

SISTEMA ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO DO NÍVEL DE ÁGUA EM CAIXAS D'ÁGUA RESIDENCIAIS

*ELECTRONIC SYSTEM FOR MONITORING WATER LEVEL IN RESIDENTIAL WATER
TANKS*

*SISTEMA ELECTRÓNICO PARA MONITOREO DEL NIVEL DE AGUA EN TANQUES DE
AGUA RESIDENCIALES*

José Maria de Miranda¹
Charles Way Hun Fung²

Resumo

A escassez de água é um problema urgente em muitas regiões do Brasil, destacando a necessidade de estratégias eficazes de gerenciamento de água. Nesse contexto, o presente trabalho acadêmico propõe o desenvolvimento de um circuito eletrônico capaz de medir o nível de água em caixas d'água residencial, visando controlar o consumo de água nas residências. Os dados serão exibidos por meio de um display *LED*, permitindo que os moradores tenham conhecimento do volume de água utilizado ao longo do dia. Essa informação torna-se relevante considerando o cenário brasileiro de escassez de água. Com base nas medições, os moradores poderão identificar quais ações estão contribuindo para um maior consumo e, assim, desenvolver estratégias para reduzi-lo. O projeto tem como requisito que o sistema eletrônico tenha no mínimo cinco níveis de medição, exibindo as informações dentro da residência. Foram realizadas análises do nível de água na caixa ao longo de quatro semanas, em intervalos regulares e registrando esses valores para processamento dos dados obtidos.

Palavras-chave: medição de nível de água; escassez de água; circuito integrado; display de sete seguimentos.

Abstract

Water scarcity is an urgent problem in many regions of Brazil, highlighting the need for effective water management strategies. In this context, this academic work proposes the development of an electronic circuit capable of measuring the water level in residential water tanks, aiming to control water consumption in homes. The data will be displayed through an LED display, allowing residents to be aware of the volume of water used throughout the day. This information becomes relevant considering the Brazilian scenario of water scarcity. Based on the measurements, residents will be able to identify which actions are contributing to higher consumption and thus develop strategies to reduce it. The project requires that the electronic system have at least five measurement levels, displaying the information within the residence. Analysis of the water level in the tank were conducted over four weeks at regular intervals, and these values were recorded for processing the obtained data.

Keywords: water level measurement; water scarcity; integrated circuit; seven-segment display.

Resumen

La escasez del agua es un problema urgente en muchas regiones de Brasil, lo que destaca la necesidad de crearse estrategias eficaces de gestión del agua. En ese contexto, el presente trabajo académico propone el desarrollo de un circuito electrónico capaz de medir el nivel del agua en tanques de agua residenciales, buscando controlar el consumo de agua en las residencias. Los datos serán presentados por medio de una pantalla *LED*, permitiendo que los residentes tengan conocimiento del volumen de agua utilizado a lo largo del día. Esa información es relevante, considerando el escenario brasileño de escasez de agua. Basado en las mediciones, los residentes podrán identificar cuáles acciones contribuyen para el consumo mayor y, así, pensar en estrategias capaces de disminuirlo. El proyecto tiene como exigencia que el sistema electrónico tenga por lo menos cinco niveles de medición, exhibiendo

¹ Estudante do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Internacional (UNINTER). E-mail: miranda.josemaria@outlook.com

² Professor do Centro Universitário Internacional (UNINTER) – Orientador. E-mail: charles.f@uninter.com

las informaciones dentro de la residencia. Se realizaron análisis del nivel del agua en el tanque a lo largo de cuatro semanas, con pausas regulares y registrando dichos valores para el procesamiento de datos obtenidos.

Palabras clave: medición del nivel de agua; escasez de agua; circuito integrado; pantalla de siete seguimientos.

1 Introdução

A escassez de água é um problema urgente em muitas regiões do Brasil, destacando a necessidade de estratégias eficazes de gerenciamento de água. Cerca de 1,6 bilhão de pessoas enfrentam escassez “econômica” de água, o que significa que, embora a água possa estar fisicamente disponível, não existe infraestrutura necessária para que as pessoas tenham acesso a essa água (Iwmi, 2007). O uso global de água doce aumentou seis vezes nos últimos cem anos e, desde a década de 1980, continua a crescer a uma taxa de cerca de 1% ao ano (Aquastat). Muito desse crescimento pode ser atribuído a uma combinação de crescimento populacional, desenvolvimento econômico e mudanças nos padrões de consumo (Koncagül; Tran; Connor, 2021).

Esse trabalho acadêmico tem como objetivo o desenvolvimento de um circuito eletrônico capaz de medir o nível de água em caixas d'água residencial. O principal objetivo é permitir que os moradores monitorem e controlem seu consumo de água, fornecendo informações em tempo real sobre o volume de água utilizado ao longo do dia.

O sistema proposto utilizará um display de sete segmentos para exibir o nível de água dentro da residência, garantindo fácil acesso e conscientização para os moradores (Vishay, 2021). Ao ter acesso a essas informações, os indivíduos podem identificar as atividades ou comportamentos que contribuem para um maior consumo de água e desenvolver estratégias para reduzi-lo.

A implementação desse sistema pode desempenhar um papel crucial na promoção de práticas de conservação de água e no estímulo a hábitos sustentáveis entre os domicílios. O sistema eletrônico foi projetado com cinco níveis de medição, cada um correspondendo a um determinado volume de água, além de um sexto nível que indica a ausência completa de água. Ao capacitar os moradores com conhecimento sobre seus padrões de consumo de água, esse projeto visa promover uma abordagem mais consciente e responsável em relação ao uso da água.

Nas seções seguintes, esse trabalho discutirá a metodologia empregada no desenvolvimento do circuito eletrônico, descreverá sua funcionalidade e integração com display visual, analisará estratégias potenciais para a redução do consumo de água com base nos dados coletados e apresentação dos resultados obtidos.

2 Metodologia

2.1 Requisitos do projeto

Os requisitos desse projeto estabelecem as especificações técnicas e funcionais necessárias para o desenvolvimento do sistema eletrônico de monitoramento. Primeiramente, o sistema será capaz de medir com precisão o nível de água, utilizando no mínimo cinco níveis de medição. Além disso, o sistema deve ser projetado de forma a permitir a exibição clara e compreensível desses dados dentro da residência.

A montagem do circuito deve ser realizada de maneira organizada e segura, garantindo a integridade dos componentes e a funcionalidade do sistema. Após a montagem, deve ser realizado testes do sistema para verificar sua correta operação e garantir a precisão das medições. Os testes abrangeram diferentes condições de uso, simulando variações no nível de água e avaliação de resposta do circuito.

2.2 Seleção dos componentes

A escolha adequada dos componentes foi fundamental para garantir a precisão, confiabilidade e desempenho do circuito, nesse sentido, foram considerados vários critérios durante o processo de seleção dos componentes. Um fator importante é a precisão das medições, pois é essencial que o sistema forneça dados confiáveis e acurados sobre o nível de água na caixa d'água. Foi considerada, também, a disponibilidade dos componentes no mercado, pensando em selecionar componentes de fácil acesso para a aquisição e manutenção. O custo dos componentes foi levado em conta, buscando uma solução eficiente e acessível.

A compatibilidade entre os componentes foi verificada, sendo necessário assegurar que todos os elementos do circuito eletrônico fossem compatíveis entre si, a fim de evitar problemas de incompatibilidade que comprometessem o desempenho do sistema. Além disso, foram consideradas as especificações técnicas dos componentes, como faixa de operação, tensão de alimentação, entre outros, cujas especificações devem ser compatíveis às necessidades do sistema de monitoramento.

Os cinco sensores de nível utilizados no sistema apresentado na Figura 1, são do tipo boia com contato elétrico, operando nas configurações “*Normally Closed*” (NC) ou “Normalmente

fechado (NF)”, por meio de ação magnética. Quando o campo magnético é distanciado, o estado do contato muda para “*Normally Open*” (NO) ou “Normalmente aberto” (NA).

Figura 1: Sensor de nível

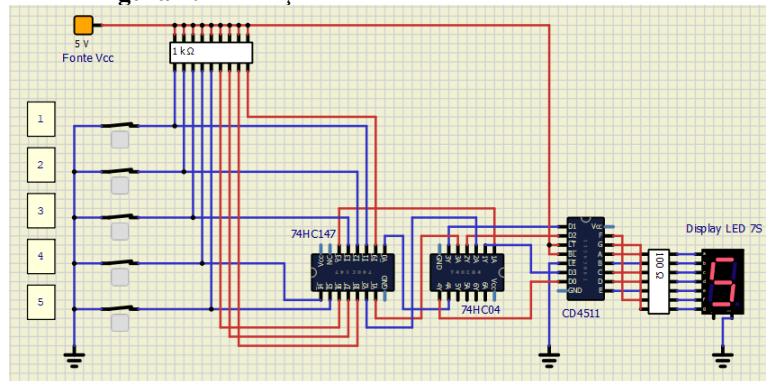


Fonte: Eicos (2023).

2.3 Montagem do circuito

Antes da montagem física do circuito eletrônico foram feitas várias simulações em *software SimulIDE*, com intuito de checar seu funcionamento. Os cinco contatos utilizados na simulação via *software* representam os cinco sensores que serão instalados no interior da caixa d'água, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2: Simulação do circuito eletrônico via software



Fonte: elaborado pelo autor via *Simulide* (2023).

O circuito é composto por diversos componentes eletrônicos interconectados de forma a possibilitar o processamento e medição precisa do nível de água. Entre os principais componentes utilizados, destacam-se os circuitos integrados (CI) CD4511, MC74HC147, 74HC04 e display de sete segmentos.

O componente CD4511 é um decodificador BCD-to-7-segmentos CMOS (*Complementary metal-oxide-semiconductor*), projetado para converter uma entrada de código BCD (*Binary Coded Decimal*) em sinais de controle adequados para acionar um display de sete segmentos (Motorola, 1995), o CI MC74HC147 Decimal-to-BCD Encoder, um codificador decimal para BCD (*Binary Coded Decimal*), conforme explica o manual Texas Instruments (1998). Com relação ao CI 74HC04 *Hex inverter*, trata-se de um inversor hexadecimal, que faz parte da família de circuitos integrados de lógica CMOS (Philips, 2003). Já o display de sete segmentos é um dispositivo de exibição utilizado para representar números decimais de 0 a 9 (Vishay, 2021).

Os resistores 560Ω (Yageo, 2021) são utilizados para limitar a corrente em cada *LED* do display de sete segmentos, evitando que se danifiquem, enquanto os resistores $1k\Omega$ são utilizados no integrado MC74HC147, com a finalidade de garantir que um sinal de entrada em um circuito digital esteja em um estado lógico conhecido quando nenhum outro dispositivo estiver ativamente conduzindo o sinal. A alimentação do circuito é feita por meio de uma fonte de energia adequada com primário 100-240Vca, 150mA e secundário 5.0Vcc, 350mA garantindo o funcionamento contínuo do sistema.

O dispositivo é fabricado em alumínio, tubos e conexões em PVC, evitando corrosão, como apresentado na Figura 3. Para montagem dos sensores e a organização dos cabos de sinal, esse dispositivo permite uma instalação segura e eficiente, garantindo uma medição precisa do nível de água na caixa, a partir do momento em que esses sensores são, estrategicamente, posicionados na caixa d'água.

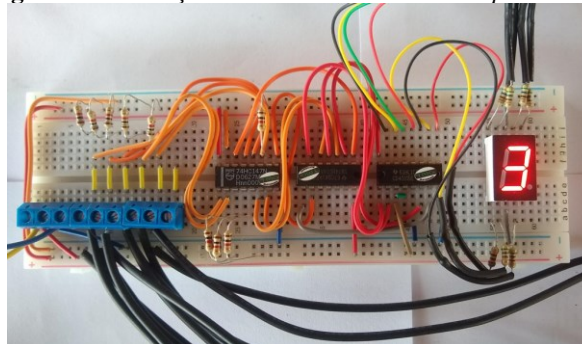
Figura 3: Suporte e montagem dos sensores



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Posteriormente à simulação e a escolha do circuito ideal para o projeto, testou-se esse com componentes físicos em um *protoboard*, como apresentado na Figura 4.

Figura 4: Simulação do circuito eletrônico em *protoboard*



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

A montagem dos componentes eletrônicos foi feita na placa genérica para prototipagem, seguindo as orientações do projeto, como apresentado nas Figuras 5 e 6.

Figura 5: Montagem circuito eletrônico na placa PCI fundo



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Figura 6: Montagem circuito eletrônico na placa de prototipagem



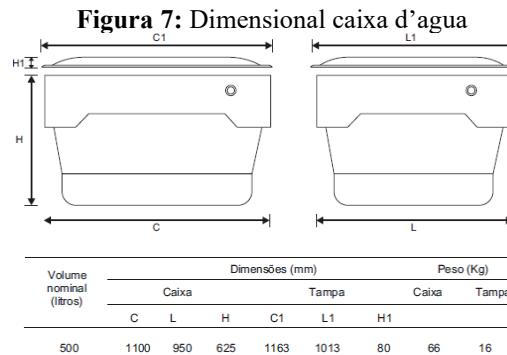
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

2.4 Testes e calibração

Após a montagem do circuito eletrônico, foi necessário realizar testes e calibrações para garantir o funcionamento adequado do sistema. Os testes envolveram a verificação do funcionamento dos sensores de nível de água, a resposta do circuito diante de diferentes volumes de água na caixa d'água e a estabilidade das medições ao longo do tempo. Foi importante assegurar que o circuito era capaz de fornecer leituras precisas e confiáveis, independentemente de variações. Ao concluir essa etapa com sucesso, os dados obtidos pelo circuito foram precisos e confiáveis.

2.5 Testes e cálculos de volume da caixa d'água

Nessa etapa, foi realizada a análise e cálculos de volume das caixas d'água das duas residências na qual o dispositivo de medição foi instalado. Ambas as residências têm o mesmo modelo de caixa, com formato retangular fabricado pela Brasilit em fibrocimento. Com base nas dimensões fornecidas pelo fabricante, apresentado na Figura 7, obteve-se os seguintes resultados.



Fonte: Brasilit (2023).

Com as dimensões fornecidas via fabricante:

Comprimento inferior (C) = 1100 mm = 1.1 m;

Largura inferior (L) = 950 mm = 0.95 m;

Altura (H) = 625 mm = 0.625 m.

Cálculo do volume em metros cúbicos:

Volume = Comprimento x Largura x Altura

$$\text{Volume} = 1.1 \times 0.95 \times 0.625, \text{ Volume} = 0.653125 \text{ m}^3 \quad (1)$$

Agora, para ajustar o volume em litros:

$$\text{Volume em litros} = 0.653125 \times 1000, \text{ Volume em litros} = 653.125 \text{ l} \quad (2)$$

Portanto, o volume da caixa d'água é de aproximadamente 653 l. Para calcular a altura (H), que resultaria em um volume de 500 litros para a caixa d'água, utilizou-se a fórmula para calcular o volume de uma caixa d'água retangular:

Volume = Comprimento x Largura x Altura

Substituindo os valores conhecidos e resolvendo para a altura (H), tem-se:

$$500 = 1.1 \times 0.95 \times H$$

$$H = 500 / (1.1 \times 0.95) \quad H \approx 0.484 \text{ metros} \quad (3)$$

Portanto, para obter um volume de 500 litros, a altura considerada da caixa d'água é de aproximadamente 0.484 m, do fundo para o topo. Com base nas dimensões fornecidas, e levando em consideração a capacidade informada pelo fabricante de 500 litros, sendo esse o “volume

nominal”, verifica-se nos cálculos que a caixa d'água possui uma capacidade superior a informada, de aproximadamente de 653.125 litros de água, conforme cálculos (1) e (2), entretanto, esse volume total não é utilizado devido à altura de instalação da boia de nível.

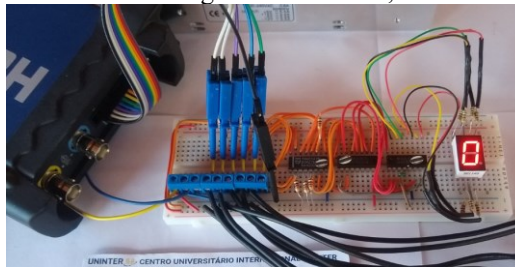
O Inmetro, pela Portaria n.º 254, de 18 de setembro de 2009, define “volume nominal” como “volume inscrito na medida de capacidade, que serve de base a uma transação comercial, correspondente ao volume limitado pelo plano que tangencia a parte inferior da referência de enchimento” (Inmetro, 2009, p. 3). Essa quantidade é geral, identifica um valor aproximado e, muitas vezes, é um pouco diferente da realidade (Coleman, 2021).

Para configuração de tamanho do suporte e distâncias dos sensores, foi considerada a altura (H) 484 mm = 0.484 metros. Esse volume e altura foram divididos em cinco níveis de medição, resultando em 100 litros por nível. Essa configuração será utilizada como parâmetro nas análises de leitura e processamento dos resultados obtidos.

2.6 Testes e calibração dos sinais de nível lógico

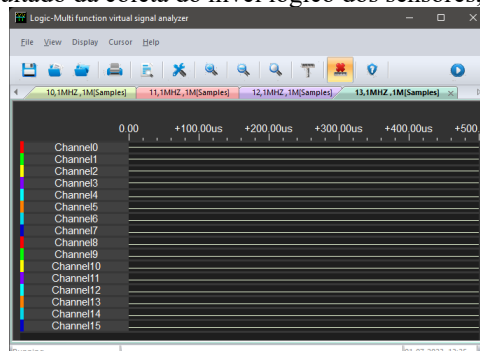
Os níveis lógicos representam os estados de “nível lógico alto” (1) ou “nível lógico baixo” (0) para cada combinação de canal (CH) e nível. O objetivo é compreender o comportamento do circuito eletrônico em relação aos diferentes estados dos níveis de entrada, como ilustram as coletas nas Figuras 8 e 9.

Figura 8: Coleta do nível lógico dos sensores, sinais dos níveis 5 a 0



Fonte: elaborado pelo autor via Osciloscópio Hantek (2023).

Figura 9: Resultado da coleta do nível lógico dos sensores, sinal do nível 0



Fonte: elaborado pelo autor via Osciloscópio Hantek (2023).

Por meio da Tabela 1, é possível observar os estados lógicos resultantes para cada combinação de nível e canal. Essa análise é fundamental para compreender o funcionamento do sistema eletrônico e suas respostas diante das diferentes condições de entrada. O estudo dos níveis lógicos também pode contribuir para a identificação de possíveis problemas ou falhas no circuito, uma vez que variações nos níveis lógicos esperados podem indicar mau funcionamento ou necessidade de ajustes.

Tabela 1 Níveis lógico dos sensores, obtidos com sinais do nível 5 a 0

	Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
CH 0	1	1	0	0	0	0
CH 1	1	1	0	0	0	0
CH 2	1	1	1	0	0	0
CH 3	1	1	1	1	0	0
CH 4	0	0	0	0	0	0
CH 5	0	0	0	0	0	0

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

2.7 Testes dos níveis de tensão e corrente

A Tabela 2 fornece informações sobre os níveis de tensão (Vcc) e corrente (mA) em cada nível do circuito eletrônico. Todos os níveis apresentam uma tensão de alimentação constante de 5V, indicando que o sistema está operando em sua potência máxima. No entanto, a corrente sofre variação em cada nível, conforme indicado na Tabela 2. Isso significa que o consumo de corrente no circuito é diferente em cada etapa ou comutação, sendo importante observar as mudanças de consumo ao longo dos níveis.

Tabela 2: Tensões e correntes, obtidas com sinais dos níveis 5 a 0

	Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Vcc	5	5	5	5	5	5
mA	0,26	0,13	0,32	0,38	0,39	0,50

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

2.8 Testes dos níveis de potência

Calculou-se a potência consumida em cada nível do circuito eletrônico usando as correntes da Tabela 2. A potência elétrica é calculada multiplicando a tensão (Vcc) pela corrente (mA) conforme fórmula (4). Como a tensão é constante em todos os níveis, a potência consumida em cada nível será proporcional à corrente, resultados apresentados na Tabela 3.

$$V_{cc} / mA = mW \tag{4}$$

Tabela 3: Potência consumida, obtidas com sinais dos níveis 5 a 0

	Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
mW	1,3	0,65	1,6	1,9	1,95	2,5

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Figura 10: Coleta de tensões e correntes, sinais dos níveis 5 a 0



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Esses dados são fundamentais para compreender o comportamento do sistema eletrônico, permitindo análises precisas. Por meio das informações é possível avaliar o desempenho do circuito, identificar possíveis problemas ou ajustes necessários.

2.9 Funcionamento do sistema

O sistema é composto pelo circuito eletrônico e sensores de nível; a conexão entre essas duas partes é realizada por meio de um cabo de sinal de 5m; e para facilitar a mobilidade e a manutenção foram instalados conectores nas saídas do circuito eletrônico e no suporte dos sensores. Para a interligação desses, utilizou-se conectores, especificamente, dois conjuntos de conectores de 6 vias (macho e fêmea). Os sensores de nível são posicionados dentro da caixa d'água. Esses cinco sensores são responsáveis por medir o nível da água e enviar os sinais para o circuito eletrônico, o qual os recebe e processa-os nos circuitos integrados.

Com base nessas informações, o circuito determina o nível de água na caixa e o converte em uma forma adequada para exibição no display *LED* que representa um nível específico de água, sendo os valores numéricos correspondente: (5) indicando nível alto em 100%, (4) indicando nível intermediário 1 em 80%, (3) indicando nível intermediário 2 em 60%, (2) indicando nível intermediário 3 em 40%, (1) indicando nível baixo em 20% e (0) indicando caixa vazia em 0%. Na Figura 11, apresenta-se o resultado do circuito com a integração do display *LED*, cabo e sensores.

Figura 11: Conjunto monitor de nível d'água



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

2.10 Análise das estratégias de redução de consumo

Com base nos dados coletados ao longo do tempo, os moradores das duas residências puderam identificar quais ações estão contribuindo para um maior consumo de água e, assim, desenvolver estratégias eficientes para reduzi-lo.

O sistema de medição contínuo permite detectar variações anormais no consumo, indicando possíveis vazamentos ou mau uso da água. Ao identificar essas situações, os moradores podem tomar as medidas necessárias para reparar vazamentos, substituir equipamentos defeituosos ou adotar práticas mais eficientes no uso da água.

Por fim, a análise das estratégias de redução de consumo deve ser contínua e adaptativa. À medida que os moradores implementam medidas de economia de água, é importante monitorar os resultados e fazer ajustes quando necessário.

3 Resultados

3.1 Coleta de dados e análise dos resultados obtidos

Para as coletas dos dados, foram estabelecidos horários específicos para realizar as medições, ao longo de quatro semanas, tanto na primeira residência, casa (1), quanto na segunda residência, casa (2), em intervalos regulares.

Com base nos dados coletados, foi possível obter uma visão detalhada do comportamento do consumo de água nas residências. Os valores registrados do nível de água permitiram identificar os momentos de maior demanda, as variações ao longo do dia e as tendências ao longo da semana.

A coleta de dados é uma etapa crucial do projeto, pois fornece informações fundamentais para avaliar o desempenho do sistema de medição e monitoramento. Os dados obtidos durante o período de coleta serviram como base para análise dos resultados, permitindo verificar

a eficácia das estratégias de redução de consumo implementadas e identificar possíveis melhorias ou ajustes no sistema.

Tabela 4: Coleta de dados da casa (1)

DIA SEMANA	DATA	LED	HORA	LED	HORA	LED	HORA	LED	HORA
domingo	28/05/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
segunda-feira	29/05/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
terça-feira	30/05/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h

Continua.

Continuação.

quarta-feira	31/05/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
quinta-feira	01/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
sexta-feira	02/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
sábado	03/06/2023	5	08:00h	4	12:00h	4	16:00h	3	20:00h
domingo	04/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
segunda-feira	05/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
terça-feira	06/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
quarta-feira	07/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
quinta-feira	08/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
sexta-feira	09/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	4	16:00h	3	20:00h
sábado	10/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
domingo	11/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
segunda-feira	12/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
terça-feira	13/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
quarta-feira	14/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
quinta-feira	15/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	4	16:00h	3	20:00h
sexta-feira	16/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
sábado	17/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
domingo	18/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
segunda-feira	19/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
terça-feira	20/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
quarta-feira	21/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
quinta-feira	22/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
sexta-feira	23/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
sábado	24/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Tabela 5: Coleta de dados da casa (2)

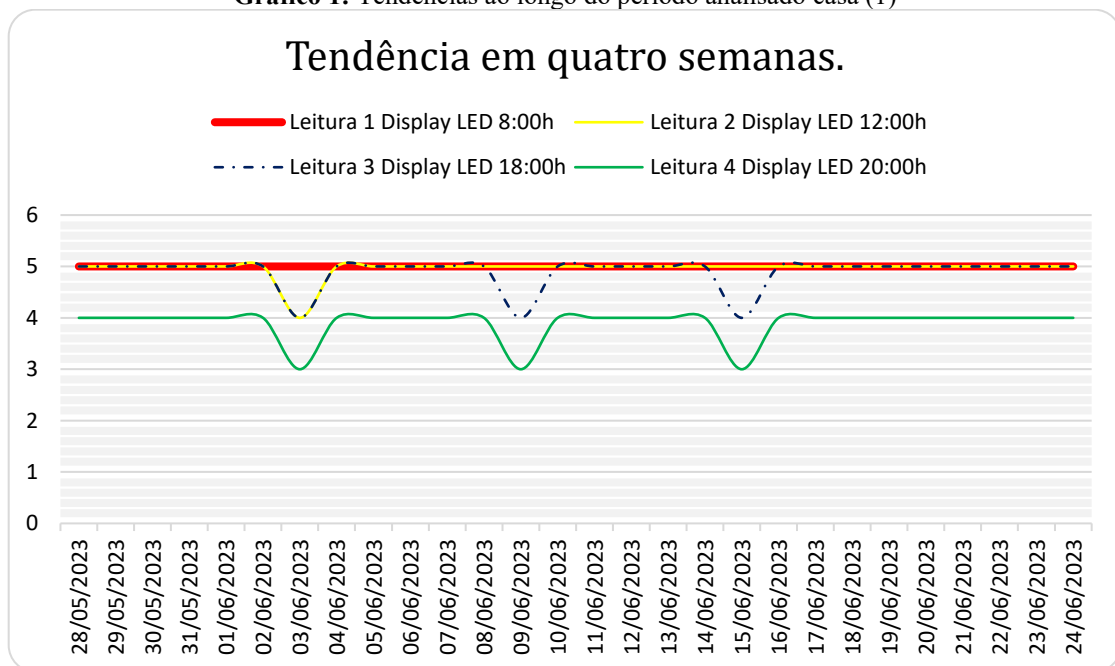
DIA SEMANA	DATA	LED	HORA	LED	HORA	LED	HORA	LED	HORA
domingo	25/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
segunda-feira	26/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
terça-feira	27/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
quarta-feira	28/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
quinta-feira	29/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
sexta-feira	30/06/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
sábado	01/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	4	16:00h	4	20:00h
domingo	02/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
segunda-feira	03/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
terça-feira	04/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
quarta-feira	05/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
quinta-feira	06/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
sexta-feira	07/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	4	16:00h	4	20:00h
sábado	08/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
domingo	09/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
segunda-feira	10/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h

terça-feira	11/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
quarta-feira	12/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
quinta-feira	13/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	4	16:00h	4	20:00h
sexta-feira	14/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
sábado	15/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
domingo	16/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
segunda-feira	17/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
terça-feira	18/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
quarta-feira	19/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
quinta-feira	20/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
sexta-feira	21/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h
sábado	22/07/2023	5	08:00h	5	12:00h	5	16:00h	4	20:00h

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

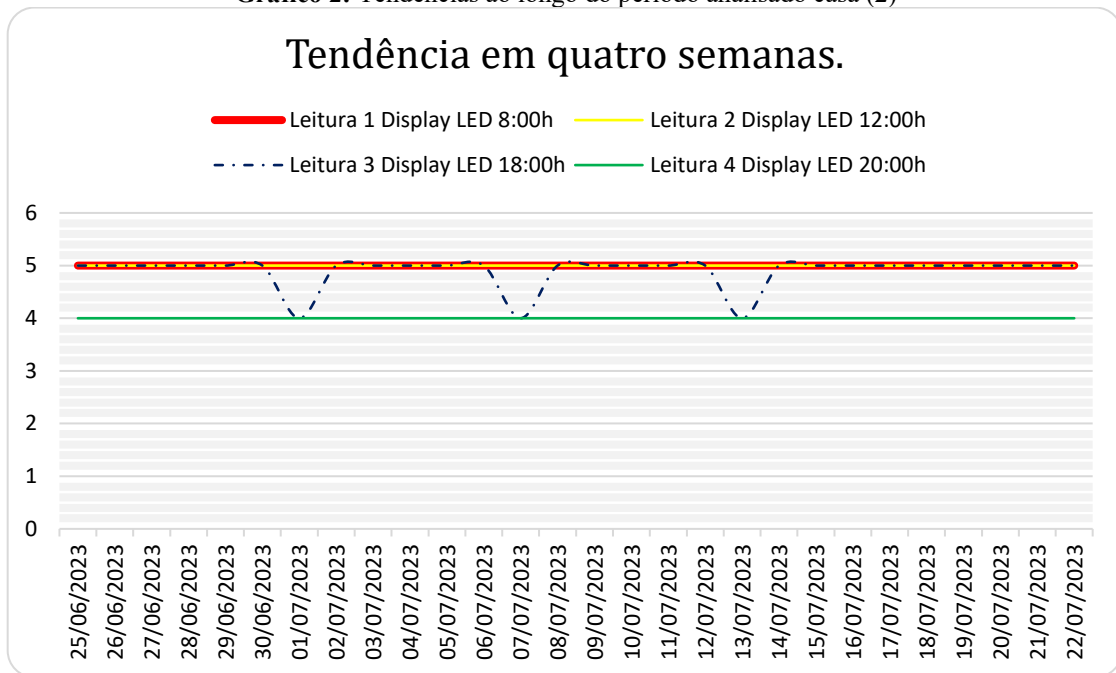
Após a coleta e processamento dos dados, realizou-se uma análise criteriosa dos resultados obtidos, registrados e apresentados na Tabela 4, para casa (1), e Tabela 5, para casa (2). Inicialmente, verificou-se que o sistema de medição apresentou um desempenho satisfatório. Foram observadas outras variáveis relevantes, durante as análises de dados, no consumo diário de água apresentado nas tendências ao longo do período das quatro semanas analisado.

Gráfico 1: Tendências ao longo do período analisado casa (1)



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 2: Tendências ao longo do período analisado casa (2)



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

4 Considerações finais

Ao longo do estudo, foram realizadas etapas de pesquisa, projeto, implementação e análise dos resultados, permitindo obter conclusões relevantes sobre a eficácia do sistema proposto. A partir da análise dos resultados obtidos, foi possível identificar que, na região Sudeste, em Minas Gerais, onde foram realizados os testes com o dispositivo, não há falta de reabastecimento de água. Uma solução para novas amostragens seria o ajuste de um novo suporte, a fim de capturar menores variações de nível e consumo. Entretanto essa não é a realidade de outras regiões do país que sofrem com a falta de um abastecimento regular.

Utilizou-se como suporte, projetado para as coletas apresentadas, o parâmetro de $500/5=100$ l, em que: (5) indica nível alto – 100% - 500 l, (4) indica nível intermediário 1 – 80% - 400 l, (3) indica nível intermediário 2 – 60% - 300 l, (2) indica nível intermediário 3 – 40% - 200 l, (1) indica nível baixo – 20% – 100L, (0) indica caixa vazia – 0%.

Uma nova proposta de suporte a ser projetado para as coletas foi de $500/10=50$ l, com (5) indicando nível alto – 100% - 500 l, (4) nível intermediário 1 – 80% - 450 l, (3) nível intermediário 2 – 60% - 400 l, (2) nível intermediário 3 – 40% - 350 l, (1) nível baixo – 20% – 300 l, (0) caixa vazia – 0%.

É importante levar em consideração a região de instalação do dispositivo ao ajustar o suporte. Isso garantirá que o dispositivo funcione de maneira otimizada e eficiente em diferentes condições regionais. Pode-se concluir que o circuito eletrônico desenvolvido se mostrou

capaz de executar a medição e monitoramento do nível de água na caixa d'água residencial. O sistema foi capaz de fornecer informações sobre o consumo de água, mesmo, com o range de 100 l.

A integração do sistema com o display *LED* possibilitou uma visualização clara e acessível das informações, além disso, o sistema revelou-se útil na detecção de vazamentos e desperdícios de água, o que contribuiu para a preservação dos recursos hídricos e para a economia financeira dos moradores. Acredita-se que o presente trabalho contribui para a disseminação de conhecimento e para a conscientização sobre a importância da gestão responsável e sustentável dos recursos hídricos.

Referências

AQUASTAT. **FAO's Global Information System on Water and Agriculture**. Disponível em: <https://www.fao.org/aquastat/en/>. Acesso em: 11 Oct. 2023.

BRASILIT. **Caixa d'água Brasilit retangular**, 2023. Disponível em: https://www.brasilit.com.br/sites/brasilit.com.br/files/downloads/1/Filipeta%20T%C3%A9cnica%20Caixa%20D%27%C3%81gua%20e%20Acess%C3%B3rios_0.pdf. Acesso em: 19 jun. 2023.

COLEMAN, C. Definição de volume nominal. **EHOW**, 2021. Disponível em: https://www.ehow.com.br/definicao-volume-nominal-fatos_364686/. Acesso em: 19 jul. 2023.

EICOS. **Controle de nível**. Disponível em: <https://icoscombr.s3.amazonaws.com/downloads/automacao-abastecimento-de-edificio-por-cisterna.pdf>. Acesso em: 26 maio 2023

EICOS. **Manual sensores de nível – LA12N-40**. Disponível em: <https://icoscombr.s3.amazonaws.com/downloads/manual-sensores-de-nivel-externo-eicos.pdf>. Acesso em: 26 maio 2023.

HANTEK. **PC USB Oscilloscope - Hantek 6022BL**. Disponível em: <https://hantek.com/products/detail/153>. Acesso em: 13 May 2023.

INMETRO. **Portaria n.º 254**, de 18 de setembro de 2009. Disponível em: <http://sistema-sil.inmetro.gov.br/pai/PAI000182.pdf>. Acesso em: 29 maio 2023.

IWMI. **A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture**, 2007. Disponível em: Summary_SynthesisBook.pdf (cgiar.org). Acesso em: 11 Oct. 2023.

KONCAGÜL, E.; TRAN, M.; CONNOR, R. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021 - O valor da água. **UNESCO**, 2021. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_por. Acesso em: 11 out. 2023.

MOTOROLA. Datasheet – Decimal-to-BCD Encoder MC74HC147. Disponível em: https://www.digchip.com/datasheets/download_datasheet.php?id=648306&part-number=MC74HC147D. Acesso em: 22 June 2023.

PHILIPS. Datasheet – Hex inverter 74HC04; 74HCT04. Disponível em: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/15523/PHILIPS/74HC04.html>. Acesso em: 22 June 2023.

SIMULIDE. SimulIDE. 0.4.15. Disponível em: <https://simulide.gumroad.com/l/simulide0415?la-yout=profile>. Acesso em: 22 jun. 2023

TEXAS INSTRUMENTS. Datasheet – CMOS BCD-to-7-Segment CD4511B Types. Disponível em: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/26905/TI/CD4511.html>. Acesso em: 25 May 2023.

VISHAY. Standard 7-Segment Display 13 mm – Datasheet, 2021. Disponível em: <https://www.vishay.com/search/?searchChoice=part&query=display>. Acesso em: 26 May 2023.

YAGEO. Resistor CFR Carbon Film Resistors – Datasheet, 2021. Disponível em: https://www.yageo.com/upload/media/product/productsearch/datasheet/lr/YAGEO%20CFR_datasheet_2021v0.pdf. Acesso em: 26 May 2023.