

## **ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE NÍVEL DE ÁGUA EM RESERVATÓRIOS**

**Ibsen M. Moreira**  
ibsenmell@gmail.com

**Alan Vinicius Santos Sa**  
alanvss.ifs@gmail.com

**Davi de Oliveira Caldas**  
davi.caldas@ifs.edu.br

**João Batista dos Santos Filho**  
joaofilho9000@gmail.com

**Resumo** – A água é um recurso muito importante para a manutenção da vida e sua ausência resulta em muitos problemas e transtornos. Não é incomum a Companhia de Saneamento de Sergipe notificar interrupções e problemas no abastecimento de água no estado. Neste trabalho foram investigadas técnicas de medição de nível de água em reservatórios de forma a implementá-las e analisar a possibilidade de construção de sistemas de monitoramento de água para reservatórios residenciais.

**Palavras-Chave:** Medição de Nível de Água, Ultrassom, Arduino.

### **INTRODUÇÃO**

A água é um recurso natural indispensável à vida no planeta. As primeiras formas de vida surgiram graças a ela, justamente nos oceanos, há cerca de 4 milhões de anos. Atualmente, mais de 70% da superfície do planeta é constituída de água, sendo que o maior volume é de água salgada e apenas 2,5% é de água doce, dos quais 98% estão localizados em regiões subterrâneas. Assim a água doce facilmente encontrada, própria para o consumo humano, representa uma fração mínima do total de água de nosso planeta. [2][3]

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA), qualquer atividade humana que altere as condições naturais das águas é considerada um tipo de uso. Há usos que envolvem o consumo indireto da água, como: a geração de energia elétrica a partir das hidrelétricas, o lazer, a pesca, a navegação, entre outros. E há usos

que envolvem o consumo propriamente dito, ou seja, que retiram água do manancial para uma destinação como a irrigação, a utilização na indústria e o abastecimento humano. [4]

Sabe-se que a água destinada para a finalidade do abastecimento humano supre necessidades fundamentais para a manutenção da saúde e do bem-estar do ser humano.

Sua utilização é direcionada à hidratação, o preparo de alimentos, higiene pessoal, rega e limpeza. E sua ausência provoca diversos inconvenientes, impactando severamente no cotidiano.

Infelizmente o problema da falta de água faz parte da realidade de muitos cidadãos dos mais variados municípios do estado de Sergipe. Ao ser feito um levantamento no site da assessoria de comunicação da Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO, considerando apenas do dia 1 até 21 do mês de fevereiro de 2019 foi possível contabilizar aproximadamente 36 notificações de comprometimento no abastecimento de água em diversos municípios. [1]

Há também de se considerar que além dos lugares onde o abastecimento está comprometido e é de conhecimento da DESO, existem localidades que a companhia acredita estarem sendo abastecidas onde na verdade não estão. Não raramente, este tipo de informação vêm à tona através de reportagens. [5]

Sendo a água um recurso extremamente importante para a população e cada vez mais escasso, este trabalho visou pesquisar e analisar técnicas de medição de nível de água e desenvolver protótipos que possam, posteriormente, virar equipamentos mais robustos, de baixo

custo e adequados à utilização dos cidadãos auxiliando-os a consumir o recurso hídrico de maneira controlada e consciente, permitindo o planejamento de ações de forma a diminuir os transtornos causados pela falta de água.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O nível de um reservatório é a altura do conteúdo presente no mesmo, seja sólido ou líquido. A medição de nível é prática comum em diversas situações sobretudo quando há o desejo de monitorar o conteúdo armazenado.

A medição de nível pode ser classificada em duas categorias: a medição direta e a medição indireta. Na primeira delas, mede-se a grandeza diretamente, tomando-se como referência a posição do plano superior da substância medida. Neste tipo de medição pode se utilizar réguas, visores de nível, boias ou flutuadores.

Na medição indireta mede-se grandezas derivadas matematicamente do nível do reservatório, como pressão, empuxo, radiação, propriedades elétricas, etc. E por meio de cálculos matemáticos se encontra o nível do reservatório. [6] [7] [8]

Pode-se ainda classificar a medição de nível como sendo contínua ou descontínua. Nesta última, a medição indica um determinado nível quando o conteúdo do reservatório atinge pontos específicos preestabelecidos.

Em qualquer processo de medição, se empregam sensores. Os sensores de nível utilizados no processo de medição podem ser classificados em sensores de contato, quando há contato entre o dispositivo sensor e o líquido do reservatório, e sensores sem contato, os quais medem o nível sem precisar entrar em contato com o conteúdo a ser medido. [7]

Dentre as técnicas revisadas, observando a viabilidade e praticidade de instalação em reservatórios residenciais posteriormente, optou-se por focar os estudos em duas delas: medição descontínua de nível e medição utilizando ultrassom.

## MEDIÇÃO DESCONTÍNUA DE NÍVEL

Nesta abordagem, vários sensores são dispostos em pontos específicos ao longo do reservatório. À medida que a água entra em contato com o sensor, um sinal é enviado a um circuito eletrônico para a informação ser tratada.

A figura 1 ilustra um problema desta abordagem, inerente a todo processo de medição descontínuo, que é o erro de medição. Este erro consiste na diferença entre o nível indicado pelo sistema de medição e o nível real do reservatório.

É importante ressaltar que esse erro de medição pode ser atenuado à medida que mais sensores forem utilizados no sistema. E portanto ele pode ser reduzido até uma margem aceitável de acordo com a necessidade da aplicação.

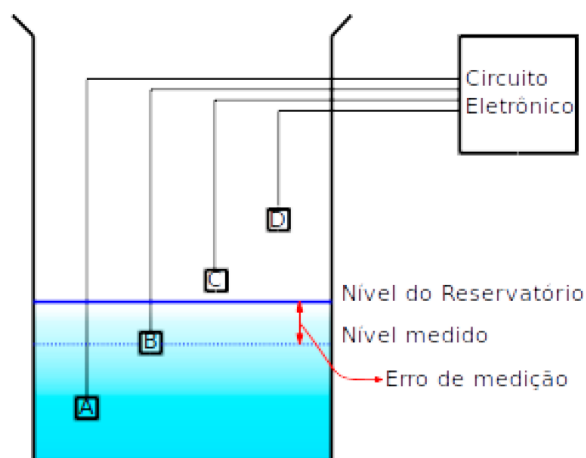


Figura 1: Erro associado à medição descontínua.  
[Fonte Própria]

## MEDIÇÃO CONTÍNUA UTILIZANDO ULTRASSOM

Nesta abordagem, ilustrada na figura 2, um dispositivo emissor/receptor de ondas ultrassônicas é posicionado sobre o reservatório e emite uma onda ultrassônica, a qual viaja através do reservatório, colide com a superfície do líquido e é refletida. Essa parte da onda refletida, viaja “de volta” e é captada pelo receptor do dispositivo.

Uma vez que o dispositivo consegue medir o tempo que a onda ultrassônica leva para viajar do ponto de emissão ao ponto de recepção,

e considerando que a velocidade do som no ar é de, aproximadamente, 340 m/s, torna-se possível calcular a distância entre o dispositivo e a superfície do líquido através da equação:

$$d = \frac{v \cdot t}{2}$$

em que:

- **d** : é a distância entre o dispositivo e a superfície;
- **v** : é a velocidade do som no ar;
- **t** : é o tempo que a onda leva para se propagar.

Uma vez encontrada o valor da distância entre a superfície e o dispositivo é possível calcular o nível do reservatório por meio da seguinte equação:

$$n = h - d$$

em que:

- **n** : é o nível medido de água no reservatório;
- **h** : é a altura do dispositivo;
- **d** : é a medida da distância entre o dispositivo e a superfície.

Esta técnica de medição é mais exata que a anteriormente explorada, entretanto um pouco mais complexa porque faz uso de um dispositivo de ultrassom.

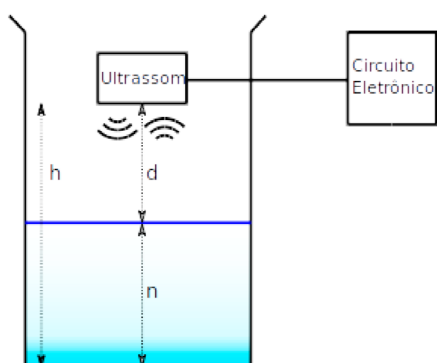


Figura 2: Medição contínua utilizando ultrassom [Fonte Própria]

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi construído protótipos que incorporaram as funcionalidades de ambas as técnicas estudadas. Para tal, foi utilizado uma placa de prototipagem eletrônica chamada Arduino UNO, ilustrada na figura 3.

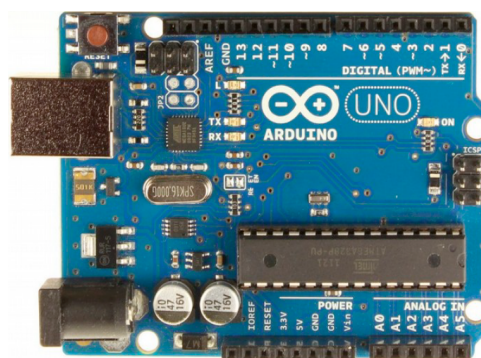


Figura 3: Placa Arduino UNO [9]

O Arduino UNO é uma placa baseada no microcontrolador ATmega328. Possui 14 pinos de entrada/saída digital – dos quais 6 podem ser usados como “saídas analógicas” uma vez que implementam *PWM* – 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16MHz, uma conexão *USB*, uma entrada de alimentação uma conexão *ICSP* e um botão de reset. [10]

Para a implementação da técnica de medição descontínua de nível, foram utilizados eletrodos como sensores de contato. Um circuito transistorizado foi projetado e construído para que não houvesse risco de danos ao Arduino em caso de excesso de corrente elétrica.

Dessa forma, à medida que a água entrava em contato com o eletrodo, a informação de que aquele nível preestabelecido havia sido alcançado era processada pelo Arduino e exibida por um computador conectado ao mesmo.

Na implementação da técnica de medição utilizando ultrassom, o Sensor Ultrassônico HC-SR04 foi utilizado. O sensor é capaz de medir com precisão distâncias de 2 cm até 4 m.

Em virtude da dificuldade de realizar os testes em um reservatório de água residencial, foi utilizado um aquário de vidro ao qual foi fixada uma régua para ser a referência padrão

de medição e servir para validação do protótipo.

O método adotado para a validação do protótipo consistiu, em encher o reservatório gradualmente de 1 em 1 cm e ao passo que o nível era incrementado, o pesquisador acionava o protótipo e realizava a medição do nível tanto pela técnica da medição descontínua quanto pela técnica de medição utilizando ultrassom.

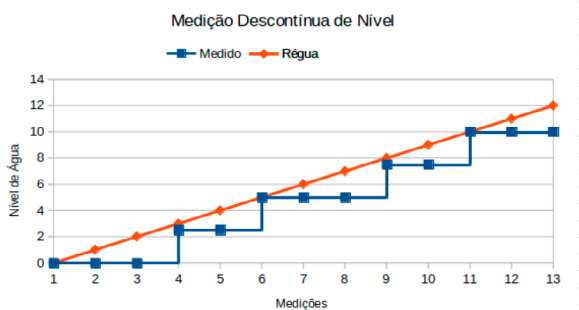
Estes valores foram registrados juntamente ao valor indicado pela régua.

Este procedimento descrito, foi repetido uma dezena de vezes, e os valores médios das amostras foram utilizados de forma a amenizar erros no processo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na construção do protótipo que implementa a técnica de medição descontínua foram utilizados quatro eletrodos fixados de maneira igualmente espaçada ao longo do reservatório. Os pontos fixos, tomando como base a régua foram: 2,5 cm; 5,0 cm; 7,5 cm e 10 cm.

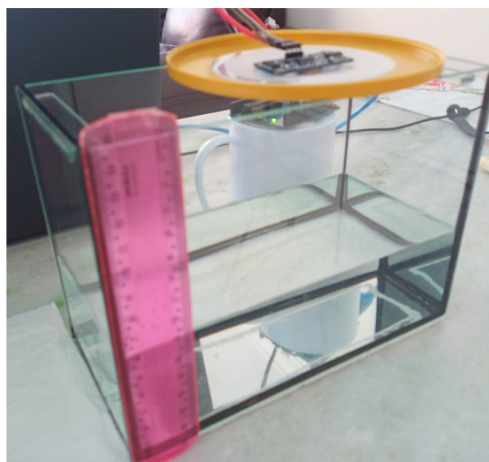
Na figura 4 está ilustrado o gráfico com os valores indicados pela técnica de medição descontínua de nível versus a referência padrão.



**Figura 4:** Gráfico comparativo dos valores indicados pelas técnicas de medição descontínua de nível e a referência padrão.

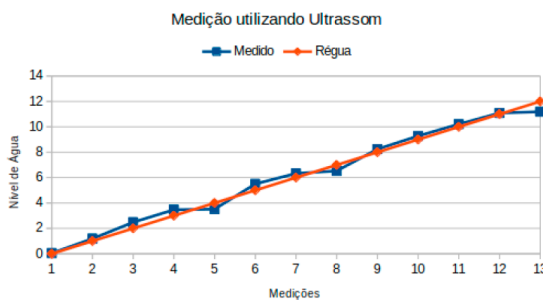
Na figura 5 é exibido o protótipo construído que implementa a técnica de medição por ultrassom. O aquário utilizado como reservatório possui dimensões, em centímetro, de 20x10x15 (LxCxA).

Já o sensor ultrassônico foi fixado a uma altura de aproximadamente 15 cm, no topo do aquário. E esta altura foi considerada nos cálculos do algoritmo de medição do rotótipo.



**Figura 5:** Fotografia do Protótipo com a Implementação do Ultrassom

Na figura 6 está ilustrado o gráfico com os valores indicados pela técnica de medição utilizando ultrassom versus a referência padrão.



**Figura 6:** Gráfico comparativo dos valores indicados pelas técnicas de medição utilizando ultrassom e a referência padrão.

Em relação à técnica de medição descontínua, é possível observar o bom funcionamento do protótipo, uma vez que os valores medidos apresentam consistência com a referência padrão, entretanto, verifica-se uma baixa resolução, pois há apenas quatro níveis de medição. Neste cenário, haverá situações em o sistema indica um nível de 25% sendo que o mesmo pode estar com 49%.

Entretanto é importante ressaltar que se trata de uma técnica de muito fácil implementação e que este problema pode ser amenizado, instalando-se mais eletrodos ao longo do reservatório.

Uma outra observação a ser destacada é que os eletrodos, com o tempo, sofreram oxidação e tiveram que ser substituídos. Isto era esperado, mas merece um destaque, uma vez que ao se

adotar esta técnica para o desenvolvimento de um equipamento a manutenção preventiva deverá ocorrer mais frequentemente.

Observando o gráfico é possível notar que a técnica que utiliza o ultrassom, por ser de medição contínua, possui uma resolução muito melhor, sendo bastante próxima da reta de referência. A medição apresenta uma maior exatidão.

Outro ponto positivo desta técnica em relação a outra implementada é que não apresenta o problema da corrosão do sensor, e portanto reduz a frequência de manutenção, sendo mais atrativa.

Nos testes realizados durante esta pesquisa, o dispositivo de medição foi conectado a um computador através de um cabo USB. Para trabalhos futuros, deve-se priorizar a utilização de técnicas de comunicação sem fio, como o *bluetooth* ou mesmo o *wifi*, para que o usuário do sistema tenha acesso às informações através do celular.

## CONCLUSÕES

Diante da importância do recurso hídrico em nossas vidas e da observação que o abastecimento de água em nosso estado é comprometido frequentemente, este trabalho visou estudar técnicas de medição de nível de água e criar protótipos que pudessem, posteriormente, virar equipamentos mais sofisticados de medição e adequados à utilização de cidadãos, para que os mesmos pudessem planejar suas ações em função da disponibilidade de água em seus reservatórios.

Após a implementação dos protótipos das técnicas estudadas e verificou-se que é possível melhorá-los de forma a criar um sistema de monitoramento de nível de água para residências.

## REFERÊNCIAS

- [1] DESO, 2019. Disponível em: <https://www.deso-se.com.br/v2/index.php/deso-imprensa/paradas-no-abastecimento>, Acesso em: 21 fev 2019.
- [2] FAGAR, 2019. Disponível em: [http://www.fagar.pt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=52&Itemid=76](http://www.fagar.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=76), Acesso em: 2 mar 2019.
- [3] BRASIL DAS ÁGUAS, 2019. Disponível em: <http://brasildasaguas.com.br/educacional/a-importancia-da-agua/>, Acesso em: 2 mar 2019.
- [4] ANA, 2019. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/usuarios-da-agua/outros-usos>, Acesso em: 2 mar 2019.
- [5] G1, 2019. <http://g1.globo.com/se/sergipe/videos/v/moradores-de-alguns-bairros-de-aracaju-reclamam-da-faltadagua/7337198/>, acessado em 02 de Março de 2019
- [6] BROCKVELD, Sérgio. Notas de Aula. Disponível em: <http://docente.ifsc.edu.br/sergio.brockveld/MaterialDidatico/Instrumenta%C3%A7%C3%A3o/Aula%20-%20Medi%C3%A7%C3%A3o%20de%20N%C3%ADvel.pdf> Acesso em: 15 abr 2019.
- [7] BOJORGE, Ninoska. Notas de Aula. Disponível em: [http://www.professores.uff.br/ninoska/wpcontent/uploads/sites/57/2017/08/Aula06\\_Instrument-Nivel\\_1sem2017.pdf](http://www.professores.uff.br/ninoska/wpcontent/uploads/sites/57/2017/08/Aula06_Instrument-Nivel_1sem2017.pdf), Acesso em: 15 abr 2019.
- [8] ALMEIDA, Carlos F. M. Notas de aula. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4638960/mod\\_resource/content/1/Aula%206%20-%20Medi%C3%A7%C3%A3o%20de%20N%C3%ADvel.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4638960/mod_resource/content/1/Aula%206%20-%20Medi%C3%A7%C3%A3o%20de%20N%C3%ADvel.pdf), Acesso em: 15 abr 2019.
- [9] ELETRODEX, 2020. Imagem do Arduino Uno. Disponível em: [https://www.eletrindex.com.br/media/catalog/product/cache/1/image/800x/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/a/r/arduino\\_uno\\_r3\\_1.jpg](https://www.eletrindex.com.br/media/catalog/product/cache/1/image/800x/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/a/r/arduino_uno_r3_1.jpg), Acesso em: 14 fev. 2020.
- [10] ARDUINO, 2020. Disponível em: <https://www.arduino.cc/> Acessado em: 14 fev. 2020.
- [11] BLOGMASTER, 2020. Disponível em : [https://blogmasterwalkershop.com.br/wpcontent/uploads/2018/06/img00\\_usar\\_com\\_arduino\\_sensor\\_ultrasonico\\_hc-sr04\\_distancia\\_uno\\_mega\\_leonardo\\_nano-Copia.jpg](https://blogmasterwalkershop.com.br/wpcontent/uploads/2018/06/img00_usar_com_arduino_sensor_ultrasonico_hc-sr04_distancia_uno_mega_leonardo_nano-Copia.jpg), Acesso em: 14 fev. 2020.