

DESNVOLVIMENTO DE SENSOR DE VAZÃO DE BAIXO CUSTO COM MONITORAMENTO EM TEMPO REAL PARA MEDIDAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL

Pedro Coelho Tagliaferro (IC)¹, Prof. Marina Batalini de Macedo (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Bâscula. Biorretenção. Pluviógrafo. Sensor

Introdução

O processo de urbanização desordenada gera efeitos diversos em sistemas. A expansão das cidades é responsável por alterações expressivas no meio ambiente, principalmente no ciclo hidrológico por conta de mudanças nos cursos d'água e bacias hidrológicas. Para mitigar tais efeitos, existem as chamadas soluções baseadas na natureza (SbN), que buscam trazer biodiversidade e benefícios tanto ao ambiente quanto às pessoas que estão ali inseridas (PEREIRA *et al.*, 2021). Uma dessas SbN é conhecida como célula de biorretenção. Células de biorretenção são espaços projetados para o manejo e filtragem de água da chuva utilizando de sistemas naturais encontrados em plantas, no solo e em seus agentes (DUNNETT; CLAYDEN, 2007).

Um dos dados importantes para este tipo de sistema é volume de chuva, com isso em mente, o projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um sensor de vazão de baixo custo com monitoramento em tempo real para medidas de drenagem sustentável.

Para o desenvolvimento, diversas técnicas foram utilizadas para a fabricação de um protótipo funcional. Inicialmente, foram projetadas as peças de acordo com o dimensionamento da balsa, a parte física foi montada com peças impressas em uma impressora 3D com filamento de ABS, componentes comerciais, como eixo, sensor de efeito hall e rolamentos foram utilizados para completar a montagem. Além disso, foi desenvolvida uma rotina em um sistema embarcado para a leitura da vazão, implementada em um Arduino UNO R3.

Metodologia

Este projeto de pesquisa envolve o desenvolvimento completo de um pluviógrafo basculante para monitoramento de vazão. O processo iniciou-se com o dimensionamento da balsa, baseado nas requisições de uma célula de biorretenção. A partir deste elemento foi possível elaborar as outras peças para a confecção de um protótipo funcional.

No total, foram projetadas e fabricadas nove peças para a montagem completa do sensor. Todos os componentes foram impressos em uma impressora 3D Creality K1, utilizando filamento ABS. Também foram utilizados elementos comerciais que são: dois rolamentos, um eixo, uma barra rosca, um sensor de efeito hall, porcas e arruelas.

Além da montagem mecânica, foi desenvolvido um programa embarcado para realizar o cálculo de vazão inerente a este tipo de pluviógrafo. O cálculo é baseado na contagem de inversões da balsa em razão de um determinado tempo. Com a taxa de inversões por intervalo de tempo, podemos utilizar o volume do recipiente e estimar a vazão. O programa foi implementado em uma placa Arduino UNO R3.

Com o protótipo em mãos iniciou-se o processo de teste e calibragem. Para tal, foi montado um arranjo apresentado na imagem abaixo:

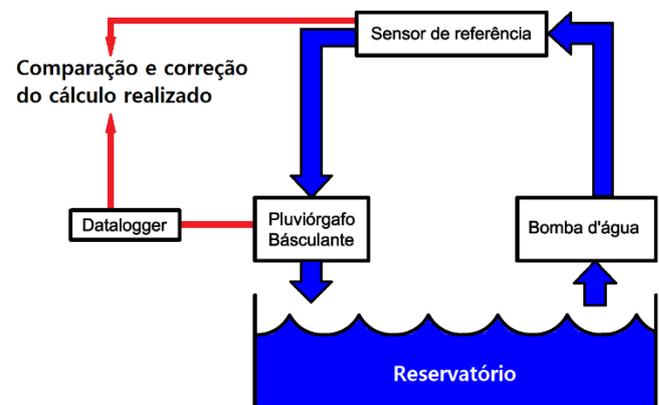


Figura 1 – Esquema para teste e calibragem.



Figura 2 – Dispositivo em fase de teste.

Os testes realizados permitiram a coleta de dados utilizados na calibração e atualização da rotina embarcada.

Resultados e discussão

O processo de teste inicial gerou os seguintes resultados na comparação entre o sensor de referência e o protótipo:

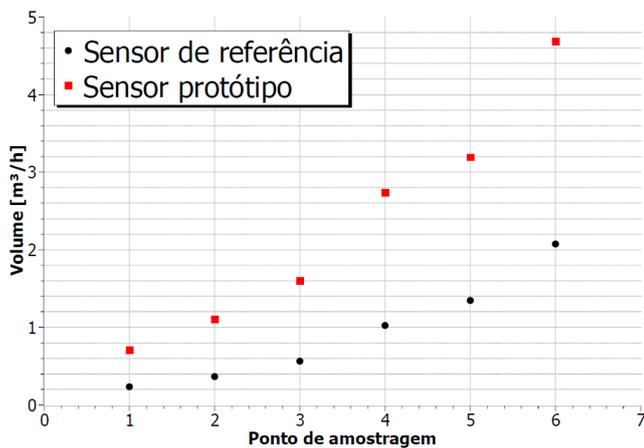


Figura 3 – Pontos de vazão do primeiro teste.

Percebe-se uma discrepância entre os dados do protótipo e os dados de referência. Após uma atualização do *software* de condicionamento do sinal, obteve-se o seguinte comportamento:

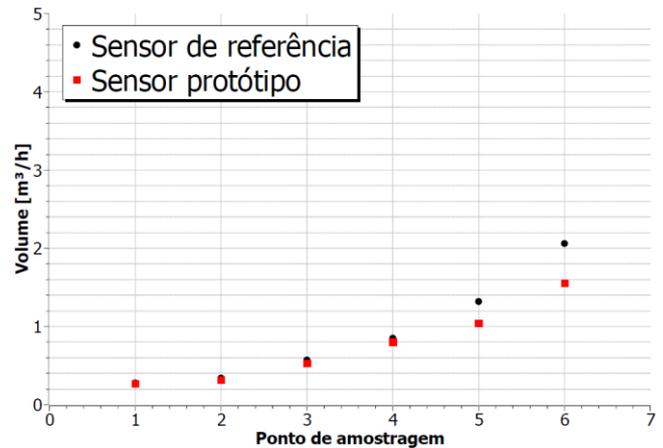


Figura 4 – Pontos de vazão do segundo teste.

Observa-se uma aproximação nas medições, principalmente em vazões menores. Entretanto, a diferença aumenta nos pontos de maior vazão, chegando a 0,5 m³/h (equivalente a 24,23% da vazão medida). Tal comportamento é inerente a este tipo de pluviógrafo, conhecido como efeito cinético (SCHWAMBACK, 2022).

Também foi feito um teste nos pontos de menor vazão, onde o dispositivo apresenta melhor resposta.

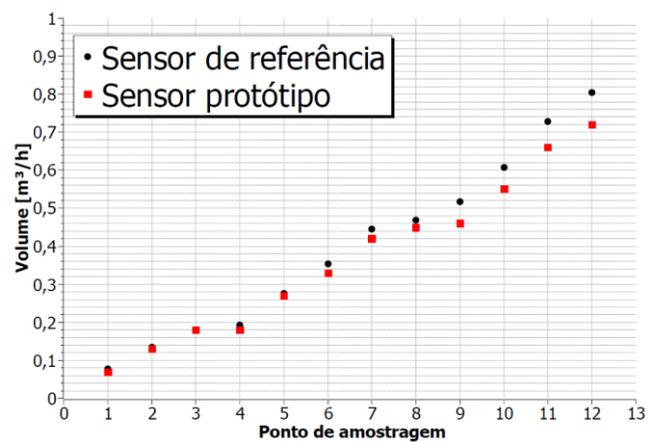


Figura 5 – Pontos de vazão do terceiro teste.

Na faixa entre 0,080 m³/h e 0,806 m³/h, o equipamento mostrou diferença máxima de 0,088 m³/h (erro encontrado no pior caso, representando 10,97% de diferença), com o desvio médio registrado foi de 0,031 m³/h.

Conclusões

Os resultados indicam que o pluviógrafo basculante desenvolvido tem a capacidade de realizar o monitoramento da vazão com precisão dentro de 10%

faixa de 0,080 m³/h a 0,728 m³/h. Foi notado que, por conta de característica discreta do sistema, existem faixas de transição entre os valores que podem gerar discrepância entre a vazão real e a medida.

Em relação ao custo, foram calculados os volumes das peças impressas e consultado o preço do filamento utilizado. Para peças comerciais, utilizou-se o valor descrito na hora da compra, desconsiderando o frete.

Segue a tabela de preço estimado com este projeto:

Componente	Preço
Báscula e estrutura impressa	R\$ 27,65
Ferragens	R\$ 70,50
Sensor e imã	R\$ 4,90
Total	R\$ 103,05

Tabela 1 – Preço dos componentes.

Observando a distribuição do preço total, percebe-se que as ferragens são responsáveis pela maior parte do custo, principalmente por conta do par de rolamentos utilizados, que custaram R\$15,00 cada.

As opções de mercado do mesmo equipamento têm preços que variam em torno de R\$500,00, podendo chegar a R\$800,00, o que enquadra o protótipo desenvolvido como de baixo custo.

Agradecimentos

À professora Marina Batalini de Macedo por seu trabalho como orientadora e ao professor Danilo Henrique Spadoti pelo suporte ao longo deste projeto.

À Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) pela oportunidade de conduzir esta pesquisa, especialmente ao Laboratório de Telecomunicações e Internet das Coisas (LabTel & LaIoT) e a todos os seus integrantes, cuja infraestrutura e apoio técnico foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Além disso, expresso minha gratidão ao Laboratório de Etiquetagem de Bombas (LEB) pelo apoio e pela colaboração.

Referências

DUNNETT, N.; CLAYDEN, A. **Rain Gardens**: managing water sustainably in the garden and designed landscape. 1. ed. Oregon, Portland, 2007.

MERCADO LIVRE. **Pluviômetro automático PL1**, abrigo externo para sensores, ideal para Arduino e etc. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1302025394-pluvimetro-automatico-pl1-abrigo-externo-p-sensores-ideal-p->

[_JM?matt_tool=18956390&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1302025394-pluvimetro-automatico-pl1-abrigo-externo-p-sensores-ideal-p-arduino-e-etc-_JM?matt_tool=18956390&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic). Acesso em: 26 set. 2024.

PEREIRA, Maria Cristina Santana; GOBATTI, Lucas; SOARES, Mariana Corrêa; LEITE, Brenda Chaves Coelho; MARTINS, José Rodolfo Scarati. Soluções baseadas na natureza: quadro da ocupação da cidade de São Paulo por células de biorretenção. **Revista LABVERDE**, São Paulo, Brasil, v. 11, n. 1, p. 95–120, 2021. DOI: 10.11606/issn.2179-2275.labverde.2021.189292. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/189292>. Acesso em: 23 set. 2024.

SCHWAMBACK, Dimaghi; ANACHE, Jamil A. A.; WENDLAND, Edson C. Calibration and error investigation of large tipping bucket flow meters. **CATENA**, Holanda. v. 209, Part 2, Fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105834>. Acesso em 23 set 2024

USINA INFO. **Pluviômetro de báscula digital Arduino para estação meteorológica**. Disponível em: https://www.usinainfo.com.br/estacao-meteorologica-arduino/pluviometro-de-bascula-digital-arduino-para-estacao-meteorologica-pb10-4637.html?gad_source=4&gclid=Cj0KCQjwjNS3BhChARIsAOxBM6rLiP9sq1dmiLkayg-9nOK9iFZI2Q7OpBa5Y4u1LK5HHTwsgenySTAaAgAxEA Lw_wcB. Acesso em: 26 set. 2024.

USINA INFO. **Pluviômetro profissional de báscula com abrigo meteorológico e sensor DHT22**. Disponível em: https://www.usinainfo.com.br/estacao-meteorologica-arduino/pluviometro-profissional-de-bascula-com-abrigo-meteorologico-e-sensor-dht22-pl-1-8773.html?gad_source=4&gclid=Cj0KCQjwjNS3BhChARIsAOxBM6p7RHxHizNYN5un19Z0lieaj8ta_BVUx2gkRz_m6lKh66kZlGmKy10aAqkFEALw_wcB. Acesso em: 26 set. 2024.