



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS PAU DOS FERROS
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA

JANNESON JOSÉ FERREIRA DE LIMA

SISTEMA EMBARCADO IOT APLICADO AO CONTEXTO DE CRISES HÍDRICAS

PAU DOS FERROS – RN

2021

JANNESON JOSÉ FERREIRA DE LIMA

SISTEMA EMBARCADO IOT APLICADO AO CONTEXTO DE CRISES HÍDRICAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia do Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros da Universidade Federal Rural Do Semi-Árido, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Verônica Maria Lima Silva

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

FL732 Ferreira de Lima, Janneson José.
s Sistema Embarcado IoT Aplicado ao Contexto de
Crises Hídricas / Janneson José Ferreira de Lima. -
2021.
46 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Verônica Maria Lima
Silva.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2021.

1. Crise Hídrica. 2. Racionamento de Água. 3.
Sistema Embarcado. 4. Comunicação sem fio. 5.
Internet das Coisas. I. Lima Silva, Profa. Dra.
Verônica Maria , orient. II. Título.

JANNESON JOSÉ FERREIRA DE LIMA

SISTEMA EMBARCADO IOT APLICADO AO CONTEXTO DE CRISES HÍDRICAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia do Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros da Universidade Federal Rural Do Semi-Árido, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Aprovada em: 26 / 05 / 2021

BANCA EXAMINADORA

VERONICA MARIA
LIMA
SILVA:02558212397

Assinado de forma digital por
VERONICA MARIA LIMA
SILVA:02558212397
Dados: 2021.06.04 12:02:56
-03'00'

Profa. Dra. Verônica Maria Lima Silva (Orientadora)
– UFERSA
Presidenta

REUDISMAM ROLIM DE
SOUSA:08392843495

Assinado de forma digital por REUDISMAM
ROLIM DE SOUSA:08392843495
Dados: 2021.06.04 12:26:34 -03'00'

Prof. Dr. Reudismam Rolim de Sousa
UFERSA
PEDRO THIAGO VALERIO
DE SOUZA:08294430455

Digitally signed by PEDRO THIAGO
VALERIO DE SOUZA:08294430455
Date: 2021.06.04 12:33:23 -03'00'

Prof. Dr. Pedro Thiago Valério De Souza
UFERSA
FRANCISCO CARLOS GURGEL DA
SILVA SEGUNDO:06062106444

Assinado de forma digital por FRANCISCO
CARLOS GURGEL DA SILVA
SEGUNDO:06062106444
Dados: 2021.06.04 22:13:36 -03'00'

Prof. Dr. Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo
UFERSA

Aos meus pais e à todos os profissionais de saúde
que estão no combate à COVID-19.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por ter permitido eu chegar até aqui e ter me feito capaz de buscar realização dos meus sonhos.

Agradeço à minha mãe e ao meu pai, Edson e Gilvanete, que sempre acreditaram em mim e se esforçaram para me proporcionar educação e sempre me apoiaram e me inspiraram, foram minha força em momentos em que as minhas tinham acabado. Eles foram, são e serão minha base. Tudo que eu sou hoje, eu devo a eles. Agradeço, também, ao meu irmão Jefferson, por ser um exemplo do que é ser um ser humano de alma limpa, coerente e inteligência ímpar. Agradeço também à minha cunhada Joyce Moura.

Agradeço à minha orientadora Verônica Lima, por ter me "aturado" nesses últimos meses e ter me ajudado a ser um estudante mais preparado e maduro. Bem como a banca examinadora pelas considerações ao meu trabalho que solidifica mais ainda o conhecimentos que adquiri nesse período.

Agradeço aos amigos que a UFERSA me deu, John Lennon, Kércia Nogueira, Davi Euclides, Bianca Cavalcante, Jassira Rodrigues, Gildeão e Gildenberg Soares e Mellissa Diógenes. Dividir a rotina com vocês foi muito prazeroso, eu faria isso várias vezes. Vivemos momentos únicos, onde tiveram várias risadas, momentos tristes, momentos que achamos que não íamos conseguir. Mas mais importante de tudo é que nosso laço não flogou, pelo contrário, só ficou mais apertado e permitiu que pudéssemos ser pessoas onde podemos dividir nossos sentimentos. Ninguém soltou a mão de ninguém.

Agradeço aos meus irmãos de outras mães: Junior Oliveira, Moisés Campos, Vinícius Fernandes, Tonyson Benevides, Gabriel José e Evando Raykaard. São pessoas que estavam, estão e sei que sempre estarão ao meu lado, seja pra sorrir, seja para chorar. Vocês me ajudaram muito em momentos que eu precisava muito, me deram força e me mostraram que o mundo tem muito sentido.

Agradeço aos meus amigos, Demétrios Coutinho, Ayla Bezerra, Pedro Victor, Suyanne Brito, Aila Figueredo, Pablo Roberto, Vitória Manguiera, Karoline Lima por serem pessoas que se despuseram a dividir diversos momentos que agregaram valores enormes para mim, seja num

jogo, numa conversa, numa caminhada e etc.. Esses momentos foram muito importantes para mim.

“I may never find all the answers

I may never understand why

I may never prove

What I know to be true

But I know that I still have to try”

(The Spirit Carries On - Dream Theater)

RESUMO

A escassez de água é algo muito presente na região Nordeste, e, com muito esforço, a população busca por diversas formas de se manter abastecida para consumo, higienização, lavagem de roupas, louças e outras atividades que envolvem o recurso hídrico. Na cidade de Pau dos Ferros/RN, nos últimos anos, tem se realizado o rodízio no abastecimento de água no intuito de amenizar a crise hídrica. Esse rodízio é realizado por setor e é comum ver residências que utilizem caixas d'água como reservatórios extras para acumularem água que dure até o próximo abastecimento, de aproximadamente 15 dias. Como a população necessita se programar previamente, se torna interessante que haja uma forma de aviso para a mesma. Atualmente, estes avisos acontecem de maneira colaborativa e informal em grupos de redes sociais. Porém, como depende da iniciativa individual, por vezes a população não consegue saber o dia do abastecimento no seu setor. Desta forma, no presente trabalho foi desenvolvido um sistema embarcado com a funcionalidade de comunicar à população, com auxílio de um sistema *web*, sobre a chegada de água nos setores residenciais. A comunicação sistema embarcado-interface *web* utiliza conceitos da Internet das Coisas, no qual é possível integrar à caixa d'água à internet para monitoramento dos usuários. O sistema embarcado utiliza a placa NodeMCU ESP8266, responsável por enviar os dados para o sistema web por meio de uma API especificada. Para o monitoramento do abastecimento de água utilizou-se um sensor de fluxo, que serve para captar passagem de fluídos. A partir do sistema embarcado desenvolvido, o consumidor pode visualizar através de um *hDisplay* LCD OLED uma mensagem que confirme ou não a passagem de água, bem como a quantidade de água recebida em sua caixa d'água.

Palavras-chave: Crise Hídrica. Racionamento de Água. Sistema Embarcado. Comunicação sem fio. Internet das Coisas.

ABSTRACT

The scarcity of water is very present in the Northeast region, and, with much effort, the population seeks different paths to keep themselves supplied for consumption, cleaning, washing clothes, dishes and other activities that involve the water resource. In the city of Pau dos Ferros/RN, in recent years, there has been a rotation in the water supply in order to alleviate the water crisis. This rotation is carried out by sector and it is common to see homes that use water tanks as extra reservoirs to accumulate water that will last until the next supply, an interval of 15 days. As the population needs to be programmed in advance, it becomes interesting that there is a form of warning for it. Currently, these notices happen in a collaborative and informal way in groups of social networks. However, as it depends on the individual initiative, sometimes the population is not able to know the day of supply in their sector. Thus, in the present work, an embedded system was developed with the functionality of communicating to the population, with the help of a web system, about the arrival of water in the residential sectors. The embedded system-web interface communication uses concepts from the Internet of Things, in which it is possible to integrate the water tank to the internet for monitoring users. The embedded system uses the NodeMCU ESP8266 card, responsible for sending data to the web system through a specified API. For the monitoring of the water supply, a flow sensor was used, which serves to capture the passage of fluids. From the developed embedded system, the consumer can view through a OLED LCD Display a message that confirms the passage of water or not, as well as the amount of water received in his water tank.

Keywords: Water Crisis. Water rationing. Embedded System. Wireless Communication. Internet of Things.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização Geográfica de Pau dos Ferros/RN	13
Figura 2 – Visão geral do sistema	15
Figura 3 – Blocos básicos da IoT	18
Figura 4 – Visão Geral do Projeto	23
Figura 5 – Componentes utilizados	24
Figura 6 – Pinagem NodeMCU - ESP8266	25
Figura 7 – Sensor de Fluxo	26
Figura 8 – Display LCD OLED 0.96 I2C	27
Figura 9 – Exemplo de uma PCB	27
Figura 10 – Diagrama Esquemático	28
Figura 11 – IDE Arduino	30
Figura 12 – Monitor Serial	30
Figura 13 – Janela "Preferências" da IDE	31
Figura 14 – Passagem de água	35
Figura 15 – Mensagens de Sincronização e impressão do código	36
Figura 16 – Divisão setorial de Pau dos Ferros/RN	37
Figura 17 – Cadastros de Sensores	38
Figura 18 – Gerenciamento de Setores	38
Figura 19 – Circuito Conectado à Rede	39
Figura 20 – Mensagem positiva para abastecimento	40
Figura 21 – Mensagem negativa para abastecimento	40
Figura 22 – Sistema Instalado	41
Figura 23 – Projeto da Placa de Circuito Impresso	41
Figura 24 – Design do Protótipo	42

LISTA DE QUADROS

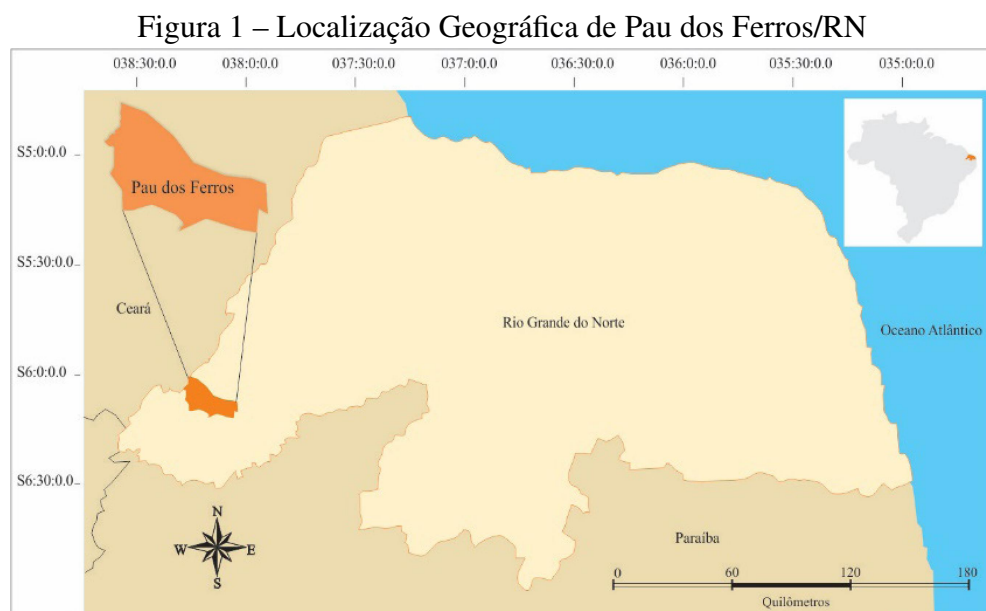
Quadro 1 – Trabalhos Relacionados	21
Quadro 2 – Bibliotecas	32
Quadro 3 – Funções Utilizadas	32
Quadro 4 – Quadro de Métodos HTTP	33
Quadro 5 – <i>Input</i>	34
Quadro 6 – <i>Output</i>	34
Quadro 7 – Sincronização JSON	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	APRESENTAÇÃO DO PROJETO	14
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	CRISES HÍDRICAS	17
2.2	INTERNET DAS COISAS	17
2.3	SISTEMAS EMBARCADOS	19
3	TRABALHOS RELACIONADOS	20
4	MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1	VISÃO GERAL DO FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO	23
4.2	COMPONENTES DO PROTÓTIPO - HARDWARE	24
4.2.1	NODEMCU - ESP8266	24
4.2.2	SENSOR DE FLUXO DE FLUIDO	25
4.2.3	DISPLAY LCD OLED	26
4.2.4	PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO	27
4.2.5	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO	28
4.3	FERRAMENTAS DE SOFTWARE	29
4.3.1	LINGUAGEM C	29
4.3.2	AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO	29
4.3.3	BIBLIOTECAS E FUNÇÕES	31
4.3.4	PROTOCOLO HTTP	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1	INTEGRAÇÃO COM O SISTEMA WEB	34
5.1.1	RESULTADOS DA INTEGRAÇÃO - TELAS DO SISTEMA WEB . . .	36
5.2	PROTÓTIPO E DESIGN DO SISTEMA EMBARCADO	39
6	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Júnior, Alves e Filho (2018), a cidade de Pau dos Ferros/RN é considerada um pólo central de 37 cidades ao seu redor, onde faz fronteira com o Ceará e não muito distante, também, da Paraíba, como mostra a Figura 1. Possuindo cerca de 30 mil habitantes, Pau dos Ferros é diariamente visitada por habitantes das cidades circunvizinhas, devido a maior infraestrutura de comércio, a presença da Universidades Federais, Estaduais e Privadas, como também um Hospital Regional que atende a região interiorana por completo. Devido a crise hídrica causada pela seca, a cidade, bem como as cidades vizinhas, passam por um processo de racionalização de água potável.



Fonte: Carvalho *et al.* (2019)

Fagundes *et al.* (2020) afirmam que o Nordeste é a região que mais sofre com escassez de água, devido a questões geográficas. Desta forma, o debate sobre as políticas de direito à água, principalmente em períodos de escassez e condições climáticas áridas é de suma importância. O autor ressalta que outros fatores como o desperdício, poluição e distribuição inadequada da água e maior demanda devido o crescimento da população também contribuem para a crise hídrica nesta região.

O setor residencial, por exemplo, consome grande parte do abastecimento de água urbano e tem grande potencial para melhorar a conservação. Durante crises hídricas é possível defender que diversas ações individualizadas para reaproveitar a água utilizada no banho, lavagem das mãos, água descartada das máquinas de lavar roupas, entre outras. Esse reaproveitamento da

água pode ser utilizado em descargas de vasos sanitários, lavagem de calçadas e pisos, e a irrigação de paisagismo, jardins e plantas domésticas (TARGA; BATISTA, 2015).

A cidade, atualmente, é abastecida pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) e faz sua distribuição, quando se percebe uma possível crise hídrica, alternando por setores (ABRANTES, 2018). A cidade é dividida em três setores, passando certa quantidade de dias em cada um desses setores. O sistema de rodízio é defendido por Carli *et al.* (2013), no qual relatam que é importante haver programas de uso racional e de conservação de água, que findam consistindo em reduzir o consumo sem comprometer a qualidade das atividades que dela dependem. Em outras palavras, esse sistema é utilizado quando se há pouca quantidade de água e que não é possível abastecer toda a população de uma vez, assim divide-se o abastecimento em setores e cada setor tem seu momento de ser abastecido.

Com isso, o acompanhamento do abastecimento de água entre os setores pela população de Pau dos Ferros é realizado de maneira cooperativa através de grupos em redes sociais, de forma que não existe nenhum portal oficial para a população saber quando, e se, a água chegará a sua casa. Os avisos sobre o abastecimento dos setores sendo realizados de maneira informal, ou seja, o “boca a boca” ou em grupos de *WhatsApp* e *Facebook*, podem ocorrer alguma informação que não seja condizente com a verdade ou algum engano, pois essas trocas de informações nem sempre são efetivas.

Assim, a setorização do racionamento de água em Pau dos Ferros - RN bem como uma pesquisa sobre como a população utiliza o recurso hídrico são apresentadas em Abrantes (2018). Segundo Abrantes (2018) a população se encontra insatisfeita com o sistema de rodízio realizado naquele contexto. Tal trabalho permite supor que um dos motivos dessa insatisfação, além da falta d’água, é a população não ter informações oficiais e confiáveis sobre a data de abastecimento.

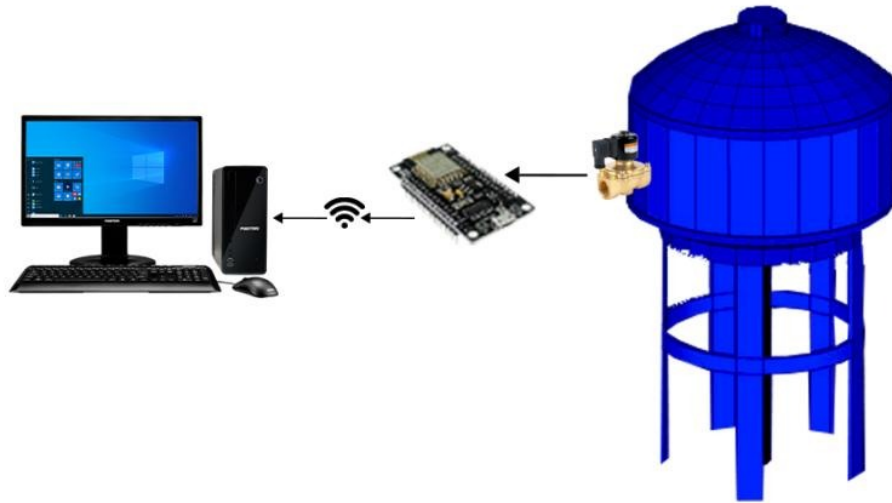
Partindo desta problemática, com o intuito de promover informação confiável à população sobre a chegada de água em seus setores, neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de um sistema embarcado que monitore a chegada de água e, por meio de um site e/ou aplicativo, o consumidor seja informado qual setor está sendo abastecido com água.

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROJETO

O sistema embarcado desenvolvido é apresentado na Figura 2, sendo responsável por verificar a passagem de água em caixas d’água sinalizando a distribuição do abastecimento entre

os setores de racionamento, bem como a quantidade de água que foi distribuída. O sistema embarcado envia informações via Internet *wi-fi* para um sistema *web*, informando aos usuários se seu setor está sendo abastecido. O conceito de de internet das coisas foi utilizado neste projeto adicionando conectividade a caixas d'água de abastecimento residencial.

Figura 2 – Visão geral do sistema



Fonte: Autoria própria (2021)

Para atender as funcionalidades especificadas, o sistema embarcado é composto por:

- uma plataforma microcontrolada, com módulo *Wi-Fi* integrado;
- um sensor de fluxo de fluido, responsável por identificar quando estará ocorrendo o abastecimento de água de cada setor;
- um LED (Diodo Emissor de Luz) para visualização das informações.

O sistema embarcado envia as informações sobre o status de abastecimento e o consumo do usuário para o sistema *web* por meio de uma API especificada para tal, detalhada no Capítulo 3. É importante ressaltar que a parte relacionada ao sistema *web*, não é o objeto de estudo deste trabalho. Porém, o sistema *web* é parte fundamental da solução proposta, uma vez que é o portal que fornece os dados de forma simples para a população.

É importante salientar que este trabalho faz parte de um projeto maior que visa fornecer a população de cidades com crises hídricas informações confiáveis sobre o abastecimento de água. Dessa forma, o projeto foi desenvolvido em conjunto com o trabalho de Costa (2021), no qual é desenvolvido o sistema *web* responsável por receber os dados obtidos pelo sistema embarcado desenvolvido no presente trabalho.

Diante do exposto, objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema

embarcado que possibilite, de maneira confiável, informar o abastecimento de água nos setores da cidade de Pau dos Ferros, bem como o consumo água no setor.

Para tanto, pode-se elencar os seguintes objetivos específicos:

1. Realizar uma revisão bibliográfica.
2. Desenvolver o protótipo do hardware de detecção da chegada de água nos setores;
3. Desenvolver o design do sistema embarcado;
4. Integrar o sistema embarcado com o sistema *web*;

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em 5 capítulos. No Capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica do trabalho, relatando um problema recorrente na região semi-árida que é a crise hídrica. Em seguida, apresentam-se conceitos referentes às tecnologias abordadas no projeto, são elas: Internet das Coisas, Sistemas Embarcados.

No Capítulo 3 são apresentados os trabalhos relacionados ao tema deste trabalho de conclusão de curso, abordando soluções tecnológicas, sobretudo sistemas embarcados, aplicadas no contexto de crises hídricas.

No Capítulo 4 são abordados os Materiais e Métodos, no qual são apresentados os materiais utilizados, a visão geral da prototipação, os hardwares e os softwares utilizados na construção do sistema embarcado.

O Capítulo 5 é destinado aos resultados, no qual são apresentados os resultados na construção do protótipo bem como o design final do produto.

No Capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho realizado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são abordados os conceitos teóricos para desenvolvimento do trabalho, dentre eles: crises hídricas, internet das coisas, sistemas embarcados.

2.1 CRISES HÍDRICAS

Sabe-se que grande parte das chuvas que banham o Brasil são oriundas da umidade da floresta Amazônica e, uma vez que há desmatamento, tem-se uma redução dessa umidade e consequentemente uma redução de chuvas, diminuindo a quantidade de água nos rios e barragens que, por fim, causam as chamadas crises hídricas (PAVÃO, 2020). No caso do Nordeste, há fortes indícios de que os desmatamentos dos últimos últimos tenham provocando a atual desertificação e a escassez de água .

Além disso, o desperdício de água contribui de maneira significativa para o agravamento dessas crises. Galdino *et al.* (2018) alertam que a crise hídrica que, no Brasil, é enfrentada nos últimos anos, traz consigo a necessidade de desenvolver tecnologias que sejam capazes de reverter o cenário de escassez de água, como por exemplo a utilização de Sistemas Embarcados e IoT. Ainda é defendido que tais apontamentos sejam utilizados como políticas públicas, pois o agravamento é constante principalmente pelo uso desordenado e má gestão dos recursos hídricos.

2.2 INTERNET DAS COISAS

A Internet das Coisas (ou *IoT (Internet of Things)*) pode ser definida como a conexão de coisas como: geladeiras, pulseiras, lâmpadas e etc. à internet por meio do uso de sistemas embarcados, microeletrônica, comunicação e sensoriamento (SANTOS *et al.*, 2016). A caracterização desse avanço se pontua na capacidade de comunicação desses sistemas com a Internet. Por meio da IoT é possível controlar remotamente qualquer objeto que se utilize desta tecnologia. Uma vez que estes objetos se somam a outros recursos disponíveis, uma variedade de aplicações surgem como *Smartwatch*, *SmartTV*, *Smartphones* e entre outros.

Santos *et al.* (2016) afirmam que existem 6 blocos básicos que compõem a IoT, que são "identificação", "sensores", "comunicação", "computação", "serviços" e "semântica", conforme pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3 – Blocos básicos da IoT



Fonte: Santos *et al.* (2016)

Para Santos *et al.* (2016), os blocos mostrados na Figura 3 são descritos da seguinte forma:

- A identificação trata de identificar os objetos e comunicar com a internet, para isso são utilizadas tecnologias como o endereçamento IP (Protocolo da Internet);
- Sensores coletam informações (por exemplo: sensor de fluxo, LDR, sensor de presença) e encaminham para os centros de armazenamentos
- A conexão dos objetos inteligentes se dá pela Comunicação, através de *Wifi*, *Bluetooth* e etc.;
- A computação são microcontroladores e processadores, por exemplo, que responsáveis por executar algoritmos locais nos objetos inteligentes;
- Os serviços contém várias classes com diversas aplicações e são responsáveis pelo mapeamento das entidades físicas para as entidades virtuais;
- A semântica é a extração de informação útil a partir do objetos IoT, atribuindo a descoberta e aplicação dos conhecimentos da IoT para gerar um serviço

O conceito de internet das coisas vêm sendo aplicado para solucionar problemas relacionados ao desperdício de água e consequentemente contribuindo para o contexto de crises hídricas. Nesse intuito, Filtsoff e Martins (2019) apresentam uma solução IoT para mensurar o consumo d'água no setor residencial, onde junto com o conceito de IoT, vem a utilização de Sistemas Embarcados nesse trabalho.

No contexto de utilização de Internet das Coisas em crises hídricas, Kadar, Rafee e

Sameon (2018) permitem afirmar que a Internet das Coisas é uma ferramenta potencial que orienta, entende e auxilia na abordagem de crises hídricas, por exemplo. Os autores defendem que esta tecnologia seja usada pelo governo, indústrias e pessoas para a utilização mais consciente da demanda e priorizar o abastecimento de água para os que mais necessitam.

2.3 SISTEMAS EMBARCADOS

Sistemas Embarcados (SE) são sistemas de processamento de informação incorporados em um produto maior (MARWEDEL, 2021). SE são projetos com funcionalidade que atendem a atuação de sensores, atuadores e controladores, que passam por centrais eletrônicas de processamento, destinada somente para atividades específicas (SANTOS; CAMPOS; OLIVEIRA, 2021). Em concordância, Pont (2020) permite citar exemplos de aplicações de sistemas embarcados presente no cotidiano como celulares, eletrodomésticos e a assistente virtual do Amazon, a *Alexa*, entre outras.

Os sistemas embarcados, geralmente, são entregues ao consumidor como sistemas já prontos. Porém, em grande parte dos sistemas, o usuário final tem interação com sistema. Ou seja, o sistema faz o que lhe é programado e o consumidor pode ser informado sobre o que está acontecendo no SE. Segundo Cavalcante (2017), de maneira geral, a comunicação entre o usuário e o SE é funcional, realizada geralmente por meio da utilização de displays lcd, telas, teclados. Em alguns casos, uma interface web pode ser utilizada também como canal dessa comunicação.

Para contextualizar a utilização de SE como recurso para sanar alguns problemas da escassez d' água, Carvalho (2021) apresenta uma alternativa para utilização de água em período de racionamento de água. Em seu trabalho, ele cria um sistema embarcado que é voltado para o combate ao desperdício de água, utilizando um microcontrolador para controlar o fluxo de água ejetado no solo, sem interferência humana direta para alimentar o sistema que assegura a plantação de cana de açúcar e mandioca.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo são apresentados alguns trabalhos relacionados ao sistema embarcado desenvolvido neste trabalho.

A partir do levantamento bibliográfico realizado, foi observado a existência de vários trabalhos que utilizem conceitos de IoT aplicados a crises hídricas, bem como vários trabalhos que apresentem estudos sobre os períodos de crise hídricas no Nordeste e também em Pau dos Ferros. Segundo Abrantes (2018), a população de Pau dos Ferros não é satisfeita com a forma de rodízio de água. O autor relata que havia casas que passavam até 30 dias sem receber abastecimento o que gerava uma insatisfação da população com os serviços prestados.

Com relação a comunicação da prestadora com a sociedade civil é possível afirmar que uma fonte de informação confiável sobre o abastecimento facilita o planejamento da população, para o momento em que houver necessidade de rodízio. Pois, como Abrantes (2018) relata, a porcentagem de população que utiliza água de outras fontes que não seja provenientes da distribuidora supera os 50%; o número de casas com mais de três reservatórios chega a 23% e o volume de armazenamento total das residências superiores a 5 mil litros é de 29%.

Ainda no contexto de uma utilização consciente do recurso hídrico, existem trabalhos que aplicam sistemas embarcados para automatizar o aproveitamento de água da chuva para atividades nas quais possam ser utilizada a água potável (OLIVEIRA, 2019) e também não potável (BRASIL *et al.*, 2018).

Na proposta de reaproveitamento de água apresentada no estudo de Oliveira (2019), foi utilizada a água da chuva para uso de irrigação doméstica e trata da criação de um sistema embarcado que automatize a irrigação e informe ao consumidor, através de um *display* LCD, informações sobre o funcionamento dos sistemas.

No Quadro 1 são apresentados alguns trabalhos sobre a crise hídrica no Nordeste e no Rio Grande do Norte, bem como trabalhos que utilizam os conceitos de Internet das Coisas e sistemas embarcados para amenização do desperdício de água.

Quadro 1 – Trabalhos Relacionados

Título	Resumo
A crise hídrica como reflexo da seca: o Nordeste Setentrional em alerta (BEZERRA, 2016).	Breve relato das secas ocorrentes nos últimos anos no Nordeste. Esse trabalho tem como objetivo analisar a intensidade que a seca atacou o Nordeste e fazendo uma consulta dos níveis pluviométricos registrados em 2016, e mostrar os volumes hidrológicos totais e os armazenados nos reservatórios monitorados pela Agência Nacional das Águas.
A crise hídrica no estado do Rio Grande do Norte (SILVA; LIMA; ALVES, 2016).	Esse artigo discute os fatores que se configuram como agravante para a crise hídrica nacional, com ênfase no Estado do Rio Grande do Norte. Aponta que "série de medidas podem ser empregadas para reduzir os impactos da crise hídrica não apenas sobre a qualidade de vida da população, mas para a segurança hídrica".
Protótipo para controle de nível e vazão de água utilizando conceito de internet das coisas em reservatórios hídricos de condomínios (WEILER; OTTEQUIR; BECKER, 2017).	Utiliza o conceito de Internet das Coisas e constrói um protótipo de baixo custo que sirva de monitoramento para controle do uso excessivo de água em condomínios utilizando Arduino. Utiliza também sensores de nível e vazão de água instalados nos reservatórios de condomínios, faz o envio de dados para uma API, onde armazena e disponibiliza as informações em uma interface web. A linguagem de programação usada foi <i>Ruby</i>
<i>Surface Water Pollution Detection using Internet of Things</i> (tradução: Detecção de poluição de águas superficiais usando a Internet das coisas) (SHAFI <i>et al.</i> , 2018).	Proposto um sistema de qualidade de água baseado na Internet das Coisas capaz de medir a qualidade da água quase em tempo real. O protótipo incorporado de tempo foi desenvolvido para registrar a água parâmetros de qualidade das amostras de água coletadas de várias fontes em toda a área de estudo.
Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água pela Percepção do Usuário na Cidade de Pau dos Ferros - RN (ABRANTES, 2018).	Realizado uma pesquisa exploratória e descritiva na cidade de Pau dos Ferros – RN, sobre o diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água – SAA com base na percepção dos usuários no ano de 2018, para obter além do diagnóstico características do local, volume de água e quantidade de reservatórios, sistema condutor de água presente nas residências. A pesquisa constatou que a população, naquele contexto, estava insatisfeita com a distribuição em sistema de rodízio criado durante o período de crise hídrica.
Automação e Aproveitamento de Águas Pluviais para Utilidades não Potáveis (BRASIL <i>et al.</i> , 2018).	Foi realizado a construção de um protótipo com a finalidade de fazer um aproveitamento de águas pluviais, buscando diminuir o uso da água potável para fins menos nobres. O projeto se apresentou satisfatório pois auxiliou no uso sustentável de água, viabilidade econômica e diminuição do uso inadequado.
Sistema Automático de Aproveitamento de Águas das Chuvas para uso Doméstico e Irrigação (OLIVEIRA, 2019).	Realiza a construção a automação de baixo custo com a finalidade de auxiliar sistemas de aproveitamento de água e irrigação. O protótipo conta com uma interface homem-máquina que apresenta as informações dos sistemas.
Análise de Vulnerabilidade e Riscos à escassez hídrica no Semiárido - Caso de Estudo Ibaretama/CE (CAJAZEIRAS <i>et al.</i> , 2020).	Apresenta a uma medida sanadora da escassez hídrica, que é o uso das águas subterrâneas através de cavação de poços. Logo, o trabalho faz um mapeamento das localizados mais propícias a ter risco de insegurança hídrica.

Fonte: Autoria própria (2021)

O presente trabalho apresenta uma integração com um sistema web, desenvolvido por Costa (2021), de maneira a fornecer uma solução completa. De forma mais específica, o SE desenvolvido nesse trabalho apresenta o aviso de chegada d'água e a quantidade de água que passa por aquele sensor. Além disso, é feito a projeção de uma placa de circuito impresso e o *design* de um *case*.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentados os tópicos referentes aos materiais e métodos utilizados no desenvolvimento do sistema embarcado. Uma visão geral do Protótipo é apresentada e em seguida são descritos os componentes de hardware e software utilizados.

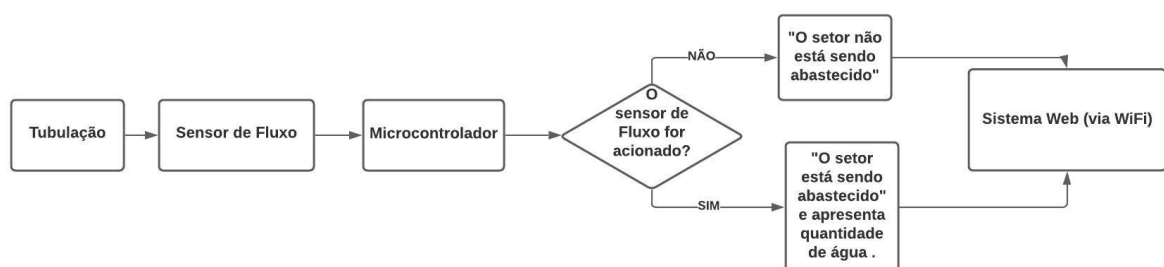
4.1 VISÃO GERAL DO FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO

O sistema embarcado para a detecção do abastecimento de caixas d'água desenvolvido neste trabalho, de uma maneira geral, têm suas funcionalidades divididas em duas etapas:

1. Leitura do sensor de fluxo de água pelo microcontrolador;
2. Envio de informações utilizando o módulo *Wi-Fi*.

Na Figura 4 é ilustrado o diagrama de blocos/fluxograma do funcionamento geral do sistema embarcado. O bloco "tubulação" representa a tubulação da distribuidora que abastece a caixa d'água. A água da tubulação irá passar pelo bloco "sensor de fluxo" e seguir caminho para o reservatório residencial. O bloco "microcontrolador" é responsável por verificar a passagem de água e a quantidade de água. Se esses processos forem positivos isso significa que o setor está em abastecimento (recebendo água da tubulação), logo o microcontrolador enviará o sinal por *Wi-Fi* para o servidor. Assim, o sistema *web* receberá a informação positiva e exibirá na interface web o abastecimento. Caso contrário, exibirá que o setor não está sendo abastecido.

Figura 4 – Visão Geral do Projeto



Fonte: Autoria própria (2021)

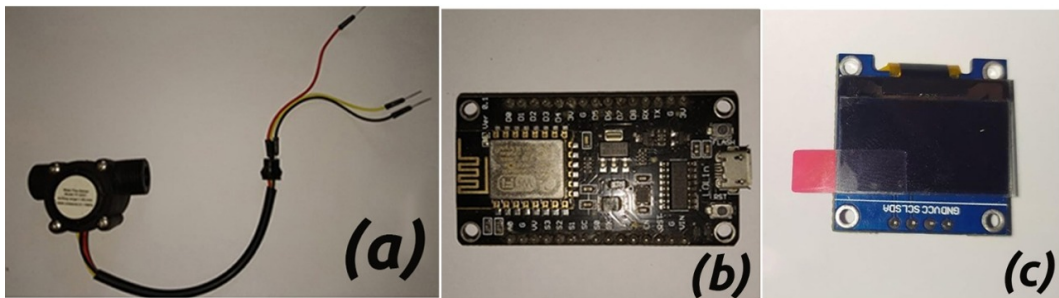
Para o desenvolvimento deste sistema embarcado foram necessários componentes de hardware e software para o seu desenvolvimento, apresentados nas seções a seguir.

4.2 COMPONENTES DO PROTÓTIPO - HARDWARE

Para a construção do protótipo foram necessários os seguintes componentes de hardware:

1. Sensor de fluxo (a);
2. NodeMCU Esp8266 (b);
3. Display de LCD OLED (c);

Figura 5 – Componentes utilizados



Fonte: Autoria própria (2021)

A escolha por estes componentes foi realizada com o intuito de tornar o projeto viável economicamente e fácil de ser construído e reprogramado. Na Figura 5 podem ser vistos todos os componentes utilizados na fase de prototipagem. Cada um destes componentes são detalhados nas subseções a seguir.

4.2.1 NODEMCU - ESP8266

O projeto foi desenvolvido utilizando o microcontrolador NodeMCU, um *firmware* que permite programar módulos ESP8266 (MOREIRA, 2017). O módulo ESP8266 envia dados de forma serial pela rede em que é conectado. O servidor pode conter uma página *web* com informações dos componentes ligados ao ESP8266. Uma visão geral do NodeMCU e sua pinagem pode ser vista na Figura 6.

de fluído representado na Figura 7.

Figura 7 – Sensor de Fluxo



Fonte: <https://www.multcomercial.com.br/sensor-de-fluxo-de-agua-dn32.html>

Para a conversão dos pulsos em litros por minutos, unidade de medida mais comum para fluídos, utiliza-se a Equação 4.1, que é a relação entre frequência de pulsos e L/min.

$$Q = \frac{1000}{t} * \frac{r}{a} \quad (4.1)$$

Onde,

t = tempo de rotação das hélices do sensor;

r = quantidade de rotação das hélices;

a = fator de calibração do sensor.

O fator de calibração é uma constante fornecida pelo fabricante do sensor, que nesse caso é igual à 7,5Q, onde “Q” é a vazão em L/min (CASTRO, 2020).

4.2.3 DISPLAY LCD OLED

O *display* LCD OLED 0.96 I2C é um painel de 128x64 pixels, um componente bastante usado em aplicações com microcontroladores, conforme pode ser visto na Figura 8. Para seu uso, os dados são enviados pelo microcontrolador através de interface periférica de interface I2C (Circuito Inter-Integrado) ou interface SPI (Interface Periférica Serial). Destaca-se nele o baixo consumo de energia e o fato de só utilizar 4 pinos que fazem a conexão com o microcontrolador

(KODALI; MAHESH, 2016). É bastante utilizado para exibir informações de sensores, tais como temperatura, umidade, valor de tensão ou corrente.

Figura 8 – Display LCD OLED 0.96 I2C

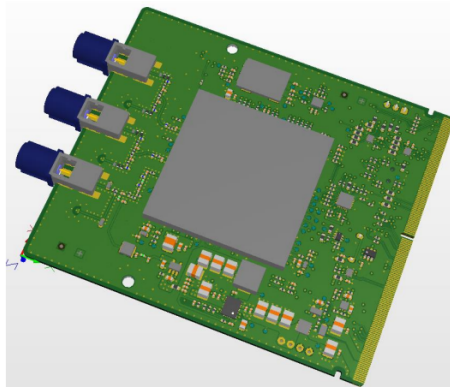


Fonte: (FILIPEFLOP, 2020)

4.2.4 PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

Uma PCB (*Printed Circuit Board* ou Placa de Circuito impresso) é, de acordo com Sanches (2010), uma técnica de montagem de equipamentos eletrônicos que compõe diversos circuitos. São utilizados componentes condutores soldados sob uma placa base, que por sua vez são conectados através de trilhas, que caracterizam a conexão entre os condutores. De acordo com Soler, Bergés e Marzo (2020), as primeiras PCB's foram criadas por volta de 1920, contexto em que se via uma necessidade de diminuir o tamanho dos circuitos elétricos. Após isso, o uso dessas placas se tornaram comuns.

Figura 9 – Exemplo de uma PCB



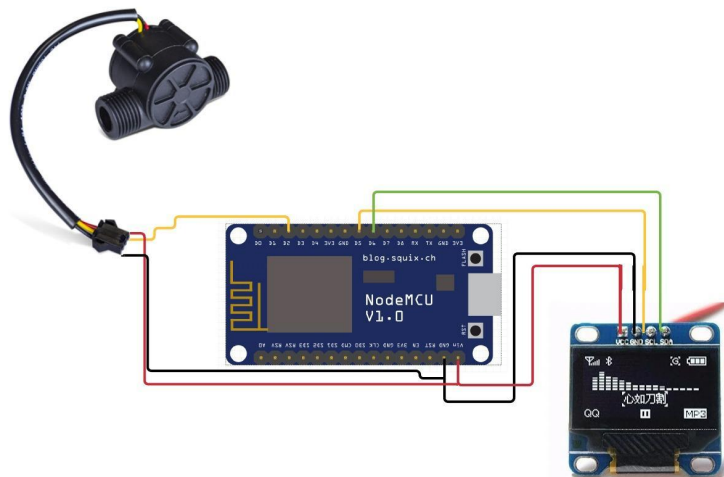
Fonte: (SOLER; BERGÉS; MARZO, 2020)

Neste trabalho uma PCB foi projetada para o design final do protótipo e é detalhada no capítulo de Resultados.

4.2.5 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO

A construção do protótipo deste projeto utilizou os componentes detalhados nas subseções 4.2.1 a 4.2.5. Conforme pode ser visualizado no diagrama esquemático do sistema embarcado apresentado na Figura 10, foi conectado nas *GPIO's* do NodeMCU o sensor de fluxo e o *display LCD OLED*.

Figura 10 – Diagrama Esquemático



Fonte: Autoria própria (2021)

No diagrama esquemático representado na Figura 10 é interessante atentar-se que o GPIO recebe somente o fio amarelo do sensor. Os demais fios do sensor representam o GND (terra), fio preto, e o fio vermelho a alimentação. Por fim, tem-se o display LCD OLED, que é responsável por apresentar as leituras realizadas pelo *hardware* e comunicar ao usuário se há passagem de água ou não, e a mensagem de conexão com a rede sem fio.

Concluída a etapa de prototipação do circuito, foi projetada uma PCB por meio de uma ferramenta *online* de esquematização de placas de circuito impresso na qual estão contidos todos os componentes utilizados. Por fim, para execução do design do *case* do protótipo, foi utilizado a ferramenta AutoCAD, que auxiliou na criação do desenho técnico do projeto. O *design* final é

apresentado no capítulo de resultados.

4.3 FERRAMENTAS DE SOFTWARE

Nessa seção são apresentadas as ferramentas de *software* utilizadas para o desenvolvimento do sistema embarcado desenvolvido neste projeto, tais como a linguagem de programação e o ambiente de desenvolvimento usados no microcontrolador, como também o protocolo de comunicação com o sistema *web*.

4.3.1 LINGUAGEM C

Para este trabalho utilizou-se a linguagem C para microcontroladores. Bertolini *et al.* (2019) afirmam que é uma das mais utilizadas ainda hoje; o autor ressalta a versatilidade dela, uma vez que é uma linguagem de nível médio. Além disso, C é uma linguagem estruturada, significa que pode-se ter procedimentos ou funções. Além das funções, é possível organizar o código em blocos, permitindo criar grupos de comandos de programa conectados logicamente e sendo tratado como uma unidade.

4.3.2 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO

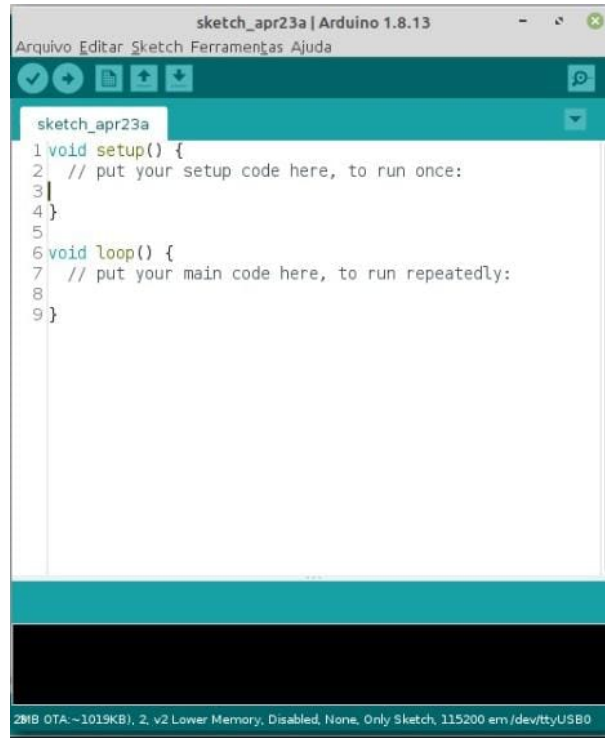
O Esp-8266 é um microcontrolador compatível com o IDE do Arduino, logo, pode-se usar o mesmo *software* para a programação de componente. Assim, o Ambiente Integrado de Desenvolvimento Arduino (IDE - *Integrated Development Environment*) é uma plataforma que permite escrever e fazer upload de programas nas linguagens C e C++ em placas compatíveis com essa plataforma. Estes programas são escritos no próprio editor de texto contido na IDE, sendo salvos em arquivos (.ino), formando o que chamam de *sketches* (RIBEIRO; JÚNIOR, 2020). Existem duas funções essenciais para o desenvolvimento de um *sketch*, "*void setup ()*" e "*void loop ()*".

A função *void setup()* é executada apenas uma vez. Nela, está contida a possibilidade de iniciar qualquer componente ou variável, sendo possível configurar as GPIO's, bem como, também, declarar bibliotecas.

A função *void loop ()* pode ser executada infinitas vezes. Ela é a responsável pela execução da lógica imposta pelo programador, como por exemplo a utilização de laços de

repetições. Esse comando só funcionará enquanto o microcontrolador estiver sendo alimentado por uma corrente elétrica. Estas funções são apresentadas na Figura 11.

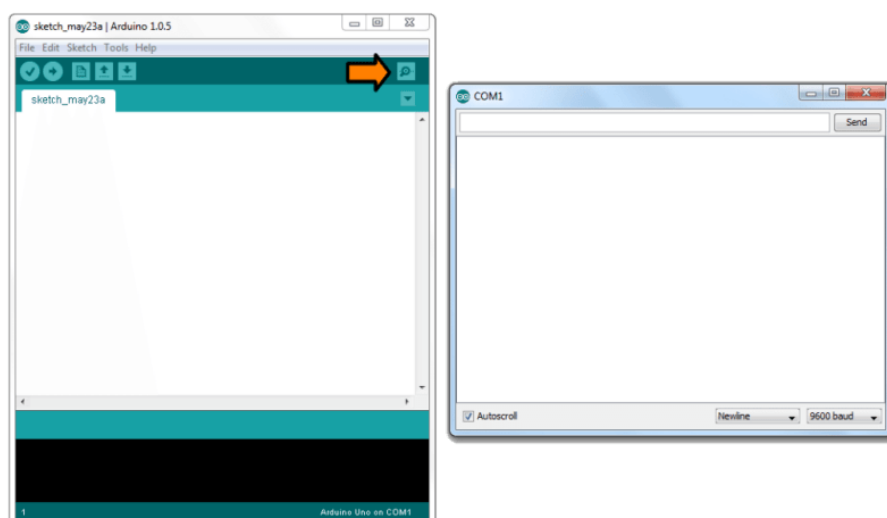
Figura 11 – IDE Arduino



Fonte: (ARDUINO, 2021)

O Monitor Serial do Arduino é uma janela da IDE que é responsável por apresentar e receber os dados em formato de texto. Apresentado na Figura 12.

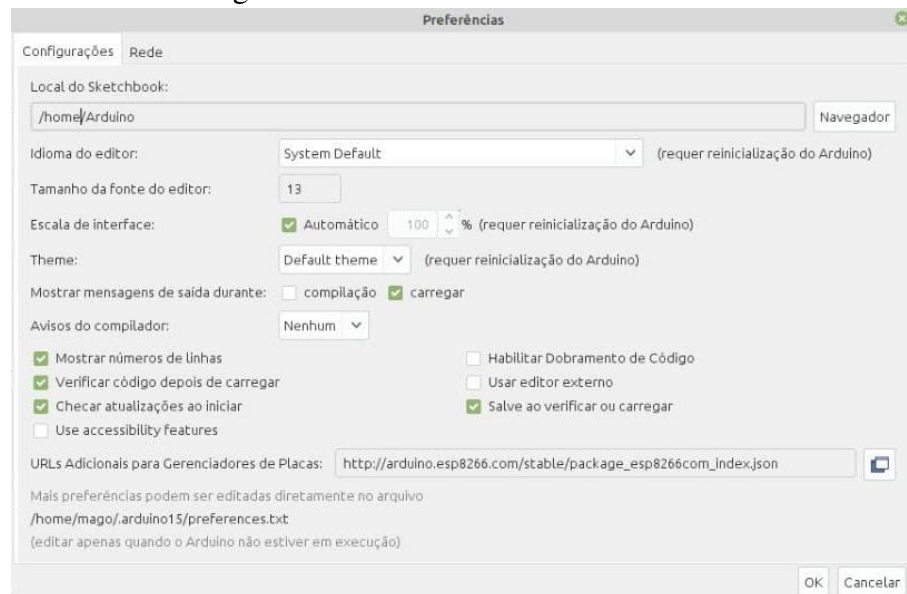
Figura 12 – Monitor Serial



Fonte: (PICORETI, 2017)

Para a utilização do microcontrolador Esp8266 na IDE do Arduino, Oliveira (2017) mostra que é possível programar e compilar qualquer NodeMCU ou qualquer módulo controlador ESP8266, pois as bibliotecas são compatíveis e permitem a utilização de vários componentes comumente usados pelo Arduino. Para preparar o ambiente para utilizar o ESP8266, realizam-se os seguintes comandos: Arquivo > Preferências > Configurações > URL Adicionais para Gerenciadores de Placas e adicionar a URL <http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json>. A janela "Preferências" é apresentada na Figura 13.

Figura 13 – Janela "Preferências" da IDE



Fonte: Autoria própria (2021)

4.3.3 BIBLIOTECAS E FUNÇÕES

Para a realização da programação do microcontrolador NodeMCU, necessita-se de incluir bibliotecas que servem tanto para comunicação com a internet como operações como tratamentos de dados de entradas/saídas. As bibliotecas utilizadas nesse trabalho são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Bibliotecas

Biblioteca	Descrição
ESP8266WiFi.h	Esta biblioteca fornece rotinas específicas de Wi-Fi ESP8266 que é utilizada para se conectar à rede.
ESP8266HTTPClient.h	Fornece os métodos para enviar solicitações HTTP.
Wire.h	Esta biblioteca permite a comunicação com dispositivos I2C / TWI.
SSD1306Wire.h	Utilizada para acessar o display LCD OLED.

Fonte: (TECHTUTORIALSX, 2016)

No Quadro 3 são apresentadas algumas funções - junto com suas respectivas descrições - presentes na IDE do Arduino, que foram utilizadas na programação do microcontrolador escolhido para a realização deste trabalho.

Quadro 3 – Funções Utilizadas

Funções	Descrição
attachInterrupt ()	Associa uma interrupção uma determinada rotina.
delay()	Pausa o programa pelo período de tempo especificado como parâmetro.
millis()	Retorna o número de milissegundos passados desde que a placa começou a executar o programa atual.
pinMode()	Configura o pino especificado para se comportar como entrada ou saída.
Serial.begin()	Inicia o Serial Monitor
Serial.print()	Imprime dados na porta serial como texto ASCII legível por humanos.
Serial.println()	Imprime dados na porta serial como texto ASCII legível seguido por um caractere de retorno (ASCII 13 ou 'r') e um caractere de nova linha (ASCII 10 ou 'n'). Este comando tem a mesma forma de Serial.print ()

Fonte: (ARDUINO, 2021)

4.3.4 PROTOCOLO HTTP

O protocolo HTTP foi utilizado para a integração do sistema embarcado com o sistema *web*. Esse protocolo oferece alguns métodos de trocas de informações, como por exemplo o *GET*, *POST*, *PUT* e entres outras.

No Quadro 4 são apresentados a descrição dos métodos mencionados. É necessário que haja uma padronização entre *hardware* e servidor *web*, assim, o servidor HTTP é preparado para receber os dados, através de palavras chaves. Uma vez que está recebido, o servidor interpreta e executa as informações (SCHMITZ *et al.*, 2017). Com intuito de padronizar esta integração foi

projetado um *endpoint* para comunicação entre o sistema embarcado e o sistema *web*, detalhado no Capítulo de Resultados.

Quadro 4 – Quadro de Métodos HTTP

Método	Descrição
<i>GET</i>	Requisita dados de um recurso específico.
<i>POST</i>	Submete diversos dados para serem processados por um recurso específico.
<i>PUT</i>	Adiciona (ou modifica) um recurso na URI (Identificador Uniforme de Recurso) passada.
<i>DELETE</i>	Exclui um recurso específico.
<i>HEAD, OPTIONS, TRACE</i>	Mesma requisição de um GET, mas retorna apenas cabeçalhos HTTP.

Fonte: Caelum (2017) *apud*. (WEILER; OTTEQUIR; BECKER, 2017)

A troca de informações entre sistema embarcado e sistema *web* realizada pelos métodos do protocolo HTTP utilizaram JSON, objeto do JavaScript bastante utilizado por aplicações Web (PADILHA *et al.*, 2020).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste Capítulo, são apresentados os resultados obtidos com o funcionamento do sistema embarcado desenvolvido. As telas de integração do sistema embarcado e o sistema *web* são apresentadas, como também o projeto de placa de circuito impresso e o *design* final do produto.

5.1 INTEGRAÇÃO COM O SISTEMA WEB

Nesta seção são apresentados os resultados da integração do sistema embarcado com o sistema *web*.

Um *endpoint* para padronizar a integração entre sistema embarcado e sistema *web* foi especificado. A requisição foi padronizada por meio de um método *PUT* com as entradas e saídas especificadas nos Quadros 5 e 6.

Quadro 5 – *Input*

Variáveis	Definição
sensor_id	Identificação do sensor.
consumo	Consumo em litros desde a última requisição válida.
tem_agua	Flag que avisa sobre o abastecimento.

Fonte: Autoria própria (2021)

Quadro 6 – *Output*

Código HTTP	Definição
HTTP Code 200	Envio de dados realizado com sucesso.
HTTP Code 400	Dados inválidos.

Fonte: Autoria própria (2021)

A comunicação entre o sistema embarcado e o sistema *web* é implementada por meio da biblioteca "ESP8266HTTPClient.h", a qual permite fazer o envio dos dados via ESP8266. Inicialmente é inserido a *login* e senha da rede *Wi-Fi* do usuário dentro da biblioteca supracitada. Após, isso é verificado se há conexão. Uma vez conectado, o código faz o tratamento dos dados oriundos do sensor e irá enviar para servidor. Esse envio é feito através do método "HTTPClient". Posteriormente, tem-se a definição do cabeçalho, "http.addHeader" que necessita da especificação do tipo de conteúdo, onde nesse trabalho é utilizado "application/json". A partir do método "PUT" do objeto HTTPClient os dados são efetivamente enviados para o sistema *web* por meio de objeto JSON. No Quadro 7 são apresentadas as requisições pelo sistema embarcado ao sistema *web*.

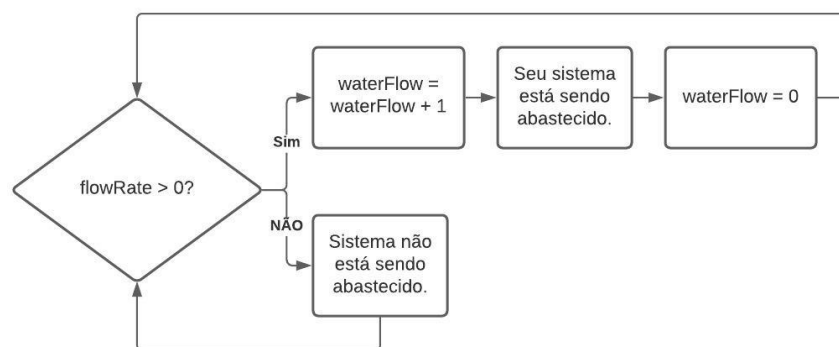
Quadro 7 – Sincronização JSON

Endereço	Realizando o envio
\sensor_id\	\6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df\
\consumo\	\+String(totalLitres)+\
\tem_agua\	\+String(waterFlow)+\

Fonte: Autoria própria (2021)

As etapas de comunicação com o servidor *web* acontecem conforme descrito a seguir: inicialmente, tem-se a identificação do sensor e sincronização, na qual cada sensor enviará sua identificação única, gerado de maneira aleatória por motivos de segurança. Caso essa sincronização seja feita, o código HTTP Code 200 é recebido. Posteriormente tem-se o envio da informação se está ou não havendo o abastecimento (variável "waterFlow"), feita através de um algoritmo condicional, conforme apresentado na Figura 14. Por fim, o consumo (variável "totalLitres"), calculado por meio da Fórmula 5.2, na qual o resultado é dado em L/min (litros/minutos).

Figura 14 – Passagem de água



Fonte: Autoria própria (2021)

Os envios das mensagens "seu setor está sendo abastecido" e "seu setor não está sendo abastecido" ficam associadas a variável "waterFlow", que, por sua vez, depende da variável "flowRate". Uma vez que o que o fluxo instantâneo está acima de 0, a "waterFlow" recebe 1, e imprime a mensagem "setor está sendo abastecido". Após isso a variável "waterFlow" retorna para 0. Caso "flowRate" seja menor ou igual a 0, a mensagem "setor não está sendo abastecido" é impressa.

O consumo, que representa a quantidade de água acumulada, é obtido pela Fórmula 5.2, com o incremento da variável "flowRate" na "totalLitres".

$$flowLitres = \frac{flowRate}{60} \quad (5.1)$$

$$totalLitres = +flowLitres \quad (5.2)$$

A mensagem (1) na Figura 15 apresenta o sucesso na comunicação *hardware-sistema web*, com a indicação do valor 200, que na requisição HTTP é considerada como bem sucedida. Essa mensagem é recebida do servidor apresentando a identificação do sensor conectado, bem como o acúmulo de água. A latitude e longitude apresentada nessa mensagem é um valor fictício, pois o projeto ainda não conta com um localizador GPS (Sistema de Posicionamento Global). Ainda na imagem é possível observar os avisos sobre o abastecimento, o "fluxo instantâneo" e o "fluxo acumulado" (2). O fluxo instantâneo permite saber a vazão no momento. O fluxo acumulado é um dado que é utilizado pelo servidor *web*, na perspectiva de apresentar ao consumidor, de acordo com cada data de abastecimento, a quantidade de água que foi enviada por aquele sensor de fluxo.

Figura 15 – Mensagens de Sincronização e impressão do código

```

/dev/ttyUSB0
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"0.00","longitude":-38.2041409,"latitude":
Seu reservatório não está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 0.00L/min Acumulado : 0.00L
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"0.00","longitude":-38.2041409,"latitude":
Seu reservatório não está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 0.00L/min Acumulado : 0.00L 1
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"0.00","longitude":-38.2041409,"latitude":
Seu reservatório não está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 0.00L/min Acumulado : 0.00L 2
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"0.00","longitude":-38.2041409,"latitude":
Seu reservatório está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 0.10L/min Acumulado : 0.00L
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"0.00","longitude":-38.2041409,"latitude":
Seu reservatório está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 9.17L/min Acumulado : 0.15L
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"0.15","longitude":-38.2041409,"latitude":
Seu reservatório está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 19.43L/min Acumulado : 0.48L
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"0.48","longitude":-38.2041409,"latitude":
Seu reservatório está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 9.03L/min Acumulado : 0.63L
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"0.63","longitude":-38.2041409,"latitude":
Seu reservatório está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 11.02L/min Acumulado : 0.81L
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"0.81","longitude":-38.2041409,"latitude":
Seu reservatório está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 13.98L/min Acumulado : 1.05L
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"1.05","longitude":-38.2041409,"latitude":
Seu reservatório está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 6.11L/min Acumulado : 1.15L
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"1.15","longitude":-38.2041409,"latitude":
Seu reservatório está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 10.51L/min Acumulado : 1.32L
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"1.32","longitude":-38.2041409,"latitude":
Seu reservatório está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 15.12L/min Acumulado : 1.57L

```

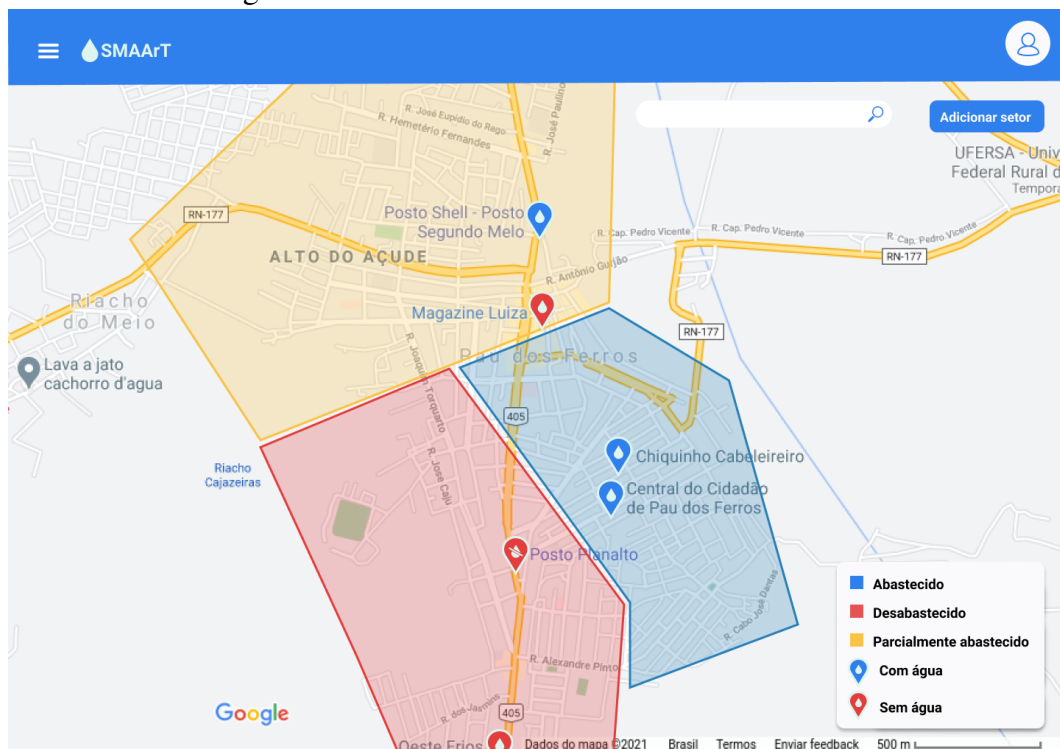
Fonte: Autoria própria (2021)

5.1.1 RESULTADOS DA INTEGRAÇÃO - TELAS DO SISTEMA WEB

Com o intuito de apresentar o resultado da integração do sistema embarcado com o sistema *web*, são apresentadas algumas telas do sistema *web* desenvolvido no trabalho de Costa

(2021). Desta forma é possível uma visão geral da solução desenvolvida. Na Figura 16 pode ser visto o mapa da cidade de Pau dos Ferros dividido em setores. As cores dos setores fornecem três informações: se o setor está sendo abastecido (cor azul), se não está em abastecimento (cor vermelha) e se está parcialmente abastecido (cor amarela) (COSTA, 2021). Dentro dos setores podem ser vistos os sistemas embarcados (sensores) em funcionamento dentro do setor, representados pelo *pin* (símbolo) de localização geográfica. Caso o sistema embarcado esteja recebendo água ficará na cor azul, caso contrário é apresentado na cor vermelha (COSTA, 2021). É válido ressaltar que os demais dados apresentados na figura estão relacionados ao desenvolvimento do sistema *web* desenvolvido em (COSTA, 2021).

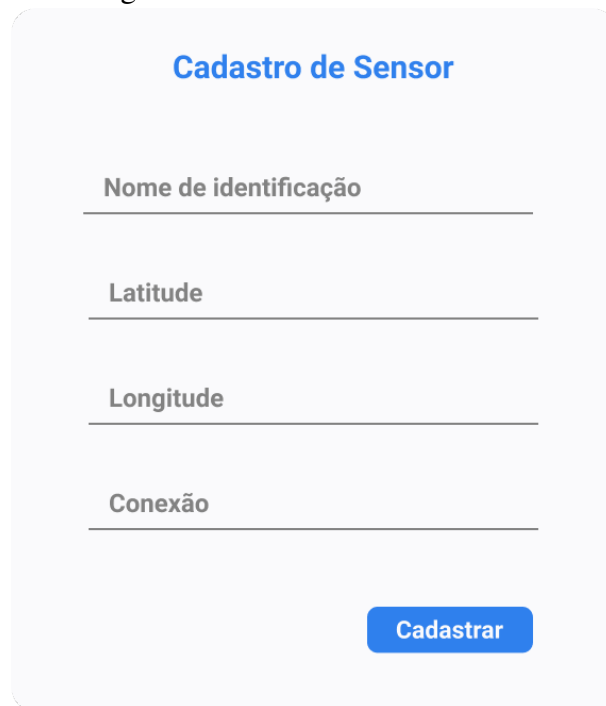
Figura 16 – Divisão setorial de Pau dos Ferros/RN



Fonte: (COSTA, 2021)

Cada setor pode conter mais de um sistema embarcado (sensor) associado. Desta forma, o sistema embarcado é cadastrado no sistema *web* associado ao setor em que a residência na qual será instalado se localiza. Na Figura 17 são apresentadas as informações necessárias para cadastro do sistema embarcado.

Figura 17 – Cadastros de Sensores



Cadastro de Sensor

Nome de identificação

Latitude

Longitude

Conexão

Cadastrar

Fonte: (COSTA, 2021)

Após cadastro dos sensores no sistema, é possível acessar algumas informações como, por exemplo, o ID dos sensores, cidade em que o sensores estão instalados, *status* atual. Possibilita-se, também, fazer uma seleção de sensores e analisar separadamente cada sensor. Essas informações estão apresentadas na Figura 18. As funcionalidades de cadastro e gerenciamento de sensores (Figuras 17 e 18) auxilia no monitoramento dos sensores, e permite, caso aconteça problemas no sistema embarcado (ausência de conectividade ou algum dano físico), saber a localização e efetuar o reparo ou troca daquele equipamento.

Figura 18 – Gerenciamento de Setores



Interface de Gerenciamento de Setores (SMAArT) com uma barra de navegação azul no topo contendo um ícone de menu, o logotipo SMAArT e um ícone de perfil de usuário. O título principal é "Gerenciamento de Setores".

Na interface, há um botão "Adicionar setor" à esquerda e uma barra de busca "Buscar por cidade" com um botão "Pesquisar" à direita. Abaixo, há uma tabela com as seguintes colunas: ID, Setor, Cidade, Status e N° de Sensores.

ID	Setor	Cidade	Status	N° de Sensores
1	Setor #1	Pau dos Ferros	Abastecendo	1

Abaixo da tabela, há um botão "Adicionar sensor" e uma barra de busca "Buscar por cidade" com um botão "Pesquisar".

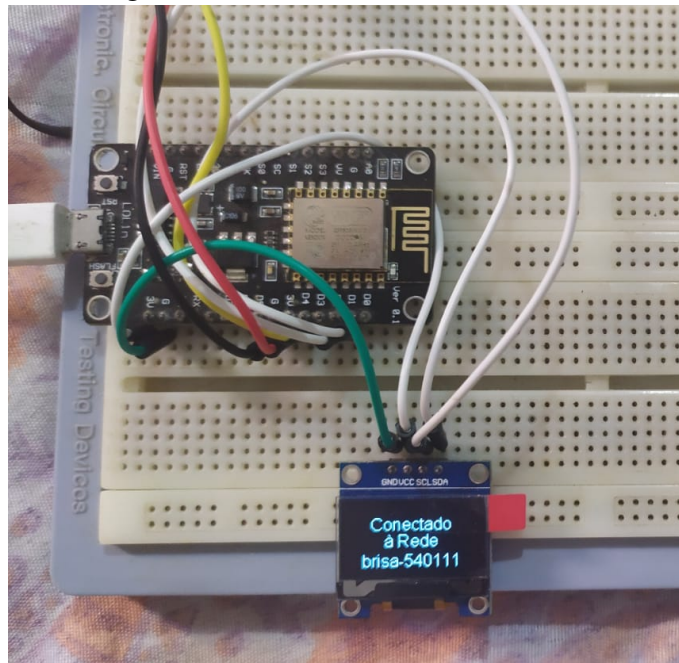
Fonte: (COSTA, 2021)

5.2 PROTÓTIPO E DESIGN DO SISTEMA EMBARCADO

Conforme apresentado no Capítulo de Materiais e Métodos, a construção do sistema embarcado foi inicialmente prototipado e após o protótipo funcionar de maneira efetiva, foi projeto o design do produto final. O funcionamento do protótipo e o resultado do design final são apresentados nesta seção.

Na Figura 19 é apresentado a etapa inicial de funcionamento do protótipo, na qual destaca-se a apresentação da mensagem de confirmação de conectividade com a rede do usuário.

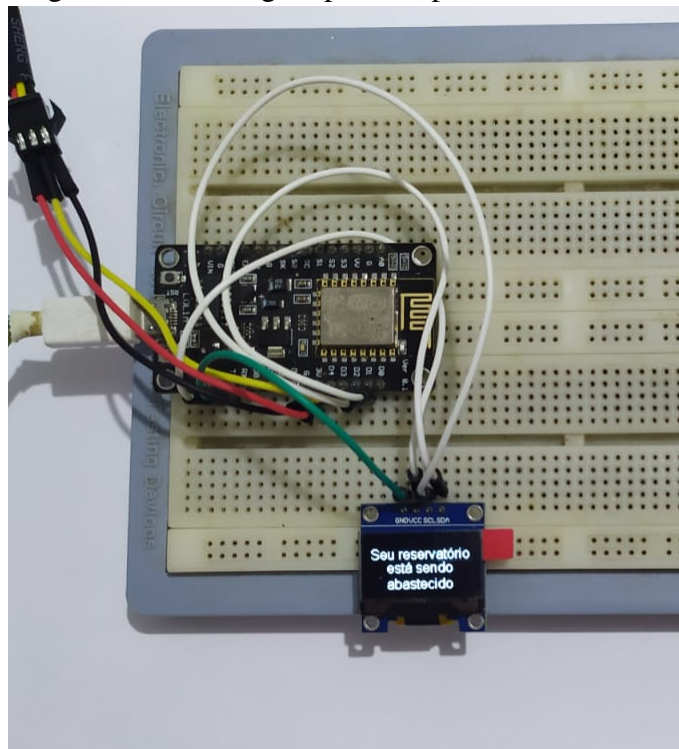
Figura 19 – Circuito Conectado à Rede



Fonte: Autoria própria (2021)

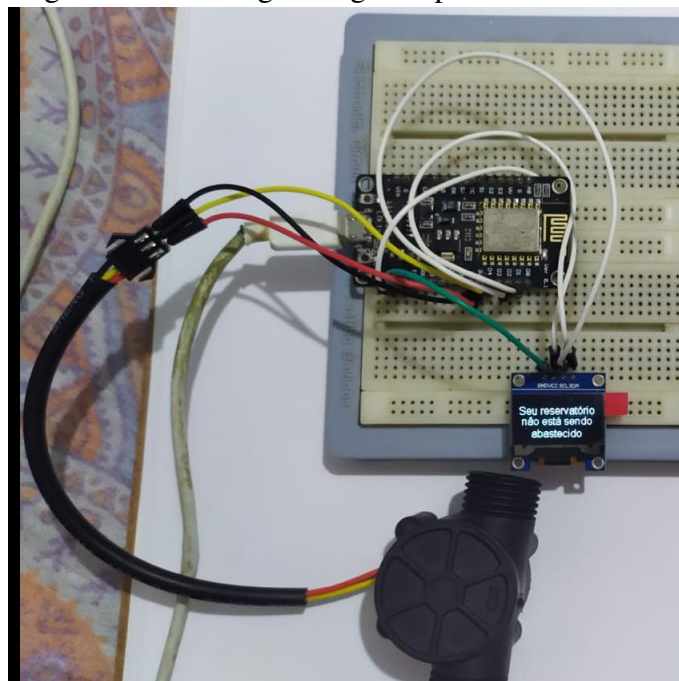
Nas figuras 20 e 21 é possível visualizar as mensagens apresentadas no sistema embarcado quando está ou não havendo abastecimento na caixa d'água do usuário.

Figura 20 – Mensagem positiva para abastecimento



Fonte: Autoria própria (2021)

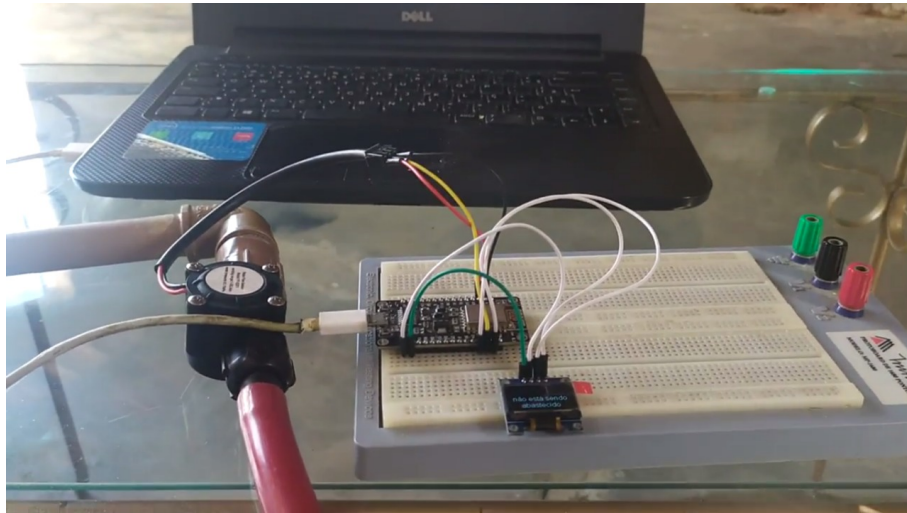
Figura 21 – Mensagem negativa para abastecimento



Fonte: Autoria própria (2021)

Como apresentado na Figura 22, tem-se o sistema instalado e em funcionamento.

Figura 22 – Sistema Instalado

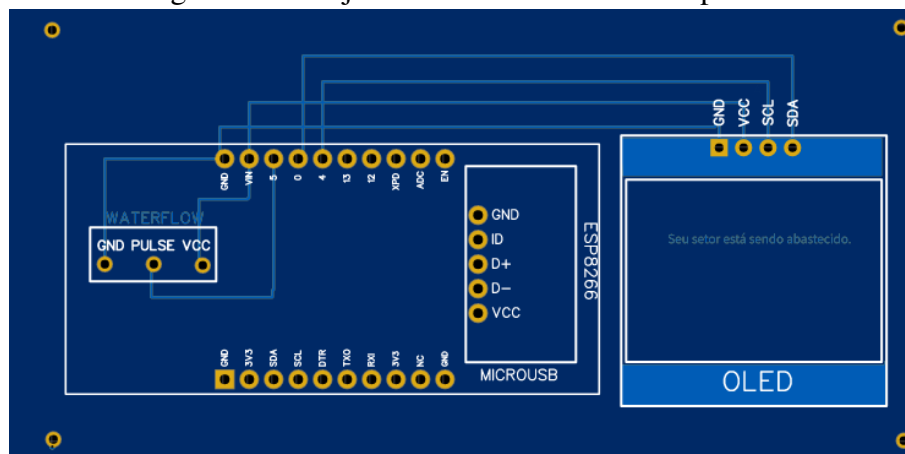


Fonte: Autoria própria (2021)

Para realizar os últimos passos da construção do projeto, apontam-se dois elementos fundamentais da materialização do protótipo: a realização da placa de circuitos impresso e o projeto de *design* no *case*.

Desta forma, a Figura 23 apresenta o projeto da placa de circuito impresso projetada. Foi aproveitado que o ESP8266 já tem uma PCB padrão, a partir disso foram adicionadas conexões de GND, 3V e GPIO's para o sensor de fluxo e para o display LCD.

Figura 23 – Projeto da Placa de Circuito Impresso

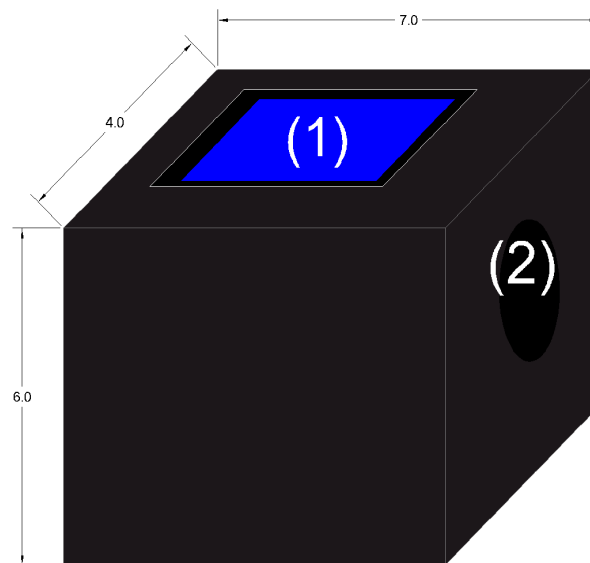


Fonte: Autoria própria (2021)

No tocante ao design no protótipo, foi utilizado a ferramenta AutoCAD. Assim, conforme pode ser visto na Figura 24, projetou-se uma caixa na qual está acoplado o visor LCD (1) na parte superior. À frente, destaca-se o sensor de fluxo (2) que fica na parte interna da *case*. A *case* é responsável por promover proteção aos componentes internos. As dimensões apresentadas na

Figura 24 estão em centímetros (cm), que permite afirmar que o protótipo é bastante compacto.

Figura 24 – Design do Protótipo



Fonte: Autoria própria (2021)

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho foi desenvolvido dentro do contexto de crises hídricas, em que o rodízio de abastecimento é implantando. A utilização de sistemas embarcados, juntamente com o conceito de IoT, foi apontada como uma forma de auxiliar nesta problemática, sobretudo em regiões em que não há um canal de comunicação oficial com a população. Dessa forma, neste trabalho foi desenvolvido um sistema embarcado como parte de uma solução para informar, de maneira confiável, sobre o abastecimento de água para a população da cidade de Pau dos Ferros.

O sistema embarcado desenvolvido pode ser acoplado na caixa d'água dos usuários de maneira a conectá-la à internet. Assim o sistema informa, além do abastecimento, a quantidade de água consumida pelo usuário, ajudando no planejamento em período de racionamento de água. O protótipo não limita o uso somente em período de rodízio e pode ser usado como ferramenta de auxílio para a distribuição de água, ajudando a identificar possíveis pontos de perdas no sistema de distribuição de água.

O sistema embarcado junto com o sistema *web*, fornecem para a região um sistema eficiente, seguro e de fácil manutenção com suto acessível. Destaca-se também a criação da PCB e do *design* no protótipo. Devido ao período de pandemia não foi possível a materialização desses projetos, como impressão 3D do case e a construção da placa de circuito impresso, bem como os testes em campo.

Na realização testes foi notado que o ar influencia na medição da quantidade acumulada, fazendo com que o sistema contabilize ar junto com água. Assim, destaca-se como trabalhos futuros a implementação de um sistema que corrija essa interferência. Além disso, apresenta-se implantação de um módulo GPS, para tornar a localização do sensores mais confiável e, também, implementar um método de configuração para aquisição das credenciais da rede de internet do usuário. Para a utilização de várias sensores necessita-se realizar a histerese dos sensores, bem como modificar algumas funções que foram utilizadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, C. G. F. Diagnóstico do sistema de abastecimento de água pela percepção do usuário na cidade de pau dos ferros/rn. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2018.
- ARDUINO. 2021. Disponível em: <<https://www.arduino.cc>>.
- BERTOLINI, C.; PARREIRA, F. J.; CUNHA, G. B. d.; MACEDO, R. T. Linguagem de programação i. Brasil, 2019.
- BEZERRA, M. B. A crise hídrica como reflexo da seca: o nordeste setentrional em alerta. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 623–632, 2016.
- BRASIL, G. F. *et al.* Automação e monitoramento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para utilidades não potáveis. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2018.
- CAJAZEIRAS, C. C. d. A. *et al.* **Análise da vulnerabilidade e risco à escassez hídrica no semiárido-caso de estudo Ibaretama/CE**. Tese (Doutorado), 2020.
- CARLI, L. N.; CONTO, S. M. D.; BEAL, L. L.; PESSIN, N. Racionalização do Uso da Água em uma Instituição de Ensino Superior – Estudo de Caso da Universidade de Caxias do Sul. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 2, n. 1, 2013. ISSN 2316-9834.
- CARVALHO, A. Projeto de irrigação com o uso de tecnologia no cef 04 de sobradinho. **Revista Com Censo: Estudos Educacionais do Distrito Federal**, v. 8, n. 1, p. 92–100, 2021. ISSN 2359-2494. Disponível em: <<http://www.periodicos.se.df.gov.br/index.php/comcenso/article/view/888>>.
- CARVALHO, C. C. A.; ALVES, L. d. S. F.; JUNIOR, A. M. d. S.; JUNIOR, F. d. O. de L. Produção urbana no semiárido brasileiro: um estudo sobre pau dos ferros, rn, brasil. **Interações (Campo Grande)**, SciELO Brasil, v. 20, n. 3, p. 845–860, 2019.
- CASTRO, G. de. 2020. Disponível em: <<https://www.robocore.net/tutoriais/usando-sensor-fluxo-de-agua>>.
- CAVALCANTE, M. D. A. **Uma análise sobre a engenharia de requisitos em sistemas embarcados**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, 2017.
- COSTA, R. L. S. d. Um sistema de monitoramento do abastecimento de Água territorial. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2021.
- FAGUNDES, O.; OLIVEIRA, L.; YAMASHITA, O.; SILVA, I.; CARVALHO, M.; RODRIGUES, D. A crise hídrica e suas implicações no agronegócio brasileiro: Uma revisão bibliográfica the water crisis and its implications in brazilian agribusiness: A bibliographic. 2020.
- FILTISOFF, R. B.; MARTINS, D. M. S. Sistema de monitoramento e controle do consumo de água residencial. **Caderno de Estudos em Sistemas de Informação**, v. 5, n. 2, 2019.
- GALDINO, S. M.; SOUSA, R. M. R. de; COSTA, S. M. G.; FERREIRA, J. P. C. Estudo prospectivo de tecnologias potenciais para a solução da crise hídrica no brasil. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, p. 198, 2018.

JÚNIOR, I. R. da S.; ALVES, L. d. S. F.; FILHO, J. L. de O. P. Água como um bem social público: os processos de privatização face ao abastecimento público em pau dos ferros-rn. **Geosul**, v. 33, n. 68, p. 58–82, 2018.

Kadar, H. H.; Rafee, P. A. A.; Sameon, S. S. Internet of things (iot) and water crisis. In: **2018 4th International Conference on Computer and Information Sciences (ICCOINS)**. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–6.

KODALI, R. K.; MAHESH, K. S. Low cost ambient monitoring using esp8266. In: **2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)**. [S.l.: s.n.], 2016. p. 779–782.

MARWEDEL, P. **Embedded System Design: Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems, and the Internet of Things**. Springer International Publishing, 2021. (Embedded Systems). ISBN 9783030609108. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=qCoXEAAAQBAJ>>.

MOREIRA, A. F. e Isa Natália Magalhães e Marília Souza e Ademar Costa Junior e C. Sistema de aquisição de sinais ecg processado pelo labview com comunicação wi-fi por meio do módulo esp8266. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 1, n. 34, p. 62–68, 2017. ISSN 2447-9187. Disponível em: <<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/1337>>.

OLIVEIRA, K. J. d. Sistema automático de aproveitamento de águas das chuvas para uso doméstico e irrigação. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2019.

OLIVEIRA, S. de. **Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry PI**. [S.l.]: Novatec Editora, 2017.

PADILHA, R. J. *et al.* Um processo para casamento de esquemas de documentos json baseado na estrutura e nas instâncias. Universidade Federal de Santa Maria, 2020.

PAVÃO, B. B. M. As águas e suas correntezas: regulação e crises hídricas no brasil. 2020.

PICORETI, R. 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/comunicacao-serial-arduino/>>.

PONT, I. A. D. Sistemas embarcados. 2020.

RIBEIRO, T. B.; JÚNIOR, S. C. P. Tomada inteligente, reativa à sensores, com utilização da esp8266 para iot. 2020.

SANCHES, D. **Processo De NacionalizaÇão**. [s.n.], 2010. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=ut5xDwAAQBAJ>>.

SANTOS, B. P.; SILVA, L. A.; CELES, C.; BORGES, J. B.; NETO, B. S. P.; VIEIRA, M. A. M.; VIEIRA, L. F. M.; GOUSSEVSKAIA, O. N.; LOUREIRO, A. Internet das coisas: da teoria à prática. **Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, v. 31, 2016.

SANTOS, F. A.; CAMPOS, G. L.; OLIVEIRA, P. S. de. Modelagem e representação de vehicular functions. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 6, n. 1, p. 54–63, 2021.

SCHMITZ, M. A. *et al.* Comunicação bidirecional para plataforma embarcada do protegemed. Universidade de Passo Fundo, 2017.

SHAFI, U.; MUMTAZ, R.; ANWAR, H.; QAMAR, A. M.; KHURSHID, H. Surface water pollution detection using internet of things. In: **2018 15th International Conference on Smart Cities: Improving Quality of Life Using ICT IoT (HONET-ICT)**. [S.l.: s.n.], 2018. p. 92–96.

SHARON, Y.; KHACHATRYAN, B.; CHESKIS, D. Towards a low current hall effect sensor. **Sensors and Actuators A: Physical**, Elsevier, v. 279, p. 278–283, 2018.

SILVA, M. M. N. D.; LIMA, D. D. F.; ALVES, C. C. A crise hídrica no estado do rio grande do norte. 2016.

SOLER, J. S.; BERGÉS, S. S.; MARZO, J. **Proceso de diseño y fabricación de una placa de circuito impreso (PCB)**. 2020.

Srivastava, P.; Bajaj, M.; Rana, A. S. Iot based controlling of hybrid energy system using esp8266. In: **2018 IEEMA Engineer Infinite Conference (eTechNxT)**. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–5.

TARGA, M. d. S.; BATISTA, G. T. Benefits and legacy of the water crisis in Brazil. **Revista Ambiente Água**, scielo, v. 10, p. 234 – 239, 06 2015. ISSN 1980-993X. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2015000200234&nrm=iso>.

TECHTUTORIALSX. 2016. Disponível em: <<https://techtutorialsx.com/2016/07/17/esp8266-http-get-requests/>>.

THOMSEN, A. 2016. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/esp8266-nodemcu-como-programar/>>.

WEILER, D.; OTTEQUIR, D.; BECKER, F. W. Protótipo para controle de nível e vazão de água utilizando conceito de internet das coisas em reservatórios hídricos de condomínios. Faculdade Senac Blumenau, 2017.