo Mourão, PR, foram realizados estudos compreendendo dados de velocidade (Molinete Fluviométrico Newton, HIDROMEC), vazão e nível de água (régua linimétrica), inicialmente para 4 pontos sendo o 4º ponto o próprio reservatório da SANEPAR (Companhia de Saneamento Básico). Como o procedimento de medição apresentou dificuldade de acesso e inviável para ser realizado sucessivamente e diariamente, optou-se por construir a relação cota-vazão para o Rio do Campo.

## MATERIAL E MÉTODOS

As coletas foram realizadas em 9 pontos a montante da estação de captação de água, este trabalho constituiu em uma quantificação para o acompanhamento de estudo, tendo convênio com a SANEPAR SA de Campo Mourão (Figura 1), obtendo ao final 10 campanha a campo.

A dificuldade maior foi à questão do acesso aos pontos, tendo a distância e mata densa. Contudo, foram usados um padrão para realizarem todas as medições hidrométrica, usando o molinete fluviométrico de Newton, para medir a velocidade da água, e uma régua linimétrica, para medir o nível de água (cota). Tendo este equipamento (régua) localizado na estação de captação, usando a metodologia da seção transversal.

Os molinetes hidrométricos, são aparelhos construídos de palhetas ou hélices móveis, fixadas por um eixo, a medida que o líquido passa ocorre a rotação do eixo. Dessa forma a velocidade da corrente de água é dada em função do número de voltas por segundo e de coeficientes particulares de cada aparelho proporcional ou conforme o fabricante.

$$v = eN + f \quad (1)$$

sendo  $v$  a velocidade,  $e$  e  $f$  as constantes e  $N$  o número de voltas. (SANTO et al, 2001)

Pelos princípios de Hidrometria (PEREIRA et al, 2003), a medição de vazão em uma seção transversal de um rio ( $Q$ ) pode ser definida como sendo o volume de água que passa pelo espaço, em um determinado instante de tempo, pelo produto da área da seção ( $S$ ) com a velocidade média da água que atravessa a mesma ( $V$ ), isto é,  $Q = V \times S$  (PORTO, 2006).

Supondo que a velocidade  $V_i$  seja igual a velocidade média, em uma determinada vertical ou profundidade  $i$ , medida pela área  $S_i = b_i h_i$ , onde por esta  $V_i$  é a velocidade média na vertical  $i$ ; e  $b_i$ , a semi distância entre

as verticais de  $i-1$ , ou  $i+1$ , assim sendo assim  $b_i = \left( \frac{d_i + d_{i+1}}{2} \right)$ ; e  $h_i$ , é a profundidade medida na vertical

$i$ .

A curva chave de vazão relaciona a altura da lâmina de água, com a vazão de uma seção transversal de escoamento. Esta relação é usada para transformar a cota de nível em uma vazão fluvial. As leituras foram de velocidades foram obtidas através do molinete fluviométrico Newton (HIDROMEC) e seguidas pelas observações da régua linimétrica, tendo este equipamento localizado a poucos metros do vertedouro, que por sua vez esta na estação de captação de água instituição pública.



**Figura 1: Ilustração dos nove pontos de estudo, com a micro bacia em linha azul e a seta do sentido do fluxo.**

As curvas-chave são em geral bastante regulares, aparecendo, porém, trechos diferentes que correspondentes às variadas condições.

A equação que melhor se ajusta as curvas observadas parece ser de forma:

$$Q = A (h - h_0)^n \quad (2)$$

onde:  $h$  é a cota do nível d'água,  $h_0$  uma constante de ligada a altura da escala  $A$  e  $n$  uma constante. O valor de  $h_0$  da formula logarítmica pode ser extrapolado diretamente por diferentes métodos, como os indicados por Garcez (2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das medições e observações foram dispostos na tabela 1, onde se encontram os resultados dos cálculos de vazão, medidas para os nove pontos, e com as vazões do vertedouro, tendo as suas respectivas cotas, obtidas com as campanhas realizadas.

Para os pontos 9, 8 e 4 foram possíveis às construções das curvas chave de descarga líquida, gerando assim uma linha de tendência potencial com o coeficiente de correlação de 0,9203. Devido as dificuldades enfrentadas pela questão dos acessos aos pontos, houve a impossibilidade de se obter as vazões dos pontos 1, 2 e 3.

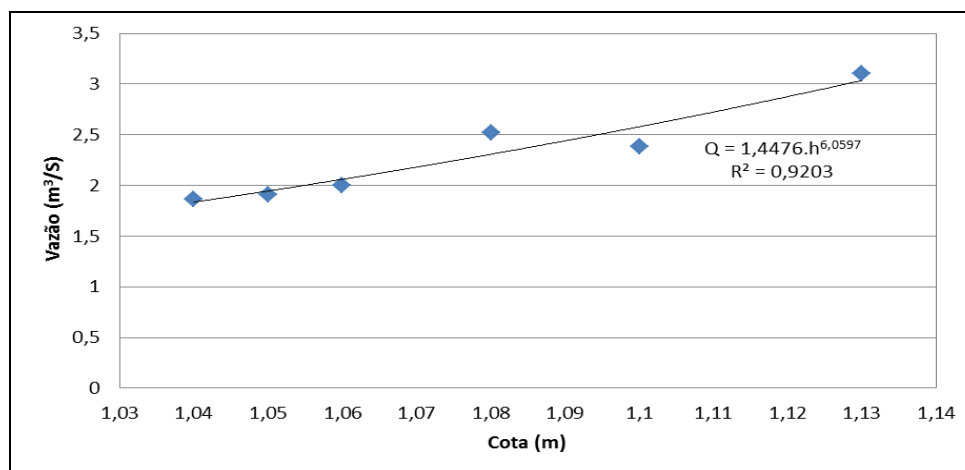
Devido à topografia levemente inclinada que compõe a micro bacia, se obtém um sentido do fluxo conforme a figura 1. Assim a vazão calculada para o ponto 9, tendeu a conter uma somatória total das vazões a montante, como pode ser observado em todos meses, exceto o mês de outubro de 2010, tendo este resultado esperado pois se encontrava no final do período seco. Pela figura 1 antes de haver uma junção, o 8º ponto e o 4º ponto representam as vazões do rio Águas das Barras e do Rio do Campo, respectivamente.

**Tabela 1: Disposição de vazão nos pontos de trabalho.**

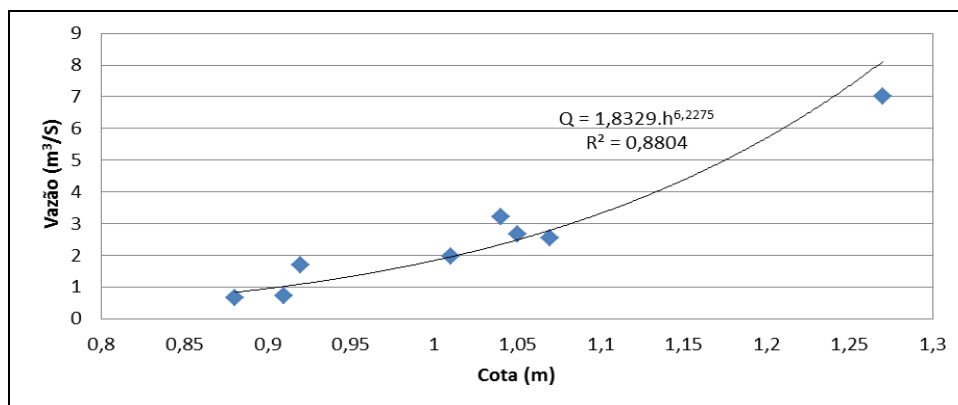
Data	Vazão (m³/s)								Cota do Reserv (m)
	Ponto 9	Ponto 8	Ponto 7	Ponto 6	Ponto 5	Ponto 4	Ponto 1	Verto.	
ago/09	2,197	0,902	0,191	0,263	0,152	1,092	0,111	-----	-----
set/09	2,517	1,159	0,21	0,308	0,122	1,3	-----	-----	1,08
nov/09	3,103	1,533	0,453	0,317	0,131	1,453	-----	-----	1,13
dez/09	2,696	1,093	0,21	0,301	0,27	1,384	-----	-----	-----
mar/10	1,911	1,082	-----	-----	-----	0,912	-----	-----	1,05
abr/10	1,868	0,9	-----	-----	-----	0,945	-----	2	1,04
mai/10	2,387	1,059	-----	-----	-----	1,184	-----	2,23	1,1
jun/10	1,999	0,682	-----	-----	-----	1,045	-----	-----	1,06
set/10	1,014	0,43	-----	-----	-----	0,562	-----	0,538	0,91
out/10	0,881	0,529	-----	-----	-----	0,506	-----	0,744	0,93

Foram realizadas medições de vazão no reservatório da captação, sendo possível calcular os regimes por apresentar um vertedouro retangular de soleira espessa. Alguns valores não esperados ocorreram nesta medição da vazão neste ponto que se caracteriza por localiza a jusantes dos outros três pontos de estudo. Verificação que as vazões determinadas nos meses maio, setembro e outubro de 2010 apresentam valores menores que no ponto 9, que está localizado a montante da captação. Esta diferença pode ser explicada em função da parcela da vazão que é retirada para o abastecimento que é em torno de 0,2 m³/s e também a foram de medição da vazão ser diferenciada para este ponto, utilizando uma equação de vertedores retangular de parede espessa para medir a vazão, diferente dos pontos a montante, em que as vazões foram quantificadas utilizando um Molinete Fluviométrico. Outro fato que pode caracterizar a discrepância nos valores das vazões encontradas na captação é o fato do vertedor possuir uma comporta de fundo que pode permitir um vazamento que não tenha sido percebido nos dias de amostragem.

Com os resultados dispostos foram possíveis as construções de duas curvas chave. A curva chave 1 foi obtida com a disponibilidade de dados adquiridos pelas campanhas a campo, já a curva chave 2 foi obtido com a série histórica, adquirido no Sistema Nacional de Informações Hidrológica (Hidroweb). Para ambas as curvas foram determinadas as equações potenciais por interpolação. Através da análise das curvas observa-se que os valores dos coeficientes de interpolação discrepam-se entre as duas curvas demonstrando uma variação entre as curvas. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) encontrados foram de 0,9203 e 0,8804, respectivamente para as curvas 1 e 2. Este valor, quanto mais próximo ao valor unitário melhor representatividade da função aos pontos interpolados.

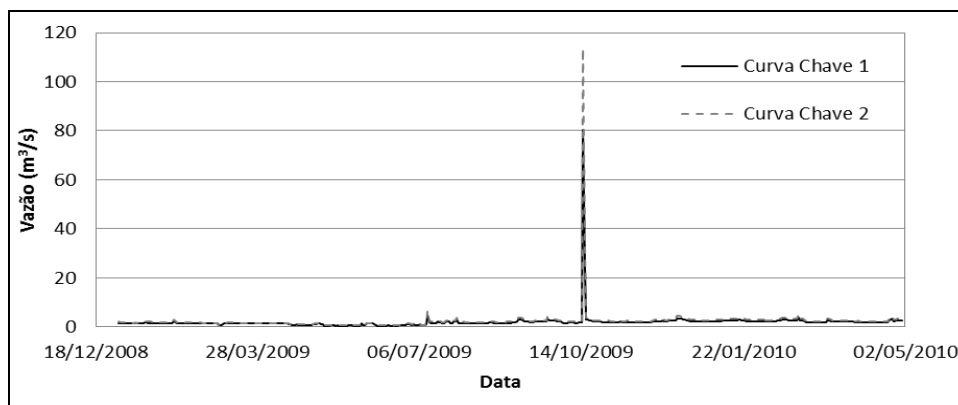


**Figura 2: Curva-chave 1, dados de coletas do escoamento superfície proposto pelo estudo.**



**Figura 3: Curva chave 2, dados da Suderhsa de maio de 2008 a julho de 2010.**

Através da equação potencial gerada pela linha de tendência é possível gerar um acompanhamento contínuo da vazão, tendo somente as observações da cota (nível da água) realizadas diariamente, assim é possível estimar a ocorrência da vazão em um determinado dia. Na figura 4 é apresentada as variações da vazão utilizando as equações de cota-vazão para os dados das cotas obtidos para a régua linimétrica próximo a captação de água. Pode-se verificar que os valores obtidos para a vazão utilizando as duas curvas chaves resultam em valores próximos. Contudo os dados de cota ocorrido no mês de outubro de 2009, gerou uma vazão de extrapolação de 80 m³/s como demonstrado na figura 4, essa extrapolação foi necessária pela falta de registros extremos tanto nas épocas mais chuvosas como nas secas.



**Figura 4: Comparação das curvas chave.**

## CONCLUSÕES

Seguindo os princípios da hidrometria, o molinete se mostrou um equipamento que permitiu a medição de vazão do rio do Campo com variação de 0,131 a 3,103 m³/s, num total de nove pontos em estudo. A relação de uma equação potencial entre a cota do nível de água de rio do Campo e as vazões determinadas para o período de estudo, somente com medições realizadas nas campanhas de campo, permitiram as construções de duas curvas-chaves. Através destas curvas-chaves foram determinadas as variações das vazão para um período de dezembro de 2008 a maio de 2010, utilizando-se os dados de cota de uma régua linimétrica. Este trabalho também demonstrou a necessidade de uma estação fluviométrica para o Rio do Campo que permita a obtenção de séries históricas para aplicações de modelos hidrológicos e em estudos de transporte de sedimentos, além de oferecer condições para o desenvolvimento econômico deste município. Neste corpo hídrico existem evidências de degradação ao longo deste manancial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANTONIO, Marcos Vinicius Silva. Monitoramento Das Águas Do Rio Do Campo, Antes Da Captação Da ETA Campo Mourão – Pr. 2010.46 paginas. Trabalho De Conclusão De Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2010.
2. AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R.; ITO, A. E., Manual de Hidráulica, editora Edgar Blücher LTDA, São Paulo, São Paulo, 1998.
3. CARVALHO, N.O, et al. Guia de práticas sedimentométricas. Brasília: ANEEL. 2000. p 154.
4. GARCEZ, Lucas N; ALVAREZ, Guilherme A. Hidrologia, 2ª Edição Revista e Atualizada. Editora Edgard Blucher. São Paulo. 2002.
5. MALDONADO. L. H. Validação Experimental De Metodologias Para Quantificação Continua De Vazão No Ribeirão Da Onça. 2009. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Hidráulica e Saneamento da Universidade de São Paulo. São Carlos. 2009.
6. MAURO, F.; VANZELA, L. Sergio; HERNANDEZ, F. B. T. Determinação Dos Erros Envolvidos Nas Medições De Vazão Pelo Método Do Flutuador Integrador E Do Vertedor Triangular. XXXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Agosto de 2004 - São Pedro – SP.
7. PEREIRA et al. Princípios da Hidrometria. Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UFRGS. Porto Alegre. 2003.
8. PINHEIRO A., BADIA S. B. Efeitos Da Curva-Chave Sobre A Curva De Permanência Dos Escoamentos Em Uma Bacia Agrícola. Revista de *estudos ambientais* – REA. Universidade Regional de Blumenau (FURB). Blumenau, 2008.
9. PORTO, R. M., Hidráulica Básica, EESC-USP, São Carlos, São Paulo, 2006.
10. SANTOS, I. et al. Hidrometria Aplicada. Instituto de Tecnologia para o desenvolvimento, Curitiba. 2001. 372p.
11. TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: ed.Universidade,UFRGS: ABRH, 2º Ed. 2000. 943 p.