

SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA

Gabriel Michels Americo¹

Cleber Lourenço Izidoro²

Resumo: Fazendo-se um recurso hídrico fundamental e necessário para a sobrevivência dos seres vivos, a água deve ser vista por uma perspectiva além de um meio responsável pelo desenvolvimento econômico do planeta, mas sim sendo vital para manutenção dos ciclos biológicos, químicos e geológico, mantendo em equilíbrio todo o ecossistema. Sabe-se que 71% da superfície terrestre é coberta por água e o restante é composto por ilhas e continentes, sendo que 97% desta água é salgada e 3% doce. Porém, com o crescimento da população ao decorrer dos anos e com o aumento do uso desse recurso nas atividades humanas e econômicas, a escassez de água é um tema que começa a ser discutido pela Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento, surgindo então o conceito de sustentabilidade, que busca conscientizar a população de suprir as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras. Dessa forma, o objetivo deste trabalho consiste em desenvolver um sistema eletrônico capaz de monitorar o consumo de água de uma residência, empresa e dentre outros. A partir dos conceitos de sustentabilidade e Internet das Coisas, o projeto visa detectar vazamentos ou desvios de água nas tubulações, através da medição de consumo, feita por um sensor de fluxo, enviando os dados via *Wi-Fi* e disponibilizando as informações para uma aplicação *Mobile*, na qual o usuário pode ter acesso a todo o sistema de supervisão. A fim de verificar a eficiência, segurança e confiabilidade em seu funcionamento, relacionadas a leituras e trocas de informações, diversos testes funcionais foram realizados em bancada, validando assim o bom funcionamento e a possível transformação do protótipo em um produto comercializável no futuro.

Palavras-Chave: Sustentabilidade. *IoT*. Água. *Wi-Fi*. Monitoramento.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural abundante e essencial para a existência de vida na terra, tendo seu uso nas atividades humanas e em diversos setores da economia. Sendo aproximadamente 3% da superfície terrestre coberta por água doce, e dessa quantidade 69% estão em calotas polares, 30% subterrâneas, 1% rios e lagos. Devido a fatores como a poluição, crescimento demográfico, desperdício e

¹ Graduando em Engenharia. Mecatrônica. Ano: 2020/1. E-mail:gabrielmamerico@gmail.com

² Professor do Centro Universitário UniSatc. E-mail:cleber.izidoro@satc.edu.br

entre outros, este recurso está ficando cada vez mais escasso, tornando-se o assunto do século (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012).

Entretanto, a percepção dos prejuízos causados ao meio ambiente devido ao aumento da industrialização, iniciou-se no século XIX com a Revolução Industrial, sendo determinante para a compreensão da preocupação com a sustentabilidade ambiental que surgiu em 1970. No Brasil, as pesquisas sobre desenvolvimento sustentável começaram a partir da década de 1990, devido à evolução do assunto de preservação e com as condições sociais e econômicas. Há uma pluralidade de conceitos para defini-lo e até mesmo o que deve ser feito para ser alcançado (LARUCCIA, 2012; LYRA; GOMES; JACOVINE, 2009; SOUZA; RIBEIRO, 2013).

Segundo o documento da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, o conceito de sustentabilidade tem como base o atendimento das necessidades da sociedade presente sem comprometer as gerações futuras. Para a comissão, a união das necessidades básicas dos pobres do mundo e a limitação dos recursos naturais, somados ao desenvolvimento econômico, dirige-se para o desenvolvimento sustentável, buscando o fim da pobreza, reduzindo a poluição ambiental e desperdício de recursos (SOUZA; RIBEIRO, 2013).

Um dos problemas da escassez de água encontra-se nos processos de abastecimento de água, fornecidos através de redes de distribuição sendo existente perdas de água. Essas perdas são caracterizadas de duas formas real ou aparente. As perdas reais são associadas a vazamentos, já as aparentes por erros de medição, ligações clandestinas e falta de hidrômetro. Segundo um estudo realizado através do Instituto Trata Brasil em parceria com a Water.org, no Brasil em 2018, a cada 100 litros de água captada e tratada, 40% de volume de água se perde na distribuição. No ano de 2018, o país chegou a perder 6,5 bilhões de metros cúbicos de água potável (INSTITUTO TRATA BRASIL; WATER.ORG, 2020).

Tendo em vista o problema citado anteriormente relativo a vazamento de tubulações de água, é possível criar um sistema automatizado para analisar o consumo de água. Como nas residências as medições através da leitura dos hidrômetros ocorrem mensalmente pelas secretarias de água e esgoto, um sistema automatizado permitiria um maior controle do recurso. Caso esteja presente na rede de distribuição uma possível perda real, somente quando for recebido a leitura em

mãos poderá ser verificado que algo está errado, trazendo assim desperdício e um custo elevado para o consumidor.

O sistema projetado e implantado por esse trabalho contará com um dispositivo de medição e controle localizado em algum ponto do abastecimento de água, comunicando-se via *Wi-Fi* com um *Web Server*, onde uma aplicação *Mobile* receberá todos os dados, podendo ser acessado pelo usuário, no qual este verificará o estado atual de consumo e sendo informado caso alguma anomalia esteja presente.

Sabe-se que a automação de processos proporciona uma série de benefícios aos usuários, mas muitas vezes a implementação acaba não sendo executada devido ao alto custo e complexidade. O desenvolvimento deste tipo de equipamento, já tem sido abordado por Zanuzzo (2017), com objetivo semelhante ao desenvolvido neste trabalho, porém utilizando plataformas embarcadas com um alto valor de mercado. Sendo o modelo de sistema apresentado anteriormente visando a busca por simplicidade na instalação e baixo custo para o usuário final, aplicando o conceito *IoT* (Internet das coisas) e de sustentabilidade ambiental.

Portanto, conforme todas as informações apresentadas, o presente projeto de sistema a ser desenvolvido, terá como objetivo verificar possíveis vazamentos nas redes de distribuição de água dos consumidores.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentada uma pesquisa bibliográfica acerca do tema, no intuito de fundamentar os conceitos essenciais para o desenvolvimento do trabalho, baseada em periódicos nacionais e internacionais, artigos científicos e livros. Pretende-se abordar como funcionam os principais métodos para medição de vazão presente nas tubulações e como as tecnologias relacionadas ao conceito *IoT* (Internet das coisas), identificando e apresentando quais os principais pontos importantes e necessários para a elaboração do projeto proposto.

2.1 MÉTODOS PARA MEDIDA DE VAZÃO

As medições de vazão podem ser diretas ou indiretas. Nas diretas realiza-se a aferição da vazão propriamente dita. Um exemplo, dá-se no método em que se mede o tempo em que um volume conhecido leva para ser preenchido inteiramente por algum fluido. Tendo o valor do volume e do tempo, ao dividirmos encontra-se a vazão do curso do fluido (DINGMAN, 2002).

Enquanto, na indireta é medido o nível de fluido que, posteriormente, é aplicado em uma equação, em que será encontrado o valor da vazão. Existindo assim uma relação crescente entre nível e vazão em um canal (DINGMAN, 2002). Para adquirir a medida de vazão em um meio de um determinado fluido, existem diversos tipos de técnicas, dispositivos e princípios físicos a serem utilizados. Um medidor de vazão é um instrumento usado para medir a taxa de vazão, linear ou não linear, da massa ou do volume de um líquido ou um gás (PROPEQ, 2019).

Na realização da escolha de um medidor deve-se levar em consideração o real conhecimento dos requisitos para a aplicação. Dentre estas exigências, algumas delas são: taxa de fluxo mínima e máxima, tipo de fluido, tamanho da tubulação, visor no próprio medidor ou apenas uma saída eletrônica, densidade e viscosidade do fluido. (SPLABOR, 2011).

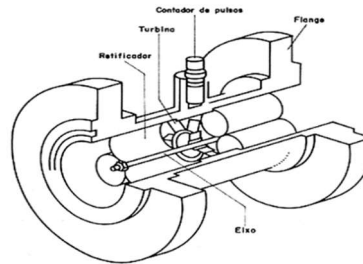
Tendo em vista alguns desses requisitos e técnicas para medição, e levando em consideração o objetivo do trabalho proposto, dentre todas as tecnologias oferecidas no mercado, as medições por turbinas, ultrassônicas e eletromagnéticas, são as que mais se adequam ao proposto por este trabalho.

2.1.1 Medidores por turbina

O medidor por turbina representado na Figura 1 é basicamente um medidor de velocidade, possuindo um rotor de giro livre colocado contra o escoamento do líquido, posicionado de forma que o centro do rotor seja coaxial ao do duto. As pás inclinadas, suportado entre dois mancais, com passagem de um determinado fluido, faz com que as pás girem em uma velocidade angular proporcional à vazão volumétrica na tubulação (UPP, 2002).

Portanto, o movimento interno pode ser transferido para o externo para realização da aferição de duas maneiras, por meio de engrenagens ou detectores eletromagnéticos. Esta técnica de medição é utilizada atualmente nos hidrômetros residências (PRESYS INSTRUMENTOS, 2019).

Figura 1: Esquemático medidor por turbina

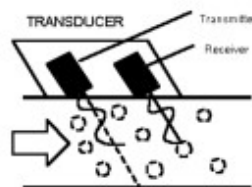


Fonte: Nóbrega et al. (2016)

2.1.2 Medidores por ultrassom

Os medidores ultrassônicos, devem ser utilizados em tubulações onde o líquido utilizado contenha partículas suspensas ou bolhas para a reflexão do sinal. Seu funcionamento baseia-se em como o sinal sonoro é modificado de acordo com a intensidade de vazão no duto. Neste tipo de medição destacam-se dois modelos: o por efeito Doppler e o de tempo de trânsito (UPP, 2002). O modelo por efeito Doppler está ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Esquemático de medidor de ultrassônico por efeito Doppler.

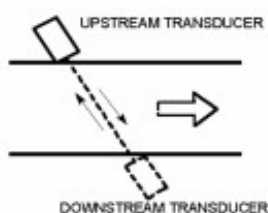


Fonte: UPP (2002).

Este modelo possui dois sensores ultrassônicos lado a lado, sendo um emissor e um receptor. O emissor envia ondas sonoras que colidem com partículas presentes no líquido. A partícula que refletirá a onda sonora é capturada pelo receptor,

movimentando-se com a mesma velocidade do líquido, e o receptor conseguirá determinar, a partir das alterações na frequência de onda a velocidade da partícula, devido ao Efeito Doppler (PRESYS INSTRUMENTOS, 2019).

Figura 3: Esquemático de medidor de ultrassônico por tempo de trânsito.



Fonte: UPP (2002).

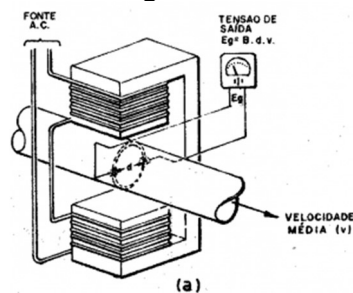
Já o modelo por tempo de trânsito ilustrado na Figura 3, é constituído por dois sensores ultrassônicos, posicionados de lados opostos no encanamento, onde os tempos de trânsito de um sinal ultrassônico para ir de um transdutor a outro e depois retornar, são comparados, e a diferença é proporcional à vazão (PRESYS INSTRUMENTOS, 2019).

2.1.3 Medidores eletromagnéticos

Para realizar a medição pelo meio magnético, o líquido presente na tubulação deve possuir uma condutividade elétrica mínima. Portanto, pode ser utilizado para medir a vazão de soluções aquosas; não podendo ser utilizado, por exemplo, com hidrocarbonetos, que são isolantes elétricos (PRESYS INSTRUMENTOS, 2019).

A composição de um medidor de vazão eletromagnético, conforme representado na Figura 4, apresenta-se em um tubo metálico revestido com isolante, no qual se encontra entre duas bobinas que recebem a passagem de uma corrente obtida da rede, assim criando um campo magnético e dois eletrodos transversais, que detectam a força eletromotriz gerada pelo escoamento médio (PRESYS INSTRUMENTOS, 2019).

Figura 4: Esquemático medidor de vazão eletromagnético.



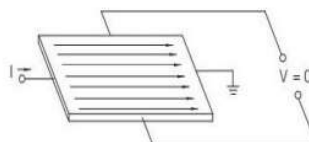
Fonte: Presys instrumentos (2019)

O princípio de funcionamento baseia-se na Lei de Indução de Faraday, no qual a velocidade do líquido na tubulação, realiza a movimentação de um condutor elétrico, onde acaba deslocando-se e cortando as linhas de fluxo de um campo eletromagnético. Devido a este movimento, ocorre a indução de uma força eletromotriz que atravessa o líquido perpendicularmente ao campo magnético. Fazendo com que a tensão gerada, seja diretamente proporcional a essa força. (LAMON, 2010).

2.2 SENSOR DE EFEITO HALL

O sensor Hall é um dispositivo capaz de transformar um tipo de energia em outra, como por exemplo, quando exposto a um campo eletromagnético, a sua tensão de saída varia. Portanto a variação desta tensão linearmente depende da densidade do fluxo magnético, que são chamados de sensores lineares; mas possui também os sensores limiares, que realizam a diminuição acentuada na tensão de saída com a densidade de fluxo magnético (NETO et al., 2010).

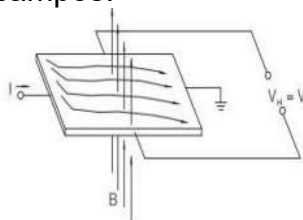
Figura 5: Sensor de efeito Hall sem ação de campos.



Fonte: Honeywell (2016).

Como apresentado na Figura 5, uma fina lâmina de material condutivo, recebe a passagem de uma corrente elétrica, causada por uma diferença de potencial na mesma, neste caso realizando a utilização de uma bateria. Um multímetro é colocado em paralelo com a lâmina para medir a tensão na direção oposta à conexão da bateria, nessa situação, como ilustrado na Figura 5, o multímetro mede zero volts (CARVALHO; MILLÉO, 2017).

Figura 6: Sensor de efeito Hall sob ação de campos.



Fonte: Honeywell (2016).

Quando um campo magnético é aplicado na lâmina com o ângulo correto em relação ao fluxo da corrente, como na Figura 6, uma pequena diferença de potencial ocorre sendo observada pelo multímetro. Caso a polaridade do campo magnético seja revertida, o mesmo acontecerá com a tensão induzida pelo campo na placa. Esse fenômeno é chamado de efeito Hall (CARVALHO; MILLÉO, 2017).

3.3 TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO

Com o avanço do uso de dispositivos móveis e os benefícios que eles proporcionam, a comunicação sem fio é um fator fundamental. Por esses motivos, tecnologias de comunicação sem fio, vêm ganhando força no mercado, pois ela pode agregar para as companhias, maior capacidade de monitoramento para a gestão, mobilidade e agilidade operacional assim como um maior custo-benefício em comparação ao uso de cabos (ALIGER, 2019).

2.3.1 Comunicação Wi-fi

O termo *Wi-Fi* é uma abreviação de *Wireless Fidelity*. Esse tipo de tecnologia realiza comunicações sem o uso de cabos, sendo transmitida geralmente por frequências de rádio, infravermelhos e entre outros. Sendo esta transmissão realizada, por meio de um adaptador, chamado “roteador” que recebe estes sinais, decodifica e emite por uma antena (FILHO, 2016).

A conexão com uma rede de comunicação *Wi-Fi*, deve ser realizada em uma área abrangente do ponto de acesso. O raio de alcance deste tipo rede, varia conforme o adaptador e antena utilizados, chegando a uma distância de 100 a 300 metros (FILHO, 2016).

2.3.2 Comunicação Bluetooth

A comunicação *Bluetooth* é constituída por um padrão de rede sem fio que permite o envio e recebimento de dados entre dispositivos. Sendo que para atender os mais variados tipos de dispositivos, o alcance máximo do *Bluetooth* varia de 1 a 100 metros de distância, dependendo o consumo de energia do destino e versão da tecnologia utilizada (ALECRIM, 2008).

A transmissão é feita por meio de radiofrequência, permitindo que um dispositivo detecte o outro independente de suas posições, tendo uma velocidade de troca de dados relativamente baixa, mas suficiente para uma conexão satisfatória entre a maioria dos dispositivos (ALECRIM, 2008).

2.3.3 Comunicação LPWAN

A *Low-Power Wide-Area Network* (LPWAN), é um tipo de tecnologia sem fio que possui como característica, o baixo consumo de eletricidade. É utilizada quando há necessidade de enviar poucos dados, em distâncias relativamente largas, garantindo maior vida útil para as baterias a serem implementadas durante os processos de comunicação e aplicação (DE SOUZA, 2018).

Em se tratando de LPWAN, muito se fala sobre *LoRa*, *Sigfox*, *NB-IoT*, que são redes baseadas nesse conceito de comunicação (DE SOUZA, 2018).

O nome *LoRa* vem da abreviação de *Long Range*, uma tecnologia de comunicação por meio de radiofrequência e que, permite a comunicação entre dois módulos a uma distância média de quatro quilômetros em área urbanas, e até 15 quilômetros em áreas rurais ou campo aberto (RAMOS, 2019).

As frequências de transmissões possuem uma relação diretamente inversa entre distância e capacidade de transmissão. Quanto mais longe uma radiofrequência alcança, menor é sua capacidade de transmissão de dados (CRUZ,2016).

A *Sigfox* é a primeira rede global de *IoT* para conectar bilhões de dispositivos que transmitem dados, sem a necessidade de estabelecer e manter conexões de rede. Essa tecnologia oferece uma solução de comunicação baseada em software, em que toda a complexidade da rede e da computação é gerenciada em nuvem e não nos dispositivos. Tudo isso em conjunto, reduz drasticamente o consumo de energia e os custos dos dispositivos conectados (WND, 2017).

Entretanto, este tipo de comunicação faz a utilização da técnica *Ultra Narrow Band*, que se caracteriza por realizar um ótimo uso da potência disponível, permitindo que dispositivos se comuniquem em longas distâncias confiavelmente. Esta técnica usa canais de 100Hz de largura de banda nas regiões ETSI e ARIB, e de 600Hz na região FCC (WND, 2017).

2.4 SERVIDORES WEB

Um *Web Server* pode-se referir a software ou hardware, ou à união de trabalho de ambos. Um servidor onde o computador armazena arquivos que fazem parte de sites e entrega para dispositivos de usuários finais. Conectado à Internet e acessado através de seu domínio, este modelo refere-se ao hardware (TAVARES, 2019).

Enquanto, referente ao software, este modelo inclui componentes que controlam o acesso de usuários a arquivos ali hospedados. Este servidor possui o HTTP, que é um servidor software que compreende endereços web (URLs) e protocolos (HTTP) para visualização de páginas web (MDN, 2019).

Na publicação de um *website*, são divididos em dois métodos, o servidor web estático e o dinâmico. O primeiro, possui este nome porque envia os arquivos

como foram criados e armazenados; já um servidor dinâmico, consiste em atualizar os arquivos antes de realizar o envio ao navegador (MDN, 2019).

3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Com o objetivo de dividir as etapas de desenvolvimento desse trabalho, seguem abaixo os tópicos das principais atividades executadas desde o projeto até a concepção final. Em cada etapa serão discutidos os principais assuntos relacionados a ela, bem como todos os materiais, softwares e métodos utilizados para realizar o desenvolvimento e construção do equipamento.

3.1 ETAPA 1 - ESTRUTURA FUNCIONAL

Para realizar a montagem e escolha dos componentes, é necessária a definição da estrutura funcional do projeto. A constituição deste esquema segue sendo representada na Figura 7. Dispositivos de monitoramento e comunicação que constituem o conceito de *IoT* serão essenciais para o desenvolvimento do protótipo, já que a maior parte dos estudos técnicos envolvidos giram em torno deste conceito.

Figura 7: Exemplificação da estrutura funcional do sistema proposto.



Fonte: do Autor (2020).

O funcionamento do dispositivo realiza uma sequência lógica após toda configuração necessária a ser realizada. Primeiramente é medida a vazão da tubulação através de um sensor e, este dado é disponibilizado a um controlador. O dispositivo responsável pelo controle dos dados, tem a função também de analisar o consumo dentro de uma faixa de tempo, caso algo esteja fora do normal um alerta será emitido. Logo após, é realizado através de uma comunicação *Wi-Fi* o

fornecimento dos dados obtidos a um Servidor Web, onde o usuário poderá acompanhar o consumo diário e mensal.

Entretanto, como o dispositivo tem como objetivo de ser *plug-and-play*, quando o usuário realizar a instalação como comentado anteriormente será necessário realizar uma configuração de rede, através de uma página Web com acesso através da rede criada pelo dispositivo. Nesta página será informado qual será a rede *Wi-Fi* que o usuário deseja utilizar para que o controlador se comunique com o servidor.

3.2 ETAPA 2 – DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS

Baseado na estrutura representativa do sistema conhecida anteriormente, o projeto iniciou-se através das definições dos equipamentos e dispositivos eletrônicos utilizados, para realizar a confecção da *PCI* (Placas de Circuito Impresso) e uma caixa plástica de armazenamento.

Como um dos objetivos do trabalho é a construção de um dispositivo de baixo custo, as escolhas tiveram como critério buscar componentes de qualidade e que atendessem às necessidades, mas com o menor valor de mercado.

Figura 8: Sensor de vazão YF-S201.



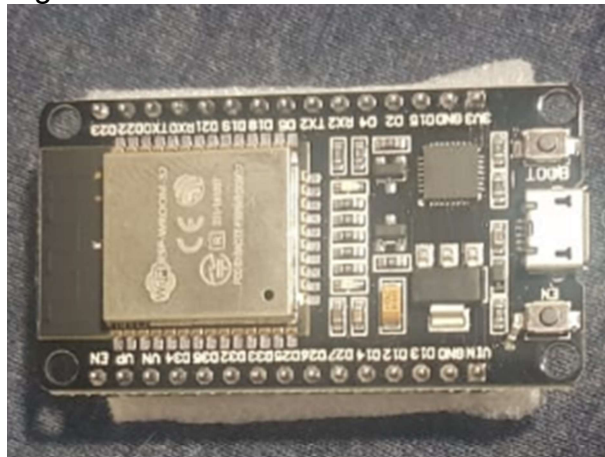
Fonte: do Autor (2020).

O sensor de fluxo de água selecionado é o YF-S201, conforme ilustrado na Figura 8, dentre as principais características do medidor relevantes ao projeto estão, a vazão máxima de 30 l/min e uma pressão máxima de 2MPa. Facilmente encontrado no mercado nacional, possui o menor custo de aquisição e possui os suportes de

rosca de $\frac{1}{2}$ polegada para serem anexados na linha da tubulação. O medidor possui 3 fios de conexão: um vermelho de alimentação (3.3-24V DC), um preto (Terra) e um amarelo de saída para o sinal PWD, emitido pelo sensor de efeito Hall interno.

O controlador utilizado foi um ESP32, conforme representado na Figura 9, um dispositivo que consiste em um microprocessador de baixa potência *dual core Tensilica Xtensa 32-bit LX6* com suporte embutido à rede *Wi-Fi, Bluetooth v4.2* e memória flash integrada. Essa arquitetura permite que ele possa ser programado de forma independente, como o Arduino, por exemplo. Dentre as principais características deste dispositivo, podemos citar: baixo consumo de energia, alto desempenho de potência, versatilidade e confiabilidade.

Figura 9: NodeMCU-32S ESP32.



Fonte: do Autor (2020).

O *NodeMCU-32S* é uma plataforma de prototipagem baseada no ESP32. A placa já conta com conversor USB serial integrado e porta micro USB para alimentação e programação. O controlador do NodeMCU-32S em questão é o módulo ESP-WROOM-32, no qual possui também um cristal de 40MHz, memória flash integrada de 4MB, antena embutida e blindagem a interferência eletromagnética.

3.3 ETAPA 3 – CONSTRUÇÃO DO CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO DO SISTEMA

Para deixar o dispositivo em algum ponto da tubulação, sem que seja necessário realizar a passagem de cabos para a alimentação elétrica, foi criado um

circuito para a transformação da tensão de uma bateria não alcalina de 9V para 3,3V, sendo esta suficiente para energizar o sistema.

Portanto, a utilização de um regulador de tensão linear positivo ajustável foi selecionada para suprir a necessidade de reduzir a tensão de entrada em seus pinos e assim ser adaptado a diversos tipos de projetos. Representado na Figura 10, o circuito utiliza um regulador LM317T e resistores de 240 Ohms (R1) e 390 Ohms (R2), onde os resistores são basicamente um divisor de tensão que fornecem um valor de amostra para o pino 1 do regulador, fazendo com que ocorra o ajuste na saída do componente. Os valores acima foram encontrados através da Eq. (1), sendo informado a tensão de saída desejada e um resistor de valor comercial, assim encontrando o valor da segunda resistência.

$$V_{out} = 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad (1)$$

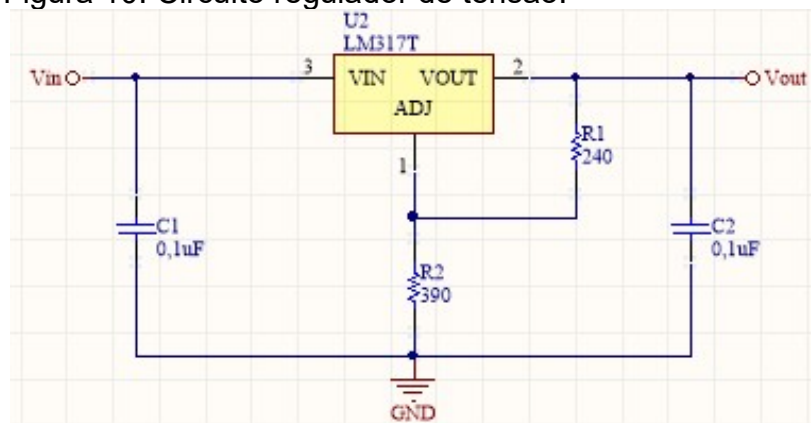
Onde:

V_{out} [V] = Tensão de saída;

R_1 [Ω] = Resistência de R1;

R_2 [Ω] = Resistência de R2;

Figura 10: Circuito regulador de tensão.



Fonte: do Autor (2020).

No monitoramento da tensão da bateria através do aplicativo de supervisão a montagem de um circuito (Fig. 11) divisor de tensão foi desenvolvido através da curva de descarga da bateria não alcalina 9V. Sabendo que a bateria utilizada possui

uma tensão mínima de 7,6V, segundo sua especificação técnica antes de danificar, quando se aproximar deste valor uma notificação é enviada para realizar a troca da mesma, através da aplicação Mobile. Os valores para as resistências desse divisor, deu-se através da Eq. (2), onde foi medida, através de um multímetro a tensão de entrada da bateria inserida com toda a carga do dispositivo. Assim, obtendo valores de resistências através desta tensão e sendo transformadas para valores comerciais, logo o resistor R3 tem um valor de 2200 Ohms e R4 de 1200 Ohms, sendo todos resistores do sistema de 1 Watt.

$$Div = Vin + \left(\frac{R4}{R3+R4} \right) \quad (2)$$

Onde:

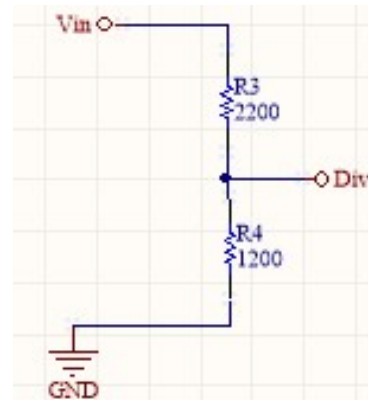
Div [V] = tensão de saída;

Vin [V] = tensão de entrada;

R3 [Ω] = Resistência de R3;

R4 [Ω] = Resistência de R4;

Figura 11: Circuito divisor de tensão.



Fonte: do Autor (2020).

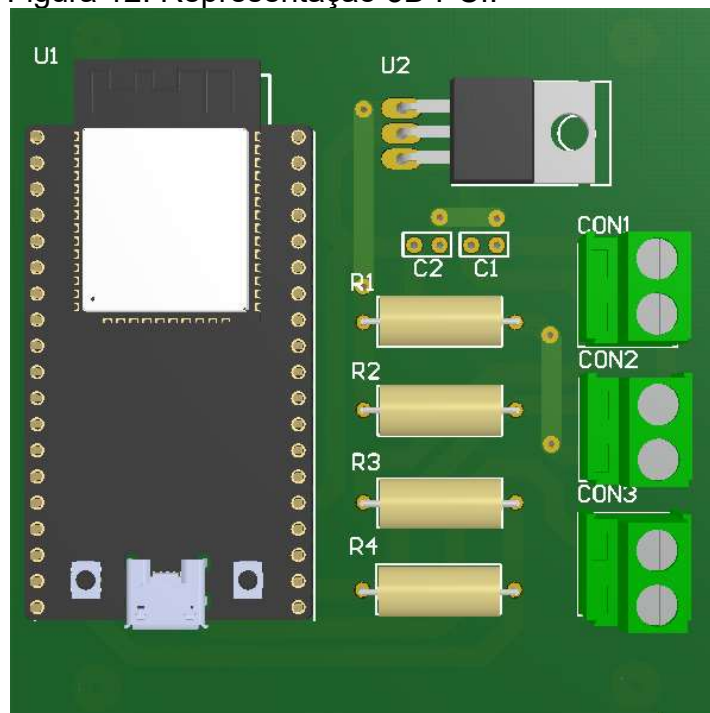
3.4 ETAPA 4 – CONSTRUÇÃO DAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Para a construção real do esquemático e o roteamento da *PCI*, utilizando o software *Circuit Maker*, voltado para o uso estudantil, o qual permite projetar todo o circuito necessário para a fabricação das *PCIs*, disponibilizando também uma

visualização 3D da montagem final da placa com todos os componentes utilizados nela.

A montagem e solda da PCI apresentada na Figura 12, foram realizadas dentro da própria UNISATC, por meio dos laboratórios de prototipagem presentes na Instituição. Após o processo de soldagem de todos os componentes, iniciou-se os primeiros testes de hardware, juntamente com as primeiras linhas de programação.

Figura 12: Representação 3D PCI.



Fonte: do Autor (2021).

3.5 ETAPA 5 – DESENVOLVIMENTO DO FIRMWARE

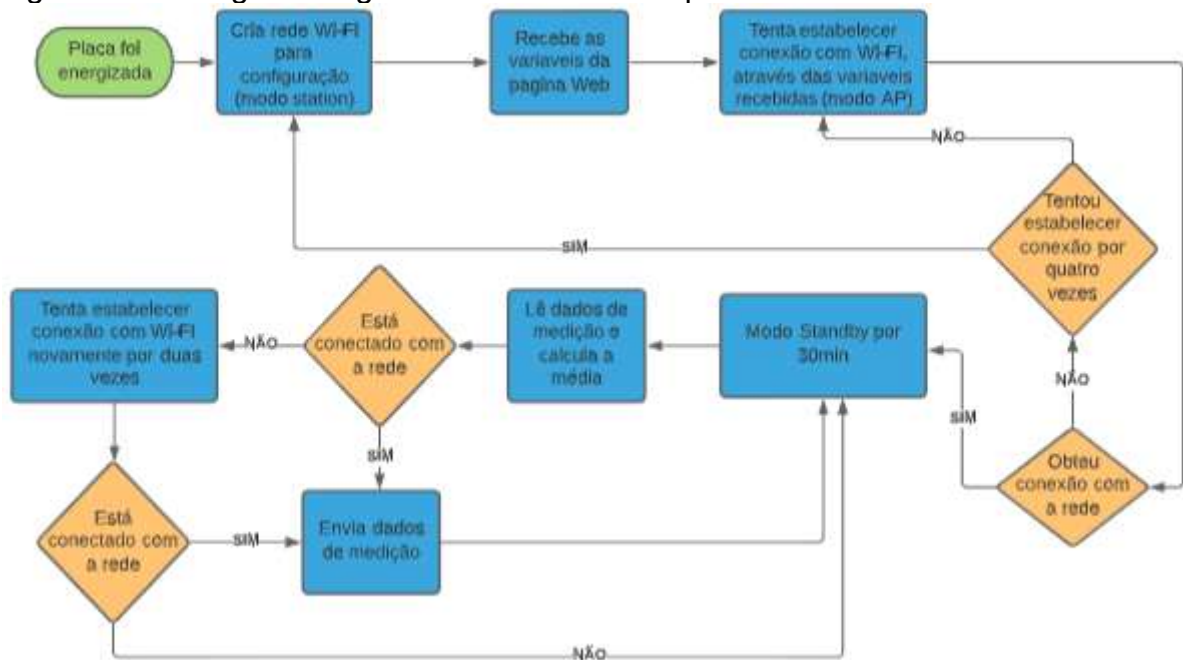
Os algoritmos do sistema foram desenvolvidos na IDE Arduino, sendo uma das maneiras mais fáceis para se programar um ESP32, por possuir um ambiente de desenvolvimento integrado. Em outras palavras, é um espaço onde consegue-se tudo que é necessário para programar uma placa baseada nessa plataforma escrevendo seus códigos de maneira satisfatória, rápida e eficiente.

Portanto, para que a programação de um ESP32 seja realizada na IDE Arduino, é necessário que a plataforma reconheça o modelo da placa. Logo, o driver *esp32 by Espressif Systems* fez-se necessário ser instalado, assim como

algumas bibliotecas, sendo estas responsáveis pela comunicação com a rede *Wi-Fi* e com o aplicativo *Blynk* do dispositivo.

Conforme o fluxograma representado na Figura 13, o dispositivo quando energizado permanece ligado de maneira ininterrupta até que receba as variáveis necessárias para que entre em pleno funcionamento de monitoramento. Quando o microcontrolador termina de adquirir todas as informações necessárias ele entra em modo *Deep Sleep*, este modo é o melhor na questão de consumo já que praticamente todo o MCU fica desligado e apenas o RTC (*Real Time Clock*) continua em modo ON e quando ocorre o estouro do tempo do RTC (*Overflow*) após um tempo preestabelecido, o dispositivo sai do modo de baixo consumo e repete as ações novamente até que o ciclo se repita.

Figura 13: Fluxograma lógico do firmware do dispositivo.



Fonte: do Autor (2020).

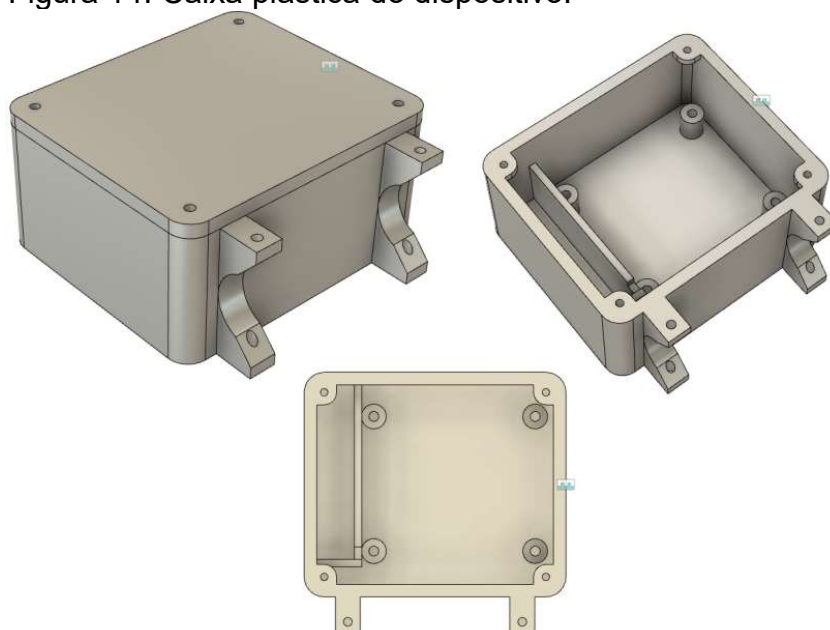
3.6 ETAPA 6 – CONSTRUÇÃO CAIXA PLÁSTICA

Como o dispositivo ficará exposto a condições climáticas e, por isso necessita de uma proteção, utilizou-se o software *SolidWorks*, disponível nos computadores dos laboratórios UNISATC, para o desenvolvimento de uma caixa plástica que atenda aos requisitos desejados. Sendo estes, comportar internamente à

PCI confeccionada que possui dimensão de 71,5x71,5 mm, suporte para bateria e passagem dos cabos do sensor. Após a realização do desenvolvimento via software e aprovação, a produção da caixa foi realizada através de uma impressora *Creativity 3D Ender-3*.

Portanto, como apresentado na Figura 14, a impressão foi realizada com *Acrinolitrla Buradieno Estireno*, por ser um material com custo baixo comparado aos outros disponíveis no mercado para a realização de uma prototipagem e validação.

Figura 14: Caixa plástica do dispositivo.



Fonte: do Autor (2021).

3.6 ETAPA 6 – APLICATIVO DE CONFIGURAÇÃO E SUPERVISÃO

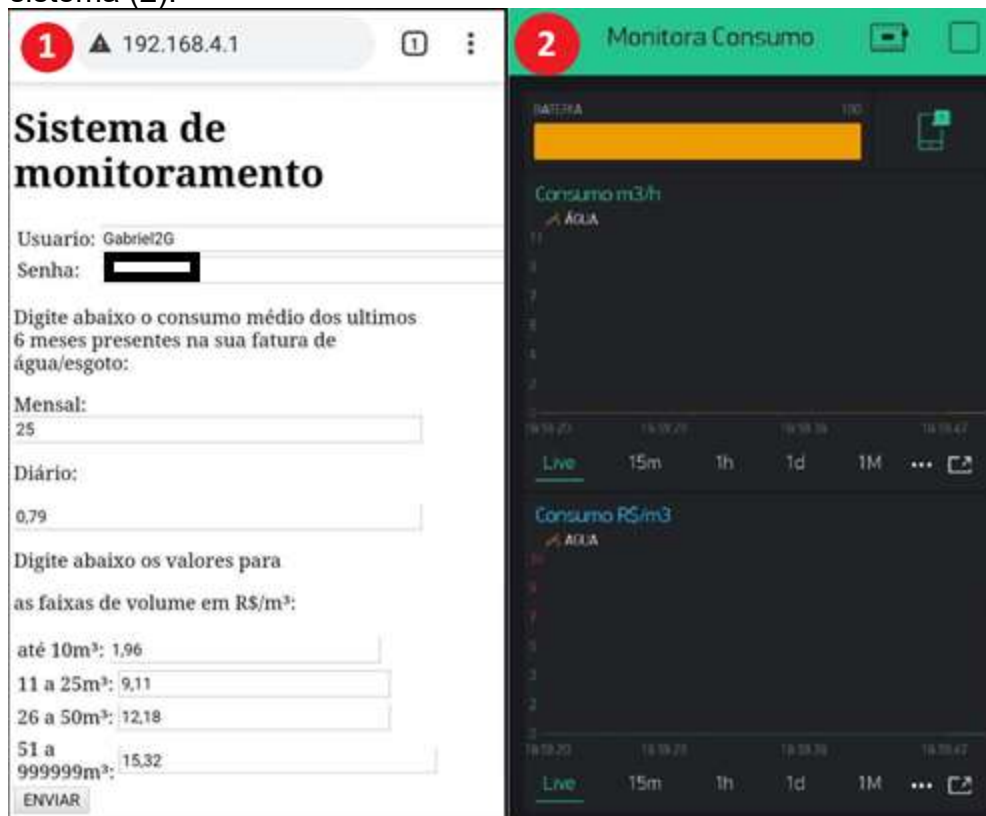
Para realizar a configuração da rede *Wi-Fi*, na qual o dispositivo utilizará para comunicação com o aplicativo *Mobile*, o microcontrolador quando em modo *station*, sendo esse o modo de operação para que o dispositivo funcione como um cliente wireless, após estabelecida a conexão na rede criada pelo mesmo, ao digitar o IP *http://196.168.4.1* em um navegador, ocorre o direcionamento para uma página online (Fig. 16), disponibilizando campos para preenchimento das informações solicitadas.

Portanto, para realizar supervisão do dispositivo, utilizou-se o aplicativo para smartphones *Blynk*. Nele é possível criar aplicações que interagem com o

hardware através de um espaço próprio para cada projeto. O usuário pode inserir *Widgets* que implementam funções de controle (como botões, menus e chaves), notificação e leitura de dados do *hardware* (exibidos em *displays*, gráficos e mapas).

No sistema proposto, por meio de comunicação *Wi-Fi* e com a ajuda de bibliotecas fornecidas pelo próprio aplicativo, conecta-se a um servidor em nuvem do Blynk, assim como a aplicação visual desenvolvida para o dispositivo (Fig. 16). Nessa aplicação, é apresentado o percentual de bateria do dispositivo, o consumo de água (m^3/h) e o valor em reais ($\text{R}\$/\text{m}^3$) do consumo.

Figura 16: Tela de configuração do sistema (1) e Tela de supervisão do sistema (2).



Fonte: do Autor (2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de validar o funcionamento prático do produto, primeiramente, todos os testes necessários foram feitos em bancada, garantindo que as funcionalidades oferecidas estivessem prontas para ser aplicadas em campo. Segue

nas descrições a seguir um breve resumo dos testes realizados, além de uma análise do custo orçamentário do projeto.

4.1 CUSTOS DE AQUISIÇÃO DO PROTÓTIPO

Após a construção do protótipo, os valores ligados aos custos de aquisição de todas as peças, estão expostos na Tabela 1. Em uma aplicação real, o dispositivo é capaz de prover o monitoramento de uma casa, empresa e entre outros, todavia, pode haver variações para cada aplicação. Sabendo disso, pode-se dizer que o custo de aquisição do sistema ficou em torno de R\$ 98,24, sendo possível assim realizar a medição do consumo geral de um determinado local.

Tabela 1: Custo total de montagem.

Material	Valor unid.	Qtd.	Valor
Resistor 240 5% 1W	R\$ 0,19	1	R\$ 0,19
Resistor 390 5% 1W	R\$ 0,19	1	R\$ 0,19
Resistor 2k2 5% 1W	R\$ 0,19	1	R\$ 0,19
Resistor 1k2 5% 1W	R\$ 0,19	1	R\$ 0,19
Capacitor Cerâmico 100nF / 50V	R\$ 0,13	2	R\$ 0,26
Borne 2 polos - KF-301 2T	R\$ 0,85	3	R\$ 2,55
ESP32 – ESP-WROOM-32	R\$ 67,65	1	R\$ 67,65
Regulador de tensão ajustável LM317T	R\$ 1,99	1	R\$ 1,99
Barra de soquete header fêmea 40 vias 180 graus	R\$ 1,63	1	R\$ 1,63
Clip de Bateria 9V Tipo 1	R\$ 0,85	1	R\$ 0,85
Bateria / Pilha 9v	R\$ 3,55	1	R\$ 3,55
Confecção PCI	R\$ 5,00	1	R\$ 5,00
Caixa Plástica	R\$ 15,00	1	R\$ 15,00
Total			R\$ 99,24

Fonte: do Autor (2021)

4.2 COMPARAÇÃO DE MEDIÇÕES

Para realizar uma validação no funcionamento do protótipo, as medições e os alertas observados através do aplicativo de supervisão, foram comparados com as medições presentes na fatura de água/esgoto realizadas pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), conforme apresentadas na Tabela 2.

O dispositivo foi instalado em uma residência, em que a fatura apresenta duas médias de consumo em volume de água, sendo a média durante um período de seis meses e uma média diária, com os valores de 25 m³ e o diário de 0,79 m³, respectivamente. As medições do sistema ocorreram entre os dias 11/03/2021 e 12/04/2021, chegando a um valor aproximado ao fornecido pela CASAN.

Todavia, no quesito de valores (R\$/m³) a aplicação fica um pouco distante na comparação devido a algumas taxas e descontos, que não foram considerados na parte de configuração, trazendo assim um erro considerável. Porém, somando estes valores ao disponibilizado pela aplicação Mobile, consegue-se uma aproximação mais considerável do valor real.

Durante o período de validação do protótipo em campo, os alertas funcionaram como o esperado, emitindo uma notificação no aplicativo. No entanto, como a casa utilizada para os testes possui variação no consumo semanal, atribuído ao fato de possuir um Pet Shop na mesma rede de distribuição, a maioria dos alertas ocorreu nas quintas feiras, por conta da quantidade de água utilizada no local. Outras notificações deram-se devido a outros consumos, como lavagem de carros, casa etc., totalizando assim uma quantidade de 12 ocorrências.

Tabela 2: Resultados de medições.

Medições	CASAN	Dispositivo
Volume	23 m ³	21,87 m ³
Reais	R\$ 188,91	R\$ 127,73

Fonte: do Autor (2021).

4.3 FUNCIONAMENTO DO MICROCONTROLADOR E SENSOR

O microcontrolador e o sensor selecionados para seu desenvolvimento foram capazes de suprir todas as necessidades e exercer um bom desempenho durante toda a aplicação. O sensor consegue medir vazões de água até 30L/min, o que não foi um problema no local instalado, pois possui uma vazão em média de 0,53L/min. Logo, pode-se supor que para aplicações com as mesmas características de onde se realizou os testes do sistema, não seria necessária a troca de componentes.

Desse modo, se o local de instalação possuir distâncias maiores do que a rede *Wi-Fi* consegue fornecer, um outro modo de comunicação deve ser selecionado, buscando um dos objetivos específicos do projeto, que é baixo custo de aquisição.

4.4 DURAÇÃO DA BATERIA

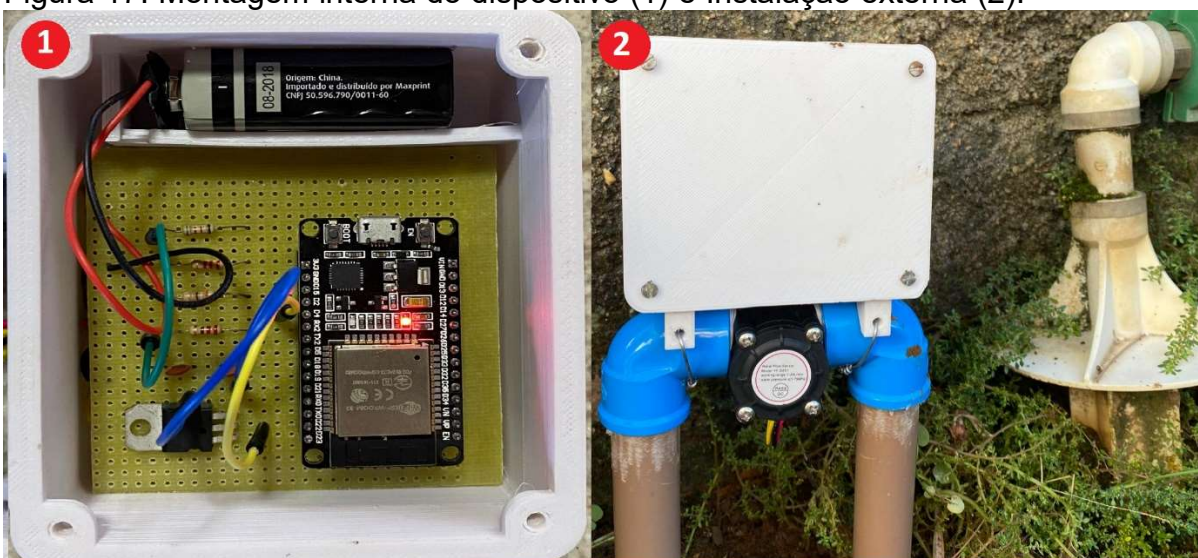
O circuito de alimentação do sistema funcionou como o esperado, fornecendo a tensão necessária. Porém, a bateria escolhida para validação do protótipo não foi duradoura no tempo, tendo em vista que no período que foram realizadas as medições para comparação, utilizou-se duas baterias da mesma marca e especificação.

Portanto, a escolha de um novo modelo de bateria deve ser estudada para integrar esta aplicação, buscando atingir um bom desempenho no tempo de funcionamento com uma única bateria e mantendo o baixo custo.

4.5 ALCANCE DO SINAL

Para realizar os testes de alcance da comunicação entre os dispositivos, a instalação foi realizada após o hidrômetro da residência, localizada na cidade de Nova Veneza-SC, conforme representado na Figura 17.

Figura 17: Montagem interna do dispositivo (1) e Instalação externa (2).



Fonte: do Autor (2021).

A distância medida através do aplicativo Google Earth indica um afastamento de aproximadamente 7,7 metros (Figura 18) entre os dispositivos, e mesmo a essa distância ambos mantiveram sua comunicação estável. Em distâncias maiores que oito metros, o dispositivo apresenta uma instabilidade de conexão com a rede.

Figura 18: Mapa da distância entres os dispositivos.



Fonte: do Autor (2021).

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou desenvolver uma solução capaz de reduzir o desperdício de água nas redes de distribuição, além de promover o aumento do controle e monitoramento do consumo de uma residência, disponibilizando nas mãos do proprietário um sistema de supervisão em tempo real, a fim de resolver uma das problemáticas quando o assunto é a escassez de água. A partir dos resultados obtidos, verificou-se, que tanto o dispositivo microcontrolador quanto o sensor utilizado foram extremamente eficazes durante os testes e aplicabilidade da situação proposta.

Em relação ao âmbito financeiro, o protótipo montado nesse estudo demonstrou possuir um ótimo custo de aquisição das matérias primas, assim abrindo a possibilidade de ser transformado em um produto comercializável e, mesmo com os ajustes de preços ainda poderia se tornar viável. Supondo que na tubulação no qual foi instalado o dispositivo apresente um vazamento de 1mm o mesmo, representa perda de 0,18 m³ por dia, sem este sistema de monitoramento, se este vazamento permanecesse durante um período de sete dias, o valor na fatura atingiria um total de

R\$102,99, o que já compensaria o investimento, claro, considerando somente o custo de componentes.

Com o intuito de dar continuidade ao desenvolvimento desse trabalho e a criação de um produto, sugere-se a elaboração de um site/aplicativo com funcionamento e aparência profissionais, para que o dispositivo possa ser comercializado junto a uma interface nativa e otimizada para ele, na qual cada usuário pode ter acesso às suas aplicações, juntamente com os dados presentes nelas. Outro ponto a ser melhorado é a utilização ou fabricação de uma caixa IP67 ou IP68, podendo ficar mais exposta a condições climáticas, a fim de aumentar a qualidade, durabilidade e segurança do sistema.

Apesar de atualmente existirem diversas aplicações e estudos relacionados à *IoT* e à sustentabilidade ambiental, poucos deles são relacionados ao desperdício ou consumo de água. Dessa forma, esse trabalho torna-se de suma importância para pesquisas e desenvolvimentos futuros, visto que há uma gama insuficiente de conteúdos voltados à tecnologia e inovação que tratam dessa temática

REFERENCIAS

ALECRIM, Emerson. Tecnologia Bluetooth: o que é e como funciona?. **O QUE É WIFI? PARA QUE SERVE? COMO USAR?**, [s. l.], 30 jan. 2008. Disponível em: <https://www.infowester.com/bluetooth.php>. Acesso em: 24 set. 2020.

ALIGER. **A Importância da comunicação sem fio e sua relação com IoT**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.aliger.com.br/blog/importancia-da-comunicacao-sem-fio-e-sua-relacao-com-iot>. Acesso em: 23 set. 2020.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Água na medida certa: a hidrometria no Brasil / Agência Nacional de Águas**. [S. l.]: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil), 2012. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>. Acesso em: 20 ago. 2020.

CARVALHO, ALEXANDRE FIGUEIREDO; MILLÉO, LUCAS MARTINS. **DESENVOLVIMENTO DE SENSOR DE CORRENTE ELÉTRICA A PARTIR DE UM SENSOR EFEITO HALL**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Tecnólogo em Automação Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [S. l.], 2017. Disponível em:

http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8512/1/PG_COAUT_2017_2_06.pdf. Acesso em: 25 set. 2020.

CRUZ, Flavia Bartkevicius. **TECNOLOGIA LORA E SUAS APLICAÇÕES EM IOT**. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/events/tecnologia-lora-e-suas-aplicacoes-em-iot/>. Acesso em: 25 set. 2020.

DE SOUZA, PAULO MATEUS. **ANÁLISE SOBRE AS TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS EM REDES LPWAN**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - A Universidade Estadual de Londrina, [S. l.], 2018. Disponível em: http://www.uel.br/cce/dc/wp-content/uploads/Paulo_Preliminar.pdf. Acesso em: 24 set. 2020.

DINGMAN, S.L. **Physical Hydrology**. Second edition. Long Grove: Waveland Press, 2002.
HONEYWELL (Illinois). **Hall Effect Sensing and Application**. Freeport: Honeywell Inc., 2016. 121 p. Disponível em: . Acesso em: 21 set. 2020.

FILHO, BARRETO. **O QUE É WIFI? PARA QUE SERVE? COMO USAR?**. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://www.cittatelecom.com.br/2016/06/o-que-e-wifi-para-que-serve-como-usar/>. Acesso em: 24 set. 2020.

INSTITUTO TRATA BRASIL (Brasil); WATER.ORG (Estados Unidos). **PERDAS DE ÁGUA 2020 (ano base 2018) – DESAFIOS À DISPONIBILIDADE HÍDRICA E NECESSIDADE DE AVANÇO NA EFICIÊNCIA DO SANEAMENTO**. [S. l.], 2020. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2020/06/08/instituto-trata-brasil-lanca-mais-um-estudo-de-perdas-de-agua/>. Acesso em: 20 ago. 2020.

LAMON, GUSTAVO DE ARAÚJO. **O Verdadeiro Medidor Magnético de Vazão tipo Inserção**, [s. l.], 2010. Disponível em: http://lamon.com.br/ckfinder/userfiles/files/Verdadeiro_medidor_%20Magnetico_Vazao_tipo_Insercao.pdf. Acesso em: 23 set. 2020.

MDN. **O que é um servidor web (web server)?**. [S. l.], 2019. Disponível em: https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Learn/Common_questions/o_que_e_um_web_server. Acesso em: 25 set. 2020.

NETO, ANTONIO L. DE REZENDE; JUNIOR, ARI MAGAGNIN; NEIVA, EDUARDO C. RESENDE; FARINHAKI, RICARDO. **SISTEMA DE MEDIÇÃO DE CAMPO MAGNÉTICO BASEADO NO EFEITO HALL E ARDUINO**. 2010. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia da Computação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [S. l.], 2010.

NÓBREGA et al. **Metodologia para a seleção de um medidor de vazão de líquidos**. [S. l.], 2016. Disponível em:

<https://consulteengenharioeletronico.wordpress.com/2016/07/19/metodologia-para-a-selecao-de-um-medidor-de-vazao-de-liquidos/>. Acesso em: 21 set. 2020.

PEREIRA, João Victor Inácio. Sustentabilidade: diferentes perspectivas, um objetivo comum. **Economia Global e Gestão**, Lisboa, v. 14, n. 1, p. 115-126, abr. 2009. Disponível em <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0873-74442009000100008&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 20 ago. 2020.

PRESYS INSTRUMENTOS. **Instalação de Medidores de Vazão**. [S. l.], 2019. Disponível em: <http://www.presys.com.br/blog/medidores-de-pessao/>. Acesso em: 22 set. 2020.

PROPEQ (BRASIL). **CONHEÇA OS MEDIDORES DE VAZÃO E SUA IMPORTÂNCIA NO CONTROLE DE PROCESSOS!**. [S. l.], 2019. Disponível em: https://propeq.com/post/medidores-de-vazao/?gclid=Cj0KCQjwqrb7BRDIARIsACwGad4rFQPyoI51yl-0F1HbhjbivFACq3rwStP3DSouVOx_CsdlySjIS_0aAIVWEALw_wcB. Acesso em: 25 set. 2020.

RAMOS, Matheus H. P. **Uso de uma rede LoRaWAN em um sistema de gerenciamento de lixo**. Recife: Cin-UFPE, 2019.

SOUZA, Maria Tereza Saraiva de; RIBEIRO, Henrique César Melo. Sustentabilidade ambiental: uma meta-análise da produção brasileira em periódicos de administração. **Rev. adm. contemp.**, Curitiba, v. 17, n. 3, p. 368-396, jun. 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-6552013000300007&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 19 ago. 2020.

SPLABOR (BRASIL). **Medidor de vazão: O que é e pra que serve?**. [S. l.], 2011. Disponível em: <http://www.splabor.com.br/blog/medidores-de-vazao/medidor-de-vazao-dicas-para-os-medidores-de-vazao/>. Acesso em: 23 set. 2020.

TAVARES, LUCAS. **O que é um Servidor Web (Web Server)**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.melhoreshospedagemdesites.com/servidor-web/>. Acesso em: 25 set. 2020.

UPP, E. L. **Fluid Flow Measurement: A practical guide to accurate flow measurement**. [S.l.]: Butterworth–Heinemann, 2002. 154-212 p. ISBN 0-88415-758-X.

ZANUZZO, Lucas Tavares. **Sistema de monitoramento do consumo de água controlado por um aplicativo Android**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia da Computação) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, [S. l.], 2017. Disponível em: http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/97/970010/tce-13042018-164107/publico/Zanuzzo_Lucas_tcc.pdf. Acesso em: 21 ago. 2020.



WND (Brasil). **Uma visão técnica da Rede Sigfox.** [S. /], 2017. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/uma-visao-tecnica-da-rede-sigfox/>. Acesso em: 25 set. 2020.