

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
Engenharia ambiental

ANA MARIA REFATI DE ARAUJO

**PROVA CONCEITUAL DE UM EQUIPAMENTO PARA
MEDIÇÃO DE VAZÃO DE RIOS DE PEQUENO PORTE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA
2019

ANA MARIA REFATI DE ARAUJO

**PROVA CONCEITUAL DE UM EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO DE VAZÃO DE
RIOS DE PEQUENO PORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Dr. Fabiana Costa de Araujo Schutz

**MEDIANEIRA
2019**



TERMO DE APROVAÇÃO

Prova Conceitual de um Equipamento para Medição de Vazão de Rios de Pequeno Porte.

Por

Ana Maria Refati de Araujo

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 15:00 h do dia 06 de dezembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel no Curso de Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr^a. Fabiana Costa de Araujo
Schutz
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Orientadora)

Prof. Dr^a Marivone Zanella Fank
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidado)

Prof. Dr^o. Elias Lira dos Santos Junior
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidado)

Prof. Dr. Eduardo Eyng
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Responsável pelas atividades de TCC)

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso -

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pela minha vida e pela oportunidade de poder cursar Engenharia Ambiental em uma Universidade Tecnológica Federal, com ótimos professores.

Agradeço imensamente a minha mãe Marinês Refati, por todo incentivo, por sempre ter me proporcionado excelentes oportunidades apoiando meus sonhos e sempre acreditando em mim.

Aos meus amigos e colegas de curso, por todo apoio, ajudas e por tornar este período um ambiente mais leve e agradável e também aos momentos especiais que compartilhamos durante o curso.

Aos meus professores, por toda paciência ensinamentos e por compartilhar todos seus conhecimentos técnicos, em especial a minha orientadora professora Dr^a Fabiana Costa de Araujo Schutz que não mediu esforços contribuindo com o desenvolvimento deste trabalho e ao meu colega Lucas Felipe Kunz por ter me ajudado com toda a parte de programação.

RESUMO

ARAUJO, Ana; **Prova Conceitual de um Equipamento para Medição de Vazão de Rios de Pequeno Porte**. 2019, 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2019.

O uso de equipamentos e métodos para a determinação de vazão em cursos d'água nos últimos anos tem crescido devido a busca por exatidão nos valores relacionados a vazão, tendo assim resultados sobre a qualidade do rio ou então o quanto este pode ser usado. Existem equipamentos que fazem a leitura automática da vazão, estes compõem o método direto de medição de vazão no qual além de obter os valores de maneira automática são precisos de fácil utilização, porém possuem um custo médio/alto onde muitas vezes os torna inviável, ainda possuem os métodos indiretos, considerados mais arcaicos, onde há a necessidade de várias repetições para se obter um valor preciso de medição o que torna o trabalho mais manual e difícil. Contudo este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento, construção e a prova conceitual de um protótipo destinado a medir vazão de rios de pequeno porte visando o baixo custo de construção e comparação com outros equipamentos destinados a mesma finalidade.

Palavras-chave: Vazão, Equipamento, Protótipo, Inovação.

ABSTRACT

ARAUJO, Ana; **Conceptual Proof Of An Equipment For Small River Flow Measurement.** 2019, 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2019.

The use of equipment and methods flow determination in watercourses in recent years has grown due to the search for accuracy and precision in flow-related values, having so results about the quality of the river or how much this river can be uses. There are equipment's that do the automatic reading, these make up the direct flow measurement method where besides getting the values automatically are easy to use however they have average or high cost where it is often impossible, still have the indirect methods, considered more archaic, where several repetitions are required to obtain an accurate measurement value which makes working more manual and difficult. However, this work aims at the development, construction and conceptual proof of a prototype designed to measure the flow of small rivers with a view to low construction cost and comparison with other equipment for the same purpose.

Keywords: Flow Rate, Equipment, Prototype, Innovation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Definição da descarga líquida	18
Figura 2. Representação esquemática da descarga líquida que atravessa a seção do rio	19
Figura 3. Sensor de fluxo de água	27
Figura 4. Sensor ultrassônico a prova d'água JSN-SR04T V2	28
Figura 5. Placa Arduino mega 2560	29
Figura 6. Micromolinete hidrométrico	30
Figura 7. Esquema completo protótipo	32
Figura 8. Display conectado ao Arduino e placa protoboard	33
Figura 9. Esquema de medição utilizando se o modelo de utilidade desenvolvido	34
Figura 10. Sensor de fluxo de água conectado ao Arduino	36
Figura 11. Obtenção da velocidade pelo micromolinete hidrológico no ponto 2 no rio alegria	42
Figura 12. Pontos de análise no rio Alegria	43
Figura 13. Vazão calculada através dos códigos de programação pelo Arduino e demonstrada no display	45
Figura 14. Haste de acoplamento do sensor ultrassônico	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Medidas de velocidade pelo molinete hidrológico e pelo protótipo	43
Tabela 2. Medidas de profundidade adquiridas pela régua limnológica e o sensor ultrassônico	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Valores de N (rps) e variação N (rps) para obtenção da velocidade em metros por segundo (m/s) _____31

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	DEFINIÇÃO DE VAZÃO E SUAS APLICAÇÕES	14
2.2	MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO E SUAS APLICAÇÕES	16
2.3	INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E PROPRIEDADE INTELECTUAL	22
2.4	OPEN-SOURCE ELECTRONIC PROTOTYPING PLATFORM	24
3	METODOLOGIA	26
3.1	PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA	26
3.2	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA A CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	27
3.3	ESTRUTURA GERAL E PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO	32
3.4	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1	PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA	38
4.2	COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS COM O PROTÓTIPO, E COM O MICROMOLINETE HIDROLÓGICO E A RÉGUA LIMNOLÓGICA	42
4.3	APRIMORAMENTO PARA MELHOR DESEMPENHO DO PROTÓTIPO	45
5	CONCLUSÃO	48
6	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

A medição de vazão em rios de pequeno porte normalmente é obtida de forma indireta por meio da medida da velocidade média do escoamento. O método convencional consiste da medição da velocidade da água e a medição da largura e das profundidades em várias verticais para a obtenção da área da seção molhada.

As aplicações envolvendo medição da vazão são diversas, influenciando desde as mais simples até as mais complexas. Como por exemplo a medição da vazão de água em estações de tratamento e residências, além de ter influência imediata na avaliação da disponibilidade e qualidade de água até as mais complexas.

Vazão é compreendida como o volume de água que escoar numa determinada seção do rio por unidade de tempo, também é determinada pelas variáveis de profundidade, largura e velocidade do fluxo. Normalmente é expressa no sistema internacional (SI) de medidas em metros cúbicos por segundos, sendo considerada a terceira grandeza mais medida nos processos industriais. Pode ser entendido como volume de fluido que passa por uma seção por determinado período de tempo. Essa seção pode ser um rio, canal, estação de tratamento e até residência. Um cálculo específico é utilizado para medir a vazão de um curso d'água, que considera a área e o tempo. (Garcez e Alvarez, 1988).

Outra grande influência direta na qualidade da água é o clima e a eutrofização que é considerada um grande problema. A eutrofização depende da velocidade da água, vazão, profundidade do curso, além da turbidez temperatura concentrações de fósforo e nitrogênio entre outras causas (LAMPARELLI, 2004). Em relação ao clima em períodos de chuva ou seca altera-se o volume do rio, o que leva a necessidade de medições periódicas. Algumas características do fluido, como viscosidade e calor, são consideradas no cálculo. A largura, profundidade e superfície do rio também são levadas em conta. (TUCCI, 1997).

Por existirem essas oscilações do volume uma avaliação constante se faz necessário. Para a realização das medidas de vazão existem diversas técnicas e equipamentos, alguns são indicados para trabalhos em cursos d'água de pequeno e médio porte, e outros para médio e grande porte. Esses métodos utilizados podem ser indiretos e simples, estimando a velocidade por meio do tempo que um simples

objeto percorre por uma determinada distância, até métodos automáticos mais precisos como por exemplo molinetes, doppler acústicos (ADCP) (Carvalho, 2008).

Os métodos de modo geral possuem algumas limitações, pelo fato de existirem diversos tipos de instrumentos cada qual com seu tipo de aplicação, tecnologia diferenciada, processo de fabricação específico, características e desempenhos próprios o qual os torna bons para certa aplicação e péssimos para outras. Além de que normalmente os métodos indiretos, são métodos mais arcaicos, baratos de fácil aplicação, porém nem sempre boa precisão, são mais utilizados em ambientes de fácil acesso.

Os métodos diretos, automáticos, oferecem uma maior exatidão das medições, porém são equipamentos com um alto valor de custo o que os torna de difícil acesso para realizar certos estudos e pesquisas. Além de que em certos casos a utilização de aparelhos como ADCP ou molinete por exemplo, em córregos, não são permitidos por conta da profundidade e fluxo de água. Por exemplo o modelo ADCP Rio Grande 600 kHz, é restrito a profundidades de 0.70 a 75 m, porém é mais preciso em profundidades superiores a 3 m. Já o molinete além de ser um equipamento tradicional nas medições de vazão pode ser utilizado tanto para cursos d'água de pequeno, como médio e grande porte. Para esse método é necessário calcular a seção transversal do corpo hídrico no local, a obtenção de resultados mais confiáveis será influenciada pela quantidade de medições no qual em alguns casos podem levar horas, se tornando inviável (Carvalho, 2008).

Para avaliar de forma subjetiva as dimensões de um canal, a disponibilidade de equipamentos, custos e tempo de coleta de dados, métodos que apresentam algumas limitações seja de caráter técnico e/ou econômico, devem ser levadas em consideração. Neste contexto o presente trabalho objetiva, desenvolver um equipamento para medição de vazão de rios de pequeno porte, visando a leitura da seção ao longo de diferentes pontos, realizada por sensores que estarão acoplados ao equipamento convertendo as informações em resposta rápida e automática.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver projeto conceitual, construir um protótipo e realizar prova de conceito de um equipamento para medir vazão em rios de pequeno porte.

1.1.2 Objetivos Específicos

a) Determinar o modelo construtivo do equipamento que será utilizado para a medição de vazão de rios de pequeno porte e fazer a montagem do mesmo.

b) Realizar e analisar os testes a partir dos sensores que compõem o protótipo e compara-los com um equipamento de boa precisão que foi o micromolinete hidrológico para a medição da velocidade e a régua limnológica para a profundidade.

c) Analisar o resultado da vazão obtida de forma automática no display.

d) Prospectar métodos de medição de vazão em rios de pequeno porte.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DEFINIÇÃO DE VAZÃO E SUAS APLICAÇÕES

As civilizações antigas puderam explorar os recursos hídricos mesmo não conhecendo a origem da água e o funcionamento dos fenômenos naturais, elas elaboravam projetos de irrigação, controle de inundações, aquedutos para abastecimento de água (TUCCI, 1993).

Egípcios e romanos foram os povos que executaram as primeiras medições de água, cujas obras de adução de água, fazem parte hoje das ruínas turísticas de vários países da Europa e do norte da África (DELMÉE, 2003).

O ciclo hidrológico é constituído pelas águas da Terra que se encontram em permanente movimento. A água (líquida e/ou sólida) desde os primórdios dos tempos geológicos é transformada em vapor, na qual sobe para atmosfera, dando origem as nuvens através do resfriamento progressivo. É transformada em vapor, pela energia solar que atinge a superfície da Terra (oceanos, mares, continentes e ilhas), e também pela transpiração dos organismos vivos. Por meio da ação da gravidade, principalmente chuva, neblina e neve, as massas de água formadas voltam para a Terra (Setti et all, 2001).

No século 15, O ciclo hidrológico passou a ser melhor compreendido, a precipitação tinha um volume maior que a vazão, os rios eram mantidos perenes pelo retardamento do escoamento do subsolo e isso passou a ser difícil de aceitar. Componentes da relação precipitação – vazão, ou ainda precipitação, evaporação e capilaridade da bacia do rio Sena passaram a serem analisadas por Pierre Perrault no século 17, (1608-1680). Essas informações foram comparadas as informações de medições de vazão realizadas por Edmé Mariotte, e constatou-se então que a vazão era apenas cerca de 16% da precipitação (TUCCI, 1993).

No século 19, alguns trabalhos contribuíram significativamente para a evolução da tecnologia da medição de vazão sendo eles, escoamento em tubos capilares e viscosidade dos fluidos de Jean poiseuille (1799 – 1869), trabalhos sobre a hidrodinâmica de sir George Stokes (1819-1903), número de Reynolds, de Osborne Reynolds (1842-1912). (DELMÉE, 2003).

As medições sistemáticas de precipitação e vazão tiveram início no século 19. Em 1819 inicia-se nos Estados Unidos a coleta sistemática de precipitação enquanto a de vazão só mais tarde no ano de 1888. Já no Brasil se tratando de precipitação as coletas se iniciaram no século passado enquanto a vazão teve início no começo deste século (TUCCI, 1993).

Devido ao crescimento da aplicação dos processos contínuos na indústria, substituindo o processo em batelada no século 20, a necessidade de se medir a vazão de fluidos em geral tornou-se imediata. Este século foi o do desenvolvimento dos instrumentos e das normas, dos congressos, da cooperação significativa das universidades e institutos de pesquisas com a iniciativa privada. Os princípios já conhecidos foram aplicados em conjunto com novas tecnologias, resultando em instrumentos moderno e confiáveis (DELMÉE, 2003).

As normas sobre medição de vazões são fonte de informações extremamente importantes. Normas nacionais, internacionais, portarias e outros dispositivos legais passaram a ser fundamentais devido à importância dos resultados da medição de vazão para a realização de operações comerciais. As normas que são utilizadas no Brasil são a ISO – 5167 e a AGA 3 as quais abrangem, equações básicas, tolerância de fabricação, limites de aplicação e trechos retos necessários (DELMÉE, 2003).

Segundo Filho *et all* (2009), em um trabalho de medição de vazão constatou que é possível a obtenção de dados que podem ser usados em projetos de planejamento da área que se encontra no entorno do rio, ou ainda usados para estudos de identificação da capacidade de captação da água para consumo variado, potencial para construção de usinas hidrelétricas, etc.

Outra importante aplicação do estudo e pesquisa da vazão em rios, segundo Andrade (2010), é a contribuição com os esforços para controlar a crescente poluição de rios. Uma vez que estimar a quantidade de efluentes que cada rio é capaz de receber sem que suas características naturais sejam prejudicadas é uma das formas de controlar a poluição, e isso se estima, com base na vazão desse rio. Estudar e conhecer a capacidade de autodepuração de cada corpo hídrico, estimando a quantidade de efluentes que cada rio é capaz de receber é de grande importância. A autodepuração é um processo natural, no qual cargas poluidoras, de origem orgânica, lançadas em um corpo d'água são neutralizadas.

São consideradas como uma das etapas da avaliação do impacto que um despejo industrial pode causar em um corpo hídrico, levantamentos de campo na área em estudo, incluindo amostragem dos poluentes, análises de laboratório e medições de vazões, para o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após alterações influenciada pelos despejos afluentes (VON SPERLING, 2005).

Em um estudo realizado por Filho et al (2009), que teve como objetivo a medição de vazão e sedimentação da seção 2 do rio Cascavel. O rio em estudo tem a sua nascente e a foz dentro de outro município - Guarapuava (PR), por esse motivo ficou clara a importância de se conhecer a vazão do rio, pois o mesmo atravessava em grande parte a área urbana no qual era alvo de grande degradação.

Outra aplicação importante relacionada a vazão é em função da caracterização do estado trófico de cursos d'água, uma vez que permite avaliar a efetividade das ações de gerenciamento implementadas, bem como estabelecer medidas pertinentes e corretivas necessárias (BARRETO et al, 2014).

Em um canal ou rio informações sobre a vazão são importantes, pois estudos hidrológicos, como a determinação do hidrograma de cheia e as medidas de escoamento superficial podem ser feitas. Além disso a vazão é um dado fundamental no manejo, gestão e estudo da qualidade dos recursos hídricos e na determinação da descarga de sólidos e outros poluentes. Por isso em diversos locais procedem-se as medições rotineiras de vazão (BACK, 2006).

2.2 MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO E SUAS APLICAÇÕES

Existem diversos métodos de medições de vazões que podem ser classificados em cinco categorias definidas como: por capacidade, por medição das velocidades do fluxo da água, e por diluição de um traçador, estas três categorias são as mais usadas, sendo a primeira medição das velocidades do fluxo da água a que representa mais de 80% das medições de vazão realizadas no Brasil em particular e no mundo em geral. Há ainda as categorias por fórmulas hidráulicas e/ou dispositivo hidráulico correspondente e por outros métodos (óptico, eletromagnético, similitude com modelo reduzido em laboratório, avaliação visual, etc...), (TUCCI, 1993).

Pode-se dizer que para cada um dos diversos métodos que podem ser utilizados para a medição de vazões possuem suas limitações e indicações, e isso ocorrerá conforme a condição do local, estrutura, precisão desejada e das vazões a serem medidas. Os métodos volumétricos ou de medição direta, uso de dispositivos especiais como calhas e vertedores, métodos químicos, acústicos, medições da velocidade com flutuadores e molinetes, são os que se destacam (COELHO, 2011).

Os métodos volumétricos assim como as medições que utilizam calhas e vertedores para Coelho (2011), são métodos precisos, porém possuem limitações. Os vertedores e calhas possuem alto custo e dificuldade de instalação em canais naturais ou rios de pequeno porte. Os métodos volumétricos têm limitações para pequenas vazões, menores que de 1,5 L/s.

Na medição de vazão por diluição de um traçador, uma certa quantidade de um traçador químico é injetada no rio realizando a medição do quanto do traçador foi diluído. Seguindo o seguinte princípio, a vazão desejada é obtida através da vazão da injeção do traçador, multiplicado a razão da concentração das amostras depois da diluição no rio, pela concentração inicial do traçador (TUCCI, 1993).

O procedimento deve ser barato, de análise fácil, com precisão razoável, não deve haver reações químicas entre o produto e a água ou ainda substâncias contidas nela e no leito, não deve ser corrosivo, facilmente solúvel ou tóxico para a fauna, vegetação ou consumo humano (TUCCI, 1993).

Coelho (2011), propõe o método químico quando não se consegue utilizar outro método de medição de vazão, pois há uma dificuldade na instalação de estruturas apropriadas, risco oferecido ao operado como em caso de grandes correntezas, e em rios de montanha de grande turbulência principalmente ou ainda quando o fundo é irregular, com presença de grandes blocos de pedra.

O método de medição de vazão por capacidade citado por TUCCI, (1993) consiste em interceptar todo fluxo da água em um recipiente calibrado e cronometrar o tempo de enchimento de um volume conhecido. É considerado um dos métodos mais simples e lógico, de ótima precisão, porém pode ser utilizado somente com vazões muito pequenas. O limite superior do recipiente não pode ultrapassar 100 litros, ou seja, deve ser alguns litros por segundo. Algumas de suas aplicações são em descargas de rios ou canais muito pequenos (irrigação), equipados com vertedor triangular, que permite a concentração do fluxo da água em jato.

Tucci (1993), descreve que o método medição de vazão por medição das velocidades do fluxo da água tem como princípio a medição da descarga líquida (dQ) que atravessa uma área infinitamente pequena (dS). A descarga líquida numa seção de um rio é definida como o volume de água que atravessa esta seção durante a unidade de tempo.

$$dQ = V dS \quad \text{equação (1)}$$

Sendo:

V = Velocidade do fluxo.

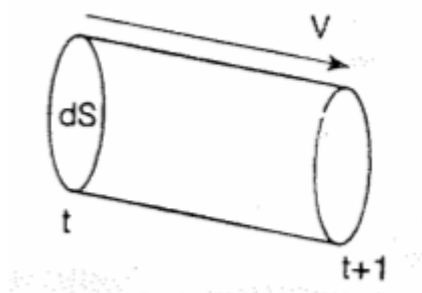


Figura 1: definição da descarga líquida.

Fonte: Tucci, 1993, p. 502.

Para Gomes e Santos (1999), o método de medição de descarga líquida compreendido como método convencional, e também como área-velocidade, determina a velocidade e representação da seção transversal, segundo um número adequado de verticais, tal método constitui-se na utilização de um molinete hidrométrico. A largura do rio na seção de medição vai influenciar no número de verticais de medição de velocidades e profundidades que vai variar entre 20 e 25m.

O molinete hidrométrico é um equipamento que relaciona rotações do hélice do molinete com a velocidade de escoamento do fluido é o método mais tradicional para estimar a vazão (MALDONADO et all, 2015).

Tucci (1993), atestava que para o cálculo da vazão é necessário conhecer a velocidade do fluxo em todos os pontos de uma seção e para a realização das medições de velocidade na prática faz-se um número limitado de pontos

representativos da velocidade que geralmente são escolhidos em várias verticais distribuídas na seção.

Assim como Tucci, Maldonado et al (2015), afirma que a vazão não pode ser determinada de um modo direto em rios assim para estima-la seria por intermédio de variáveis possíveis de se medir como a profundidade, largura do canal e velocidade do fluido.

Para a determinação da vazão, segundo Coelho (2011), as medidas de profundidades são determinadas em vários pontos (denominados verticais), e em uma ou mais profundidades é medida a velocidade de escoamento (Figura 1).

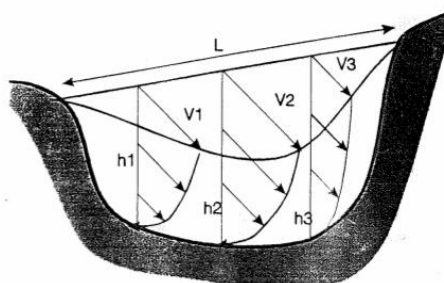


Figura 2: Representação esquemática da descarga líquida que atravessa a seção do rio.

Fonte: Tucci, 1993, p. 503.

Carvalho (2006, 2007) observou, por meio de medições de vazão, que áreas em que o ponto medido a jusante, apresentam valores inferiores de vazão que a montante. Este fato pode ser explicado devido à dinâmica de transferência de energia canal – planície, onde a transferência de água para dentro da planície fluvial, forma áreas alagadas e lagos próximos ao canal, porém, mais a jusante o rio estabelece seu equilíbrio usual.

No canal, de uma margem a outra e da superfície para o leito, o fluxo não flui de forma homogênea, logo, isso implica também na variação da descarga (vazão), a qual varia na seção vertical e transversal ao rio este fato é devido à morfologia do rio, em que o atrito da água nas margens e no leito causa um efeito de retardamento da velocidade, assim como o efeito de atrito da lâmina de água superficial com a atmosfera. (Carvalho, 2008).

Diante disso o método acústico também pode ser utilizado para medição de descarga líquida, as medições por esse método utilizam-se o aparelho ADCP (Acoustic Doppler Current Profile). fundamenta-se no efeito Doppler que utiliza

técnicas de sensoriamento remoto, para medição de vazão, no qual determina o perfil de velocidade da corrente e, por consequência o cálculo da descarga líquida (GOMES E SANTOS, 1999).

Carvalho (2008), aborda que o instrumento que determina a velocidade do fluxo em perfis verticais ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), ou ainda Correntômetro Acústico de Efeito Doppler, se baseia justamente no efeito Doppler, ou seja, o aparelho emite uma frequência de onda sonora (600Hz), a uma velocidade de 1400-1570 m/s. As partículas em suspensão na água e do leito do rio são refletidas, sofrendo alteração em seu comprimento de onda (modificando a frequência), o deslocamento relativo do alvo que são as partículas em suspensão e do leito do rio em relação a fonte (barco), são estimadas pelo sinal de retorno.

O ADCP é tido como uma ferramenta indispensável para aquisição de informações de boa qualidade para os aspectos da hidrologia (vazão, curvas-chaves, influência da maré). É uma ferramenta que vem sendo utilizada em mar, grandes rios, a medição de vazão é feita de forma rápida, como por exemplo leva apenas 20 minutos a medição, para uma seção de 3 km de largura como a de Manacapuru no rio Solimões sendo que utilizando métodos convencionais levaria mais de um dia de trabalho (OLIVEIRA e CALLÈDE, 1997). Esse método é tido como eficiente, porém depende do meio físico e fatores financeiros em que é necessário adquirir equipamentos cujos custos são elevados (CARVALHO, 2008).

Ao contrário do método automático utilizando ADCP onde o aparelho é responsável pela realização de todos os cálculos necessários, apresentando de forma instantânea no monitor, para o processo de medição não exigido maiores conhecimentos do processo de medição, ou em certos casos quando não se exigem dados precisos, ou em alguns córregos a profundido e o fluxo de água não permitem a utilização de aparelhos como ADCP ou molinete a medição indireta é um método em que é exigido um embasamento teórico, e simples que pode ser entendida como uma forma “manual” para estimar a vazão em rios ou córregos. (CARVALHO. 2008).

O método por flutuadores é muito utilizado pela sua simplicidade e na ausência de equipamentos sofisticados que apresentam custos elevados. O método consiste em medir o tempo necessário para que um objeto se desloque em um trecho do rio de comprimento conhecido, consiste em determinar a velocidade de deslocamento desse objeto flutuante. (COELHO, 2011).

Segundo Silva et all (2016), um exemplo aplicado do método tradicional que consiste na determinação da velocidade do deslocamento de um objeto flutuante, medindo o tempo gasto para que o mesmo se deslocasse num trecho do rio de comprimento conhecido, foi na medição para determinação da vazão inserida na sub-bacia hidrográfica do Riacho Mussuré, tendo em vista as pequenas profundidades nos pontos de medição o que inviabilizaria a utilização de ADCP ou molinete. A equação utilizada para a determinação em m³/s foi:

$$Q = \frac{A \times L \times C}{T} \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

A= média da área do rio (distância entre as margens multiplicada pela profundidade do rio).

L= comprimento da área de medição (utilizar o comprimento de 1,0 m).

C= coeficiente ou fator de correção (0,4 para rios rasos). O coeficiente permite a correção devido ao fato de a água se deslocar mais rápido na superfície do que na porção do fundo do rio.

T= tempo, em segundos, que o flutuador leva para deslocar-se no comprimento L.

Para Coelho (2011), para a determinação da vazão a equação 3, pode ser considerada como base nos métodos acústicos, dos flutuadores e dos molinetes.

$$Q = A \times V \quad \text{equação (3)}$$

Onde: Q = vazão (m³/s);

A = área da seção transversal (m²);

V = velocidade média de escoamento (m/s).

O método do molinete baseia-se nas medições de velocidade em vários pontos da seção transversal de um corpo d'água é um método mais usual, o equipamento é dotado de uma hélice e de um contador de giros. Para obter a vazão

as velocidades que são medidas são multiplicadas pelas respectivas áreas de influência (MALDONADO et al, 2015).

A hélice que compõem os molinetes faz a conversão do movimento de translação do fluxo de água em movimento de rotação de uma hélice, no qual é determinado por um intervalo de tempo através de um contador o número de voltas realizada pela hélice, após sabe isso, a velocidade do fluxo com a “equação do molinete” é determinada. Esta equação do molinete é fornecida pelo fabricante do aparelho (CARVALHO, 2008).

Em relação aos métodos de medição de vazão que se adaptam à utilização em turbinas hidráulicas tem-se: os métodos citados por Delmée, que seriam tubos de Pitot, sistemas deprimogênios, medidores de vórtices, medidores de área variável, medidores de turbinas e medidores magnéticos. método dos molinetes. Citado pela Gibson Associação Brasileira de Normas Técnicas. NB-228, Método da cortina salina e método de Gibson. Muller e Souza, método Winter-Kennedy. Medidores ultrassônicos citados por Voser et al e Accusonic. (ANDRADE, 2014).

Alguns dos métodos para determinação da vazão em escoamento, são pouco usais devido ao desconhecimento técnico, custo de implantação, tempo para aplicar a metodologia e determinar a vazão, assim como a qualificação de operadores (MALDONADO et al, 2015).

2.3 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E PROPRIEDADE INTELECTUAL

A propriedade intelectual e a inovação têm sido apresentadas em união quase indissociável, e de grande importância para o desenvolvimento da sociedade (Buainain et al. 2015). Assim percebe-se que a inovação tecnológica vem crescendo como estratégia para redimir empresas, regiões e nações para promover o seu desenvolvimento (PLONSKI, 2005).

Para Noveli e Segatto, (2012), ainda existem elementos que podem ser adicionados na caracterização da cooperação Universidade – Empresa, na busca de um desenvolvimento mais acentuado da inovação tecnológica por meio da propriedade intelectual.

Nas últimas décadas, o Brasil desenvolveu uma política bem-sucedida para criar e ampliar um sistema de geração de conhecimento. Essa capacidade está ligada ao sistema de pós-graduação, principalmente nas universidades públicas federais e estaduais.

A importância do sistema de ensino superior para a inovação tecnológica tem sido cada vez mais indicado por estudos sobre inovação. Algumas maneiras de analisar essa contribuição podem se dar pelas instituições de ensino superior que produzem resultados de pesquisa que podem ser diretamente apropriados pelas empresas no seu processo de inovação podendo ser para criação de novos processos produtos ou então para soluções de problemas. Fazendo com que as universidades forneçam profissionais e pesquisadores qualificados, tornando-os preparados levando consigo não apenas o conhecimento científico recente, mas também habilidades na resolução de problemas complexos, realização de pesquisas e desenvolvimento de novas ideias. (VELHO, 2007).

Um dispositivo que permite a proteção da inovação realizada na Universidade é a patente, que, segundo Souza et al. (2014), é um título de propriedade temporária sobre uma invenção ou modelo de utilidade, outorgado pelo Estado aos inventores ou outras pessoas físicas ou jurídicas detentoras de direitos sobre a criação. A pesquisa e o desenvolvimento para elaboração de novos produtos requerem, na maioria das vezes, grandes investimentos humanos e financeiros. Proteger esse produto por meio de uma patente significa prevenir-se de competidores, inibindo a concorrência desleal.

Em contrapartida, o inventor se obriga a revelar detalhadamente todo o conteúdo técnico da matéria protegida pela patente, o que contribuirá para o desenvolvimento tecnológico mundial, tornando a patente um importante instrumento na divulgação de informação tecnológica e estimulando novos desenvolvimentos científicos. (INPI 2013).

A Lei 9.279 de 1996 que regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial prevê que para um invento seja protegido por patente é necessário que atenda aos requisitos: novidade, atividade inventiva e aplicação industrial (BRASIL, 1996).

2.4 OPEN-SOURCE ELECTRONIC PROTOTYPING PLATFORM

Arduino pode ser compreendido como uma plataforma de computação física de fonte aberta, utilizado para criação de objetos interativos ou em colaboração com softwares do computador. (BANZI e SHILOH, 2015).

Arduino ou Genuíno como é conhecido na Europa é uma das plataformas de eletrônica mais conhecidas e utilizadas nesta área, existindo assim variados modelos. O que os diferem é que alguns são conectados via USB por ligação do tipo B, e outros por ligação Micro-USB do tipo B. A quantidade de memória, a velocidade, número e tipo de pinos, as posições do botão de *Reset* e dos LEDs também vão variar de acordo com o modelo e versão. (MELANCIA e PEARCE, 2016).

Integrated Development Environment (IDE) é o software do Arduino que tem como filosofia desenvolver projetos, buscando constantemente meios mais rápidos e poderosos de criar protótipos melhores. (BANZI e SHILOH, 2015).

Alves (2013) determina o Arduino como sendo uma possibilidade de desenvolver aplicações de objetos e ambientes interativos por pessoas não especialistas em programação e/ou em eletrônica. Para tal fim o projeto Arduino veio como um hardware fácil de manusear e com recursos necessários para trabalhar com os “mundos” digitais e analógicos, quanto um software de programação dos projetos interativos de software acessível.

O projeto da plataforma de prototipagem eletrônica mais conhecida como Arduino, oriundo em 2005 na Itália é composto por uma plataforma de hardware e de software nomeada também de *open source*, (Mota et all, 2013).

A prototipagem que é relacionada ao Arduino desenvolve o papel central para a criação e construção de objetos que interagem com outros objetos, pessoas e redes buscando sempre a forma mais simples e rápida de produzir protótipos com o menor custo possível. (BANZI e SHILOH, 2015).

Para Alves (2013), o objetivo era criar uma ferramenta de prototipagem eletrônica de custo acessível e flexível, além de possibilitar que pessoas não especialistas em programação e/ou em eletrônica pudessem desenvolver aplicações de objetos e ambientes interativos. Atualmente há inúmeras comunidades espalhadas no planeta trocando experiências sobre seus projetos e com isso uma

infinidade de aplicações em diversos segmentos como na música, artes plásticas, educação, meio ambiente, etc.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho visou a construção de um equipamento cujo modelo de utilidade foi capaz de automatizar as leituras de velocidade e profundidade em rios de pequeno porte, direcionando as informações para um algoritmo capaz de determinar o valor da vazão medida no ponto estudado de uma forma automática. O protótipo foi composto por sensores visando o baixo custo de sua construção e desenvolvimento.

3.1 PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Vários pesquisadores desenvolveram metodologias e equipamentos, buscando preencher a lacuna existente entre praticidade, precisão e custo no processo de medição de vazão em canais. Com intuito de desenvolver um equipamento que possibilite a determinação *in loco* da vazão em rios de pequeno porte, se faz necessário levantar informações sobre quais equipamentos e tecnologias já foram desenvolvidos e testados.

Diante disso, a prospecção tecnológica relacionada à equipamentos hidrométricos, realizou-se em bancos nacionais e internacionais. Para a busca científica, foram selecionados os principais descritores, considerando também suas traduções para o inglês, utilizando a base de busca Scopus, em sites para busca de patentes, como o *Espacenet Patent Search*, *Questel Orbit*, *Espacenet*, Plataforma do INPI, Google Patentes, além de pesquisa em plataformas de publicações científicas como Google Acadêmico e SciELO. A metodologia utilizada baseou-se na coleta e análise criteriosa dos documentos registrados e patenteados utilizando os descritores citados.

Após o levantamento das tecnologias existentes e suas aplicações mais comuns, foram organizados os resultados mais relevantes para a avaliação da necessidade do desenvolvimento de tecnologias mais acessíveis e eficientes para o levantamento automático de vazões em pequenos cursos de água.

3.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA A CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Para a obtenção da velocidade da água foi utilizado o sensor SAIER de fluxo de água (rosca de 1/2"), modelo SEN-HZ21WA, que é capaz de medir de 1 a 30 litros de água por minuto, isso ocorre por meio de uma roda interna que gira enquanto há fluxo de água a contagem de quantas voltas estão sendo dadas pela roda é feita através do efeito hall (RoboCore, 2019). Ou seja, o sensor SAIER funcionará como um encoder, transformará posição em sinal elétrico digital, enquanto ainda houver água fluindo pela saída do mesmo, assim no interior de uma tubulação de 1/2" flui água e a partir daí pode-se medir a vazão em litros por minuto (L/min), (TAIRA, SIQUEIRA, 2018). Segue as informações técnicas que podem ser obtidas através do site RoboCore juntamente com uma imagem do sensor (figura 3).

- Modelo: SAIER SEN-HZ21WA;
- Material: nylon;
- Faixa de operação: 1 a 30 L/min;
- Conversão: 1 L = 516 pulsos (+/- 10%) (F=10Q);
- Pressão da água: 1,75 MPa;
- Tensão de Operação: 4,5 Vdc a 18 Vdc;
- Corrente elétrica: 10 mA (5 Vdc);
- Temperatura máxima da água: 60 °C.



Figura 3: Sensor de Fluxo de Água.
Fonte: RoboCore, disponível em: <www.robocore.net>.

Para determinar a profundidade do rio, foi utilizado o sensor ultrassônico a prova d'água JSN-SR04T V2, capaz de fazer medições nas profundidades entre 25

centímetros a 4,5 metros. O princípio do seu funcionamento é através do envio de um sinal ultrassônico, a reflexão em um obstáculo é recebida pelo sensor. Foi desenvolvido para atuar apenas em ambientes úmidos e não submerso em água ou líquidos. (AutoCore Robótica, 2019).

Segue as informações técnicas que podem ser obtidas através do site RoboCore e uma imagem do sensor (figura 4).

- Modelo: JSN-SR04T;
- Tensão: DC 5V;
- Corrente: 5mA;
- Corrente de trabalho: 30mA;
- Frequência: 40KHz;
- Comprimento do cabo do sensor: 2.5 metros;
- Diâmetro do sensor: 22mm;
- Dimensões do módulo: 41.5x28.5x17mm.



Figura 4: Sensor ultrassônico a prova d'água JSN-SR04T V2.
Fonte: AutoCore Robótica, 2019.

Para validar o funcionamento do sensor ultrassônico que está inserido no topo do protótipo, uma régua limnológica foi utilizada para os mesmos pontos que o sensor para o quesito comparativo e comprobatória.

Foi escolhida a plataforma Arduino, para controlar esse sistema, por ser *open source* e com documentação bem difundida na internet, também uma grande

vantagem da utilização do Arduino em relação a outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores e pela facilidade de pessoas que não sejam de áreas técnicas possam aprender e criar seus projetos em um período de tempo relativamente curto.

Um microcontrolador versátil é a base da placa Arduino (figura 5), a programação é feita em um computador e depois carregada para o Arduino via cabo USB (Ribeiro et al, 2017), a plataforma do microcontrolador é de código aberto, softwares e hardwares livres e linguagem padrão baseada em C/C++ no qual permite o seu uso como gerenciador automatizado de dispositivos de aquisição de dados de sensores de entrada e saída (MARTINAZZO et al, 2014).

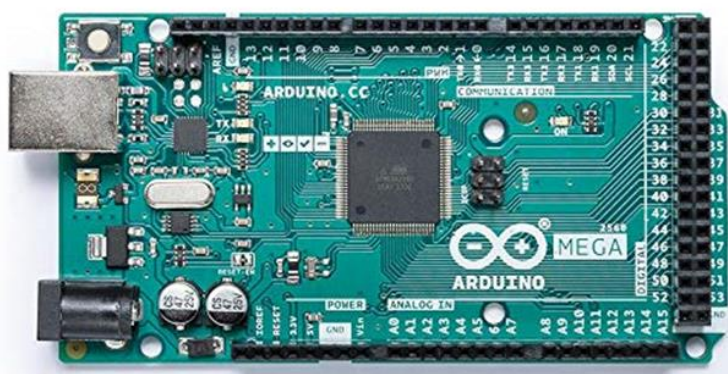


Figura 5: Placa Arduino Mega 2560.
Fonte: Amazon, 2019.

Os dados coletados, serão enviados via *bluetooth* para um algoritmo desenvolvido para dispositivos móveis, tanto para iOS, (em *Objective C*, *COCOA TOUCH*) como para Android, (em Java utilizando o Android SDK). Esta etapa em especial está sendo desenvolvida por outro aluno, do curso de ciências da computação e ela não será explanada neste trabalho. Para os testes do protótipo estes sensores serão conectados ao Arduino e pela programação de um código também desenvolvido pelo outro aluno fornecerá a vazão imediata em um *display* que será acoplado no topo da haste.

Um micromolinetete hidrométrico (figura 6), modelo C2 composto de hélice 3, cujo número 11-212 e diâmetro 5 centímetros, com calibração pelo método bocal padrão certificado por Theophilo Ottoni engenharia, foi utilizado para adquirir os dados da velocidade da água no Rio Alegria como forma de comparação com as

vazões adquiridas pelo protótipo afim de testa-lo e concluir se o mesmo estaria em perfeito funcionamento.



Figura 6: Micromolinet Hidrométrico.
Fonte: Arquivo Pessoal, 2019.

Quando bem aferidos os molinetes são aparelhos que permitem o cálculo da velocidade por meio da medida do tempo necessário que leva uma hélice a completar um certo número de rotações. O molinete é composto por um eixo que gira no sentido contrário ao fluxo e manda a um contador de rotações sinais elétricos, uma hélice é acoplada nesse eixo auxiliando na obtenção da velocidade. Cada aparelho recebe sua própria equação (4) construída em laboratório e adquiridas por meio de ensaios (Grison, 2008).

$$V = v + \rho * N \quad (4)$$

V = Velocidade do equipamento (m/s);

v = velocidade de atrito;

ρ = passo da hélice;

N = Número de rotações por segundos (rps).

O micromolinet hidrométrico utilizado foi projetado para medir a vazão de pequenos rios, a profundidade mínima para o seu uso é de aproximadamente 4 centímetros (cm) sendo utilizado em locais com baixos níveis de água e baixa

velocidade de fluxo variando entre 0,025 e 5 metros por segundo (m/s), esta faixa dependerá do tamanho da hélice acoplada ao micromolinete (GRISON, 2008).

O fabricante do aparelho é quem fornece a “equação do molinete” a qual é calibrada de forma individual para cada equipamento e só pode ser usada para o aparelho calibrado (CARVALHO, 2008), por esse motivo por meio do certificado de calibração de velocímetros hidráulicos disponibilizados por Theophilo Ottoni Engenharia S/C LTDA pela tábua de calibragem a equação do hélice do micromolinete utilizado no estudo é dada por:

$$V = 0,00115377 + 0,28628698 * N(rps) \quad (5)$$

Onde o número de rotação por segundos (nrp) é medido pelo equipamento e depois pela equação 5 obtêm-se a velocidade em metros por segundo, ou ainda pelo próprio certificado de calibração de velocímetros hidráulicos é disponibilizado um quadro, na qual imediatamente obtêm-se o valor da velocidade. O quadro 1 traz uma parte demonstrativa de como é disponibilizado no certificado.

Quadro 1: Valores de N(rps) e variação de N (rps) para obtenção da velocidade em metros por segundo (m/s).

Velocidades em m/s

N [rps]	Variação de N [rps]									
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,001	0,004	0,007	0,010	0,013	0,015	0,018	0,021	0,024	0,027
0,1	0,030	0,033	0,036	0,038	0,041	0,044	0,047	0,050	0,053	0,056
0,2	0,058	0,061	0,064	0,067	0,070	0,073	0,076	0,078	0,081	0,084
0,3	0,087	0,090	0,093	0,096	0,098	0,101	0,104	0,107	0,110	0,113
0,4	0,116	0,119	0,121	0,124	0,127	0,130	0,133	0,136	0,139	0,141
0,5	0,144	0,147	0,150	0,153	0,156	0,159	0,161	0,164	0,167	0,170
0,6	0,173	0,176	0,179	0,182	0,184	0,187	0,190	0,193	0,196	0,199
0,7	0,202	0,204	0,207	0,210	0,213	0,216	0,219	0,222	0,224	0,227
0,8	0,230	0,233	0,236	0,239	0,242	0,244	0,247	0,250	0,253	0,256
0,9	0,259	0,262	0,265	0,267	0,270	0,273	0,276	0,279	0,282	0,285
1,0	0,287	0,290	0,293	0,296	0,299	0,302	0,305	0,307	0,310	0,313
1,1	0,316	0,319	0,322	0,325	0,328	0,330	0,333	0,336	0,339	0,342
1,2	0,345	0,348	0,350	0,353	0,356	0,359	0,362	0,365	0,368	0,370
1,3	0,373	0,376	0,379	0,382	0,385	0,388	0,391	0,393	0,396	0,399
1,4	0,402	0,405	0,408	0,411	0,413	0,416	0,419	0,422	0,425	0,428
1,5	0,431	0,433	0,436	0,439	0,442	0,445	0,448	0,451	0,453	0,456
1,6	0,459	0,462	0,465	0,468	0,471	0,474	0,476	0,479	0,482	0,485
1,7	0,488	0,491	0,494	0,496	0,499	0,502	0,505	0,508	0,511	0,514
1,8	0,516	0,519	0,522	0,525	0,528	0,531	0,534	0,537	0,539	0,542
1,9	0,545	0,548	0,551	0,554	0,557	0,559	0,562	0,565	0,568	0,571
2,0	0,574	0,577	0,579	0,582	0,585	0,588	0,591	0,594	0,597	0,599
2,1	0,602	0,605	0,608	0,611	0,614	0,617	0,620	0,622	0,625	0,628
2,2	0,631	0,634	0,637	0,640	0,642	0,645	0,648	0,651	0,654	0,657
2,3	0,660	0,662	0,665	0,668	0,671	0,674	0,677	0,680	0,683	0,685
2,4	0,688	0,691	0,694	0,697	0,700	0,703	0,705	0,708	0,711	0,714
2,5	0,717	0,720	0,723	0,725	0,728	0,731	0,734	0,737	0,740	0,743
2,6	0,745	0,748	0,751	0,754	0,757	0,760	0,763	0,766	0,768	0,771
2,7	0,774	0,777	0,780	0,783	0,786	0,788	0,791	0,794	0,797	0,800
2,8	0,803	0,806	0,808	0,811	0,814	0,817	0,820	0,823	0,826	0,829
2,9	0,831	0,834	0,837	0,840	0,843	0,846	0,849	0,851	0,854	0,857

Ainda pela tábua de calibragem a equação do hélice é válida para $N \leq 22,9900$; $R^2 = 0,99993981$; $EPADYX = 0,006678$.

3.3 ESTRUTURA GERAL E PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO

A estrutura do protótipo contém um cano de PVC de 2 polegadas e 1,5 metros de comprimento no qual acoplará em seu topo o sensor ultrassônico conectado ao Arduino que será responsável pelas medidas de profundidade. Na base da haste foi instalado o sensor de fluxo de água também ligado ao Arduino, sendo este sensor móvel para se adquirir três leituras de velocidade sendo elas no fundo, meio e superfície do canal, a figura 7 demonstra o esquema completo do protótipo.



Figura 7: Esquema completo protótipo.
Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

As placas e o Arduino serão protegidos por uma caixa de acrílico na qual ainda não foi confeccionada, pra facilitar o manuseio do equipamento.

Na figura 8 observa-se o display que mostra o valor da vazão conectado ao Arduino e a placa protoboard, este display será utilizado até que o aplicativo para o celular desenvolvido pelo outro aluno fique pronto.

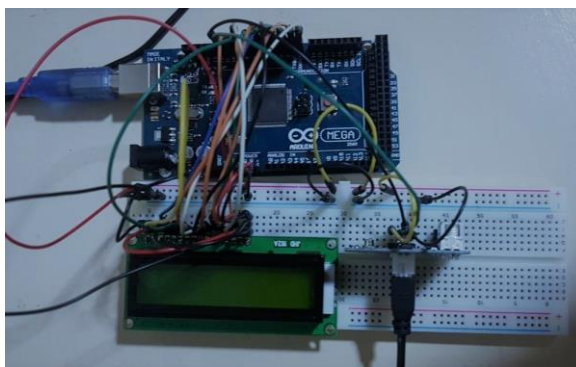


Figura 8: Display conectado ao Arduino e placa protoboard.
Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

O princípio de funcionamento do equipamento envolve a medição da velocidade da água em diferentes pontos e profundidades pois a velocidade da água é, normalmente, maior no centro de um rio do que junto às margens, da mesma forma, a velocidade é mais baixa junto ao fundo do rio do que junto à superfície, para se obter uma boa estimativa da velocidade média é necessário medir em várias verticais, e em vários pontos ao longo das verticais. (COLLISCHONN e TASSI, 2008).

O modelo de utilidade tem como princípio de funcionamento, determinar a profundidade por meio do sensor ultrassônico, em vários pontos, no mesmo momento que registrará a velocidade da água em cada um desses pontos que foram pré-determinados. Permitindo a determinação de uma velocidade média da água na seção estudada, assim como, a determinação da área do perfil da seção.

Conhecendo-se a largura da seção e as profundidades em vários pontos, conforme o esquema da figura 9, variando as posições, não só ao longo da seção, mas também ao longo da profundidade. Conhecendo-se a perfeita relação entre o número de voltas dadas pela hélice com a velocidade da água, em um intervalo de tempo considerado, pode se obter a vazão.

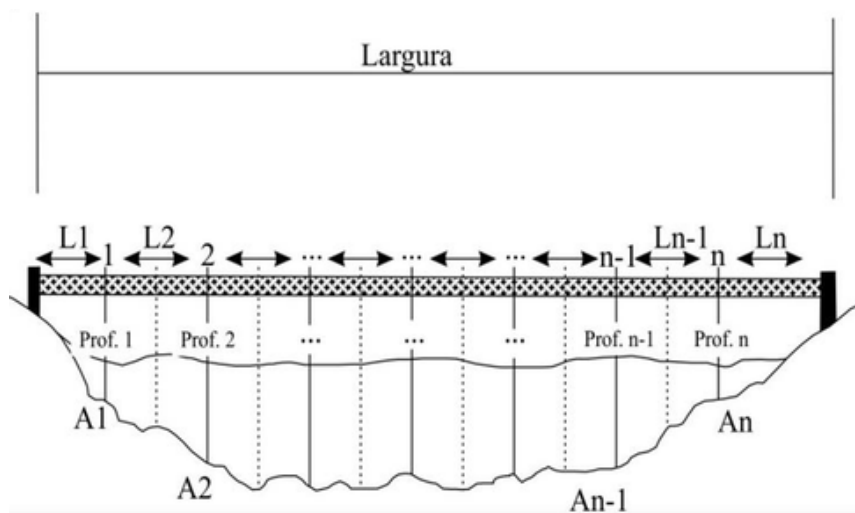


Figura 9: Esquema de medição utilizando-se o modelo de utilidade desenvolvido.
Fonte: Arquivo Pessoal, 2019.

Segundo Corrêa (2007), a obtenção da transversal de um rio ou canal é relativamente simples, fácil, de resultado eficaz e de boa precisão. Sendo esta última aumentada conforme a diminuição das distâncias entre os perfis verticais e aumentado o número de pontos sobre cada perfil.

A integração do produto da velocidade da corrente pela área abrangida por esta corrente é a vazão do rio. Para isso calcula-se a velocidade média da corrente para cada seção vertical e considera-se esta velocidade média com abrangência na área do perfil e áreas próximas a esta seção vertical. Deve-se calcular a superfície do perfil vertical em relação às velocidades obtidas nas diversas profundidades conforme Corrêa (2007) propôs, utilizando as equações a seguir:

$$S_j = \left(\frac{V_1+V_2}{2}\right) * dv_1 + \left(\frac{V_2+V_3}{2}\right) * dv_2 + \dots \dots \dots + \left(\frac{V_{n-1}+V_n}{2}\right) * dn \quad \text{equação (5)}$$

Em que:

S_j : é a superfície do perfil em relação às velocidades medidas;

V : é a velocidade da corrente em cada ponto;

dv : e a distância entre os pontos do perfil.

Através da razão entre a superfície obtida (S_j) e a profundidade do perfil ($\sum dv$) a velocidade média (V_m) será obtida.

$$V_m = \left(\frac{S_j}{\sum_1^n av} \right) \quad \text{equação (6)}$$

Obtida a velocidade média da corrente sobre os perfis (V_m) deve-se determinar a área de influência desta velocidade média, de cada perfil vertical, sobre uma subseção.

$$A_1 = \left[\left(\frac{dh_i + dh_{i-1}}{2} \right) - \left(\frac{dh_{i-1} + dh_i}{2} \right) \right] * P_i \quad \text{equação (7)}$$

Com os dados da velocidade média (V_m) do perfil considerado e a área (A) de atuação desta corrente, podemos calcular a Vazão Parcial (Q_p) para cada seção do perfil transversa.

$$Q_p = (V_m i * A_i) \quad \text{equação (8)}$$

As pequenas áreas localizadas próximas das margens do rio referentes a primeira e a última vertical, quando forem calculadas as vazões parciais das mesmas, as distâncias entre o perfil e a margem deve ser considerado como um todo e não parcial como nos demais perfis. Conhecendo-se as vazões parcial de cada perfil vertical da seção transversal do rio podemos calcular a Vazão Total (Q_t) para o perfil transversal considerado.

$$Q_t = \left(\sum_i^n Q_{pi} \right) \quad \text{equação (9)}$$

Como o sensor SAIER foi utilizado para a obtenção da velocidade da água em pesquisa em sites para a especificação do equipamento, o valor dos pulsos utilizados para a transformação em litros, foi variado, por esse motivo foi realizado testes para entender a maneira que o sensor transforma a medida de pulsos em litros (vazão) de água.

Para a obtenção do valor dos pulsos foram utilizados recipientes de

diferentes volumes sendo eles 0.5 L, 1 L e 2 L. Assim a água contida nesses recipientes foi lançada no sensor, verificou-se que a cada 516 pulsos equivalia a 1 litro de água como foi especificado no equipamento pelo site RoboCore. A figura 10 mostra como foi conectado o sensor fluxo de água no Arduino.

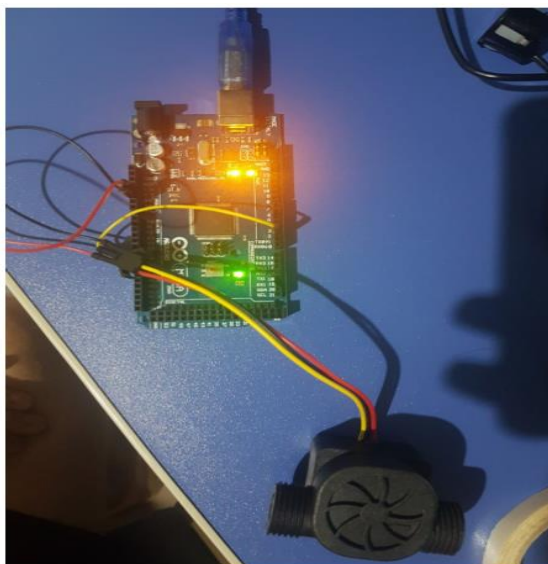


Figura 10: Sensor de fluxo de água conectado ao Arduino.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2019.

Para a medida da profundidade do rio foi utilizado o sensor ultrassônico à prova d'água JSN-SR04T V2, mesmo com as especificações de ser um sensor desenvolvido para atuar em ambientes úmidos, e não para ser utilizado submerso na água ou em líquidos, a ideia inicial era do sensor ultrassônico ficar submerso na água, assim tentativas foram feitas afim de lacrar o sensor ultrassônico utilizando resina, ou utilizar um sensor de pressão para determinar a profundidade, ou ainda utilizar um sonar, pesquisas alternativas foram feitas e como o objetivo do protótipo é ser algo acessível principalmente no quesito econômico, verificou-se que utilizar o sensor ultrassônico à prova d'água JSN-SR04T V2 fora da água, como indicado, seria possível e atenderia o objetivo.

Como o seu princípio de funcionamento é o sinal emitido por ele rebater na superfície da água do rio e voltar e como a ideia do projeto é utilizar o medidor de vazão em rios de pequeno porte, que terão baixas profundidades, foi determinado como uma solução utilizar o sensor fora da água, acoplada a haste, e realizar a medição da profundidade da seguinte forma: O sensor ultrassônico emite um sinal para verificar a distância que está da água, e envia para o Arduino que subtrai o

valor conhecido do tamanho da haste, o valor descoberto pelo sensor ultrassônico, e com isso então tem-se a medida da profundidade.

3.4 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O município de Medianeira está localizado na microrregião, Oeste do Estado do Paraná, tendo 402 metros de altitude e situado na latitude 25°17'40"S e longitude 54°05'30" W-GR. Segundo IPARDES (2008) clima é subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes, com tendência a concentração de chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida. A média das temperaturas dos meses mais quentes é superior a 22°C e a dos meses mais frios é inferior a 18°C.

A prova de conceito foi realizada no Rio Alegria, localizado no município de Medianeira. Este Rio tem suas nascentes localizadas na área rural, e corta toda a área urbana da sede do município com uma extensão aproximada de 30,6 km. É um afluente do Rio Ocoy e está inserido na Bacia Hidrográfica do rio Paraná III Recebe água de seus afluentes o arroio Magnólia, o arroio Manduri e o arroio Maguari. Sua vazão média é de aproximadamente 350 L/s, área de estudo foi na área urbana, localizada próxima a prefeitura devido ao melhor acesso para realização dos testes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Dentre as tecnologias encontradas pode o SHAO XIN et al (2016) propuseram um Hidrômetro de onda ultrassônica baseado em FPGA sob o número de pedido CN201621154244U 20161031. O modelo de utilidade, inclui um chip FPGA, módulo de emissão ultrassônica, módulo de recepção, sonda de emissão, sonda de recepção, sensor de temperatura ADT7420 e computador hospedeiro a FPGA passa por interface serial e fornece ao computador hospedeiro informação de densidade líquida. A operação é estável, confiável, operação fácil, a manutenção é conveniente, e atingiu o requisito de design.

HUANG LIBO et al (2015) desenvolveram um Sistema de medição de hidrologia do tipo de navio do mar raso sob o número de pedido CN20152244500U, e se trata de um sistema de medição de hidrologia acoplado a navio marítimo raso, equipado com instrumento de medição hidrométricas equipado com lanterna, rastreador de GPS, e farol de pesquisa marítima. O efeito benéfico do modelo de utilidade é um, pode realizar a aquisição de dados em água mais superficial, a topografia subaquática é mais complicada em águas rasas.

QIU ZHENGXING et al (2014), sob o número da aplicação CN 201410475709, desenvolveram uma molinete hidráulico com guia de corda que possui um corpo de molinete hidráulico, um movimento e engrenagem de saída de potência e o guia de corda, em que o corpo de molinete hidráulico é provido com um tambor de enrolamento de bobina. O movimento e a engrenagem de saída de potência e o guia de corda estão dispostos no invólucro do tambor de enrolamento do molinete; o movimento e o equipamento de saída de potência adotam uma estrutura de engrenagem que os dentes são perdidos uniformemente na circunferência; o guia de corda é fornecido com uma corrente de transmissão e uma haste espiral bidirecional; a engrenagem faltando dente está engrenada com uma primeira engrenagem de eixo da corrente de transmissão; a cadeia de transmissão está conectada com a haste espiral bidirecional; um componente de operação do guia de corda é disposto na haste espiral bidirecional; o tambor de enrolamento do molinete é fornecido internamente com um motor a óleo e um redutor planetário de

vários estágios; uma roda de corrente está disposta na superfície exterior do redutor planetário.

ZHANG GUOPING et al (2013) sob o número de pedido CN20132780940U, desenvolveram uma Bóia de observação de direção de fluxo impermeável e à prova de vento, que é composta por uma tampa de vedação, uma cabine de instrumento, uma cabine de força flutuante e uma cabine de gravidade. Em comparação com uma bóia tradicional, a boia de observação de direção de fluxo a prova de água e à prova de vento resolve o problema de que a posição de um instrumento de posicionamento e a posição de uma bóia não são iguais no processo de hidrometria, verificando os efeitos de melhoria do canal e outros, e fornece as bases científicas e precisas para a tomada de decisões.

ALDO et al (2012) sob o número de pedido MX20120007764, propuseram um Sistema de medição do fluxo a base de ultrassônico. Se trata de um sistema para medir o fluxo por ultrassom capaz de modular um sinal ultrassônico de forma linear por meio de um sinal de codificação de valor complexo e propriedades especiais de correlação, o que permite que o mesmo cumpra as diretrizes do padrão internacional ISO -6416. Medição de hidrometria de descarga pelo método ultrassonográfico (acústico) e que compreende um subsistema para medir um fluxo que usa a técnica de tempo de trânsito para calcular a velocidade do fluxo, incluindo também uma unidade de controle de interfaces de usuários e uma unidade de processamento.

ZUBAREV et al (2007), sob o número de pedido RU20070116867, desenvolveram um modelo de hidrômetro que contém uma câmara cheia com líquido testado com flutuador vertical de material não magnético com detector de posição de flutuador permanente e solenóide e gerador de corrente estável. O flutuador da câmara é montado em dois rolamentos piloto mutuamente coaxiais e é adicionalmente fornecido com barra de fluxo separada do íman permanente e disposta no flutuador abaixo do íman permanente o que permite uma maior sensibilidade e precisão do dispositivo.

MASATO et al (2006), sob o número da aplicação JP20060020270, propuseram um aparelho de entrada e recepção de onda ultrassônica e flutuador ultrassônico, que foi capaz de fornecer uma constituição para alcançar uma conexão elétrica estável e ter uma alta confiabilidade controlando um defeito, impedindo um pino de eletrodo do envio de onda ultrassônica e aparelho de recepção de um fator

de perturbação por meio de uma ferramenta de fixação do aparelho de envio e recepção de ondas ultrassônicas. O envio de onda ultrassônica e o aparelho receptor demonstraram alta confiabilidade em medidas hidrométricas de forma estável.

MATVEYEVICH et al (2004), sob o número de pedido RU20040102546, desenvolveram um método de medição da velocidade do fluxo através da determinação das marcas de linha de costa de superfície livre de rio, inclinação de rio combinada com a realização de seu perfil longitudinal e lateral de área aberta por trajetórias específicas do fluxo, ao longo do eixo dinâmico da linha de fluxo. A engrenagem de marcha do dispositivo é colocada na superfície do fluxo da corrente até que as partes inferiores das lâminas toquem. Um estroboscópio está ligado e os feixes de luz piscando e orientam a lâmina. A velocidade de alternância das lâminas é medida pelo ajuste da frequência de piscar luz. A velocidade do movimento da água na superfície do fluxo da corrente é calculada através da frequência do piscar de luz em Hz. O modelo trouxe um aumento da precisão da medida da velocidade da água na superfície do fluxo da corrente.

TAMAKOSHI KOJI et al (2003), sob o número da aplicação JP20030271097, desenvolveram uma metodologia de medidas hidrométrica do fluxo transversal de rios com alta turbidez. A turbidez do fluxo superficial da água é medida no lado a jusante, para medir o caudal no método da hidrometria. Uma quantidade específica de água turva, cuja turbidez é medida antecipadamente, é fornecida ao fluxo a montante do fluxo de água; a turbidez causada a jusante é medida com o tempo e o aumento médio da turbidez e o tempo de turbidez aumentado são calculados a partir dos valores medidos e o caudal da água superficial é calculado a partir da quantidade fornecida de água turva, turbidez, aumento médio da turbidez e aumento do tempo de turbidez, na determinação da velocidade.

BOCHKAREV et al (2002), sob o número da aplicação: RU20020119961, desenvolveram um medidor eletrolítico de velocidade de corrente líquida, para determinar a medição da velocidade atual do rio em cursos abertos. A base de medição de montagem do suporte vem na forma de tubo de paredes finas fixado assimetricamente em uma haste e pode girar em torno de seu eixo. O bocal para injeção de eletrólitos e eletrodos é posicionado de forma correspondente em seções de entrada e saída de tubo. A fixação especial do tubo de derivação à haste garante

sua auto orientação no fluxo de líquido que exclui o requisito de uso de lâminas de guia adicionais, gerando maior precisão e autenticidade da medida da velocidade da corrente líquida.

MATVEYEVICH et al (2002), sob o número da aplicação RU20020118194, propuseram uma metodologia do nivelamento da superfície livre do rio das marcas de superfície livre de água no rio através da utilização de dois teodolitos em embarcação por meio do método de nivelamento trigonométrico. As medições são realizadas em diferentes momentos desde o alcance inicial ao alcance final do rio e atingiu maior precisão e eficiência das medidas, em relação a outros métodos propostos.

YIBIN KANG et al (1989), sob o número da aplicação CN1989204930U, desenvolveram um medidor de profundidade ultrassônico portátil que através de uma sonda de profundidade ultrassônica portátil, e um circuito integrado consegue atingir precisão de medição de alta profundidade. Podendo ser utilizado para determinar profundidade mar adjacente, de reservatórios, lagos, canais de rios, etc.

DAI JIANGUO et al (1986), sob o número da aplicação CN1986206999U, propuseram um medidor de fluxo de canal aberto automatizado. O modelo de utilidade descreve um dispositivo de monitoramento de nível de líquido supersônico sem contato, que compreende um dispositivo de medição de água. Tem as vantagens de monitorar a drenagem de esgoto de forma automática, precisa e contínua, o que fornece um dispositivo de medição de teste necessário para a supervisão efetiva de uma fonte de poluição de acordo com as regras. O modelo de utilidade pode ser usado para o campo de abastecimento de água da cidade e esgoto, irrigação agrícola e hidrometria, e pode ser usado automaticamente para monitorar a descarga de vários efluentes. Inúmeras são as pesquisas envolvendo desenvolvimento e testes de equipamentos com objetivos amplos na aplicação de levantamentos hidrométricos e/ ou batimétricos.

CARVALHO (2008), descreveu alguns métodos, diretos e indiretos (convencionais e não convencionais), de medição de vazão em rios e córregos, discutindo a metodologia de cada técnica e seu potencial para estudos em sistemas fluviais. Os principais métodos aqui descritos são através do uso de molinete, Ecosonda, ADCP e meios manuais (medições sem instrumentos de precisão). Concluiu que uso do molinete não dispensa a necessidade de outros meios e

aparelhos para determinar a largura do canal e profundidade média. Os dados registrados pelo ADCP são exibidos instantaneamente fornecendo informações das diferentes, velocidades nas seções verticais do rio, vazão, vetor do fluxo, temperatura, profundidade, distância entre as margens, área da seção, velocidade relativa do barco, rumo do barco, além de dados que podem ser equacionados para estimar quantidade sedimentos em suspensão e calcular transporte de sedimentos de fundo. No entanto, seu custo não se justifica na aplicação para pequenos cursos de água.

4.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS COM O PROTÓTIPO, E COM O MICROMOLINETE HIDROLÓGICO E A RÉGUA LIMNOLÓGICA.

Os dados de vazão obtidos através do micromolinete hidrológico e o sensor fluxo de água acoplado ao protótipo foram comparadas a fim de atestar o funcionamento satisfatório do equipamento desenvolvido.

Foram analisados cinco pontos distintos ao longo do Rio Alegria sendo que o ponto 2 foi o ponto de análise para os ensaios com o protótipo afim de testar o sensor de velocidade comparando com o micromolinete hidrológico, conforme pode ser observado na figura 11.



Figura 11: Obtenção da velocidade pelo micromolinete hidrológico no ponto 2 no Rio Alegria.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2019.

Os demais pontos (figura 12) foram utilizados para medir a profundidade, tanto com sensor ultrassônico quanto com a régua limnológica afim de testar a precisão do sensor.

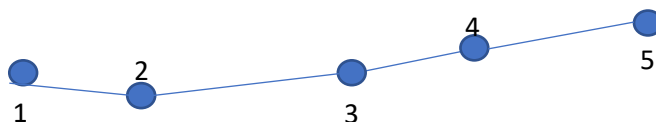


Figura 12: Pontos de Análise no Rio Alegria.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2019.

O ponto 2 foi o selecionado para os testes da velocidade em função do mesmo apresentar um maior fluxo de água do que os outros pontos escolhidos, tendo em vista que segundo Bortoluzzi e Fernandez (2008), em canais de baixa ordem a medição da velocidade do fluxo em razão do pouco volume da água em circulação tem se apresentado um problema difícil, pois o tamanho de molinetes pode ser superior a profundidade do fluxo. Na tabela 1 pode-se observar os valores obtidos para velocidade.

Tabela 1. Medidas de velocidade adquiridas por meio do molinete hidrológico e do protótipo.

Velocidade m/s	
Micromolinete Hidrológico	Sensor Fluxo de Água
1.779	1,95
1.808	1,78
1.922	1,98
1.865	1,88
1.894	1,99
1.836	1,99
1.894	2,11
1.836	1,67
1.865	1,86
1.836	1,84

Foram feitas 10 medições, tanto para o micromolinete quanto para o sensor os valores obtidos apresentaram pequenas oscilações. O sensor fluxo de água alcançou uma média de aproximadamente 1,905 m/s e o micromolinete uma média de 1,85 m/s. A variação entre os dois foi quase insignificante tornando os resultados

satisfatórios e dentro do esperado.

Para as medidas de profundidade foram utilizadas a régua limnológica e o sensor ultrassônico os valores identificados podem ser observados e comparados na tabela 2.

Tabela 2. Medidas de profundidade adquiridas por meio da régua limnológica e o sensor ultrassônico.

Profundidade (m)		
Pontos	Régua Limnológica	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

Os valores para profundidade também foram satisfatórios tendo em vista que no ponto 1 tanto a régua quanto o sensor ultrassônico mostraram a mesma medida. Nos demais pontos a variação foi mínima de 0,01 o que torna o sensor ultrassônico assim como o sensor fluxo de água utilizáveis para dar sequência ao desenvolvimento e aperfeiçoamento do protótipo.

Quando o protótipo de medidor de vazão é inserido na água, o Arduino trabalha e através dos códigos desenvolvidos pelo outro aluno, os valores são processados nos dando a vazão em tempo real.

Como mencionado anteriormente, uma melhoria pra torna-lo totalmente automático é a necessidade da medição da largura automaticamente, assim como foi feito com a profundidade e velocidade. Como isso ainda não foi desenvolvido, com a régua limnológica foi feita a medição da largura do Rio que foi de aproximadamente dois metros (2m) inseriu-se esse dado ao código e então obteve o valor da vazão de 0,8763 m³/s no display conforme a figura 13.

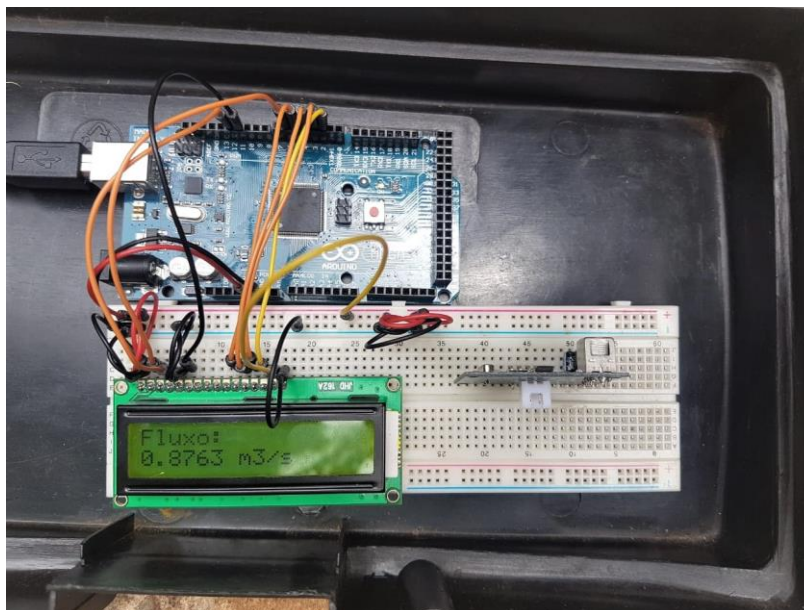


Figura 13: Vazão calculada através dos códigos de programação pelo Arduino e demonstrada no display.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2019.

Para validar com maior ênfase esse dado, a vazão foi calculada manualmente através dos dados obtidos da régua limnológica e o micromolinete hidrológico, onde a vazão foi igual $0,88 \text{ m}^3/\text{s}$.

Por mais que se teve variações entre o sensor de profundidade e a régua limnologia e o mesmo ocorreu para o sensor de velocidade e micromolinete essa variação foi mínima, resultando assim em um resultado satisfatório.

4.3 APRIMORAMENTO PARA MELHOR DESEMPENHO DO PROTÓTIPO.

A construção, desenvolvimento e funcionamento do protótipo obtiveram resultados satisfatórios. Porém através dos testes realizados no Rio Alegria, notou-se a necessidade de mudança na disposição do sensor ultrassônico utilizado para medir a profundidade. Na haste feita para acoplá-lo apresentou-se um inconveniente, ela ficou muito comprida em relação ao corpo do protótipo, no qual em sua base está fixado o sensor de velocidade, esta observação pode ser melhor compreendida pela figura 11.



Figura 14: Haste de acoplamento do sensor ultrassônico.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2019.

A diminuição dessa haste que acopla o sensor ultrassônico foi considerada visto que a mesma poderia ocasionar uma discrepância dos resultados entre os dois sensores. Para a obtenção de dados ainda mais satisfatórios deverá ser levado em consideração a diminuição desta haste, ela precisará ser trazida para mais perto do corpo do protótipo, fazendo com que o ponto aonde será coletado os dados para velocidade seja o mais próximo possível para a profundidade, tendo um cuidado para que a haste principal que comporta o equipamento não desvie o sinal ultrassônico enviado pelo sensor responsável por medir a profundidade alterando esse resultado.

A velocidade do fluxo de água no rio foi medida apenas no ponto 2, justamente por este ter apresentado uma correnteza, e tanto o protótipo quanto micromolinete serem capaz de ler esse dado.

Sabe-se que a vazão é diretamente proporcional a velocidade pela equação da continuidade, a presença de redemoinhos e remansos pode interferir na medição desta variável (SANTOS et al. 2001). Por conta destas variações no processamento dos dados pode-se concluir que uma medição em todos os pontos tornaria o estudo ainda mais confiável e efetivo.

Uma problemática que pode ser percebida cada vez mais é a menor capacidade de autodepuração dos rios e uma das consequências é a diminuição da vazão pelo aumento do uso da água (FLECK, 2014). Há atrelada a essa problemática a dificuldade de leitura de vazão, tendo em vista que a grande maioria dos equipamentos de medição de vazão utilizados não são precisos para pequenas

profundidades.

Outro aprimoramento que deve ser levado em consideração foi na automatização da leitura do canal. Houve dificuldades em encontrar uma maneira de automatizar a captação pra medida da largura da sessão em estudo, como a finalidade e objetivo do equipamento é ser automatizado aqui seria um ponto a ser melhorado.

Tendo em vista a finalidade do equipamento em ser algo inovador, tanto na questão da automatização quanto no custo, e ainda nos estudos ambientais. Através de Araújo (2003), entende-se a importância dessa busca por algo novo, que abrange o tema meio ambiente e o avanço da legislação pertinente, como um crescimento publicamente importante, possibilitando assim a necessidade da elaboração de cenários resultantes, desenvolvidos por estudos prévios, cenários estes que apresentariam antecipadamente os impactos ambientais decorrentes da intervenção a ser proposta. Com isto fica evidente a importância do segmento potencial de desenvolvimento tecnológico que ainda está em falta, trazendo aos engenheiros grandes oportunidades na área de desenvolvimento e de inovações tecnológicas aos processos e parâmetros da dinâmica ambiental.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos conclui-se que o protótipo funciona e atende os requisitos esperados, como ter um baixo custo de confecção, de simples entendimento e funcionamento, além disso por meio da prospecção ele é um equipamento que pode ser aprimorado tornando-se ainda mais eficaz.

Os resultados baseados nos sensores foram satisfatórios pois os resultados obtidos por meio dos métodos comparativos e utilizados como referência que foi o micromolinetete para medir a velocidade e a régua para medir a profundidade ficaram muito próximos e quando testado para medir o valor da vazão os valores se igualaram tornando o equipamento eficiente para o uso.

Porém por mais que os resultados foram positivos por meio dos testes foi possível observar também que alguns ajustes seriam importantes e necessários, como o encurtamento da haste do sensor ultrassônico e a medição automatizada da largura do canal para torna-lo então um equipamento inovador e de maior confiabilidade

O trabalho em questão objetivou a questão da inovação tecnológica tendo em vista que projetos de cunho tecnológico e inovação estão cada vez mais sendo desenvolvidos pois tem se buscado além disso a redução de custos atrelando-se a confiabilidade e ainda a uma gestão ambiental/econômica/social sustentável.

6 REFERÊNCIAS

Alves, R. M. S.; Armando L. C., Pinto, M. C.; Sampaio, F. F. & Elia, M. F. **Uso do Hardware Livre Arduino em Ambientes de Ensino-aprendizagem**. Jornada de Atualização em Informática na Educação, v. 1, n. 1, p. 162- 187, 2013.

AMAZON. **Arduino Mega 2560 VER 3 [A000067]**. Disponível em: <www.amazon.com/ARDUINO-MEGA-2560-REV3-A000067/dp/B0046AMGW0>. Acessado em: 02/07/2019.

ANDRADE, L. N. **Autodepuração dos corpos d'água. Programa de pós-graduação em engenharia ambiental, UFES – Vitória, ES, Brasil. 2010.**

ANDRADE, L. A. et all. **Estudo Comparativo dos Métodos de Medição de Vazão – Uma Aplicação em Comissionamento de Turbinas Hidráulicas. 2014.**

ARAÚJO, A. M. **Desenvolvimento de Equipamento para Medir a Vazão de Arrasto em Bancos de Arreia de Estuários Rasos. UFPE – Recife, Pernambuco. 2003.**

AutoCore Robótica. **Sensor Ultrassônico JSN-SR04T a Prova D'água V2.** Disponível em: <<https://www.autocorerobotica.com.br/modulo-sensor-ultrassonico-jsn-sr04t-a-prova-dagua-v2>>. Acessado em: 23/06/2019.

BANZI, M. e SHILOH, M. **Primeiros Passos com o Arduino. 2ª edição, ISBN 978-85-7522-435-9, Novatec Editora Ltda. São Paulo, 2015.**

BARRETO, L. V. et all. **Estado Trófico em uma seção do rio Catolé Grande sob Diferentes Níveis de Vazão.** Revista Ambiental e Água. Vol 9. N2. Taubaté 2014.

BORTOLUZZI, L. N. FERNANDEZ, O. V. Q. **Medição Da Vazão Líquida Em Pequenos Cursos D'água De Marechal Cândido Rondon (PR).** Universidade do Oeste do Paraná (Unioeste), 2008.

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.

CASSIOLATO, C. ORELLANA, E. **Medição de vazão**. Artigo disponível em: <<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index40.html>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

COELHO, Z. B. **Avaliação de Técnicas e Métodos de Hidrometria na Estação Fluviométrica**. São Ludgero, SC. Criciúma, 2011.

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

CORRÊA, I. C. S. **Metodologia para Cálculo de Vazão de uma Seção Transversal a um Canal Fluvial**. Seminário Anual de Pesquisas Geodésicas na UFRGS. Porto Alegre – RS, 2007.

DAI, **Medidor de fluxo de canal aberto automatizado**. Classificação: internacional: G01F1 / 00; G01F23 / 00; G01N29 / 02; (IPC1-7): G01F1 / 00; G01F23 / 00; G01N29 / 02 cooperativo: Número do pedido: CN1986206999U, Número (s) de prioridade: CN1986206999U, CHONGQING HYDROLOGIC INSTRUMENT PLANT, MINISTÉRIO DA CONSERVAGEM DE ÁGUA E PODER CHONGQING, SICHUAN, Resumo do CN86206999 (U), Marcador de página CN86206999 (U) 1986.

DELMÉE, G. J. **Manual de medição de vazão**. 3.ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda. 2003.

FLECK, L. **Modelagem Matemática da Cinética da Decomposição Aeróbia da Matéria Orgânica**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – Campus Cascavel. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Cascavel – PR. 2014.

FILHO, M. C. Freitas, A. R. Silva, S. C. F. Souza E. L. Tratz, E. B. **Hidrometria aplicada: medição de vazão da seção 2 do rio Cascavel**. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais* V.5 n.2, Guarapuava (PR). 2009.

Garcez L. N e Alvarez G. A, **Hidrologia**. 2ª edição, ISBN 978-85-212-0169-4, Editora Bluncher, São Paulo, 1988.

GRISON, F. **Uso do ADCP como Ferramenta de Apoio no Traçado e Extrapolação de Curva-Chave na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (SC). 2008.

GOMES, J. SANTOS, I. **Análise Comparativa de Campanhas de Medição de Descarga Líquida Pelos Métodos Convencional e Acústico**. XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 1999.

HUANG LI; YING J., ZHANG Y; XIE M. **Sistema de medição de hidrologia do tipo de navio do mar raso**. Classificação: internacional: B63B35 / 00; G01C13 / 00 cooperativo Número do pedido: CN20152244500U; CN20152244500U, Resumo do CN204705349 (U), HANGZHOU OCEAN ENGINEERING SURVEY DESIGN AND RES INST ESTADO ADMINISTRAÇÃO OCEANICA CHINA Marcador de página CN204705349 (U) – 2015.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL - INPI. Guia básico: patentes. 2013. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/portal/artigo/guia_basico_patentes>. Acessado em: 11/06/2019.

KANG; YANG, MAO, **Medidor de profundidade ultrassônico portátil**. Classificação: internacional: G01B17 / 00; (IPC1-7): G01B17 / 00 cooperativo: Número do pedido: CN1989204930U. Número (s) de prioridade: CN1989204930U, HYDROLOGIC GENERAL STATION SIC, Resumo de CN2053327 (U), Marcador de página CN2053327 (U), 1989.

KOJI; SHIGEO; YUJI; TOMOJI. **Método de hidrometria**. Classificação: internacional: G01F1 / 708; G01N15 / 06; G01N21 / 49; (IPC1-7): G01F1 / 708; G01N15 / 06; G01N21 / 49 cooperativo: Número do aplicativo: JP20030271097. Dossiê Global Número (s) de prioridade: JP20030271097. TOHO CHISUI KK. Resumo de JP2005030929 (A). Marcador de página JP2005030929 (A), 2003.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MALDONADO, L. H. WENDLAND, E. C. PORTO. R. M. **Avaliação de métodos de baixo custo para medição de vazão em córregos.** Revista Ambiente e Água. Vol.10 N.2 Taubaté. 2015.

MARTINAZZO, C. A.; TRENTIN, D. S.; FERRARI, D.; PIAIA, M. M.; Arduino: **Uma tecnologia no ensino de física.** Perspectiva, Erechim. v. 38, n.143, p. 21-30, setembro/2014. Disponível em: http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/143_430.pdf. Acessado em: 30/09/2019.

MASATO; UKINORI; AKIHISA, **Aparelhos de entrada e recepção de onda ultrassônica e flutuador ultrassônico.** Classificação: internacional: G01F1 / 66; H04R1 / 02; H04R1 / 06; H04R3 / 00 cooperativo: Número do aplicativo: JP20060020270 Dossiê Global Número (s) de prioridade: JP20060020270, Também publicado como: JP4582011 (B2) MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD, Resumo de JP2007201992 (A), Marcador de página JP2007201992 (A). 2006.

MATVEYEVICH; ALEXANDROVICH; ALEKSANDROVNA; MAZURKIN, VERETELNIK D.AKOZHINA. **Método de medição da velocidade do fluxo.** Classificação: internacional: G01P3 / 40; (IPC1-7): G01P3 / 40 cooperativo: Número do aplicativo: RU20040102546 Número (s) de prioridade: RU20040102546. Também publicado como: RU2257589. Resumo de RU2257589 (C1) MARI STATE TECHNICAL UNIVERSITY (RU), Marcador da página RU2004102546 (A). 2004.

MELANCIA, André. PEARCE Adrian. 2016. **Introdução ao Arduino.** Disponível em: <<https://www.revista-programar.info/tag/arduino/>>. Acessado em: 20/05/2019.

MBOCHKAREV., YAKOVLEVICH; BOCHKAREV, CHESLAVOVICH - **Medidor eletrolítico de velocidade de corrente líquida.** Classificação: internacional: G01F1 / 708; G01P5 / 00; G01P5 / 20; (IPC1-7): G01P5 / 00cooperativo: Número da aplicação: RU20020119961 Número (s) de prioridade: RU20020119961, também publicado como: RU2230328 (C2),

MOTA, A. O.; MOURA, A. R.; BATISTA, P. V. C.; LIMA, J. F.; **O Uso de Plataforma de Prototipagem eletrônica Open Source na Automação: O Caso do Acesso aos Laboratórios de Informática do IFNMG Campus Januária.** XIII SEGet Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2016.

OLIVEIRA, E. CALLÈDE, J. FILIZOLA, N. GUIMARÃES, V. GUYOT, J. L. **O Uso do ADCP (Correntômetro de Perfilagem Acústica por Efeito Doppler) Para Medições de Vazão e Estimativa do Fluxo de Sedimentos nos Grandes Rios da Bacia Amazônica.** XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 1997.

OROZCO; PÉREZ; NÁJERA; BARRÓ. **Sistema de medição do fluxo a base de ultrassônico.** Classificação: internacional: G01F1 / 66 cooperativo: Número da aplicação: MX20120007764 Número (s) de prioridade: MX20120007764 Também publicado como: MX345919 (B); Resumo de MX2012007764 (A) CT DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL I P N; Marcador de página MX2012007764 (A) 2012.

Plano Municipal de Saneamento Básico, PMSB – Medianeira Paraná, 2018. Disponível em: <https://www.medianeira.pr.gov.br/Leis/pmsb/produto_final.pdf>. Acessado em: 03/10/2019.

PLONSKI, G. A. **Bases para um movimento pela inovação tecnológica no Brasil.** São Paulo Perspec. vol.19 no.1 São Paulo. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010288392005000100002&script=sci_arttext&tlng=es>. Acessado em: 27/05/2019.

RIBEIRO, I. S. SOUZA, M. S. NOVAES, G. M. NAZARÉ, T. B. **A plataforma Arduino: Princípios de funcionamento e demonstração prática com um controlador de ventiladores.** VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, PR. Brasil. 06 a 08 de dezembro de 2017.

ROBOCORE. **Sensor de Fluxo de Água.** [2017]. Disponível em: <<https://www.robocore.net/loja/sensores/sensor-de-fluxo-de-agua>> Acessado em: 21/06/2019.

Santos, I.; Fill, H. D.; Sugai, M. R. B.; Buda, H.; Kishi, R.; Marone, E.; Lautert, F. L. **Hidrometria aplicada.** Curitiba: LACTEC (Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento Centro Politécnico). 2001.

SETTI, A. A. LIMA, J. E. F. W. CHAVES, A. G. M. PEREIRA, I. C. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos.** 2ª ed. – Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2001.

SHAO X; MA X; YANG B, **Hidrômetro de onda ultrassônica baseado em FPGA**. Classificação: internacional: G01N9 / 24 Cooperativa: Número do pedido: CN201621154244U; Número (s) de prioridade: CN201621154244U; TIANJIN SINO-GERMAN UNIV DE CIÊNCIAS APLICADAS , Marcador da páginaCN206132552 (U) 2016.

SILVA, E. L. LIMA, E. R. SANTOS, J. C. DINIZ. L. S. **Modelagem Ambiental Aplicada ao Riacho Mussuré-PB**. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande, 2016.

TAIRA, D. P. SIQUEIRA, F. M. F. **Prototipagem Utilizando Plataforma Arduino para Sistema de Controle de Nível**. Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ, 2018.

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.

VELHO, L. **O Papel da formação de pesquisadores no sistema de inovação. Ciência e Cultura**. vol.59 no.4 São Paulo, 2007.

VLADIMIROVICH; MIKHAILOVICH, **Hidrômetro**. Classificação: internacional: G01N9 / 12 cooperativo: Número do aplicativo: RU20070116867 Número (s) de prioridade: RU20070116867; Resumo de RU2343451 (C1); ZUBAREV NIKOLAJ VLADIMIROVICH [RU]; FADIN IGOR MIKHAILOVICH [RU]; Marcador da página RU2343451 (C1) 2007.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2005.

ZHANG G; JIAN O; TANG L; PENG Y; ZHANG D; MO S; TANG J; GAN J; LIU M; ZHANG L; XIE K; FENG K; FU C; ZHANG W; HAN K. **Bóia de observação de direção de fluxo impermeável e à prova de vento**. Classificação: internacional: B63B22 / 00 cooperativo: Número do pedido: CN20132780940U, Número (s) de

prioridade: CN20132780940U Resumo de CN203652071 (U), CHANGJIANG WATERWAY SURVEY CT Marcador de página CN203652071 (U), 2013.