

IMPLEMENTAÇÃO RESIDENCIAL DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO DE CONSUMO DE ÁGUA POR TRANSMISSÃO VIA RADIOFREQUÊNCIA

LUAN. PEREIRA, D. L. *, WILQUER. PEREIRA, L*, AMÉLIA. SANTOS, M. ***, TATIANA. MACEDO, S. **, NETALIANNE. HERINGER, M. F. **, WESLEY. SOUTO, A*.

**Departamento de Engenharia Elétrica, Instituto Federal da Bahia (IFBA)*

Av. Sérgio Vieira de Mello, 3150 – CEP 45030-220 - Zabelê, Vitória da Conquista, Bahia

*** Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)*

Av. Fernando Ferrari, 514 – CEP 29075-073 – Goiabeiras, Vitória, Espírito Santo

**** Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP)*

Av. João Dagnone, 1100 – CEP 13563-120 – Jardim Santa Angelina, São Carlos, São Paulo

E-mails: luamdiego@hotmail.com, wilquerlimap@hotmail.com, ameliams@usp.br, saviato@gmail.com, netalianne.heringer@ifes.edu.br, soutow@gmail.com

Abstract— The water supply system is subject to losses and wastes, causing degradation and scarcity of water resources. To minimize this problem in residential environments it is possible to design automated measurement systems. This work implements a water consumption meter with radiofrequency reading and makes a viability analysis of the use of telemetry in the measurement systems. The built prototype was installed in a point of supply of a residence, in order to monitor consumption. From the data collected it is possible to trace the consumption profile of the monitored point, and to analyze the agility, practicality, safety and reliability of the telemetry.

Keywords— Telemetry, Radiofrequency, Wireless sensor networks, Hydrometer, Individualized measurement.

Resumo— O sistema de abastecimento de água está sujeito a perdas e desperdícios, ocasionando degradação e escassez dos recursos hídricos. Para minimizar essa problemática em ambientes residenciais é possível elaborar sistemas automatizados de medição. Esta pesquisa implementa um medidor de consumo de água com leitura a radiofrequência e faz uma análise de viabilidade do uso da telemetria nos sistemas de medição. O protótipo construído foi instalado em um ponto de abastecimento de uma residência, com a finalidade de monitorar o consumo. Por fim, a partir dos dados coletados é possível traçar o perfil de consumo do ponto monitorado e analisar a agilidade, praticidade, segurança e confiabilidade da telemetria.

Palavras-chave— Telemetria, Radiofrequência, Sensor de rede sem fio, Hidrômetro, Medição individualizada.

1 Introdução

De acordo com o Relatório de Conjuntura Hídrica, divulgado pela Agência Nacional das Águas (ANA) em 2015, o Brasil possui 13% da água doce disponível no planeta (ANA, 2015). Porém, grande parte deste recurso empregado no abastecimento humano é perdido antes de ser utilizado. Segundo dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), o Brasil apresentou em 2014 um índice de aproximadamente 33% de perdas, necessitando de melhorias no sistema de abastecimento de água (SNIS, 2013).

Apesar de o Brasil possuir essa grande oferta de água, esse recurso natural está distribuído de forma desproporcional em todo território nacional. Dessa forma, passam pelo território brasileiro, em média, cerca de 260.000 m³/s de água, dos quais 205.000 m³/s estão localizados na bacia hidrográfica do rio Amazonas. Os 55.000 m³/s restantes de vazão média representam um valor reduzido diante do crescimento da população e dos impactos relativos dos elevados níveis de poluição (ANA, 2015).

Inserindo-se nesta problemática, desenvolver mecanismos que permitam monitorar e minimizar os

desperdícios de água é uma realidade cada vez mais necessária. Para tanto, a telemetria é considerada uma importante e inovadora ferramenta que permite acompanhar o comportamento de consumo de água diário nos hidrômetros e, dessa forma, servir como auxílio na tomada de decisão sobre o quantitativo da utilização individual desse recurso (Tamaki, 2003).

Por meio do uso da telemetria, gerencia-se o consumo através dos dados coletados pelos medidores (Tsutiya, 2006; Riaz, Ahmad e Muhammad, 2016; Ahmad e Muhammad, 2014). Adicionalmente, o sistema de envio de dados por radiofrequência é de grande utilização na literatura, como nos trabalhos de Tamaki (2003); Lima et al. (2016); Sanchez, Cohim e Kalid (2015); Mello e Rabello (2011) e Coelho (2009), devido à segurança das informações, por utilizar equipamentos 100% wireless, facilidade de operação, baixo investimento, alta durabilidade e um longo alcance, podendo chegar a 500 metros em lugares abertos.

A comunicação via radiofrequência ocorre através da propagação de ondas eletromagnéticas pelo espaço, transcendendo algumas barreiras físicas, facilitando a implantação do sistema e evitando custos com cabamentos (Mello e Rabello, 2011).

Em Mello e Rabello (2011) foram analisadas as vantagens da utilização da telemetria na medição de

consumo de água, com a instalação de 148 conjuntos de medidores de radiofrequência em apartamentos no condomínio Fernando Ferrari, em Porto Alegre (RS). A análise apresentou agilidade no tempo de leitura, com uma redução da ordem de 90%, minimizando as dificuldades de acessibilidade ao medidor, além de melhorar a confiabilidade dos dados e indicar possíveis existências de vazamentos e fraudes.

A motivação basilar da presente pesquisa iniciou-se em um trabalho de conclusão de curso, com mais detalhes em Pereira (2016), e consiste na implementação de um medidor de consumo de água, utilizando a tecnologia de radiofrequência, com o propósito de obter um protótipo de baixo custo e com um grau de eficiência satisfatório, que atenda a demanda residencial. Esse medidor será instalado em um ponto da rede de abastecimento de uma residência e irá monitorar o consumo durante um período de tempo, possibilitando a geração de gráficos e tabelas para traçar o perfil de consumo, além de avaliar as vantagens e desvantagens de sua aplicação.

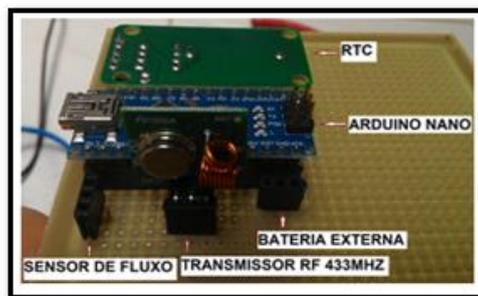
Destarte, as seções seguintes estão organizadas da seguinte forma: na Seção 2, são descritas as etapas da metodologia proposta para implementar o protótipo; na Seção 3, são apresentados os resultados da aplicação prática do medidor implementado e discutidas as vantagens do uso da telemetria na medição de consumo de água. Na Seção 4 estão as conclusões do trabalho.

2 Materiais e métodos

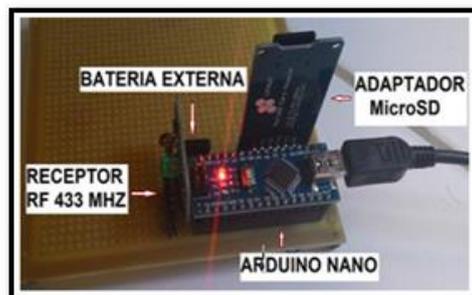
A imagem dos componentes do protótipo está mostrada na figura 1. Utilizou-se o medidor de sensoriamento de fluxo de água YF-S201. A estação transmissora é composta por um arduino nano, um módulo RTC (*Real Time Clock*), um transmissor de radiofrequência RF 433MHz, uma entrada para alimentação externa e uma entrada para o sensor de fluxo. A estação receptora é composta por um arduino nano, um adaptador de cartão MicroSD, um receptor de radiofrequência RF 433 MHz e uma entrada para alimentação externa.



(a)



(b)



(c)

Figura 1. Protótipo implementado. (a) Sensor de fluxo de água; (b) Unidade transmissora de dados; (c) Unidade receptora de dados.

2.1 Medidor YF-S201

O sensor de fluxo de água YF-S201 consiste em uma estrutura plástica com um rotor e um sensor por efeito Hall, o qual converte a informação de campo magnético em tensão elétrica. Ao passar pelo sensor, o fluxo de água gera um movimento nas turbinas do rotor, proporcional à vazão de água que o atravessa. A cada volta completa o sensor de efeito Hall envia um pulso de 5 V na sua saída.

Para ajustar o sensor, determinou-se o seu coeficiente de calibração através do método dos mínimos quadrados, que relaciona o número de voltas do rotor com a quantidade de água que passa por ele. O modelo matemático é dado pela equação 1, onde Y e X representam o número de voltas do rotor e a vazão de água que atravessa o medidor, respectivamente. A curva de calibração do medidor é apresentada na figura 2. Com a análise de regressão linear aplicada, obteve-se um erro de aproximadamente 3%, o qual está dentro do permitido pela Norma Brasileira Regulamentadora NBR NM 212:1999, que estabelece as características técnicas e metrológicas dos ensaios de medidores velocímetro de água potável fria até 15 m³/h.

$$Y = 410 + 3,9X \quad (1)$$



Figura 2. Gráfico gerado no software Excel com os valores previstos e medidos nas 18 observações coletadas.

De acordo com a figura 2, observa-se que os valores previstos são bastante próximos dos valores medidos, o que mostra a exatidão do sensor de fluxo utilizado. O mesmo apresentou um coeficiente de calibragem de 415 voltas/litro e uma proporção da variação entre o número de voltas pela quantidade de água que atravessa o sensor (R^2) muito próximo de 1, indicando que o modelo proposto é adequado para descrever o fenômeno, conforme dados da estatística de regressão da tabela 1.

Tabela 1. Valores da estatística de regressão linear simples.

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,999489462
R-Quadrado	0,998979184
R-quadrado ajustado	0,998915383
Erro padrão	2,991981358
SQRegressão	140167,2688
SQResíduo	143,2312391
Observações	18

2.2 Estação transmissora

A estação transmissora é responsável por tratar os valores captados pelo medidor de vazão e enviá-los à estação receptora via radiofrequência. Ela é composta por um arduino nano, responsável por converter as grandezas físicas fornecidas pelo sensor de fluxo em grandezas mensuráveis para, posteriormente, armazená-las e acumulá-las em sua memória EEPROM, juntamente com as informações de data e hora da leitura, informadas pelo módulo RTC. Este módulo é composto por um chip de cronometragem, aqui utilizado o DS1302, um cristal oscilador de

32.768 kHz e uma bateria de 3 V, aqui utilizada a CR2032.

Para transmitir os dados de consumo, data e hora, foi utilizado o módulo transmissor de radiofrequência RF S1000A 433 MHz, responsável por converter sinais elétricos em ondas eletromagnéticas, enviando-os via rede sem fio, da estação transmissora até a estação receptora. Este módulo necessita ser acoplado a um codificador para que o sinal possa ser codificado antes de ser transmitido. Para realizar essa função foi utilizado o mesmo arduino que trata os dados do RTC e do sensor de fluxo, através de um pino de entrada digital do mesmo. Os dados são alocados em uma sequência dentro de uma array, juntamente com um endereço em hexadecimal, indicando o início dos dados de consumo, data e hora. O funcionamento da unidade transmissora é ilustrado no fluxograma da figura 3.

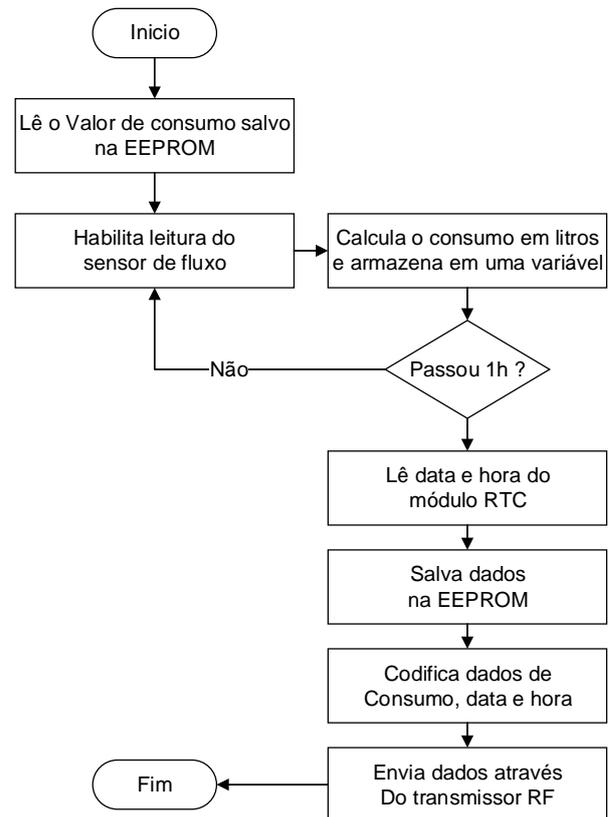


Figura 3. Fluxograma de funcionamento da estação transmissora.

2.3 Estação receptora

A estação receptora é responsável por receber os sinais da estação transmissora, decodificá-los e armazená-los. Ela é composta pelo módulo receptor de radiofrequência RF S1000A 433 MHz, responsável por decodificar os sinais eletromagnéticos recebidos da estação transmissora, transformando-os em sinais elétricos, através de uma função no código-fonte do arduino nano, que confere o endereço de início configurado na codificação da estação transmissora para

então resgatar os dados de consumo, data e hora. Estes dados são armazenados em um cartão de memória por meio do módulo adaptador de cartão MicroSD. O funcionamento da unidade receptora é ilustrado no fluxograma da figura. 4

Com a finalidade de assegurar a veracidade dos dados recebidos, um protocolo de comunicação verifica o código, buscando por alterações nas *arrays* padrões de dados de inicialização, consumo, data, hora e finalização da sequência de informações.

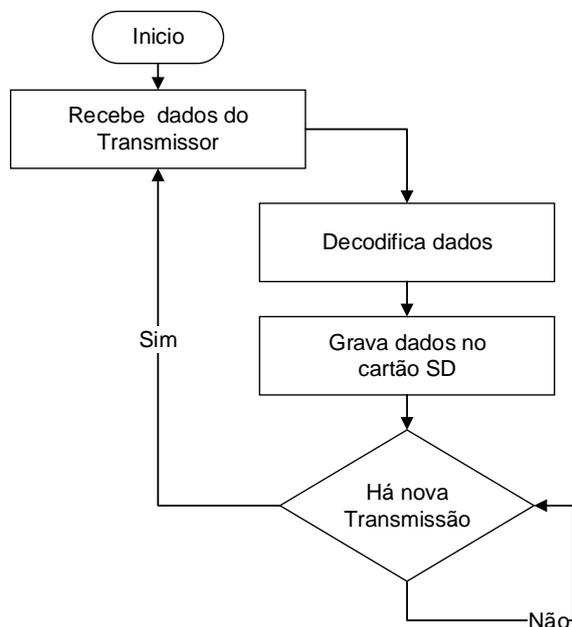


Figura 4. Fluxograma de funcionamento da estação receptora.

2.3 Especificações do medidor

De acordo com as especificações dos *datasheets* dos componentes utilizados, o medidor implementado possui as seguintes características físicas:

- Tipo Velocímetro;
- Multijato;
- Classe metrológica A;
- Funcionamento na horizontal;
- Em conformidade com as especificações das normas: NM 212, ISO 4064, ABNT 8193, 8194, 8195 e portaria 246 do INMETRO;
- Vazões conforme a tabela 2;
- Temperatura máxima de trabalho 80 °C;
- Pressão máxima de 2.0 Mpa;
- Menor divisão de 0,0002 m³;
- Comprimento de 62 mm;
- Dimensão do diâmetro interno de 19,812 mm;
- Leitura através de radiofrequência – Telemetria;
- Entrada para alimentação por bateria externa;

- Armazenamento em cartão micro SD;
- Sentido do fluxo indicado na parte externa;
- Tensão de operação de 5 V;
- Alcance de aproximadamente 10 metros sem antena;
- Alcance de aproximadamente 150 metros com antena.

Tabela 2. Vazões do medidor para diferentes diâmetros disponíveis no mercado.

Diâmetro Vazão	1/2 "	3/4 "
$Q_{Máx}$ (m³/h)	1,5	3,5
Q_{Min} (m³/h)	0,03	0,06
Q_{Nom} (m³/h)	0,7	1,5
Q_t (m³/h)	0,0075	0,15

A tensão de alimentação do medidor é de 5 V devido à tensão de funcionamento do arduino. Além disso, o alcance do módulo RF é um valor aproximado, pois o mesmo depende de diversos fatores, como as barreiras físicas presentes no ambiente, a tensão de alimentação e a frequência, já que existem dois modelos disponíveis no mercado, o de 433 MHz e o de 315 MHz. Esta diferença se dá devido ao fato do comprimento de onda ser inversamente proporcional à frequência.

3 Resultados e discussões

O protótipo implementado foi instalado em um ponto de abastecimento de água de uma residência, conforme figura 5, com a finalidade de testar sua eficiência, monitorar e gerar as devidas observações sobre o consumo de água, com as seguintes características:

- Cidade: Vitória da Conquista/Bahia;
- Número de usuários da residência: 4;
- Número de usuários do cômodo monitorado: 2;
- Consumo médio mensal da residência: 10 m³.

Durante o período de 7 dias monitorou-se o consumo do lavatório por meio do medidor, bem como foram armazenados dados de consumo, data e hora em um cartão de memória.



Figura 5. Detalhes da instalação do medidor no lavatório.

Na figura 6 temos um perfil de consumo de água no lavatório. Através deste é possível detectar desvios oriundos de desperdícios, perdas, defeitos ou fraudes no medidor, como por exemplo, na ocorrência de um consumo mínimo constante, superior a zero, em horários incomuns, indicando a possibilidade da existência de vazamentos.

Por meio das figuras 7 e 8 é possível verificar qual período do dia e quais dias da semana há a maior consumação, respectivamente.

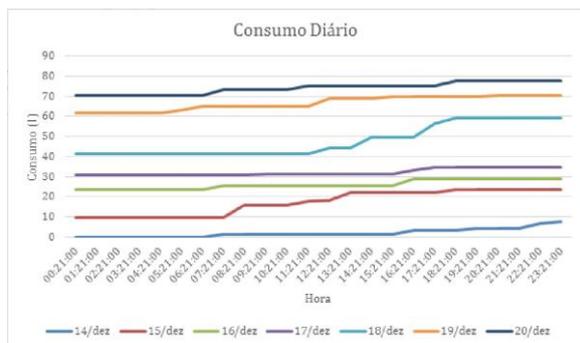


Figura 6. Consumo diário de água do lavatório durante a semana monitorada.

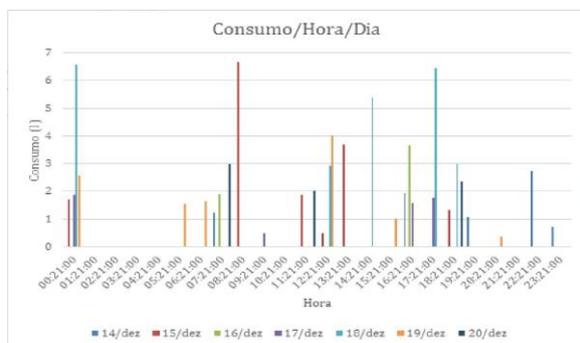


Figura 7. Consumo por hora durante a semana de monitoramento do lavatório.

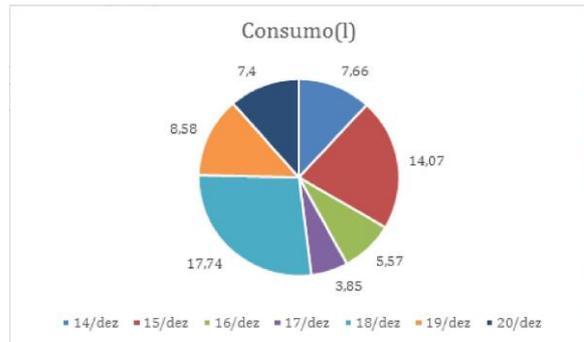


Figura 8. Consumo por dia durante a semana de monitoramento do lavatório.

Com esse medidor é possível monitorar o sistema de abastecimento em diversos pontos da residência, podendo ser instalado por cômodo ou por equipamento, como por exemplo, o lavatório, o aparelho sanitário, a máquina de lavar, o chuveiro, etc., permitindo ao consumidor saber onde e como se deu seu consumo de água. Para isso, os medidores instalados em diversos pontos do imóvel enviam a leitura do consumo através da radiofrequência para uma unidade de gerenciamento central, a qual tratará os dados, gerando o consumo total.

Para situações nas quais haja necessidade de deslocamento da unidade receptora, o medidor possibilita a alimentação externa com uso de uma bateria. Além disso, é possível implementar o código de programação do mesmo para monitorar o consumo da bateria, informando, por exemplo, sua vida útil e o tempo restante de carga antes da próxima recarga.

4 Conclusão

O uso de medidores inteligentes é uma importante ferramenta de gestão dos recursos hídricos, possibilitando ganhar agilidade no processo de leitura, evitar erros por falhas humanas, traçar perfis de consumo, bem como monitorar perdas e desperdícios.

A medição por telemetria também possibilita a instalação de medidores em locais de difícil acesso ou que ofereçam riscos ao leitorista, uma vez que dispensa a necessidade de aproximação do hidrômetro, exceto em casos de manutenção, evitando também a emissão de contas por média de consumo, muito comum nesses ambientes.

Em uma perspectiva futura da pesquisa, pode-se ampliar o campo de estudo, monitorando o perfil de consumo de um condomínio, de uma rua ou de um bairro e, através da análise das curvas, estabelecer critérios no abastecimento de acordo com o local, o horário ou o período onde há um gasto maior de água. Esse tipo de prioridade é muito útil em períodos de racionamento de água, nos quais a concessionária deverá traçar planos para atender toda a população.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal da Bahia – Campus Vitória da Conquista pelo suporte prestado à realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- Ahmad, Z; Muhammad, A. Low power for open channel flows. IEEE, 2014.
- ANA. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Informe 2014. Agência Nacional das Águas/Ministério do Meio Ambiente. Brasília, p. 105. 2015. (ISBN: 978-85-8210-028-8).
- Coelho, A. C. Micromedicação Em Sistemas De Abastecimento De Água. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2009.
- Lima, B. C; Yamaguchi, J. K; Kussaba, L. L; Ferreira, A.T. Sistema de medição individualizada de água: estudo de caso de edifício commercial em São Paulo. Revista Eletrônica de Engenharia Civil. V. 11, Nº 3, p. 56-66; 2016.
- Mello, E. J; Rabello, M. Leitura De Medidores De Água Por Radiofrequência -A Experiência Bem Sucedida De Um Serviço Público De Saneamento. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.
- Pereira, L. D. L.; Souto, W. A. Implementação de um sistema de medição de consumo de água com transmissão via radiofrequência. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica). Vitória da Conquista, p. 88. 2016.
- Riaz, W; Ahmad, Z; Muhammad, A. A smart metering approach towards measuring flows in small irrigation outlets. Procedia Engineering 154 (2016) 236 – 242. ELSEVIER. 2016.
- Sanchez, A. S; Cohim, E. H. B; Kalid, R. A. Sistema inteligente para monitoramento do consume de água e detecção de vazamentos em prédios. 2º Congresso internacional RESAG – Aracaju, 2015.
- SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento.. Brasília, p. 181. 2013.
- Tamaki, H. O. A Medição Setorizada Como Instrumento De Gestão Da Demanda De Água Em Sistemas Prediais – Estudo De Caso: Programa De Uso Racional Da Água Da Universidade De São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). São Paulo, p. 151. 2003.
- Tsutiya, M. T. Abastecimento de Água. 3ª. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, v. XIII, 2006.