

## DESENVOLVIMENTO DE UM HIDRÔMETRO DIGITAL PARA A CLASSE RESIDENCIAL COM COMUNICAÇÃO REMOTA DE LONGO ALCANCE

ADRIANO HARTMANN DE OLIVEIRA<sup>1</sup>, ITHALO HESPANHOL DE SOUZA<sup>2</sup>, FABIO CONTERNO DE SOUZA<sup>3</sup> e LUCAS ALVES DOS SANTOS<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Eletricista, Pato Branco-PR, [adrianooliveira3@gmail.com](mailto:adrianooliveira3@gmail.com);

<sup>2</sup>Msc. em Engenharia Elétrica, UFPB, UNIDEP, Pato Branco, [ithalo.souza@unidep.edu.br](mailto:ithalo.souza@unidep.edu.br);

<sup>3</sup>Acadêmico de Engenharia Elétrica, UNIDEP, Pato Branco-PR, [fabiocds\\_wow@hotmail.com](mailto:fabiocds_wow@hotmail.com);

<sup>4</sup>Acadêmico de Engenharia Elétrica, UNIDEP, Pato Branco-PR, [luck.lc@live.com](mailto:luck.lc@live.com).

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2021

**RESUMO:** Este artigo apresenta as etapas do desenvolvimento de um protótipo de hidrômetro digital com comunicação remota para aplicação residencial, onde foram desenvolvidas pesquisas sobre o modo de comunicação LoRa, tipos de medidores de vazão, métodos de calibração de medidores, para que, posteriormente, fosse desenvolvido um protótipo onde foram realizados testes. O protótipo foi instalado em uma residência, permitindo monitoramento do consumo de água a longo alcance. O desempenho do protótipo apresentou viabilidade técnica de aplicação do projeto no mercado de abastecimento de água, com precisão de, aproximadamente, 92%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Calibração, Hidrômetro, LoRa, Medidor, Supervisório.

### DEVELOPMENT OF A DIGITAL HYDROMETER WITH LONG RANGE REMOTE COMMUNICATION

**ABSTRACT:** This article presents the steps in the development of a digital water meter prototype with remote communication for residential application, where research was carried out on the LoRa communication mode, types of flow meters, meter calibration methods, so that, later, it could be developed a prototype where tests were performed. The prototype was installed in a home, allowing for long-range monitoring of water consumption. The prototype's performance showed the technical feasibility of applying the project in the water supply market, with an accuracy of approximately 92%.

**KEYWORDS:** Calibration, Hydrometer, LoRa, Meter, Supervisory.

### INTRODUÇÃO

Baseado nos conceitos do IoT, no setor elétrico muito tem se falado de redes inteligentes ou Smart Grids, onde são empregados para obter principalmente dados de consumo de energia elétrica e informações sobre a rede elétrica que se comunica em tempo real com a concessionária. O conceito Smart Grid é formado principalmente por cinco elementos fundamentais, sendo eles: dispositivos de sensoriamento e controle, infraestrutura de comunicação, automação, tecnologias de informação e análise avançada. Com o objetivo de obter maior confiabilidade, eficiência, segurança, competitividade e a preservação do meio ambiente. Os conceitos de IoT e Smart Grid são pouco empregados no setor de medição do consumo de água, que possui grande potencial, ainda pouco explorado, para pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias (SILVA, M. A. V. D, 1993; SITHOLE, B. *et al*, 2016).

As concessionárias responsáveis pelo abastecimento de água utilizam um medidor analógico chamado hidrômetro, que consiste em um instrumento mecânico, considerado um instrumento de tecnologia antiga, que utiliza uma relojoaria acoplada a um mostrador mecânico formando um hodômetro que totaliza o volume consumido, e que serve ao mesmo tempo de memória para o medidor. Devido a isso, essas concessionárias necessitam de um leitorista para se deslocar até as unidades consumidoras e coletar as medições do hidrômetro, onde, a partir disto, emitem a fatura para o cliente.

Isso impossibilita, muitas vezes, um alerta em tempo real, caso ocorra uma medição inconsistente (OLIVEIRA, 1990; MELLO E FARIAS, 2001; SITHOLE *et al.*, 2016).

Diante disto, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um protótipo para coleta de dados, amostrados a partir de um sensor de fluxo conectado a tubulação de abastecimento de água, onde a comunicação será realizada remotamente em tempo real. Isso possibilitará que as concessionárias obtenham o perfil do consumidor, podendo assim verificar consumos abruptos e notificar o consumidor para que verifique se existe alguma divergência como vazamentos e consumo excessivo, podendo assim evitar o desperdício de água.

## MATERIAL E MÉTODOS

O sistema proposto foi implementado em partes, onde cada uma foi validada e, posteriormente, as etapas foram integradas. As duas principais partes são: Medidor, composto por um módulo TTGO Esp32 Lora, sensor de fluxo, bateria e IHM; E pelo receptor, composto por um módulo TTGO Esp32 Lora conectado a um Laptop servidor.

O módulo TTGO Esp32 LoRa é um dispositivo baseado no núcleo esp32, possui um chip SX1276 que é um circuito de radiofrequência e pode operar nas bandas de 868 MHz e 915 MHz, conta com *display* Oled de 0,96 polegadas, circuito gerenciador de carga de bateria de lítio, e conta também com uma antena e um conector SMA. Para a programação do módulo TTGO Esp-32 LoRa utilizou-se o ambiente de desenvolvimento integrado IDE (*Integrated Development Environment*) do Arduino, devido a facilidade e versatilidade. Mas para isto faz-se necessário a instalação de biblioteca que possibilita esta utilização (KODALI *et al.*, 2018).

O módulo TTGO desempenha neste projeto a função de leitura do sensor de fluxo, processamento dos dados lidos, exibição do consumo através do *display*, transmissão das medições e a recepção dos dados. O sensor de fluxo empregado neste projeto consiste em um sensor de efeito Hall do modelo Npt3/4-01 da marca Haihuilai cujas características descritas pelo fornecedor são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características do sensor Npt3/4-01

Início da faixa de fluxo	Escala de fluxo	Pressão máxima da água	Corrente máxima	Precisão	Comprimento do interruptor de cobre
1,5 L / min	2 a 45 L / min	1,75 Mpa	10 mA	5% a 10	1,8 polegadas

Este sensor, ao ser submetido a um fluxo de água, gera uma frequência de pulsos proporcional a vazão e a amplitude do nível de tensão em que é alimentado, não necessitando de nenhum circuito auxiliar e/ou de condicionamento, para conexão com o sistema embarcado que fará a aquisição dos dados do sensor. Para a utilização do sensor de fluxo realizou-se, primeiramente, sua calibração.

Para calibração do sensor utilizou-se um sistema hidráulico didático do fabricante De Lorenzo, modelo DLB 02039, disponível no laboratório de engenharia elétrica do UNIDEP. O sistema hidráulico utilizado possui uma estrutura de alumínio que dá suporte a fixação dos equipamentos e proporciona a elevação do reservatório superior. Este sistema é composto de montagens mecânicas e elétricas, atuadores e dois reservatórios, sua configuração de montagem foi baseada na recomendação da ISO 4185. Os dispositivos deste sistema utilizados foram:

- Uma bomba elétrica, responsável pela circulação da água pelo medidor;
- Um reservatório para acomodar a água;
- Canos de 12,75 mm (½ polegada), para fazer as interligações;
- Registro mecânico para fazer a regulação da vazão.

Como o objetivo é que esse medidor seja utilizado para medição do consumo residencial de água, realizou-se a montagem e disposição do sensor de maneira a aproximar a condição que este enfrenta em campo e seguir as condições aproximadas no que se refere a ISO 4185.

Utilizando o recipiente de medição de volume, inseriu-se no reservatório do sistema hidráulico volumes de água conhecidos e então realizou-se a circulação desse líquido pelo sensor, com diferentes vazões, registrando a quantidade de pulsos que esta quantidade de líquido proporciona. Este procedimento foi repetido por 15 vezes com o intuito de obter-se uma média de pulsos por litro. Como o objetivo do projeto é medir o volume não se considerou o tempo, o que seria necessário para medição

de vazão que é dada em unidades de volume por unidades de tempo. Verificou-se que o sensor apresenta uma pequena variação na quantidade de pulsos para um mesmo volume de líquido, sendo assim, utilizou-se a média para cálculo. Dividindo-se a média do volume de água pela média da quantidade de pulsos que este gerou, conforme (1), encontrou-se um fator de multiplicação chamado aqui de  $K$ .

$$K = \frac{V}{P} \quad (1)$$

Em que,  $K$  é o fator de multiplicação e  $P$  é a quantidade de pulsos.

Este fator de multiplicação é utilizado no *software* para a conversão da quantidade de pulsos lidos em volume ( $V$ ), efetuando-se a operação a partir de (2). A divisão por 1000 é para obtenção do resultado em litros.

$$V = \frac{K \times P}{1000} \quad (2)$$

Com o medidor calibrado, foram feitos os testes de distância de transmissão entre o medidor transmissor e a central receptora. Os testes foram realizados em diferentes ambientes, sendo estes, área urbana, área rural e ambiente misto onde transmissor localiza-se em área urbana e o receptor em área rural. Para ambos os testes, o transmissor foi posicionado em um ponto fixo com elevação de 0,15 metros, com o objetivo de simular a altura média do cavalete medidor de água. O receptor foi sendo afastado do ponto inicial e, simultaneamente, foi verificando-se o status da comunicação. Assim que algum dado era perdido, efetuava-se a marcação da distância percorrida. As distâncias alcançadas em cada ambiente são apresentadas no tópico dos resultados. Após os testes de distância e calibração do sensor, integrou-se as partes desenvolvidas para o protótipo final. O sistema final desenvolvido pode ser dividido em duas etapas principais sendo chamadas aqui de medidor e receptor.

Desenvolveu-se o medidor pensando em um produto e, por isto, além de realizar a medição e cálculo do consumo de água, ele possui um botão, tratado como *Interface Homem Máquina* (IHM).

Para a economia de bateria utilizou-se recursos de sono profundo nativo do núcleo Esp32, mantendo o medidor em sono profundo, despertando quando solicitado pela IHM (através do botão), quando houver pulsos no sensor ou quando chegar o momento de enviar os dados de consumo. Quando solicitado pela IHM os dados de medição são mostrados no *display* por 10 (dez) segundos com um clique do botão; 20 (vinte) segundos com dois cliques; e 30 (trinta) segundos com três cliques.

Os dados de medição são enviados algumas vezes no dia juntamente com um código para identificação do medidor (ID) e caracteres auxiliares para a separação dos dados do pacote no receptor, os dados enviados são estruturados conforme a Figura 1, em que “\$” são os caracteres auxiliares. Sendo possível, com esse mesmo *software*, mudando apenas o ID, integrar mais de um medidor para comunicar com o mesmo receptor em uma comunicação com topologia estrela.

Figura 1. Estrutura dos pacotes enviados pelo medidor.

ID	\$	Consumo	\$
----	----	---------	----

Para validação dos procedimentos adotados, efetuou-se teste do medidor em campo. O medidor foi instalado na entrada de água da residência de um dos autores, para testes em condições reais de aplicação. Nestas condições, certificando-se da não existência de nenhum ponto de consumo de água na residência, efetuou-se a coleta de volumes de água em uma torneira o que proporcionou a circulação desses pelo medidor, então para conhecimento dos volumes realizou-se a pesagem dos mesmos em balança de precisão, os valores obtidos através de pesagem e os indicados no *display* do medidor foram anotados para comparação e são apresentados a frente.

O receptor é composto por um módulo TTGO que recebe os dados do medidor através da comunicação LoRa, faz a organização destes dados e envia via comunicação serial com protocolo Modbus para o computador, alimentando um supervisor desenvolvido no ScadaBr para mostrar o consumo por cliente. Desenvolveu-se o receptor para que este possa receber dados de vários medidores,

fazendo a identificação da ID do medidor que os enviou, e assim alocando corretamente na posição da estrutura do Modbus.

Para os testes da transmissão primeiramente deixou-se imprimindo no display do receptor os dados conforme eram recebidos. E no monitor serial exibiam-se os dados já separados evidenciando ID e consumo. Posteriormente com a implementação do supervisor utilizando-se de dois módulos TTGO com os softwares do medidor um com ID 001 e outro com ID 002 faziam-se envios para o receptor visualizando os valores na tela do supervisor.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes de distância da comunicação LoRa com o sistema implementado proporcionaram os valores para cada situação conforme a Tabela 2, onde são apresentadas as distâncias obtidas em cada ambiente testado.

Tabela 2. Distâncias de comunicação em cada ambiente de teste

Tipo de ambiente	Distância alcançada
Urbano	0,70Km
Urbano e rural	1,56 Km
Rural	2,12 Km

A partir da calibração do sensor obtiveram-se as quantidades de pulsos por volume de líquido. Com a média dos volumes e a média de pulsos gerados, calculou-se K aplicando os valores na equação (2), obtendo-se (3).

$$K = \frac{6875}{3005,25} = 2,287758413 \quad (3)$$

Testando o medidor em campo, foram coletados os volumes, valor real adquirido por pesagem e o volume indicado no medidor. A partir destes valores, gerou-se a Tabela 3, onde se verifica a proximidade dos valores, comprovando a assertividade na metodologia de calibração implementada.

Tabela 3. Comparação de valores, real (pesagem) e do hidrômetro digital desenvolvido.

Valor Real	Valor medido	Divergência (%)
1,648	1,568	7,994383
1,762	1,695	6,728686
1,607	1,583	2,382046
1,702	1,718	-1,58937
1,767	1,756	1,130191
1,765	1,776	-1,07041
1,851	1,883	-3,24483
1,622	1,650	-2,81344
1,825	1,809	1,647643
1,782	1,774	0,834704

Como podemos observar, o valor real e o medido tem uma pequena divergência percentual, sendo está com valores máximos de aproximadamente 8%, estando dentro da faixa de precisão do sensor. Logo a divergência percentual encontrada pode ser devido a precisão do sensor empregado que é de até 10%. Este valor pode ser melhorado utilizando um sensor mais preciso.

A partir dos testes de calibração, o medidor foi instalado na entrada de água da residência (Figura 2) para testes em condições reais de aplicação. Nestas condições, efetuou-se a coleta de volumes de água em uma torneira o que proporcionou a circulação desses pelo medidor. Então, para conhecimento dos volumes, realizou-se a pesagem em balança de precisão. Os valores obtidos através de pesagem e os indicados no *display* do medidor foram anotados para comparação

Figura 2. Medidor instalado na entrada da residência.



Para verificação da transmissão dos dados é possível visualizar, na Figura 3, o valor de medição exibido no *display* do medidor na Figura 3(a) e os dados conforme chegaram no receptor com os caracteres auxiliares e o tamanho do pacote recebido na Figura 3(b) e na Figura 3(c) visualiza-se os dados já separados, ID trazido como unidade consumidora e o volume consumido, exibidos pelo monitor serial da IDE do Arduino.

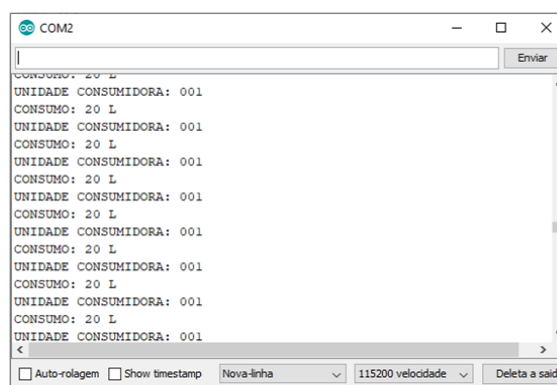
Figura 3(a) Medição exibida no *display* do medidor; (b) Dados conforme recebidos exibidos no display do receptor; (c) Dados separados sendo exibidos no monitor serial da Arduino IDE.



(a)



(b)



(c)

## CONCLUSÃO

A comunicação LoRa mostrou-se eficaz pertinente para este tipo de utilização, tendo uma variação na distância alcançada com as características do ambiente em que é empregada, mas, podendo ser aplicada em ambientes rurais e/ou urbanos.

O desempenho do protótipo, comprovado através dos testes, mostrou-se, eficiente na instalação em campo, demonstrando viabilidade técnica de aplicação do projeto no mercado de abastecimento de água. O protótipo instalado apresentou uma precisão de, aproximadamente, 92% nas medições realizadas. Ressalta-se, ainda, que esta precisão pode ser melhorada, utilizando sensores com maior precisão.

## REFERÊNCIAS

- Mello, E. J.; Farias, R. D. L. O ar e sua influência na medição do consumo de água. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa: ABES - Trabalhos Técnicos, 2001.
- Sithole, B. et al. *Smart Water Leakage Detection and Metering Device*. *IST-Africa 2016 Conference Proceedings*. Johannesburg: IIMC International Information Management Corporation. 2016.
- Silva, M. A. V. D. Viabilidade Técnica de Hidrômetros Eletrônicos, Campinas, 1993.
- Oliveira, M. R. D. Anteprojeto de um sistema de medição para hidrômetros eletrônicos, Campinas, 1990.
- Kodali, R. K.; Kuthada, M. S.; Borra, Y. K. Y. LoRa based Smart Irrigation System. Tadevalligudem: [s.n.], 2018.