



# APLICAÇÕES EM ARDUINO EM UMA BANCADA HIDRÁULICA DE TESTES NA BUSCA DE CORRELAÇÕES ENTRE RUÍDO E VAZÃO DE VAZAMENTOS

**Palavras-Chave:** CONTROLE DE PERDAS, VAZAMENTOS, ARDUÍNO

**Autores(as):**

VICTOR COSTA SILVA FECFAU – UNICAMP

Prof. Dr. ANDRÉ LUIS SOTERO SALUSTIANO MARTIM (orientador), FECFAU – UNICAMP

---

## INTRODUÇÃO:

Vazamentos são indesejáveis nas redes de distribuição de água, pois tubos com vazamento são financeiramente caros tanto para concessionárias de água quanto para consumidores. A capacidade de detectar, localizar e quantificar vazamentos pode significar melhoria do serviço prestado.

A perda real ou física pode ocorrer durante todo o processo de produção, desde a captação, tratamento, reserva, até a distribuição da água ao público alvo. Porém, no sistema de distribuição e abastecimento o que caracteriza perdas reais são vazamentos na rede, vazamentos em ramais, e transbordamentos de reservatórios. Esses problemas ocorrem por diversos fatores, incluindo pressões muito altas na rede, sobrepressões nas tubulações, rupturas nas tubulações, entre outros (MOURA, 2004).

A identificação de vazamentos baseada na correlação do ruído do vazamento é um conceito simples, não intrusivo e uma abordagem fácil de implantar para monitorar a condição da instalação e é adequada para operação pontual ou contínua, mesmo em ambientes agressivos. (Glentis e Angeopoulos, 2019)

O vazamento, em que o fluido que escapa através de um orifício em uma tubulação danificada cria sinais acústicos, conhecidos como ruídos do vazamento. Muitas variantes desta técnica estão disponíveis hoje em dia. E a técnica consiste em estimar a diferença de tempo de chegada entre sinais de vazamento de ruído propagando-se na rede (TDOA do inglês: Time Difference of Arrival), que são coletados pelo uso de sensores acústicos colocados diretamente no tubo ou pela utilização de sondas metálicas nos casos em que a tubulação está inacessível.

## METODOLOGIA:

Para o desenvolvimento deste projeto será utilizada uma bancada hidráulica existente no laboratório da FECFAU Unicamp (LHMF), mostrada nas figuras 1 e 2. Os componentes presentes na bancada foram em sua maioria reutilizados de projetos anteriores do laboratório. Por haverem outros projetos simultâneos utilizando a mesma bancada, há alguns elementos obsoletos no escopo deste projeto presentes na montagem.

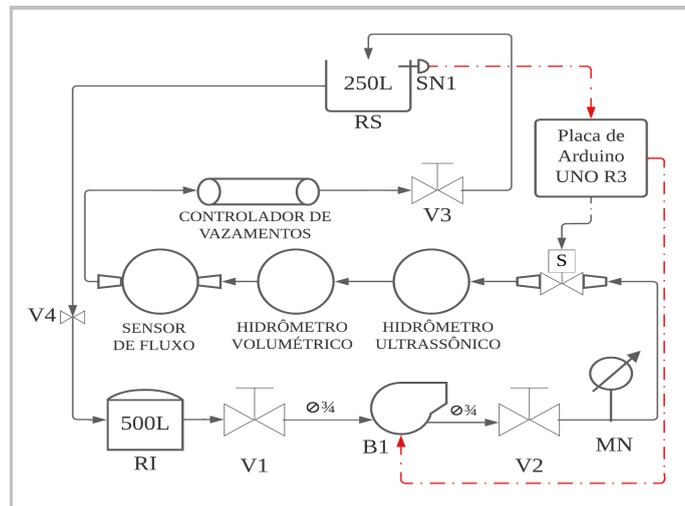


Figura 1 - Esquema da bancada montada no laboratório de Hidráulica da FECFAU

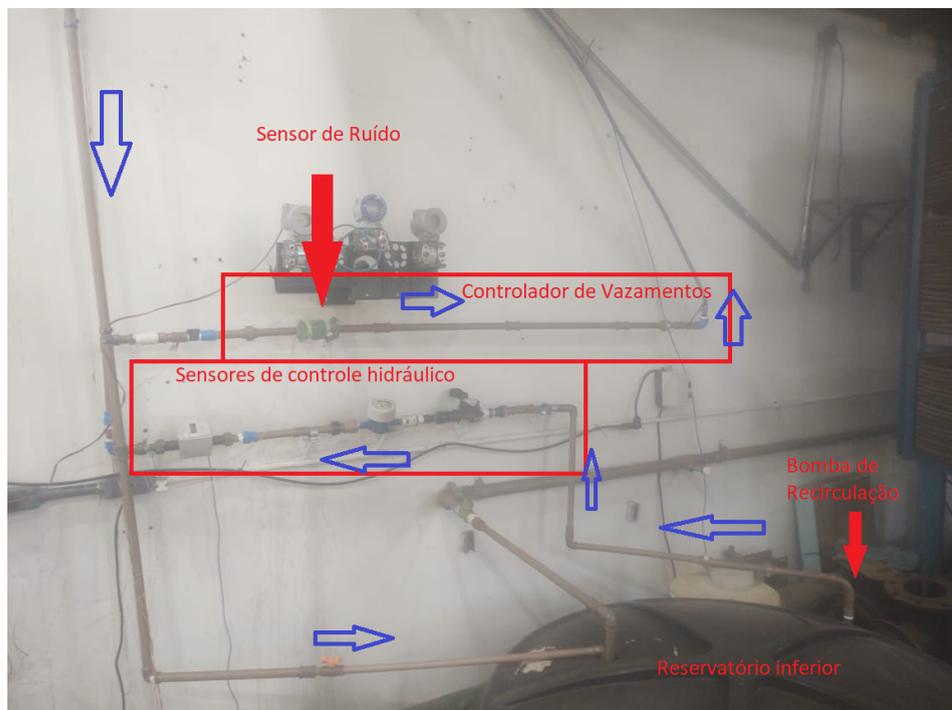


Figura 2 – Bancada Hidráulica de Testes

No Controlador de Vazamentos foi inserido um sensor de ruído (Grove Sound Sensor) e, a distâncias específicas deste, foram feitos furos de 1,5 mm para simular vazamentos que podem ser vedados independentemente através de luvas de correr. O esquema pode ser observado na Figura 3.

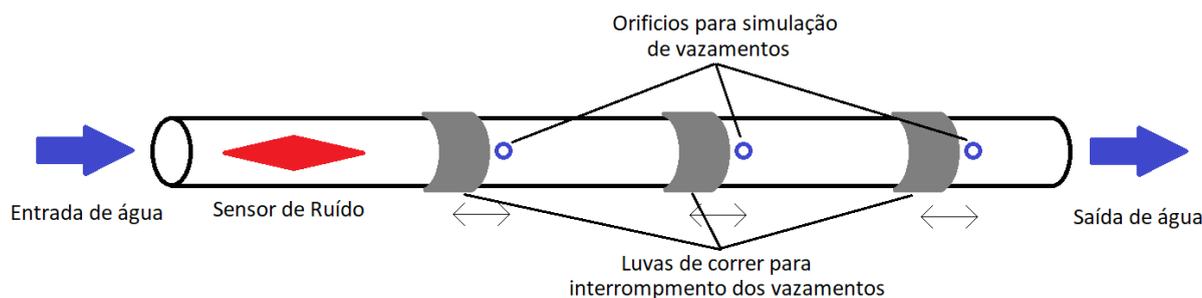


Figura 3 – Esquema para controlador de vazamentos.

O sensor foi conectado a uma placa ARDUÍNO UNO R3 que, utilizando uma modificação da programação indicada no site do sensor, fornece a intensidade do ruído na tubulação por um determinado período de tempo de tempo ajustável e definida como 2 segundos para as medições feitas. A programação utilizada está representada na Figura 4.

```

1  const int pinAdc = A0;
2  int n = 0;
3  long sum = 0;
4  const int T = 200;
5  void setup()
6  {
7      Serial.begin(115200);
8      Serial.println("Grove - Sound Sensor Test...");
9  }
10
11 void loop()
12 {
13     while(n>=T)
14     {
15         long sum = 0;
16         for(int i=0; i<32; i++)
17         {
18             sum += analogRead(pinAdc);
19         }
20         sum >>= 5;
21         Serial.println(sum);
22         delay(10);
23         n++;
24     }
25 }
26

```

Figura 4 – Programação do ARDUÍNO UNO para sensor Grove Sound.

Com isso, foi feita uma medição de controle, com todos os orifícios tampados, e três medições experimentais, cada uma com um dos vazamentos livres. Os valores foram tabelados e com cada um deles foi possível gerar um gráfico de intensidade sonora. A análise de resultados foi feita através da sobreposição destes, possibilitando uma comparação visual.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Podemos observar os resultados do que foi explicado anteriormente nos três gráficos abaixo, onde os furos 1, 2 e 3 se referem ao mais próximo do sensor, o intermediário e o mais distante do

sensor, respectivamente. Todos foram comparados com o teste de controle, rotulado nas figuras como “Base”.

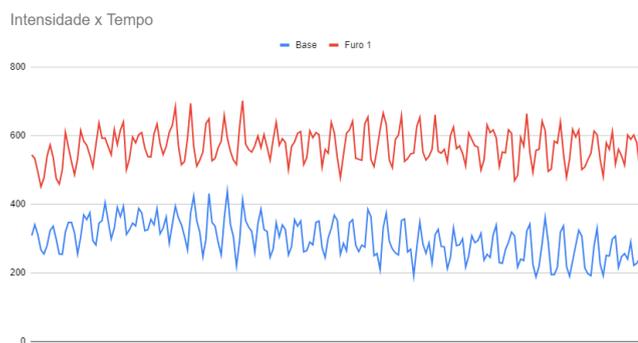


Figura 5 – Sobreposição de resultados referentes ao furo 1.

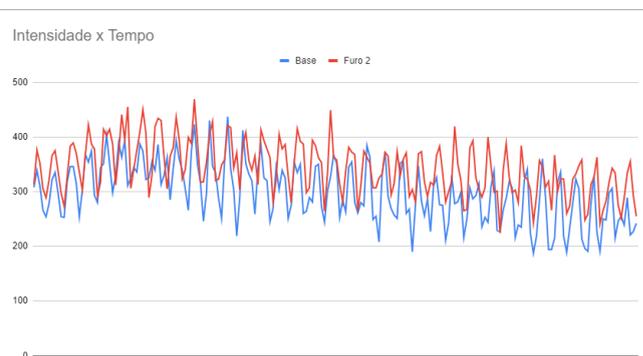


Figura 6 – Sobreposição de resultados referentes ao furo 2.

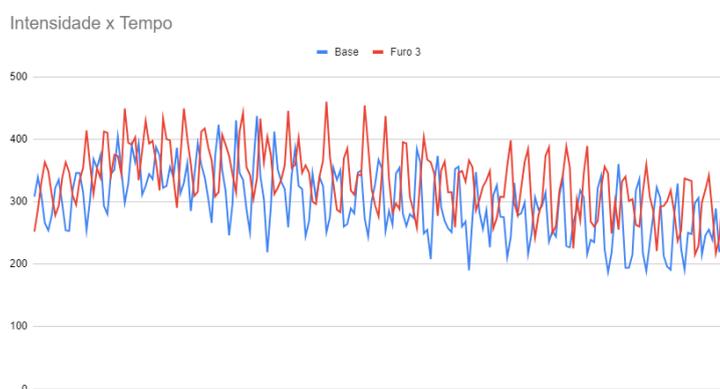


Figura 7 – Sobreposição de resultados referentes ao furo 3.

No gráfico do furo 1 podemos notar um aumento significativo em relação ao teste de controle, confirmando a consideração inicial de que os vazamentos geram ruídos perceptíveis na tubulação. Entretanto, nas figuras 6 e 7 podemos notar que com o aumento da distância entre o vazamento e o sensor houve uma queda substancial na diferença entre as intensidades sonoras. Isso indica que o ruído gerado não se propaga de forma excepcional por grandes distâncias.

Dito isso, outra análise feita demonstra que, apesar de a comparação entre o furo 2 e o controle não se mostrar tão acentuada quanto à feita com o furo 1, a primeira ainda se mostra mais visível do que a do furo 3, indicando uma relação contínua entre distância do orifício ao sensor e intensidade sonora do ruído.

## CONCLUSÕES:

Os resultados encontrados até então atendem o esperado e foram suficientes para gerar discussões válidas sobre o uso do sistema citado em aplicações práticas, entretanto outras medições ainda devem ser realizadas para verificar a constância dos resultados, considerando possíveis

mudanças nas condições de ensaio, como pressão atmosférica, temperatura ambiente, ruído ambiente de fundo, etc; que podem influenciar nos testes. É indicado também uma nova pesquisa para estudar a relação citada nos resultados e qual seria o limite prático de distância para uma aplicação segura e confiável dos métodos utilizados.

---

## BIBLIOGRAFIA

- SOBRINHO, Renavan Andrade; BORJA, Patrícia Campos. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n4/1809-4457-esa-21-04-00783.pdf>>. Acesso em: 10 de abril de 2018.
- Glentis, O. G. and Angelopoulos, K. 2019. Leakage detection using leak noise correlation techniques: overview and implementation aspects. In Proceedings of the 23rd Pan-Hellenic Conference on Informatics (PCI '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 50–57. DOI:<https://doi.org/10.1145/3368640.3368646>
- O. Hunaidi, W.T. Chu, Acoustical characteristics of leak signals in plastic water distribution pipes, Appl. Acoust. 58 (3) (1999) 235–254
- C. Xu, P. Gong, J. Xie, H. Shi, G. Chen, G. Song, An acoustic emission based multi-level approach to buried gas pipeline leakage localization, J. Loss Prevent. Proc. Industries 44 (2016) 397–404.
- C.W. Liu, Y.X. Li, Y.K. Yan, J.T. Fu, Y.Q. Zhang, A new leak location method based on leakage acoustic waves for oil and gas pipelines, J. Loss Prevent. Proc. Industries 35 (2015) 236–246.
- C. Liu, Y. Li, L. Fang, M. Xu, Experimental study on a de-noising system for gas and oil pipelines based on an acoustic leak detection and location method, Int. J. Pres. Ves. Pip. 151 (2017) 20–34.
- M.T. Hussels, S. Chruscicki, D. Arndt, S. Scheider, J. Prager, T. Homann, A.K. Habib, Localization of transient events threatening pipeline integrity by fiberoptic distributed acoustic sensing, Sensors (Switzerland) 19 (15) (2019).
- Zhongyu Hu \*, Salman Tariq, Tarek Zayed, *A comprehensive review of acoustic based leak localization method in pressurized pipelines*, Mechanical Systems and Signal Processing 161 (2021) 107994
- PEREIRA, Rodrigo Moura; SANDRI, Delvio; RIOS, Fernando A. R.; SOUSA, Daniel A. de O. Automation of irrigation by electronic tensiometry based on the arduino hardware platform. - Revista Ambiente & Água. (2020). DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2567>