

## Teste e validação de um equipamento automatizado para medição de vazão em rios de pequeno porte

## Testing and validation of automated flow measurement equipment in small rivers

### RESUMO

Nos últimos anos, à medida que a necessidade por valores exatos de vazão de rios aumentou, o requerimento por equipamentos e métodos simples, porém eficazes, para determinar o fluxo de cursos d'água também cresce. Existem no mercado inúmeros dispositivos que permitem a leitura precisa e automática da vazão, entretanto, são de alto custo. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um protótipo para medição do fluxo de rios de pequeno porte, contendo algoritmo para transferência dos dados medidos para dispositivo móvel. Ao comparar os resultados obtidos com um equipamento usualmente utilizado foi possível observar que o protótipo obteve resultados positivos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fluxo de água. Vazão de rios. Dispositivos. Protótipo. Baixo custo.

### ABSTRACT

In recent years, as the need for accurate river flow values has increased, the requirement for simple but effective equipment and methods to determine the flow of watercourses also grows. There are in the market numerous devices that allow accurate and automatic reading of the flow, however, with are of high cost. The objective of this work was to develop a prototype for measuring the flow of small rivers, containing an algorithm for transferring the measured data to the mobile device. When comparing the results with an equipment usually used, it was possible to observe that the prototype obtained positive results.

**KEYWORDS:** Water flow. River flow. Devices. Prototype. Low cost.

**Recebido:** 19 ago. 2020.

**Aprovado:** 01 out. 2020.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

O requerimento por valores precisos de vazão de rios aumentou demanda, conseqüentemente, equipamentos e métodos simples, porém eficazes, para determinar o fluxo de cursos d'água. Vazão pode ser entendida como o volume de água que passa por uma seção em um período de tempo. O volume, por se tratar da quantidade que um corpo ocupa, é determinada pelas variáveis largura, profundidade e velocidade do fluxo. O volume geralmente é dado em litros e o tempo é medido em segundos, podendo a vazão ser expressa em unidades de litros por segundos (L/s). Porém, em rios de pequeno porte esta é corriqueiramente expressa em metros cúbicos por segundos ( $m^3/s$ ), no sistema internacional de unidades (SI) (Parchen, 2007).

O volume de uma seção não é constante, sofrendo influência de diversos fatores decorrentes de efeitos climáticos, biológicos e humanos. Por isso, faz-se necessário proceder com avaliações frequentes. Dessa forma, a medida de vazão se torna uma forma eficaz para estimar o volume da seção. Atualmente existem diversas técnicas e equipamentos para fazer essa medição, podendo estas serem medições diretas ou indiretas. A forma indireta baseada na medição de velocidade ou de nível a partir de equipamentos, tais como o molinete hidráulico ou *doppler* acústicos. Estas estratégias apresentam pontos positivos e negativos, sendo um ponto negativo a baixa precisão, comparativamente à equipamentos automáticos, e um ponto positivo a facilidade de aplicação (Collishchonn e Tassi, 2005).

Já as medições de forma direta são baseadas no uso de equipamentos com um maior grau de tecnologia, geralmente automáticos. O uso desses equipamentos também apresenta vantagens e desvantagens inerentes. Embora o equipamento ofereça uma maior exatidão nas medições, o autovalor e difícil acesso são seus complicadores (Carvalho, 2008).

Assim vislumbrando a obtenção de um equipamento de medição de vazão que pudesse unir os pontos positivos de ambas as formas (diretas e indiretas), ou seja, que fosse de fácil acesso, baixo custo, de fácil aplicação, preciso e que apresentasse respostas rápidas e automaticamente, foi possível viabilizar o presente projeto. O objetivo principal foi o de projetar e construir um protótipo para medição da vazão de pequenos rios com as características acima descritas.

Visando converter as informações de velocidade e profundidade da leitura no resultado final através de um aplicativo móvel de forma rápida, automática e de resposta precisa um sensor tipo SAIER de fluxo de água, capaz de medir até 30 litros de água por minuto e um sensor ultrassônico foram acoplado a um microcontrolador versátil de base da placa Arduino que convertera os dados de fluxo de água e a profundidade do rio diretamente para um dispositivo eletrônico. Essa conversão de informações é realizada por um algoritmo que pode determinar a vazão média em pontos definidos, ou seja, a leitura da seção transversal (largura e profundidade) ao longo de diferentes pontos, que é determinada pelo sensor que será acoplado ao dispositivo realizado. Além disso, foram realizadas pesquisas sonoras para rastrear os contornos topográficos do rio.

## MATERIAIS E MÉTODOS

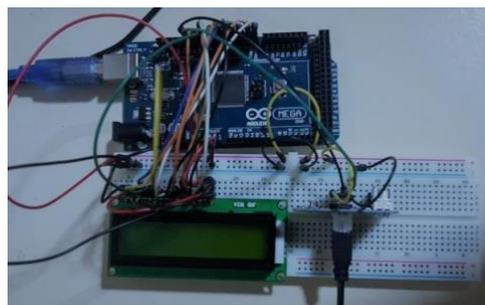
O protótipo utilizado para medição da vazão é apresentado na Figura 1. A medida da velocidade foi realizada utilizando sensor SAIER de fluxo de água (rosca de 1/2"), modelo SEN-HZ21WA (Figura 2). A captação dos dados dos sensores, cuja altura de medição é regulável, foi realizada pelo algoritmo do Arduino e apresentação dos resultados de vazão foi realizada em um display LCD de 16x2 segmentos.

Figura 1 – Protótipo completo



Fonte: Autoria Própria.

Figura 2 – Display conectado ao Arduino e placa protoboard



Fonte: Autoria Própria.

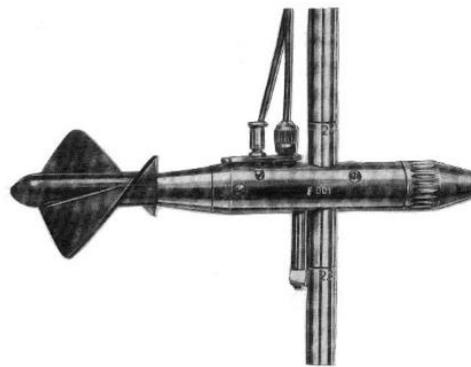
Projeto paralelo foi responsável pelo desenvolvimento de software para envio dos dados coletados pelo protótipo para dispositivo móvel através de conexão sem fio (WiFi e/ou Bluetooth).

O aparelho automatizado para medição de vazão desenvolvido foi testado e validado. O princípio básico de funcionamento do equipamento relaciona a medição da velocidade da água em diferentes pontos, uma vez que esta varia de acordo com a profundidade da seção do rio.

Para medir a profundidade do rio foi utilizado um sensor ultrassônico a prova d'água de modelo JSN-SR04T V2, de mesma especificações do Sensor Saier. Basicamente esse sensor ultrassônico funciona a partir da emissão de um sinal e medição da distancia do sensor até o interferente (fundo do rio).

Para efeitos de validação dos resultados de velocidade do curso da água obtidos, utilizou-se um molinete hidrológico semelhante ao da Figura 3.

Figura 3 – Molinete Hidráulico



Fonte: Collishchonn e Tassi (2005).

Por fim, o local da prova de conceito foi realizado no Rio Alegria, localizado no município de Medianeira, região Oeste do estado do Paraná. Esse corpo hídrico foi escolhido dada a facilidade de acesso e por ter uma vazão média próxima a 350 L/s, se encaixando, portanto, em vazões de pequenos rios.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como forma de validação do protótipo desenvolvido foi utilizado um molinete Hidrológico e uma régua Liminologica para comparação dos resultados obtidos pelo protótipo. Ambos os métodos (protótipo do sensor fluxo de água e molinete hidrológico) foram utilizados para medir a velocidade da vazão (m/s) e a profundidade (m) do Rio Alegria em cinco pontos diferentes. Na Tabela 1 pode-se observar os valores obtidos para a velocidade.

Tabela 1 – Medidas de velocidades adquiridas por meio do molinete hidrológico e do protótipo em questão.

Velocidade (m/s)	
Micromolinete Hidrológico	Sensor Fluxo de Água
1,78	1,95
1,81	1,78
1,92	1,98

Velocidade (m/s)	
Micromolinete Hidrológico	Sensor Fluxo de Água
1,87	1,88
1,89	1,99
1,84	1,99
1,89	2,11
1,84	1,67
1,87	1,86
1,84	1,84

Fonte: Aatoria Própria (2020).

Foram realizadas 10 medições, simultaneamente, tanto para o molinete quanto para o sensor, e os valores obtidos apresentarem pequenas alterações. A média de velocidade medida pelo protótipo foi de, aproximadamente, 1,905 m/s, e de 1,85 m/s quando medida pelo molinete.

Para as medidas de profundidade foram utilizadas a régua limnologia e o sensor ultrassônico. Os valores identificados podem ser observados e comparadas de acordo com Tabela 2.

Tabela 2 – Medidas de profundidade adquiridas por meio da régua limnologia e sensor ultrassônico.

Pontos	Profundidade (m)	
	Régua Limnologia	Sensor Ultrassônico
1	0,22	0,22
2	0,24	0,23
3	0,12	0,19
4	0,12	0,11
5	0,01	0,02

Fonte: Aatoria Própria (2020).

Ao analisar os valores obtidos na profundidade, percebe-se que estes foram satisfatórios, o que pode ser comprovado a partir do ponto 1, por exemplo, que apresentou resultados iguais em ambas as formas de medidas. Para além, os resultados nos demais pontos também foram próximos.

## CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos se pode concluir que o protótipo funciona e atende os requisitos esperados como, por exemplo, ter baixo custo de confecção e ser de simples entendimento e funcionamento. Ao comparar os resultados obtidos pelo protótipo com o molinete e a régua limnologia, verificou-se que os resultados foram próximos, tornando assim o equipamento eficiente ao uso.

Mesmo com os resultados positivos em testes preliminares foi possível observar que alguns ajustes serão necessários, tais como o encurtamento da haste do sensor ultrassônico e a medição automatizada da largura do canal. Estas análises objetivam construir um equipamento inovador e de maior confiabilidade.

### AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial a Universidade Tecnologia Federal do Paraná Campus Medianeira e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI), pelo apoio financeiro e suporte para realização deste projeto, a Orientadora Professora Fabiana Schutz e aos colegas por todo incentivo e ajuda.

### REFERÊNCIAS

CARVALHO, T. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais RBGF – Revista Brasileira de Geografia Física Recife-PE Vol. 01 n.01 Mai/Ago 2008.

COLLISCHONN, W. TASSI, R. Introduzindo Hidrologia. IPH UFRGS. 2008.

MALDONADO, L. H; WENDLAND, E. C; PORTO, R. M; Avaliação de métodos de baixo custo para medição de vazão em córregos. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 10, n. 2, p. 402-412, jun./2015. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-993X2015000200402](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2015000200402). Acesso em: 30 jul. 2020.

PARCHEN, C. A. P; DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA MENSURAÇÃO DE ALGUNS PARÂMETROS DE PROCESSOS HIDROLÓGICOS DE SUPERFÍCIE EM AMBIENTE FLORESTAL. Tese (Doutorado em Ciências Florestais do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal) -Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

TUCCI, C. E. M. 1993. Hidrologia: ciência e aplicação. 1.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRG, 1993.

TUCCI, C. E. M. 1997. Hidrologia: ciência e aplicação. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997.