**Protótipo de gerenciador de consumo hídrico residencial**

**Gabriel Pires Sene¹, Lucas Pilon Ferro2, Rafael Bertelini Luiz de Oliveira3, William Ferreira Silva4**

1 Graduando em Engenharia Computação, [gabrielpsene@gmail.com](file:///C:\Users\Lucas%20Pilon%20Ferro\Downloads\gabrielpsene@gmail.com)

2 Graduando em Engenharia da Computação, [lucraspferro@hotmail.com](mailto:lucraspferro@hotmail.com)

3 Graduando em Engenharia da Computação, [rafaelblo127@gmail.com](mailto:rafaelblo127@gmail.com)

4 Graduando em Engenharia da Computação, <williamfsilva9@gmail.com>

***Resumo –*** *Haja vista a crescente preocupação com o consumo de água, este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema para o usuário final que visa a conscientização do uso da água em residências. O sistema realiza medidas continuamente do consumo de água e é conectado a uma rede Wi-Fi. O usuário acompanha o consumo em tempo real remotamente através de um aplicativo de smartphone, permitindo que se tenha maior controle sobre a quantidade de água utilizada. Em casos de consumo excessivo, o usuário pode acionar uma válvula solenoide que corta o consumo, para que seja mitigado se existem problemas com o fornecimento de água, como por exemplo, um cano rompido.*

***Palavras-chave:*** *Consumo de água, rede Wi-Fi, aplicativo de smartphone.*

***Abstract -*** *Given the growing concern with water consumption, this article presents the development of a system for the end user that aims to raise awareness of the use of water in homes. The system continuously measures water consumption and is connected to a Wi-Fi network. The user monitors consumption in real time remotely through a smartphone application, allowing for greater control over the amount of water used. In cases of excessive consumption, the user can activate a solenoid valve that stops the consumption, so that it can be mitigated if there are problems with the water supply, for example, a broken pipe.*

***Keywords:*** *Water consumption, Wi-Fi network, smartphone application.*

1. INTRODUÇÃO

Saneamento básico é um dos principais fatores que são levados em conta quando um indivíduo pretende estabelecer uma residência em determinado local. Isto porque a água é utilizada para diversas tarefas diárias, principalmente para a higiene.

O Brasil é considerado um país privilegiado em recursos hídricos, contudo, isso não quer dizer que o cuidado com o recurso deve ser menor. Seu desperdício é prejudicial, tanto para o usuário, que paga pelo uso, como para o meio ambiente. Utilizar água tratada para lavar a calçada, telhados, quintais, lavagem de veículos, uso em piscinas e similares são alguns exemplos de desperdício passiveis de multas em alguns municípios do interior de São Paulo, com valores de até R$2000,00 e com a recorrência o fornecimento de água poderá ser cortado (CNN, 2021).

Embora 83,7% dos brasileiros sejam atendidos com abastecimento de água tratada (SNIS, 2019), a grande maioria dos usuários não acompanham o próprio consumo a ponto de perceber diferenças entre uma fatura e outra que podem ser provenientes de desperdício de água por meio de vazamentos em sua tubulação.

Os vazamentos podem ocorrer por meio de rachaduras nos canos, por má conexão e até mau funcionamento de equipamentos que controlam o enchimento de caixas d’agua. Usualmente esse tipo de ocorrência só é percebida de maneira visual, quando infiltrações começam a aparecer nas estruturas das residências ou é possível ver o vazamento em si, ou seja, podendo levar meses para ser identificada.

Os processos de mitigação mais simples podem acarretar a necessidade de grandes reparos e quantias monetárias desprendidas, sem contar o aumento direto no consumo. O quanto antes se fizer conhecido um vazamento menor serão os danos e os prejuízos.

Saliente-se que a medição de água é realizada, na maioria das vezes, exclusivamente pela empresa de distribuição, o que implica que o consumidor apenas saberá o quanto foi gasto ao receber a conta de água.

Desta forma, percebe-se que existe a necessidade de aumentar a conscientização popular sobre a importância do controle do consumo hídrico. Além de mudar a forma como o consumo de água é tratado, permitindo o indivíduo saber em tempo real o seu consumo.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

O projeto foi desenvolvido com base na teoria descrita neste capítulo.

1. *Microcontrolador*

Microcontroladores são utilizados em larga escala para diversas aplicações do que se conhece como eletrônica embarcada, sistemas onde é necessária a aplicação de lógicas de programação desenvolvidas para baixas capacidades de processamento. Os microcontroladores são encontrados em diversos tipos de eletroeletrônicos, por exemplo, automóveis e eletrodomésticos.

O microcontrolador possui diversos pinos, sendo a maioria, portas digitais, denominadas I/Os, por serem dispositivos digitais, fazendo referência a 1 e 0, os únicos dois estados possíveis na eletrônica digital. As I/Os podem ser programadas para serem entradas ou saídas, e o microcontrolador pode ser considerado um sistema, que fornece determinadas saídas em pinos Y, dependendo das entradas em pinos X.

Existem diversos tipos de microcontroladores distintos, desenvolvidos para diferentes necessidades de uso. Para a realização deste projeto, foi selecionada a plataforma de desenvolvimento NodeMCU, que conta com o microcontrolador ESP8266MOD. Esta plataforma foi considerada ideal uma vez que possui bom custo-benefício, número de portas reduzido, já que o projeto controla uma pequena quantidade de dispositivos simultaneamente e possui módulo Wi-Fi integrado. A Figura 1 abaixo ilustra o microcontrolador citado.

|  |
| --- |
| Circuito eletrônico em fundo preto  Descrição gerada automaticamenteFonte: [5]  Figura - Microcontrolador ESP8266MOD |

A plataforma NodeMCU pode ser programada através de linguagem C, permitindo a importação de bibliotecas que fazem a interface com o módulo Wi-Fi para transmissão e recepção de dados. [5]

1. *Sensores de vazão*

A medição de vazão em fluidos é realizada em larga escala atualmente, sendo o exemplo mais comum, os próprios medidores de vazão de água residenciais, utilizados para taxar o saneamento básico mensalmente, isto porque a vazão pode ser multiplicada pelo tempo para que seja obtido o volume total utilizado, conforme a Equação 1.

(1)

Existem diversas formas de medir vazão de um fluido através de um duto, dependendo das necessidades e do fluido que será medido. Na indústria, os medidores mais comuns são de placa de orifício, efeito Coriolis e eletromagnéticos. O tipo mais comum para aplicações de pequena escala é o sensor de hélice rotativa, utilizado de forma reduzida na indústria pois tende a causar um escoamento turbulento no duto, efeito que é desprezível quando se trata de pequenas escalas. Os medidores de vazão residenciais são de hélice rotativa.

Sensores de hélice possuem pás internas, que são giradas pelo fluido quando ele passa pelo duto. A saída do transdutor é dada em giros da hélice por intervalo de tempo.

O giro das pás ocasiona pulsos elétricos sempre que a hélice passa por um determinado ponto, o tempo médio entre cada pulso pode ser medido, podendo ser convertido para litros por minuto ao multiplicar por um determinado fator de calibração, fornecido pelo fabricante. A Figura 2 a seguir mostra a vista interna de um sensor de hélice. [6]

|  |
| --- |
| Figura 2 - Medidor de vazão com hélice rotativa  Perdas de carga distribuída e localizada em escoamento turbulento e  medidores de vazão  Fonte: [6] |

1. *Válvulas solenoides*

Atualmente, os processos de automação industrial tendem a ser mais dependentes da eletrônica, e todas as transmissões e controle de informações são realizadas em forma de tensão elétrica, isto porque a utilização de fios é muito mais simples e barata do que a utilização de pressão pneumática, por exemplo.

Seguindo esta modernização da indústria, diversos dispositivos foram adaptados para comandos eletrônicos, e um destes casos é a válvula de fluido.

Válvulas solenoides são constituídas do duto e um solenoide que movimenta um êmbolo, abrindo ou fechando o fluxo de água, conforme a alimentação recebida. [7]

Ao passar pelo solenoide, a corrente elétrica gera um campo magnético que atrai o êmbolo, feito de material magnético, seguindo a Lei de Ampère, na Equação 2.

(2)

A Figura 3 abaixo ilustra o funcionamento de uma válvula.

|  |
| --- |
| Figura 3 - Funcionamento de válvula solenoide  Imagem da operação de uma válvula solenoide  Fonte: [7] |

1. *Sistemas controlados por aplicativo*

IoT é o termo referente a Internet of Things, ou Internet das Coisas. A tecnologia que possibilita objetos inanimados se conectarem, armazenarem e executarem funções dos mais diversos tipos

O propósito é melhorar a qualidade de vida das pessoas, pois com o uso de determinadas tecnologias é possível alcançar essa meta

O desenvolvimento de aparelhos como NodeMCU, Arduino e Raspberry PI e sistemas controlados por aplicativos permite enviar e receber informações de qualquer equipamento apenas com um controle: o smartphone. Isto é possível porque os smartphones atualmente possuem uma capacidade de processamento muito alta, podendo igualar-se à computadores. Com isso torna-se mais fácil a integração com banco de dados entre outras ferramentas necessárias para a comunicação

Um aplicativo é construído através de duas etapas principais: back-end e front-end. A primeira etapa, back-end, trabalha em boas partes dos casos fazendo a ponte entre os dados que vem do navegador rumo ao banco de dados e vice-versa, sempre aplicando as devidas regras de negócio, validações e garantias em um ambiente onde o usuário final não tenha acesso e possa manipular algo. mas que é essencial para o envio, recebimento e construção de lógicas para entregar o resultado esperado.

A segunda etapa, front-end por sua vez constitui aquilo que conseguimos interagir. Quem trabalha com Front-End é responsável por desenvolver por meio de código uma interface gráfica

O Firebase do Google é uma plataforma desenvolvimento mobile (e web) adquirida pela Google em 2014. Com foco em ser um back-end completo e de fácil usabilidade, essa ferramenta disponibiliza diversos serviços diferentes que auxiliam no desenvolvimento e gerenciamento de aplicativos. Dentre essas ferramentas nesse projeto foi utilizado o serviço de Real time data-base (Banco de dados em tempo real). O qual fornece estrutura para armazenarmos valores/dados (de forma não relacional, isto é, NoSQL) e conta com o recurso de aviso (broadcast) caso haja alguma alteração nos dados.

O Firebase Realtime Database é um banco de dados hospedado na nuvem. Os dados são armazenados como JSON e sincronizados em tempo real para cada cliente conectado.

No Firebase Realtime Database é possível criar aplicativos avançados e colaborativos, ao conceder acesso seguro ao banco de dados diretamente do código do cliente. Os dados são mantidos localmente e, mesmo *off-line*, os eventos em tempo real continuam sendo acionados, proporcionando uma experiência responsiva ao usuário final. Quando o dispositivo recupera a conexão, o Realtime Database sincroniza as alterações feitas nos dados locais com as atualizações remotas que ocorreram enquanto o cliente estava off-line, mesclando qualquer conflito automaticamente.

O Realtime Database fornece uma linguagem de regras flexíveis baseadas em expressão, denominadas regras de segurança, para definir como os dados são estruturados e quando podem ser lidos e gravados. Por meio da integração com o Firebase Authentication, os desenvolvedores podem definir quem tem acesso, a quais dados e como esses dados podem ser acessados. [4]

1. MATERIAIS E MÉTODOS

A orientação deste trabalho é exploratória e qualitativa, somada a um estudo de caso que foi viabilizado pela construção de um protótipo.

Primeiramente realizou-se um estudo sobre o funcionamento dos medidores de vazão de água instalados nas residências e o processo de taxação do consumidor conforme a quantidade de água utilizada no mês.

Com base no medidor comercial, previamente estudado, adaptou-se o seu conceito para um sistema diferente, visando a facilidade de operação e a comunicação sem fio. A construção se caracteriza, principalmente, por duas fases distintas. A primeira é a estrutura de fluxo de água, onde todos os componentes são montados em série de modo a controlar todo o fluxo. Por sua vez, a segunda é o sistema eletrônico, constituído por fonte de alimentação, microcontrolador, sensores e atuadores. Realizou-se uma tentativa de construir um sistema sem consumo de energia elétrico externo utilizando um gerador de energia hidráulico.

Utilizou-se o sensor de vazão YF-S201 e a plataforma microcontrolada NodeMCU disponíveis no mercado. Implementou-se uma válvula solenoide de 12 V, tubo ¾”, também disponível no mercado.

Uma série de componentes eletrônicos foi utilizada para a construção do hardware de medição. São eles: transformador, resistores, estabilizadores de tensão, diodos, capacitores, transistor e relé.

O desenvolvimento de softwares e interfaces de comando realizou-se com auxílio da IDE do Arduino, com programação em linguagem C. Além disso, para o desenvolvimento de *back-end* e *front-end* da aplicação para *smartphones* utilizaram-se as plataformas Google Firebase e APP Inventor.

1. RESULTADOS E DISCUSSÕES
2. *Projeto do circuito elétrico*

O medidor trata-se de um sistema eletrônico, portanto, envia e recebe informações em forma de sinais elétricos. Por este motivo, desenvolveu-se um projeto elétrico dividido em diferentes estágios de acordo com sua respectiva função, como pode ser observado na Figura 4 abaixo.

|  |
| --- |
| Figura - Diagrama de ligações elétricas    Fonte: Acervo do autor |

A rede de alimentação é responsável por fornecer a energia necessária para o funcionamento do circuito. Foi adotado o padrão de 127 Vac devido às condições da rede elétrica na região onde desenvolveu-se o projeto, contudo a tensão de entrada pode ser alterada com ajustes no circuito, se necessário for.

Circuitos eletrônicos de pequeno porte funcionam, normalmente, com corrente contínua e extrabaixa tensão. A fonte de alimentação é responsável por transformar a corrente alternada da rede elétrica em corrente contínua para fornecer para o circuito. Mais detalhes sobre este componente são discutidos no item C desta seção.

Por sua vez, o NodeMCU é o controle do equipamento, onde se encontram todos os processos e tomadas de decisão. Sua interface é alimentada com 5 Vcc para inicialização do módulo e é conectado a todos os sensores e atuadores do circuito, podendo ser direta ou indiretamente. O medidor de vazão pode ser conectado diretamente ao microcontrolador, já que utiliza a mesma tensão de alimentação e baixa corrente. A válvula solenoide, por sua vez, necessita de um sistema de acionamento, pois se trata de um componente de corrente mais elevada e tensão de acionamento de 12 Vcc.

1. *Medição de vazão*

Uma vez que os medidores residenciais de água, em sua maioria, funcionam com sensores de hélice rotativa, decidiu-se que seria utilizado o mesmo método para a construção do medidor de vazão.

Visto que a construção de um sensor de vazão compacto é atualmente inviável devido ao desenho das peças mecânicas e tamanho dos componentes eletrônicos, adquiriu-se um sensor de vazão modelo YF-S201. Este sensor é compacto, com alcance de operação de 1 a 30 L/min, e cano de diâmetro ½”.

O sensor selecionado possui três pinos de conexão, sendo um deles a alimentação positiva, outro o referencial GND e pôr fim a saída de sinal. Ao alimentar o sensor e girar a hélice, o sensor envia um pulso a cada volta completa da hélice. A Figura 5 identifica o sensor utilizado.

|  |
| --- |
| Figura - Sensor de vazão utilizado    Fonte: Acervo do autor |

Considerando que cada volta da hélice resulta em um pulso, o tempo médio entre pulsos permite o cálculo da vazão através da Equação 3, levando em conta uma média de 10 pulsos.

(4)

O fator de calibração pode ser fornecido pelo fabricante, contudo, foram realizados experimentos a fim de determinar o fator com exatidão. Um sistema de testes foi construído utilizando dois galões de água e uma tubulação que os ligava, com o sensor instalado nesta tubulação, conforme a Figura 6 a seguir.

|  |
| --- |
| Figura 6 - Sistema de testes    Fonte: Acervo do autor |

Uma quantidade conhecida de água é despejada no reservatório superior, esta água desce pela tubulação por ação da gravidade e passa pelo medidor, sendo contida no reservatório inferior para evitar desperdícios. Ao relacionar as Equações 1 e 4, pode-se ajustar o fator de calibração até que o volume de água conhecido seja igual ao volume de água lido pelo sistema. Os testes foram realizados com 2 L de água e encontrou-se um fator de calibração de 4,5, em uma média de 10 testes seguidos.

O sensor de vazão foi integrado diretamente ao NodeMCU, que foi programado em linguagem C para ler os pulsos e calcular automaticamente a vazão volumétrica e o volume de água.

1. *Implementação da válvula solenoide*

Um dos problemas do modelo de cobrança atual sobre o consumo de água é o cliente apenas saber o quanto foi gasto ao final do mês. Isto implica que, caso ocorra um defeito na tubulação que não é de fácil acesso, como um vazamento, o consumidor saberá apenas quando for cobrado.

O sistema de medirá em tempo real o consumo gasto e o consumidor poderá analisar o valor medido e mitigar a possibilidade de vazamentos. Contudo, nem sempre é possível desativar o registro principal da residência imediatamente, e, por este motivo, foi decidido implementar uma válvula solenoide na linha de entrada.

Será adicionado um comando ao aplicativo para abrir ou fechar a válvula, quando necessário, o que permite, por exemplo, que o consumidor tenha controle sobre o seu consumo mesmo à quilômetros de distância da residência, e caso ocorra algum tipo de consumo indevido, terá controle sobre o fechamento do registro imediatamente, para realizar mitigação quando possível.

A válvula selecionada é de estado normal fechada (interrompe fluxo quando não energizada) e opera em 12 V de corrente contínua. A montagem característica é mostrada na Figura 7 abaixo.

|  |
| --- |
| Figura - Montagem com a válvula solenoide    Fonte: Acervo do autor |

É importante destacar que a válvula solenoide é acionada com 12 V e o NodeMCU opera com I/Os de 3,3 V de baixa corrente. Por este motivo, foi necessário implementar um driver com relé à conexão entre os dois aparelhos. A Figura 8 ilustra o circuito eletrônico desenvolvido para acionamento da válvula, onde Vss = 12 V.

|  |
| --- |
| Figura - Driver com relé de acionamento    Fonte: Acervo do autor |

1. *Fonte de alimentação*

O sistema opera em corrente contínua, em 5 V, para o NodeMCU e 12 V para a válvula solenoide, por este motivo, é necessário incluir uma fonte de alimentação de saída dupla.

Uma fonte 12 V de alimentação de transformador com ponte de diodos foi projetada como estágio principal, ilustrada na Figura 9.

|  |
| --- |
| Figura - Fonte de 12 Vcc    Fonte: Acervo do autor |

A saída de 12 V deste estágio alimenta relé de acionamento, a válvula solenoide e um divisor de tensão resistivo com um resistor de 7,5 kΩ seguido de um de 5,1 kΩ, de onde é retirada uma tensão de aproximadamente 5 V, que alimenta o NodeMCU. Este circuito possui pequenas variações de tensão, contudo, o NodeMCU possui um estabilizador de tensão interno, como redundância, que garante o funcionamento correto do microcontrolador.

1. *Comunicação entre microcontrolador e nuvem*

Em casos em que há um microcontrolador comum realizando as funções do processo, é necessário estabelecer comunicação serial com uma placa à parte, para que seja adaptada a comunicação de rede de forma conduzida ou Wi-Fi.

O ESP8266 é um microcontrolador produzido pela empresa Espressif Systems. Esse microcontrolador possui um sistema de comunicação WiFi próprio, que é o seu grande diferencial, por esse motivo ele é largamente utilizado como módulo WiFi para outros microcontroladores, como o Arduíno. O NodeMCU, contudo, possui o sistema Wi-Fi integrado, fazendo com que a ativação ou não da comunicação se dê apenas por comando de software.

Para que o compilador da plataforma IDE do Arduino possa reconhecer e iniciar o NodeMCU é necessário um conjunto de instruções de ativação da placa Wi-Fi esse conjunto de instruções são fornecidas pelo fabricante ou por pessoas da comunidade as quais criam bibliotecas especificas para determinados projetos, o arquivo “ESP8266WiFi.h” utilizado nesse projeto, pode ser obtido diretamente no site da plataforma.

Após carregadas as bibliotecas, devem ser fornecidas ao microcontrolador as informações para conexão à rede Wi-Fi, que são SSID o qual é a identificação da rede, ou seja, o “nome” que aparece na hora de se conectar à rede, e a senha. Uma vez fornecidas estas informações ao software, o microcontrolador se conectará à rede.

As informações obtidas pelo microcontrolador devem ser enviadas para um banco de dados, onde serão armazenadas para que possa haver tratamento de dados, quando aplicável, e visualizadas.

Foi selecionada a plataforma de desenvolvimento Google Firebase para funcionamento como banco de dados em tempo real. A seleção desta plataforma se deu porque, primeiramente, o Google é uma empresa muito reconhecida no mercado por sua alta credibilidade e é amplamente utilizada para comunicações em projetos de pequeno e médio porte, portanto existe muito material educacional disponível. As vantagens da utilização da plataforma se devem ao fato de ter uma estrutura pronta, rápida implementação, segurança, múltiplas ferramentas e ser facilmente escalável

Quando criado o banco de dados é gerado um link de acesso que pode ser protegido ou não para um controle mais preciso dos dados obtidos. O link foi criado na ferramenta real time data base “https://projeto---ic---hidrico-default-rtdb.firebaseio. com/” foi disponibilizado para criação do banco de dados utilizado no projeto, onde foram criadas as variáveis as quais ficam hospedadas na nuvem e os dados são armazenados como JSON e sincronizadas em tempo real para cada cliente conectado referentes ao volume total medido e o estado da válvula. A Figura 10 abaixo mostra o resumo do banco de dados criado.

|  |
| --- |
| Figura - Visão resumida do banco de dados  Interface gráfica do usuário, Texto, Aplicativo, Word  Descrição gerada automaticamente  Fonte: Acervo do autor |

Uma vez enviadas para o banco de dados, as informações ficam à disposição para que o aplicativo as utilize da forma necessária.

1. *Desenvolvimento do aplicativo de smartphone*

Desenvolver aplicativos geralmente parte de uma plataforma especializada. Isto porque, assim como o desenvolvimento de softwares para computadores, existe uma grande gama de informações que precisam ser interconectadas para que um software complexo funcione. As plataformas realizam a comunicação entre estas informações para que o desenvolvedor possa realizar o trabalho de desenvolver a partir deste ponto.

A plataforma escolhida para o desenvolvimento do aplicativo foi o APP Inventor, pois ela torna a programação Android relativamente fácil graças a seu método inovador no qual pode-se usar blocos para criar aplicativos. Seu método de entrada é pela web, com isso pode-se ter seu desenvolvimento por meio de navegadores de internet. Isto porque é uma plataforma de desenvolvimento voltada para aprendizado, sendo de fácil manuseio e elevação ágil. Toda criação do aplicativo é feita de forma visual, onde se realiza a junção de peças como um quebra cabeça, assim o aplicativo vai criar um design único. Normalmente a linguagem de programação mais usada para a arquitetura Android é a Java, sendo utilizada também na base do código do App Inventor, tanto na estrutura do site, quanto no código fonte de qualquer aplicativo desenvolvido pela ferramenta.

O *back-end* foi desenvolvido com base no diagrama de conexão de blocos da plataforma chamado App Inventor Blocks Editor. A combinação de um ou mais blocos de comando formam uma ação completa, além de existir um facilitador, apenas funções compatíveis se encaixam. Desta forma a lógica conecta o aplicativo ao banco de dados do Google Firebase e permite a extração de dados e processamento deles. Além disso, permite também o envio de dados para o Firebase para que o NodeMCU os utilize, caracterizando um canal de mão dupla de comunicação. Como ilustrado na Figura 11.

|  |
| --- |
| Figura - Comunicação entre sistema e aplicativo    Fonte: Acervo do autor |

A Figura 12 abaixo mostra a estrutura *back-end* desenvolvida em formato de blocos no APP Inventor.

|  |
| --- |
| Figura - Estrutura *back-end­* do aplicativo  Uma imagem contendo Interface gráfica do usuário  Descrição gerada automaticamente  Fonte: Acervo do autor |

Após o desenvolvimento da lógica do aplicativo, foi realizada a construção da interface com o usuário, chamada de *front-end*, chamada App Inventor Designer. Focada para criação e interação, como parte da UX/UI, a experiencia do usuário é garantida pela elaboração correta da ordem dos botões, visualização de dados de formas variáveis, e fácil acesso a informações necessárias já na primeira tela de menu, onde o usuário pode visualizar o volume de água consumido e alterar os estados da válvula solenoide conforme a sua necessidade. O principal intuito foi criar um painel simples onde o usuário teria fácil acesso às informações pertinentes tendo a visualização de dados de vazão do circuito hídrico. Além da parte interativa, onde botões dinâmicos fornecem o controle ao registro de água. É utilizado também, um campo de retorno de informação que cita qual é a última ação externa solicitada. Toda comunicação externa é efetuada pela conexão direta da web entre o App Inventor e o Firebase graças a uma API (Interface de Programação de Aplicações), O funcionamento da API tem o papel de trazer a comunicação de interfaces incomunicáveis por meio de códigos híbridos para uma conexão direta. A Figura 13 mostra a interface do usuário em desenvolvimento.

|  |
| --- |
| Figura - Interface em desenvolvimento  Tela de computador com fundo azul  Descrição gerada automaticamente com confiança média  Fonte: Acervo do autor |

1. *Implementação de gerador de energia*

Ao levar em conta a proposta do projeto, um equipamento de comunicação sem fio e de fácil instalação, projetou-se a integração de uma microturbina hidráulica de geração de energia, para que o sistema não dependesse de nenhuma conexão elétrica externa.

Realizaram-se testes utilizando o microgerador de energia modelo F-50, com saída nominal de 12 Vcc. Este sistema é vendido com a turbina, gerador de energia e circuito retificador já integrados, e está ilustrado na Figura 14 a seguir.

|  |
| --- |
| Figura - Microgerador de energia elétrica    Fonte: [3] |

Conectou-se o microgerador em série na tubulação de água onde se encontram o sensor de vazão e a válvula solenoide. Sempre que passasse água pela tubulação, o equipamento seria responsável por gerar energia para manter o sistema funcionando, e alimentar uma bateria para que o microcontrolador continuasse sendo alimentado mesmo quando a válvula estivesse fechada.

A Figura 15 ilustra em forma de blocos a montagem do circuito elétrico com a utilização do gerador hidrelétrico, em substituição da rede de energia elétrica.

|  |
| --- |
| Figura - Diagrama do circuito elétrico com gerador de energia    Fonte: Acervo do autor |

O gerador forneceria energia para o conversor CC/CC, que por sua vez, estabiliza esta tensão e gerencia sua distribuição para a bateria, sistema de acionamento e microcontrolador.

Contudo, o sistema gerador falhou nos testes, visto que a pressão de água de uma residência normal não é suficiente para gerar a quantidade de energia necessária para alimentar o microcontrolador, além de a passagem de água na tubulação ser apenas intermitente, fazendo com que a energia necessária para manter o sistema operando é superior à capacidade de geração, tornando a aplicação inviável.

Visto a impossibilidade de utilização do microgerador, esta ideia foi descartada do projeto, e a fonte de alimentação foi mantida no lugar do conversor CC/CC.

1. *Testes finais e resultados*

Ao integrar todos os trabalhos desenvolvidos, foi obtido o sistema esperado. O sistema de medição é conectado à tubulação da residência através de tubos de ½”, e opera enquanto estiver alimentado pela rede elétrica.

Houve tentativas de eliminar a conexão elétrica adicionando um gerador de energia compacto ao equipamento, contudo ele não foi suficiente para fornecer a tensão necessária para operação e a ideia foi descontinuada por inviabilidade técnica.

Após a realização de diversas medições, o equipamento se mostrou estável, com pequenas variações entre diferentes medidas, que podem ser desprezadas. A Tabela 1 abaixo mostra as medições realizadas.

Tabela - Resultados do teste de estabilidade

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Medição  [ - ] | Valor medido  [ L ] | Valor esperado  [ L ] |
| 1 | 1,9807 | 2,0000 |
| 2 | 1,9512 | 2,0000 |
| 3 | 1,9978 | 2,0000 |
| 4 | 1,9063 | 2,0000 |
| 5 | 2,1498 | 2,0000 |

Fonte: Acervo do autor

Todos os sistemas descritos funcionaram em conjunto como esperado. A interface desenvolvida pode ser visualizada na Figura 14.

|  |
| --- |
| Figura - Interface resultante    Fonte: Acervo do autor |

O aplicativo está disponível para download através do escaneamento do *QRCode* mostrado na Figura 15 abaixo.

|  |
| --- |
| Figura - Código para download do aplicativo    Fonte: Acervo do autor |

O sistema de medição resultante foi enclausurado em uma caixa para impedir acesso indevido do usuário, e existem apenas três acessos disponíveis: os dutos de entrada e saída e a tomada de energia para 127 V de corrente alternada.

1. CONCLUSÕES

Haja vista a proposta inicial do projeto, elaborar um equipamento de medição de controle hídrico voltado para o consumidor, conclui-se que o objetivo final foi alcançado.

Acredita-se que com a aplicação de um projeto como este, o consumidor pode pensar de forma diferente no consumo da água. Transformando esta ideia de consumo como um plano esgotável, como, por exemplo, os planos de internet das operadoras de telefonia celular brasileiras. Esta mentalidade faz com que o consumidor tenha gestão sobre aquele recurso.

Esta aplicação também tem como foco reduzir o impacto de acidentes na tubulação para o consumidor e, consequentemente, para o ambiente. Isto porque um alto gasto é facilmente percebido com a medição em tempo real.

O sistema atual não pode ser utilizado como meio de cobrança direta, visto que seria necessária uma calibração em laboratório acreditado, assim como certificados de conformidade. Contudo, com investimento, isto pode ser feito, de forma que as próprias distribuidoras de água potável possam realizar o controle remotamente.

REFERÊNCIAS

[1] APP Inventor by MIT Disponível em: https://appinventor.mit.edu/.Acesso em: 20 set. 2021.

[2] GARCIA, Fernando D. Introdução aos sistemas embarcados e microcontroladores.2018. Disponível em: https://www.embarcados.com.br/sistemas embarcados-e-microcontroladores/ Acesso em: 08 jan. 2021.

[3] GERADOR hidrelétrico mini. Disponível em: https://www.saravati.com.br/mini-gerador-hidreletr ico-f-50-12v-dc-10w. Acesso em: 20 out. 2021.

[4] GOOGLE Firebase Backed by Google. Disponível em: https://firebase.google.com/?hl=pt Acesso em: 8 jun. 2021.

[5] NODEMCU An open-source firmware based on ESP8266 wifi-soc. Disponível em: https://www.no demcu.com/index\_en.html#fr\_54745c8bd775ef4b99000011. Acesso em 28 jan. 2021.

[6] PERDAS de carga distribuída e localizada em escoamento turbulento e medidores de vazão. Disponível em: https://sistemas.eel.usp.br/docen tes/arquivos/5817712/LEQ%20I/PME2230.RL.Escoamento\_Turbulento.Medidores\_Vazao.site.pdf. Acesso em: 14 nov. 2021.

[7] VÁLVULA solenoide. Disponível em: https:// www.mtibrasil.com.br/artigos/valvula-solenoide.p hp. Acesso em 14 nov. 2021.