



# MONITORAMENTO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA DETECÇÃO DE POSSÍVEIS VAZAMENTOS EM TUBULAÇÕES

**Palavras-Chave: MONITORAMENTO, SENSORES, VAZAMENTO**

**Autores:**

**THIAGO FEITOSA, FT – UNICAMP**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. TALÍA SIMÕES DOS SANTOS XIMENES (orientadora), FT – UNICAMP**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. LAURA MARIA CANNO FERREIRA FAIS (coorientadora), FT – UNICAMP**

**Prof. Dr. ANDRÉ LUIS SOTERO SALUSTIANO MARTIM (coorientador), FECFAU - UNICAMP**

---

## INTRODUÇÃO:

O intenso processo de urbanização e crescimento populacional ao longo dos anos tornou necessário um desenvolvimento rápido de infraestrutura, especialmente de sistemas de abastecimento de água potável, já que a população foi se instalando cada vez mais distante dos cursos d'água [1].

As aplicações dos sistemas de tubulações são variadas, abrangendo o transporte de água, petróleo, gás, além de efluentes. Para que todos os tipos de aplicações fossem contempladas, houve a necessidade de se avaliar o melhor material para cada tipo sistema, em função de sua extensão, diâmetro, fluido transportado, dentre outras variáveis [2].

Além das questões de custo-benefício do material, é importante considerar que, para a realização de medições em sistemas mecânicos é necessário entender como um objeto reage a diferentes estímulos ou forças. Quando esse objeto sofre alterações físicas como reação a essas forças, ocorre o processo de deformação, definida como a relação entre a variação de comprimento de um material e o seu comprimento original.

Com o avanço tecnológico, foi possível realizar a medição de deformações utilizando sensores, dentre eles, pode-se citar o strain gage, que é um dos mais eficientes, e se mostrou adequado para medir diversos tipos de deformações.

Em [3], é apresentado um estudo em que a medição das tensões é baseada diretamente na relação entre a resistência elétrica e o comprimento do fio do sensor.

O strain gage fornece em resposta à deformação um sinal elétrico que pode ter como base a resistividade, capacitância, indutância, ou ainda princípio óptico, mecânico ou fotoelétrico.

Para o desenvolvimento e análise foi aplicado um sistema funcional com 6 diferentes tipos de sensores que juntos coletam dados do curso do líquido em análise (neste caso água). Um protótipo operante que coleta dados e envia para uma página Web.

A Figura 1 mostra o esquema do sistema do projeto.



Figura 1: Esquema do sistema  
Fonte: Os autores.

## METODOLOGIA:

O sistema desenvolvido conta com duas placas microcontroladoras, que fazem o controle das leituras dos sensores. Uma das programações possíveis para sua utilização é a linguagem C++.

Além da placa microcontroladora, são utilizados sensores para detecção de possíveis vazamentos em tubulações que são: microfone de eletreto, turbidez e *strain gage*, além de monitoramento da vazão e temperatura da água.

Desenvolveu-se uma página web para visualização dos valores lidos pelos sensores em tempo real, além de um alarme sonoro (buzzer) caso seja detectado um possível vazamento ou ruptura. Para esse monitoramento utiliza-se um módulo Wi-Fi para transmissão dos dados. Antes da definição da utilização deste módulo, foram realizados testes de sinal com resultados satisfatórios e, com isso, descartou-se a possibilidade de utilizar um módulo GSM.

Em tubulações de água podem ocorrer rompimentos circunferenciais causados, por exemplo, pela tensão devido à contração térmica ou também esforços de tensão de ruptura por flexão da tubulação devido ao movimento diferencial do solo ou aos vazios dos solos ou ainda devido à interferência de agentes externos [4] e [5].

Assim, para gerenciamento das redes de abastecimento é necessário o desenvolvimento de modelos de previsão de ruptura confiáveis para avaliar a vulnerabilidade das tubulações e assim, adotar medidas para que se possa evitar possíveis rupturas [6] e para o desenvolvimento de modelos confiáveis está sendo usado resultados obtidos em medições diretas de deformação utilizando o *strain gage*.

A instalação do sensor segue a sugestão de [7] em que existem três orientações de sensores mais comuns usadas em dutos, que são: (1) circunferencial (2) longitudinal (axial), e uma última, mais aplicada a fibras, que é (3) a disposição helicoidal (espiral).

A Figura 2 ilustra a disposição em uma tubulação com um rompimento.

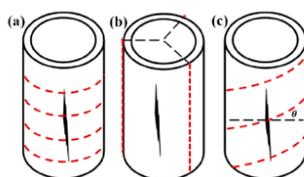


Figura 2: Distribuição de sensores em tubulações  
Fonte: [7]

Por fim, será necessária uma alimentação para o sistema eletrônico a ser embarcado no sistema, quando for inserido o sistema completo na rede do laboratório de hidráulica para validação do projeto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A linguagem utilizada para a construção da página foi o HTML (Linguagem de Marcação de Hipertexto). As Figuras 3 e 4 ilustram telas da página desenvolvida, mostrando os dados coletados em tempo real dos sensores.



Figura 3: Dados em tempo real dos sensores  
Fonte: Os autores

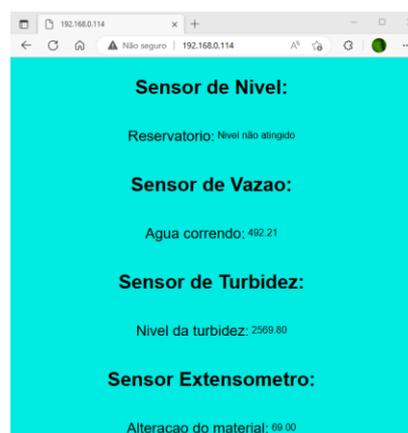


Figura 4: Dados em tempo real dos demais sensores  
Fonte: Os autores.

Para a construção do protótipo foram utilizados dois recipientes de plástico que juntos simulam o ambiente real do transporte do líquido em questão (neste caso água) de um recipiente a outro. Nas Figuras de 5 a 11 é possível ver o andamento do projeto com uma enumeração detalhada da localização de cada sensor colocado no protótipo desenvolvido.

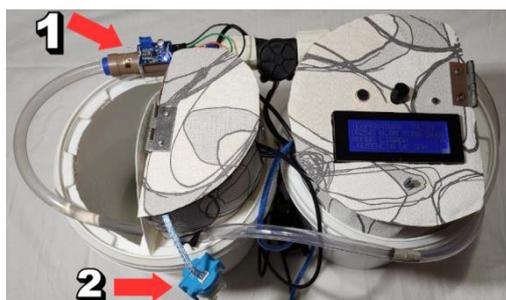


Figura 5: Em 1: strain gage; 2: sensor de turbidez  
Fonte: Os autores

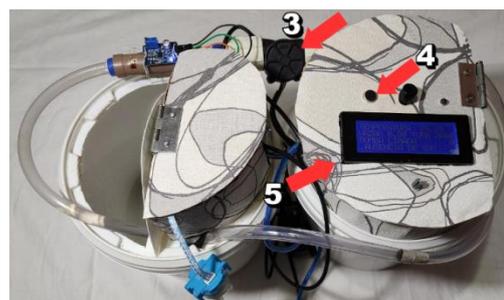


Figura 6: Em 3: sensor de vazão; 4: sensor de som; 5: display LCD  
Fonte: Os autores.

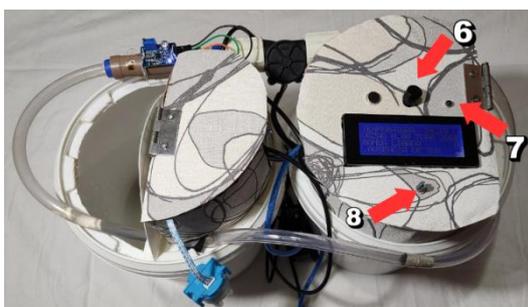


Figura 7: Em 6: buzzer; 7: led; 8: potenciômetro para controle da luz do LCD  
Fonte: Os autores

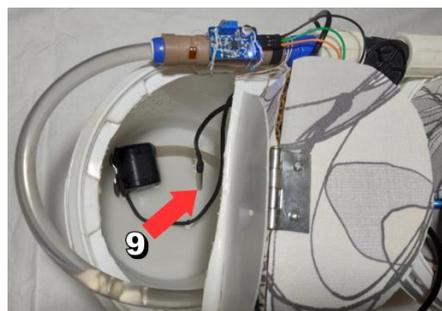


Figura 8: Em 9: sensor de temperatura  
Fonte: Os autores.



Figura 9: Em 10: sensor de nível tipo bóia  
Fonte: Os autores



Figura 10: Em 11: 1ª bomba d'água  
Fonte: Os autores

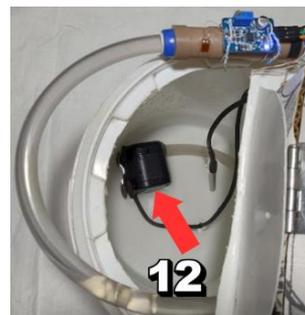


Figura 11: Em 12: 2ª bomba d'água  
Fonte: Os autores.

O ciclo desenvolvido possibilita que a água passe por cada sensor e desenvolva (colete) a ação e o impacto que este desenvolve no ambiente e ou material, gerando um dado que é disposto de forma remota em uma página Web por meio de transmissão com o Wi-Fi.

É importante demonstrar e averiguar que temos à disposição um display LCD, que disponibiliza em tempo real dados da temperatura, vazão, turbidez, se a 1ª bomba d'água está ligada ou desligada e presença de som no ambiente. A Figura 12 mostra a tela do LCD com estes dados citados.



Figura 12: Dados do display LCD  
Fonte: Os autores.

## CONCLUSÕES:

Os objetivos estão concluídos com êxito, aplicando propostas de monitoramento de redes de abastecimento de água para detecção de possíveis vazamentos em tubulações, por meio de uma página web. Diversos conhecimentos foram adquiridos e agregados. Uma vez que tal projeto desperta e intensifica o processo de aprendizagem, englobando valores, competências, conhecimentos e habilidades.

Durante a realização do projeto ajustes e modificações surgiram para o aperfeiçoamento deste, visto que para um melhor entendimento do curso d'água (ou do líquido em análise) e leitura dos sensores se faz necessário e novas ideias que levem a uma boa coleta de dados. Assim, como consequência, neste projeto podemos chegar aos fatores que levam aos rompimentos e vazamentos em tubulações.

Com os resultados angariados é possível realizar os testes do sistema como um todo, para que este se faça eficiente para com a Universidade em possíveis projetos futuros.

---

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] Anderson Langone Silva, Marcus Varanis, Arthur Guilherme Mereles, Clivaldo Oliveira, José Manoel Balthazar, A study of strain and deformation measurement using the Arduino microcontroller and strain gauges devices (2019).
- [2] André Luís Sotero Salustiano Martim. Análise Reversa de um Modelo de Previsão de Manutenção em Redes de Abastecimento de Água. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas (2011).
- [3] Gnatowski, A.; Kijo-Kleczkowska, A.; Chyra, M.; Kwiatkowski, D. Numerical–Experimental Analysis of Polyethylene Pipe Deformation at Different Load Values. *Materials* 2021, 14, 160. <https://doi.org/10.3390/ma14010160>.
- [4] Kleiner, Y; Adams, B. J.; Rogers, J. S. (2001) Water distribution network renewal planning. NRC, Canadá.
- [5] Rajani, B.; Zhan, C.; Kuraoka, S. (1996) Pipe-soil interaction analysis of jointed water mains. NRC, Canada.
- [6] Farmani, R.; Kakoudakis, K.; Behzadian, K.; Butler, D. - Pipe Failure Prediction in Water Distribution Systems Considering Static and Dynamic Factors *Procedia Engineering*, 2017.
- [7] Wong, L.; Deo, R.; Rathnayaka, S.; Shannon, B.; Zhang, C.; Chiu, W.K.; Kodikara, J.; Widyastuti, H. Leak Detection in Water Pipes Using Submersible Optical Optic-Based Pressure Sensor. *Sensors* 2018, 18, 4192. <https://doi.org/10.3390/s18124192>.