



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

CAMPUS AVANÇADO DE NATAL

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

GUSTAVO ALEXANDRE BARBALHO NUNES

**AQUAVIEW: SISTEMA DE MONITORAMENTO DE NÍVEL DE RESERVATÓRIOS
DE ÁGUA**

NATAL

2022

GUSTAVO ALEXANDRE BARBALHO NUNES

**AQUAVIEW: SISTEMA DE MONITORAMENTO DE NÍVEL DE RESERVATÓRIOS
DE ÁGUA**

Monografia apresentada à Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN – como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Denis Mendonça de Oliveira

NATAL

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. 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. 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.

Catálogo da Publicação na Fonte.
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

B228a Barbalho Nunes, Gustavo Alexandre
AQUAVIEW: SISTEMA DE MONITORAMENTO DE
NÍVEL DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA. / Gustavo
Alexandre Barbalho Nunes. - Natal - RN, 2022.
60p.

Orientador(a): Prof. Dr. Felipe Denis Mendonça de
Oliveira.

Monografia (Graduação em Ciência da Computação).
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

1. Ciência da Computação. 2. semiárido. 3.
abastecimento de água. 4. ESP32. 5. AQUAVIEW. I.
Mendonça de Oliveira, Felipe Denis. II. Universidade do
Estado do Rio Grande do Norte. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pela Diretoria de Informatização (DINF), sob orientação dos bibliotecários do SIB-UERN, para ser adaptado às necessidades da comunidade acadêmica UERN.

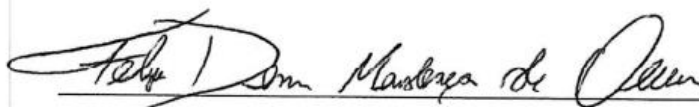
GUSTAVO ALEXANDRE BARBALHO NUNES

**AQUAVIEW: SISTEMA DE MONITORAMENTO DE NÍVEL DE RESERVATÓRIOS
DE ÁGUA**

Monografia apresentada à Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN - como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

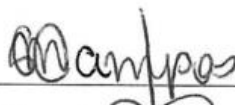
Aprovado em: 21/12/2022.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Felipe Denis Mendonça de Oliveira – (Orientador)

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN



Prof.^a. Ma. Gláucia Melissa Medeiros Campos

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN



Prof. Me. André Gustavo Pereira da Silva

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

À minha família, que sempre acreditou e me incentivou nos estudos. A todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta monografia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, ou quem quer que seja responsável por tudo isto, que permitiu que todas as conquistas em minha vida se concretizassem. Agradeço à Universidade, que me deu o conhecimento necessário para concluir este trabalho. Agradeço ao meu professor, Felipe Denis, por todo o auxílio e orientação. Agradeço especialmente à minha família, que sempre me apoia e incentiva a continuar estudando sempre, e principalmente ao meu pai e à minha mãe. Agradeço aos meus amigos, que no decorrer desta minha jornada, sempre incentivaram e sempre estavam presentes quando precisei, amigos que dividiram moradia comigo, enquanto estávamos no curso, Allison, Hugo, Matheus, Osvaldo, outros amigos que quase sempre estavam presentes em nossa casa: Márcio, Lauro, Magnum. Mercinho e Jaime, os quais eu já conhecia desde antes de iniciar o curso e nos encontramos na faculdade novamente, amigos que também compartilharam a morada comigo em outros períodos durante o curso: Mercinho (de novo), Douglas, Robson, Fernando, Wellison, Waquinho e Nathanael. Meus amigos de mais de década que sempre estiveram presentes em diversos momentos da minha vida: Auri, Anthunes, Ely, Felipe, Genaro, John Heyder, João Paulo, Thallys, Marquinhos, Pedrinho, Saullo, Inácio e tantos outros companheiros que se fazem presentes, não necessariamente fisicamente, mas continuam a comunicarem-se sempre, como um vínculo inquebrável criado ao longo dos anos. Agradeço a todos que fizeram parte direta ou indiretamente deste trabalho.

“Dor e sofrimento são sempre inevitáveis para uma grande inteligência e um coração profundo. Os homens realmente grandes devem, eu acho, ter uma grande tristeza na terra.”
(DOSTOIÉVSKI, 1866)

RESUMO

A região do semiárido do Estado do Rio Grande do Norte apresenta chuvas escassas e mal distribuídas que levam à seca. Quando a seca é prolongada, ocorrem problemas de abastecimento de água, tanto na Zona Rural quanto na Zona Urbana desta região. Para mitigar o problema, os moradores da região recorrem a proprietários de caminhões pipa que prestam serviços de forma autônoma para abastecer os reservatórios residenciais da população, para evitar a falta recorrente de água. Neste trabalho foi desenvolvido o AquaView, uma solução que verifica o volume de água disponível no reservatório do usuário. Esse sistema exibe dados referentes ao consumo diário, semanal, mensal e anual, informando a quantidade de entrada e saída de água de seu reservatório possibilitando, assim, um consumo de água mais responsável. Além disso, essa solução mostra ao proprietário da residência a situação do volume de água de seu reservatório, possibilitando que ele busque abastecê-lo antes do reservatório secar completamente. Isto será possível com a instalação de um sensor ultrassônico conectado a um microcontrolador, que por sua vez enviará os dados para um servidor que ficará acessível para o usuário através da aplicação para smartphone Aquaview.

Palavras-chave: Seca; Semiárido; Abastecimento de água; ESP32; AquaView.

ABSTRACT

The semi-arid region of the State of Rio Grande do Norte has scarce and poorly distributed rainfall that leads to drought. When the drought is prolonged, water supply problems occur, both in the rural and urban areas of this region. To mitigate the problem, residents of the region resort to owners of water trucks that provide services autonomously to supply the population's residential reservoirs. In this work, AquaView was developed: a solution that checks the volume of water available in the user's reservoir and displays data referring to daily, weekly, monthly and annual consumption, informing the amount of water entering and leaving the reservoir, thus enabling more responsible water consumption. In addition, this solution shows the owner of the residence the status of the volume of water in his reservoir, allowing him to seek to supply it before the reservoir dries up completely. This will be possible with the installation of an ultrasonic sensor connected to a microcontroller which in turn will send the data to a server where it will be accessible to the user through the Aquaview application on the smartphone.

Keywords: Drought; Semi-arid; Water supply; ESP32; Aquaview.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dicionário de dados da tabela Reservatório	32
Tabela 2 – Dicionário de dados da tabela Morador.....	32
Tabela 3 – Dicionário de dados da tabela Coletas.....	33

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Açude Gargalheiras	14
Figura 2 – Especificações técnicas do ESP 32	18
Figura 3 – ESP 32	18
Figura 4 – Pinagem e alguns detalhes do ESP32.....	19
Figura 5 –Sensor ultrassônico HC-SR04.....	20
Figura 6 – Visão geral do Aquaview.....	22
Figura 7 – Visão geral da operação do sensor ultrassônico HC SR04	24
Figura 8 – Experimento indoor visto do topo.....	25
Figura 9 – Interação dos componentes do sistema.....	27
Figura 10 - Hardware do projeto em teste outdoor.....	28
Figura 11 – Interação dos componentes do sistema.....	28
Figura 12 – Diagrama de caso de uso.....	29
Figura 13 - Tabelas do banco de dados.....	29
Figura 14 – Fluxograma do Aquaview	31
Figura 15 – Tela de login	35
Figura 16 – Mensagem de erro de usuário não cadastrado	36
Figura 17 – Mensagem de erro de senha incorreta	37
Figura 18 – Tela home	38
Figura 19 – Gráfico de consumo diário de água	39
Figura 20 – Entrada de consumo semanal de água	41
Figura 21 – Entrada e consumo mensal de água	42
Figura 22 – Entrada e consumo anual de água	43
Figura 23 – Consumo do experimento outdoor	44
Figura 24 – Home do experimento outdoor	45
Figura 25 – Consumo semanal outdoor	46
Figura 26 – Notificação de volume crítico de água	47
Figura 27 – Consumo contínuo de água	48
Figura 28 – Gráfico de entrada de água sem abastecimento	49
Figura 29 – Informações do usuário	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	12
1.2	MOTIVAÇÃO.....	12
1.3	OBJETIVO GERAL.....	12
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
2	TRABALHOS RELACIONADOS.....	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3.1	INTERNET DAS COISAS.....	19
3.2	ESP32.....	20
3.3	SENSOR ULTRASSÔNICO HR-SC04.....	22
3.4	PLATAFORMA ANDROID.....	24
4	AQUAVIEW: HARDWARE.....	24
4.1	VISÃO GERAL.....	24
4.2	MICROCONTROLADOR INTEGRADO.....	25
4.3	SENSOR ULTRASSÔNICO.....	25
4.4	TESTE INDOOR.....	27
4.5	TESTE OUTDOOR.....	28
5	AQUAVIEW: SOFTWARE.....	31
5.1	VISÃO GERAL	31
5.2	Diagrama de caso de uso.....	32
5.3	Recipiente.....	32
5.4	Servidor.....	33
5.4.1	Login do usuário.....	35
5.4.2	Coleta de dados.....	35
5.5	APLICATIVO.....	37
5.5.1	Tela de login.....	39
5.4.2	Tela inicial	42
5.4.3	Gráficos do aplicativo	43
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial e indispensável para a vida e para o desenvolvimento das mais diversas atividades humanas. A água é fundamental desde atividades cotidianas, como dessedentação humana e animal, tomar banho, lavar objetos. Não só isso, mas também para o desenvolvimento econômico de um país, pois com ela é possível gerar energia, produzir alimentos e produtos de consumo, entre outras atividades. A falta deste recurso gera grandes problemas para o bom funcionamento da vida como um todo, entre eles: desidratação humana e de animais, falta de higiene e secas (ANA, 2017).

Com o crescimento populacional e a expansão das cidades ao longo do tempo, associado ao mau uso da água e conseqüente poluição dos mananciais, deu-se início a uma crise hídrica (FERNANDES et al, 2016). Esta crise se agrava ao passo que as mudanças e fenômenos climáticos, que alteram o regime de distribuição das chuvas, se tornam cada vez mais presentes (HAGEMANN, 2009). O aumento no número de consumidores, aliado com a escassez hídrica e a queda da qualidade das águas, compromete o abastecimento público de água potável (COELHO et al, 2018). Nos próximos anos a situação tende a ficar mais crítica, pois a disponibilidade hídrica não será suficiente para o atendimento das demandas previstas com o aumento da população e, conseqüentemente, do consumo (GAVIOLLI, 2013).

Segundo Oliveira (2014), o Brasil registra elevado desperdício de água, entre 20% e 60% da água tratada para consumo se perde na distribuição, dependendo das condições de conservação das redes de abastecimento. Além dessas perdas de água no caminho entre a estação de tratamento e o consumidor, o desperdício também é alto nas residências, desde o tempo necessário para tomar banho até o tempo e a quantidade de água utilizada na descarga do vaso sanitário, que consome muita água, a lavagem de louça com água corrente, uso de mangueira como vassoura na limpeza de calçadas, etc (OLIVEIRA et al, 2014).

Especificamente na região Nordeste, a seca é um fenômeno meteorológico que vem sendo registrada desde o século 16 e debatida desde o século 19. Segundo essas observações tal evento acontece com grande intensidade e frequência gerando impactos negativos sobre a população e seus meios de vida IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada).

O semiárido brasileiro é uma vasta região com quase 1 milhão de quilômetros quadrados. O clima é quente e seco, com índices de precipitação situados entre 400mm e 800mm anuais concentrados em curtos períodos. Nessa região, secas periódicas costumam estrangular a oferta de água, reduzir a produção agrícola e provocar escassez de alimentos (SILVA *et al.*, 2020).

Durante as crises hídricas causadas pela seca, moradores das zonas urbana e rural do semiárido do Estado do Rio Grande do Norte recorrem ao serviço autônomo de motoristas de caminhões pipa para o abastecimento de água nos reservatórios de suas residências (GONDIM *et al.*, 2017).

Tendo em vista a água como um recurso essencial à vida, os reservatórios desempenham a função de armazenamento, com diversas finalidades, sendo destinados a usos múltiplos, dentre eles o abastecimento público, irrigação, controle de enchentes, geração de energia, dentre outros. É preciso que esses reservatórios mantenham um volume útil e que haja um monitoramento constante desses valores para que, atendam às demandas necessárias e apresentem um gerenciamento e tomada decisão sobre a utilização dos recursos hídricos (SOUZA, 2017).

1.1 Definição do problema

A cidade de Acari – RN sofre com crises hídricas desde muitos anos. Por esse motivo, além de ser a cidade de origem do autor, Acari é utilizada neste trabalho como cenário exemplo.

Sempre que há uma crise hídrica na cidade de Acari - RN, os moradores necessitam abastecer suas residências de uma forma alternativa, pois a disponibilidade da água para consumo fica limitada em razão do racionamento, que compreende um intervalo bem maior entre cada abastecimento dos reservatórios residenciais. Para evitar a falta de água, é preciso constantemente monitorar o nível hídrico dos reservatórios. Atualmente, esse monitoramento é feito manualmente. O usuário faz uma inspeção visual do nível de água reservatório e, de maneira empírica, decide o melhor momento de solicitar serviços privados de abastecimento de água, quer sejam carros-pipa ou similares, que busquem água em outra fonte distinta da utilizada pelo órgão ou empresa pública/privada responsável pelo abastecimento hídrico da cidade. Isso pode induzir a erros de observação, fazendo com que o reservatório seque antes do tempo de chegada do carro pipa, por exemplo. Para solucionar esse problema, uma das soluções possíveis para este problema é a implementação de uma aplicação baseada em IoT (Internet das Coisas - *Internet of Things*) que automatize esse processo de monitoramento, tornando o processo mais confiável.

1.2 Motivação

Esta seção descreve a motivação que fez o autor do presente trabalho desenvolver este projeto.

A seca é um problema da região do semiárido do Rio Grande do Norte que se conhece há séculos, ainda assim, várias estratégias são tomadas até os dias de hoje para abrandar o problema. As prefeituras sem planos de contingência e sem receita não conseguem gerir grandes crises de abastecimento. Recorrendo à ajuda federal que aciona sua logística de emergência, utilizando carros pipas como medida de resposta à seca (SOUZA, 2016).

Apesar das chuvas dos últimos anos terem sido consideradas dentro da média “normal” em várias regiões, o Rio Grande do Norte ainda sente os efeitos da seca que se prolongou por mais de 7 anos.

Este tema publicado pela Tribuna do Norte diz:

O Rio Grande do Norte (RN) está há 2160 dias consecutivos sob "Situação de emergência por seca", um período correspondente a 12 semestres, e o Poder Executivo Estadual anunciou que irá reeditar o decreto pela 13ª vez seguida, por mais 180 dias, completando 2340 dias. Apesar das chuvas em 2018 e 2019 terem sido consideradas dentro da média “normal” em diversas regiões, o Estado ainda sente os efeitos da seca que se estendeu por mais de sete anos. A disponibilidade hídrica atual é de 28,35% (exatos 1.248.508.207 de metros cúbicos) da capacidade total de 4,4 bilhões de m³. (SILVA, 2019, p.23).

Um levantamento feito pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), baseado nos dados do Monitor das Secas, apontou que 80 municípios do RN se encontram em situação de seca fraca ou moderada ao final do período chuvoso. Comparando com o mesmo período de 2020, houve uma piora nas condições de seca no estado (G1, 2021).

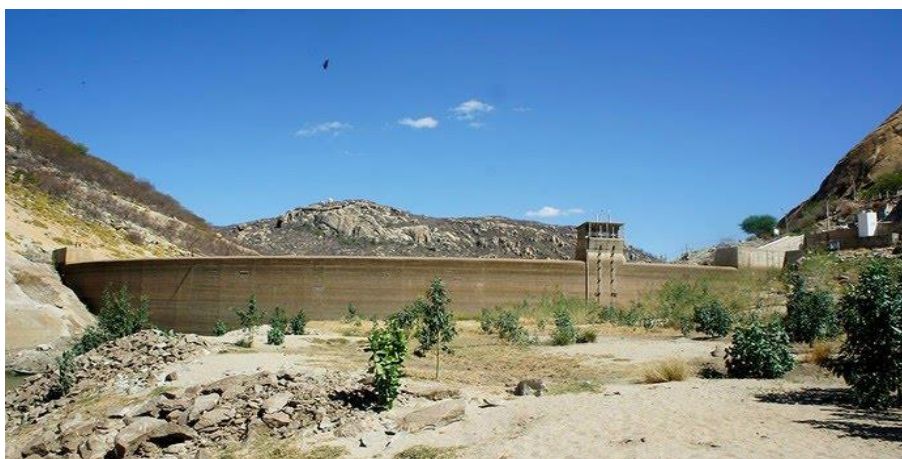
Acari é uma cidade que se encontra no interior do Estado do Rio Grande do Norte, na região do Seridó, uma região interestadual localizada no sertão da região Nordeste do Brasil (Prefeitura de Acari, 2022). Como mencionado, sobre sua localização, é uma das cidades que enfrentam problemas com a seca devido a escassez de chuva na região, necessitando de uma demanda maior do que as chuvas podem oferecer, especificamente no Seridó.

Proprietários de residências ou comércios da cidade de Acari necessitam manter seus reservatórios cheios de água, independentemente da disponibilidade hídrica da cidade, principalmente aqueles que têm um comércio que dela necessitam para o funcionamento. (LEAL et al. 2016, p 2). Por exemplo, a água utilizada para produção de tijolos de cerâmica, que utiliza uma grande quantidade de argila, água e energia para transformar a argila em produtos de qualidade adequada para serem utilizados na construção civil (ARAÚJO e BRITO,

2015, p1). De acordo com Leal e Brito (2016), uma das opções mais viáveis para o semiárido é a cisterna de placa. Com o problema da falta de água devido a crise hídrica, há a necessidade urgente de medidas para economizar este valioso recurso (ARAÚJO e BRITO, 2015, p 1).

Visto que a cidade de Acari é onde o autor cresceu e passou maior parte da vida até então, este trabalho é motivado a de alguma forma vir a contribuir para a qualidade de vida e desenvolvimento do município. A Figura 1 mostra a barragem de Gargalheiras, do ponto de vista de dentro do açude em período de seca intensa.

Figura 1 - Gargalheiras em período de seca intensa em 2018.



Fonte: G1, 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2018/10/17/uniao-reconhece-situacao-de-emergencia-pela-seca-em-147-municipios-do-rn-em-acari-gargalheiras-esta-totalmente-vazio.ghtml>

1.3 Objetivo geral

Este trabalho propõe o melhoramento, através de um sistema computacional, de monitoramento de nível de reservatórios de água, além de uma correta medição do volume no decorrer do tempo e uma notificação de alerta quando o volume estiver muito baixo. Para tanto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema, o Aquaview, a automatização do processo de monitoramento.

1.4 Objetivos específicos

- Estudar formas de utilizar a tecnologia de sensoriamento móvel a fim de implementar possíveis soluções para os problemas de

monitoramento e gerenciamento hídrico dos reservatórios residenciais e comerciais existentes;

- Visualizar os parâmetros de entrada e saída de água por meio de uma aplicação baseada em dispositivos móveis para auxiliar no gerenciamento do consumo de água;
- Unir as tecnologias estudadas em um conjunto harmônico de soluções para a resolução do objeto de estudo deste trabalho.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: o capítulo 2 aborda o referencial teórico e fundamentos do trabalho, o capítulo 3 apresenta os componentes de hardware utilizados no projeto, o capítulo 4 descreve o funcionamento do software desenvolvido e os componentes que com ele interagem, o capítulo 5 contém os trabalhos relacionados e o capítulo 6 as considerações finais.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste tópico é apresentado alguns trabalhos relacionados a essa pesquisa.

Leal et al (2016) demonstraram através de uma pesquisa a variedade de cisternas utilizadas na região. Essa tecnologia permite aproveitar o potencial hídrico da região, utilizando o usuário como ator principal na implementação do equipamento, por isso é considerada uma tecnologia social, que favorece o desenvolvimento da economia local de forma sustentável (LEAL et al. 2016). No mesmo artigo, descreve que o índice de chuva é menor que o índice de evaporação, o que significa que evapora mais água do que chove no semiárido (LEAL et al. 2016). De acordo com Leal et al (2016, apud Dias, 1992), “O uso de cisternas de placas no semiárido brasileiro ainda fortalece a economia local, promovendo o desenvolvimento sustentável, que é pautado em três eixos - social, econômico e ambiental, sendo considerado como o desenvolvimento que atende não apenas às necessidades atuais, mas a demandas das futuras gerações.”

Um outro artigo discute sobre a grande importância da água como parte do processo de produção de tijolos. A fabricação de tijolos cerâmicos é um processo que utiliza grande quantidade de argila, água e energia, para transformar essa argila em produtos com qualidade e resistência adequados para serem utilizados na construção civil. O processo é feito com a necessidade de evitar desperdício de matéria prima, além de avaliar o consumo de água durante o procedimento (ARAUJO, 2015).

Silvestre e Ribeiro (2017), falam sobre o consumo de águas na produção de telhas cerâmicas, mas não apenas isso, eles analisam o consumo de água utilizada no processo de produção de produtos. No trabalho é citado o termo “Pegada Hídrica”, que foi criado pelo professor holandês Arjen Y. Hoekstra, o conceito Pegada Hídrica indica a quantidade de água utilizada tanto na forma direta (torneira ligada, banho) quanto na forma indireta (produção de roupas, produção de carne) buscando o uso eficiente da água (SILVESTRE e RIBEIRO, 2017). A Pegada Hídrica de um produto é o volume de água de água doce utilizado para a produção de um produto.

O trabalho de Lima (2018) teve como objetivo propor um protótipo para monitoramento ambiental, através de sensores de: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade, temperatura, potencial de redução (ORP) e oxigênio dissolvido, todos conectados como uma ferramenta a favor das pessoas que utilizam a água, permitindo acesso às informações remotamente.

No trabalho de Lima (2018) foi feita uma pesquisa experimental em campo aplicada em uma medição de parâmetros da qualidade da água e comparar os resultados dos testes com os valores dos limites estabelecidos em lei vigente.

As etapas desta pesquisa foram as seguintes:

- Implementação dos instrumentos
- Teste dos instrumentos e teste de comunicação
- Construção do banco de dados
- Medição, coleta de dados
- Análise e interpretação dos resultados

Os instrumentos necessários para levantar os dados foram obtidos em parceria com o Laboratório de Pesquisa em Instrumentação Nuclear e Energia Solar (Labensol) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Utilizando sensores para medir as variáveis de análise da água, o objetivo era observar, se pela Portaria 2.914/11 do ministério da saúde sobre água potável, as variáveis medidas estarão de acordo com os padrões estabelecidos pela referida lei.

A plataforma de prototipagem envia as informações através da placa com a Internet para serem visualizadas em um computador à distância, armazenando esses dados em um banco de dados. Para guardar as informações da coleta de dados, foi criado um servidor para receber e publicar na Web e propiciar a interface com o usuário.

Dessa forma, este trabalho possui uma vantagem em utilizar o ESP32, pois este microcontrolador não precisa de peças adicionais para conexão com Internet ou bluetooth, deixando a construção do sistema mais simples e de custo inferior. Por exemplo, o custo do arduino UNO R3, em conjunto com o *shield* bluetooth custa em torno de U\$ 35,00 (trinta e cinco dólares), enquanto o ESP32 custa em torno de U\$ 11,00 (onze Dólares). Além disso, o bluetooth tem uma distância limitada, enquanto o ESP32 estará ligado fisicamente ao sensor e à Internet, pela qual enviará as informações ao servidor web, conforme descrito no capítulo 3. Outra vantagem, é que o ESP32 não necessita de componentes adicionais para bluetooth e wifi, pois eles já vêm integrados ao microcontrolador.

O trabalho de Curvina (2018) descreve um sistema de abastecimento de reservatório, nele é utilizado um controlador lógico programável (CLP) e sensores de níveis instalados em um reservatório de distribuição e um reservatório principal para abastecimento do reservatório de distribuição, quando este reservatório está com baixo nível de água os sensores de níveis detectam e comunicam-se com o CLP, fazendo-o acionar as bombas para abastecer o reservatório de distribuição com água do reservatório principal. As principais diferenças deste

trabalho para o presente é que é utilizado um CLP e ele abastece um reservatório com baixo nível de água a partir de outro reservatório principal. Contudo, o sistema não informa o nível da água para o usuário.

No trabalho de Oliveira (2014) é desenvolvido um sistema de monitoramento de volume de reservatório com Arduino e um sensor de pressão e com conexão feita através de bluetooth. O sistema possui uma aplicação simples feita no App inventor que exibe o volume atual do reservatório. Em relação ao presente trabalho, o sistema descrito por ser desenvolvido com uma placa Arduino, necessita de um outro dispositivo para fazer a conexão via bluetooth e a aplicação não possui mais funções além de mostrar o nível atual do reservatório.

Barros (2016) descreve em seu trabalho uma aplicação feita no App inventor que exibe para o usuário o volume do reservatório. Para esta aplicação foi utilizado uma placa Arduino e um módulo bluetooth para conexão *wireless* com a aplicação no *smartphone* e um sensor ultrassônico HCSR04, que foi o mesmo utilizado no presente trabalho. A principal diferença neste caso, é que o Arduino precisa de um módulo adicional para funcionar com bluetooth. A aplicação mostra apenas o estado atual do reservatório, não sendo possível ver valores de entrada ou consumo no decorrer do tempo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo é composto pelos fundamentos e referenciais teóricos utilizados para a construção do trabalho proposto.

3.1 Internet das coisas

A Internet das Coisas (IoT – *Internet of Things*) é um conceito de como os objetos estão conectados entre si e com o usuário. *Softwares* e sensores inteligentes trocam informações através da Internet. Funciona como uma grande rede de computadores, com a diferença que não apenas computadores estão conectados, mas todas as “coisas” estão conectadas. Segundo Santos (2018, p. 16), qualquer dispositivo que possa se comunicar com outro através da rede com *softwares*, sensores, pode ser caracterizado como “coisa”.

A expressão “Internet das Coisas” foi cunhada pelo técnico Kevin Ashton em 1999, utilizando para descrever como os dados capturados pelos humanos levariam a uma revolução, quando computadores começassem a coletar dados sem qualquer interação humana (SANTOS, 2018).

Desde um smartphone, computadores e não limitado a apenas isso, incluindo relógios, geladeiras, máquinas de lavar, carros entre outros. Como demonstrado, uma imensa variedade de dispositivos e contextos podem teoricamente entrar na lista. Os objetos conversam entre si para aumentar o conforto, produtividade, e dar mais praticidade nas coisas em geral (SANTOS, 2018).

IoT é muito mais que apenas ligar lâmpadas pelo smartphone. Não é somente ligar as "coisas" pela Internet, mas também torná-las inteligentes, capazes de coletar e processar informações do ambiente ou das redes às quais estão conectadas. A implantação de IoT está mudando totalmente a forma como nos relacionamos com as coisas que estão ao nosso redor, transformando segurança, energia, meio ambiente, trânsito, mobilidade e logística. E o momento atual é propício a essa integração, visto que os dispositivos necessários, agregando as tecnologias para a integração e a conexão, alcançaram preços compatíveis com as "coisas" que se desejam integrar. (OLIVEIRA, 2021).

Neste trabalho, a internet das coisas será explorada com a conexão entre o que está acontecendo dentro do reservatório (cheio, seco, etc) e o acesso que o usuário terá a esses dados que são processados pelo microcontrolador, tudo através de seu smartphone.

3.2 ESP32

Desenvolvido pela empresa Espressif, o ESP32 apresenta-se como um meio inovador no desenvolvimento de projetos automatizados. Esse pequeno componente demonstra ser mais versátil do que seu antecessor, o ESP8266, pois além do clássico módulo de comunicação Wi-Fi, apresenta um sistema com processador Dual Core, Bluetooth híbrido e múltiplos sensores embutidos, tornando a construção de sistema como IoT muito mais simples e compacto (Espressif, 2021).

O ESP32 é capaz de funcionar em ambientes industriais, com uma temperatura de operação variando de -40°C a 125°C . Alimentados por circuitos de calibração avançados, o ESP32 pode remover dinamicamente as imperfeições do circuito externo e se adaptar às mudanças nas condições externas (Espressif, 2021).

Espressif, (2021) especifica da maneira seguinte: Projetado para dispositivos móveis, tecnologias vestíveis e aplicativos de IoT, o ESP32 atinge um consumo de energia ultra baixo com uma combinação de vários tipos de software proprietário. O ESP32 também inclui recursos de última geração, como *clock gating* de baixa granularidade, vários modos de energia e escalonamento de energia dinâmico.

De acordo com Espressif (2021) o Esp32 é altamente integrado com interruptores de antena embutidos, RF balun, amplificador de potência, amplificador de recepção de baixo ruído, filtros e módulos de gerenciamento de energia. O ESP32 adiciona funcionalidade e versatilidade inestimáveis às suas aplicações com requisitos mínimos de placa de circuito impresso (PCB).

O ESP32 Funciona como um sistema autônomo completo ou como um dispositivo *slave* para um MCU *host*, reduzindo a sobrecarga da pilha de comunicação no processador do aplicativo principal. O ESP32 pode fazer interface com outros sistemas para fornecer funcionalidade Wi-Fi e Bluetooth por meio de suas interfaces SPI / SDIO ou I2C / UART (Espressif, 2021).

Neste trabalho o microcontrolador será o ESP32, ele processará os dados coletados pelo sensor ultrassônico HCSR04 e enviará para o servidor. O ESP32 foi escolhido para este trabalho por não precisar de nenhum módulo adicional para uso de Wi-Fi e *bluetooth*.

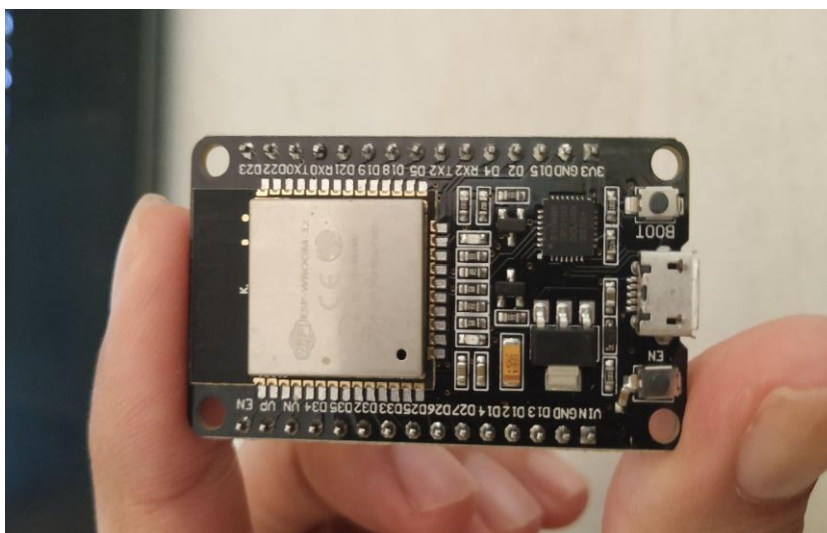
A Figura 2 mostra as especificações, enquanto a Figura 3 apresenta o próprio ESP32.

Figura 2. Especificações técnicas do ESP32

	ESP32
Corrente	220mA
Núcleo	2
Arquitetura	32 bits
Clock	160-240 MHz
Bluetooth	Clássico e BLE (Bluetooth Low Energy)
WiFi	Sim
RAM	520KB
FLASH	16Mb
GPIO	34
DAC	2
ADC	18
Interfaces	SPI, I2C, UART, I2S e CAN

Fonte: ESP32 datasheet.

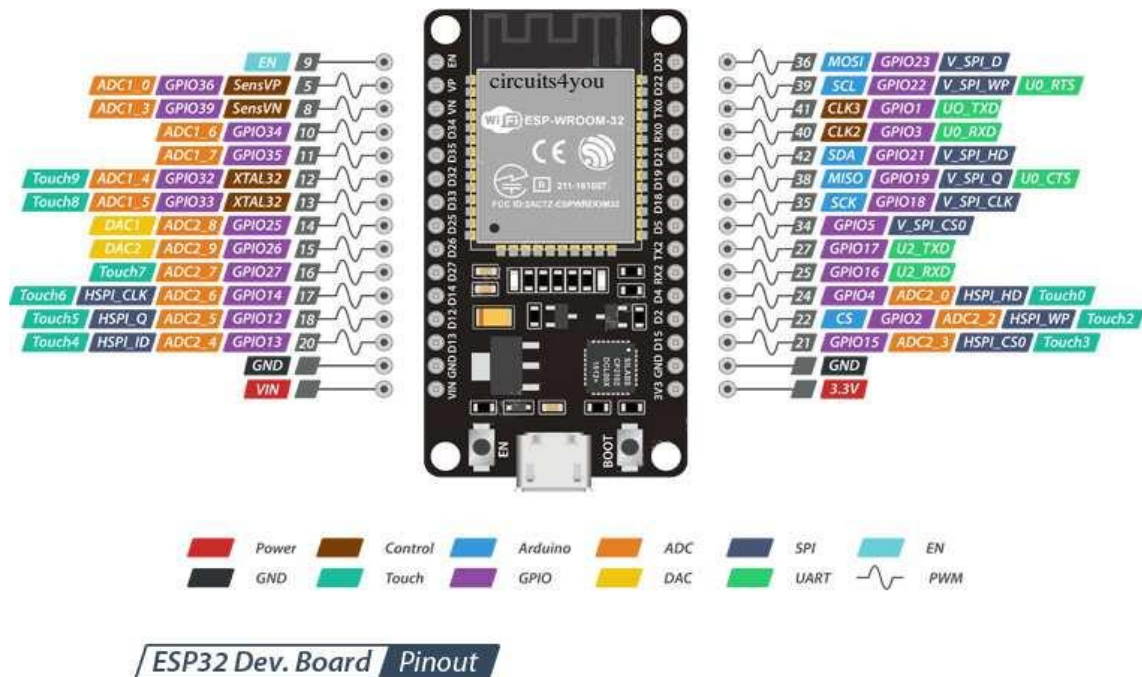
Figura 3 - ESP32.



Fonte: autor.

A Figura 4 mostra como é organizada a pinagem do ESP32 de 30 pinos e quais diferentes funções podem ser exercidas por cada um dos pinos. No experimento deste trabalho são utilizados pinos GPIO, pois funcionam como entrada ou saída digital simples e atendem ao propósito do trabalho.

Figura 4 - Pinagem e alguns detalhes do ESP32.



Fonte: Espressif, 2021.

3.3 Sensor Ultrassônico HR-SC04

O sensor ultrassônico HR-SC04 é um componente muito comum em projetos de eletrônica como o Arduino, e permite que você faça leituras de distâncias entre 2 cm e 4 m, com precisão de 3 mm. Pode ser utilizado para medir a distância entre o sensor e um objeto, como para acionar portas do microcontrolador, desviar robôs de obstáculos, acionar alarmes, etc (Thomsen, 2011). A Figura 5 apresenta o sensor HC-SR04. Este sensor foi escolhido para o experimento por causa de seu baixo custo e facilidade de acesso no mercado.

Figura 5 - Sensor ultrassônico HC-SR04.



PINAGEM

VCC	Alimentação de +5V
Trig	Entrada de pulso
Echo	Saída de pulso
GND	Terminal terra

DADOS TÉCNICOS

Tensão de Alimentação	5V DC
Corrente consumida	15mA
Frequência de operação	40kHz
Distância máxima	4m
Distância mínima	2cm
Ângulo de medição	15graus
Sinal de entrada [Trigger]	Pulso TTL (5V) de 10us
Sinal de saída [Echo]	Pulso TTL (5V) proporcional à distância detectada
Dimensões	40mm x 20mm x 15mm

Fonte: autor.

Os sensores ultrassônicos podem medir variáveis como enchimento e altura sem ter que entrar em contato com os elementos do meio, o que é uma grande vantagem quando comparado com outros tipos de sensores. Além disso, o sensor ultrassônico não possui sua operação prejudicada pela transparência, poeira, sujeira ou vapores/gases presentes no ambiente. Desde que o objeto reflita as ondas sonoras, é possível usar um sensor ultrassônico independentemente de seu acabamento superficial ou cor (Vidal, 2017).

3.4 A plataforma Android

O Android é um ambiente de desenvolvimento de *softwares* para dispositivos móveis (Android, 2012). Que possui um sistema operacional baseado em um kernel Linux, uma rica interface de usuário, aplicativos de usuários, bibliotecas de código, frameworks de aplicativos, suporte a multimídia, funcionalidades de telefonia e muito mais. Enquanto os componentes do sistema operacional são escritos em C ou C ++, os aplicativos de usuários são escritos em Java para Android (Android, 2012).

Uma característica do Android é que não existe diferença entre os aplicativos integrados e os que o usuário cria com o kit de desenvolvimento de software (SDK), ou seja, usuários podem criar aplicações poderosas que acessam os recursos disponíveis no dispositivo. (Android, 2012).

O sistema operacional Android foi escolhido para implementar a aplicação desta pesquisa por apresentar uma grande acessibilidade e grande variedade de dispositivos de marcas e preços diferentes. Neste tópico será abordado um pouco sobre o Android.

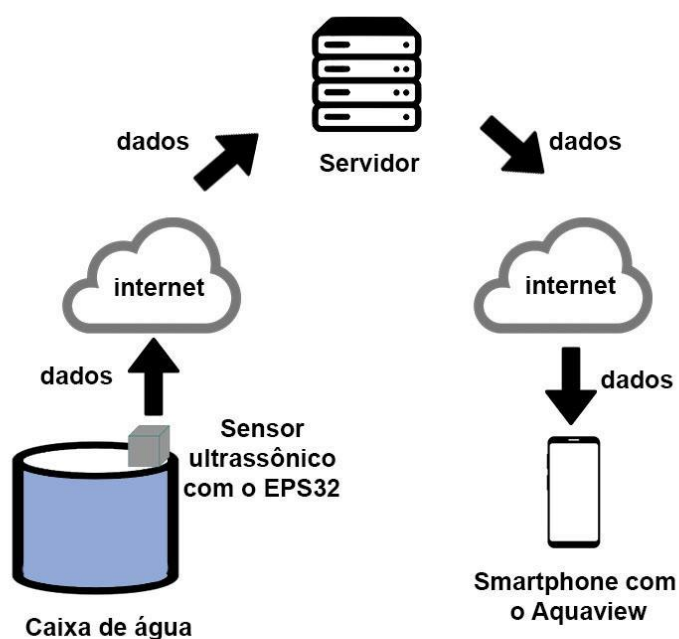
4 AQUAVIEW: HARDWARE

Este capítulo descreve a visão geral dos componentes de hardware utilizados para o desenvolvimento do projeto.

4.1 Visão geral do Aquaview

A Figura 6 mostra uma visão geral do funcionamento dos componentes que integram o ambiente no qual foi testado o Aquaview.

Figura 6. Visão geral do funcionamento dos componentes do Aquaview



Fonte: autor.

Do lado esquerdo da Figura há o reservatório de água representado por um cilindro. Na borda do reservatório está o sensor ultrassônico juntamente com o microcontrolador ESP32. O ESP32 processará os dados coletados pelo sensor, transformando a distância aferida pelo sensor em volume de água, através do cálculo de volume que será detalhado no tópico 4. Os dados coletados e processados no ESP32 em um *software* criado para a manipulação dos dados coletados pelo sensor que são enviados através da rede para um servidor local que armazenará em um banco de dados as informações do nível de água e suas variações. Do lado direito há um smartphone com o Aquaview instalado, que por sua vez acessa os dados que estão no servidor através da rede.

4.2 Microcontrolador integrado

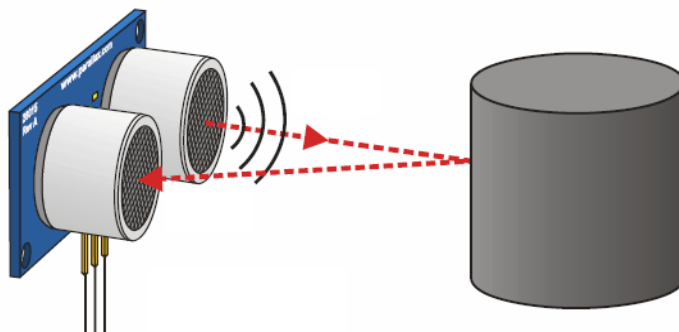
O *microcontrolador* WROOM 32U IpeX, utilizado no ESP32, manipula os dados fornecidos pelo sensor, fazendo cálculos geométricos para transformar as informações obtidas em volume (conforme cálculo apresentado em 3.5) e estes são armazenadas pelo *Servidor Web* na *base de dados*. Deste modo, ao possuir acesso a Internet o sistema está disponível em qualquer lugar, proporcionando ações como a verificação do nível de água ou envio de informação ao consumidor ou até mesmo uma possível solicitação a uma empresa que seria notificada sobre a necessidade de abastecimento de determinada cisterna opera através da Internet. Neste caso, o software embarcado no ESP32 faz todo o trabalho de coleta e tratamento de dados a ser enviado ao usuário, em HTML.

4.3 Sensor Ultrassônico

A Figura 7 apresenta um sensor ultrassônico responsável por mensurar a distância entre o topo do reservatório e o volume residual de água contida nele. A distância é calculada pelo sensor ultrassônico HC SR04 através da emissão de ondas sonoras até o objeto em alvo (superfície de água) em um determinado intervalo de tempo e, após incidir sobre o líquido, o eco resultante da emissão destas ondas retorna para o sensor.

O módulo é composto por transmissor, receptor e circuito de controle. Para iniciar uma medição, o pino *TRIG* deve receber um pulso de 5V por pelo menos 10 us. Isso faz com que o sensor emita 8 pulsos ultrassônicos em 40 kHz e inicie a espera pelas ondas refletidas. Assim que uma onda refletida for detectada, o pino *ECHO* que estava em 0V é alterado para 5V por um período igual ao tempo de propagação da onda (HC-SR04 Datasheet, 2014).

Figura 7. visão geral da operação do sensor ultrassônico HC SR04.



Fonte: Datasheet HCSR04. (Elec Freaks, 2021).

Inicialmente, ocorre a emissão de um pequeno pulso sonoro de alta frequência que se propaga na velocidade do som do meio utilizado. Quando este pulso atinge um objeto, um sinal de eco é refletido de volta para o sensor. A distância entre o sensor e o objeto pode ser calculada conhecendo o tempo entre a emissão e a recepção do sinal e a velocidade do som no meio em questão.

No entanto, o sensor HC-SR04 tem um problema: não pode entrar em contato com a água. Recomenda-se, para uma aplicação real em escala maior, a utilização de um sensor ultrassônico mais apropriado, como o JSN-SR04T (Sixtinah Dswilan et al. 2021), por ser à prova d'água.

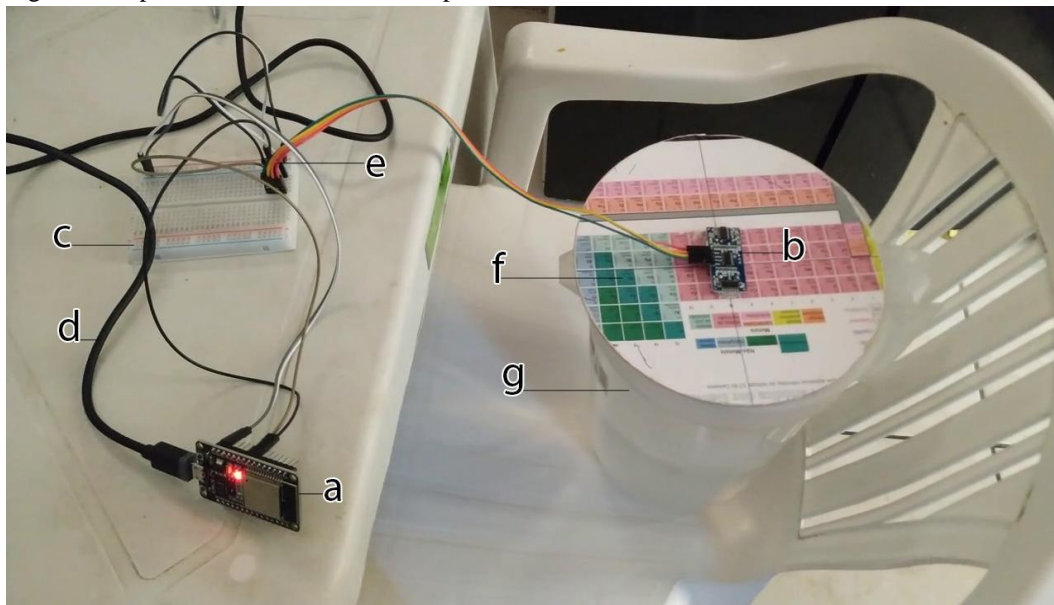
4.4 Teste indoor

Esta seção descreve o procedimento feito no experimento *indoor*, aqui será apresentado como os componentes foram organizados e montados para o funcionamento do sistema.

Primeiramente, com todo o hardware conectado e o software funcionando, foi feito um experimento em escala menor para verificar e validar a funcionalidade dos componentes. No experimento foi usado um recipiente de 4 litros com um suporte feito para fixar o sensor ultrassônico HC SR04, conectado à *protoboard* por quatro *jumper*s, cada um em um pino do sensor.

A *protoboard* está conectada por outros *jumper*s ao ESP32, que por sua vez, está conectado ao computador por um cabo USB, como mostra a Figura 8:

Figura 8: Experimento indoor visto do topo.



Fonte: autor.

Na Figura 8 os itens identificados são:

- a) ESP32;
- b) Sensor ultrassônico HC SR04;
- c) Protoboard;
- d) Cabo de alimentação USB tipo b;
- e) Jumpers;
- f) Tampa confeccionada a partir de uma capa de papelão;
- g) Recipiente cilíndrico com capacidade de 4 litros;

A realização do projeto *indoor* tem a finalidade de testar o completo funcionamento do sistema, visando a implementação *outdoor* caso sejam obtidos os resultados esperados. Contudo, como já mencionado, os materiais utilizados no experimento são apenas para demonstração da funcionalidade do sistema.

No teste *indoor*, observou-se a boa precisão feita pelo sensor em relação à distância dele para a superfície da água no recipiente. Antes do experimento, o sensor ultrassônico foi testado com uma régua em que foi colocado um objeto em determinada medida da régua e observado no terminal se a medida exibida era a mesma correspondente à qual o objeto estava. Utilizando uma fórmula de sólido geométrico que calcula o volume do cilindro, foi possível também ver a precisão obtida na exibição do volume de água, tendo um recipiente translúcido com marcação de litros em sua lateral.

4.5 Teste outdoor

Este tópico descreve como foi feito e quais foram os componentes utilizados no teste *outdoor*.

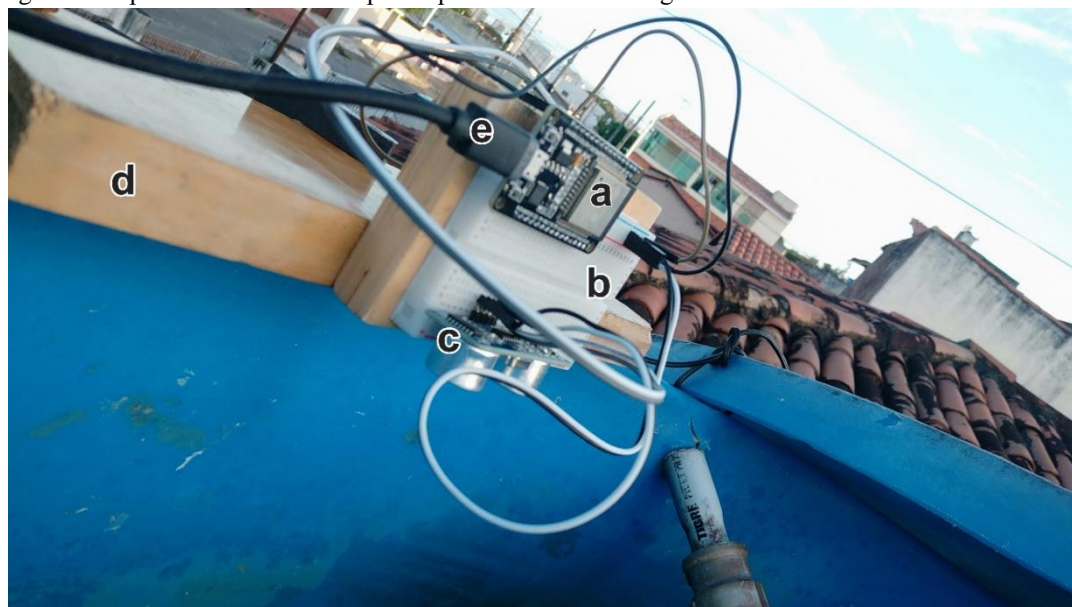
O *software* e o *hardware* foram configurados para funcionarem corretamente em uma caixa d'água cilíndrica Fortlev de 500 litros. Qualquer outro modelo de formato ou volume diferentes requer uma adaptação das medidas que pode ser feita no *software*. Esta alteração é feita em tempo de desenvolvimento, ou seja, a capacidade total do reservatório é definida no desenvolvimento do código. Para o *hardware*, foi feito um suporte de madeira para fixar a *protoboard*. O suporte foi fixado por um grampo tipo C na caixa d'água, o *software* que calcula o volume foi adaptado para o tamanho do reservatório. O sensor ultrassônico HC SR04 e o ESP32 foram conectados diretamente na *protoboard* e ligados ao computador que era o servidor, como mostram as Figuras 9 e 10.

A Figura 9 mostra os componentes de hardware instalados em uma caixa d'água residencial com capacidade de 500 litros de água. Os componentes são:

- a) ESP32;
- b) *protoboard*;
- c) sensor ultrassônico HC SR04;
- d) suporte de madeira;
- e) cabo USB;

Todos os equipamentos necessários para coletar os dados foram instalados na caixa d'água e permaneceram lá de 30 a 40 minutos, 30 minutos é o período em que o servidor atualiza as informações recebidas pelo ESP32, substituindo os antigos dados pelos novos, de forma que o Aquaview exibe última verificação e os dados antigos são armazenados para gerar os dados nos gráficos. Durante esse intervalo de tempo foram realizadas atividades domésticas que necessitam de água, ex.: banho, lavar louça e lavar o piso.

Figura 9: Experimento outdoor do protótipo em uma caixa d'água Fortlev de 500 litros.



Fonte: autor.

A Figura 10 mostra os componentes montados na caixa d'água por um ângulo diferente.

Figura 10: Hardware do projeto em teste outdoor.



Fonte: autor.

5 AQUAVIEW: SOFTWARE

Este tópico aborda a parte lógica do sistema, ou seja, o software. Aqui é mostrado como é o funcionamento lógico do sistema como um todo, assim como de cada componente separadamente. O código fonte do Aquaview está disponível em:

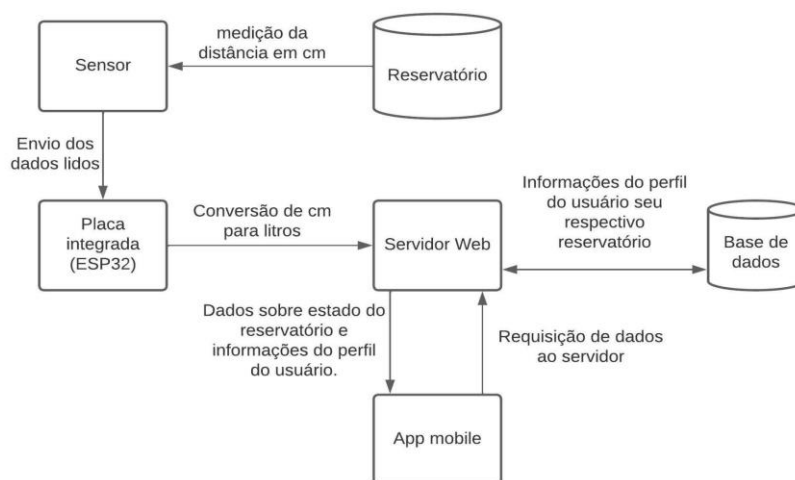
<https://github.com/gustavoalexandrebn/aquaview>

5.1 Visão geral

O AquaView foi desenvolvido tendo como alternativa viável à mitigação dos problemas gerados pela seca nos moradores que dependem do abastecimento de água através de carros pipas. O seu objetivo é monitorar, processar e disponibilizar informações sobre o consumo da água potável nos reservatórios. Dessa forma, os moradores passam a ter uma informação precisa sobre o volume de água do reservatório, permitindo controlar melhor o consumo. O sistema é composto pelos componentes: software para cálculo do volume do recipiente, servidor de processamento, banco de dados e aplicação móvel.

O ESP32 processa os dados coletados pelo sensor ultrassônico e os converte em litros de água para enviar para o servidor. No banco de dados estão as informações do cadastro do usuário. A aplicação móvel instalada no *smartphone* acessa os dados no servidor sobre o reservatório e sobre o usuário. A Figura 11 apresenta a visão geral do sistema e o fluxo de dados.

Figura 11 - Interação dos componentes do sistema.

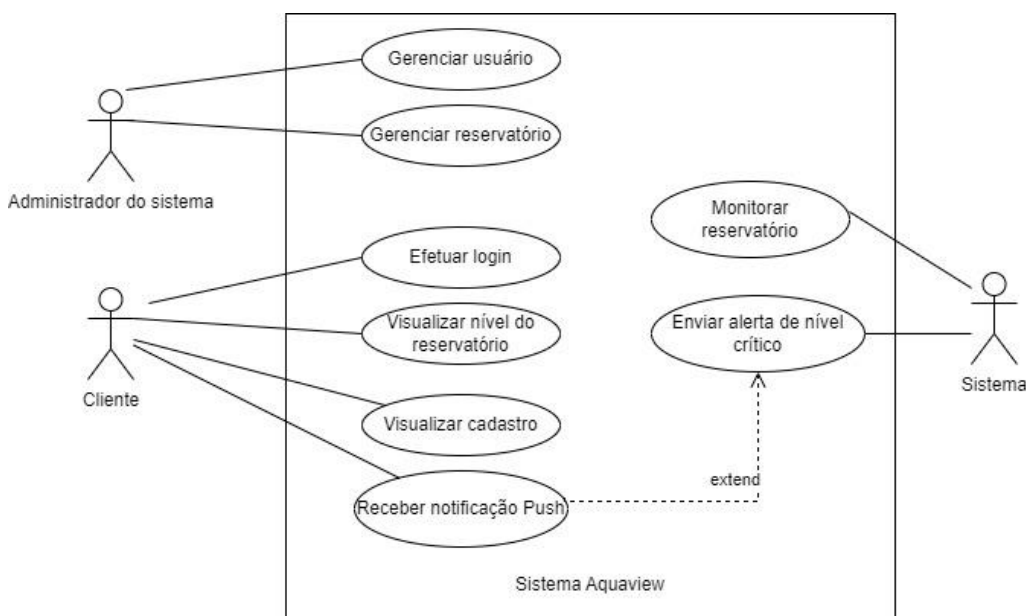


Fonte: autor.

5.2 Diagrama de caso de uso

A seguir na Figura 12, o diagrama do caso de uso. Nele é ilustrado a interação entre os atores: Administrador do sistema, Cliente e Sistema. O Administrador do sistema gerencia tanto o usuário quanto o reservatório, o gerenciamento inclui as operações básicas de inclusão, alteração e exclusão de informações. O cliente após efetuar o login no sistema pode visualizar as informações de seu respectivo reservatório e seus dados pessoais. O Sistema monitora o reservatório, coleta informações através do monitoramento e pode enviar uma notificação de alerta de nível crítico.

Figura 12 – Diagrama de caso de uso.



Fonte: autor.

Os componentes do AquaView serão detalhados a seguir.

5.3 Área do recipiente

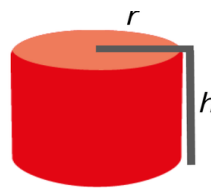
Para este cenário será utilizada a fórmula de volume de cilindro, já que o recipiente usado no projeto é cilíndrico e, as cisternas dos moradores da região semiárida em estudo, são em sua grande maioria, cilíndricas. No entanto, caso a forma geométrica seja distinta, basta adequar o software conforme a fórmula correspondente ao formato distinto.

A fórmula para encontrar o volume do cilindro corresponde ao produto da área de sua base pela medida da altura. O volume do cilindro é calculado em cm^3 ou m^3 .

A Figura 13 mostra o cálculo do volume de um cilindro, bem como sua explicação.

Figura 13 - Área do cilindro e o cálculo para saber seu volume.

Considerando um cilindro de raio r , ou diâmetro d , e altura h , temos que seu volume V é:



$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Vale lembrar também que:

1000 ml = 1 litro

1 litro = 1 dm. 1dm. 1dm = 1dm³

1dm³ = 10 cm. 10 cm. 10 cm = 1000 cm³

1cm³ = 10 mm. 10 mm. 10 mm = 1000 mm³

Fonte: (Portal Nova Escola, 2021).

O volume total é calculado através da altura do recipiente (h) e da altura do volume atual (h') encontrada pelo sensor. Ex.: dado que o h do recipiente equivale a 35 cm com um raio (r) de 10cm, seu volume total é calculado por $V_t = 3,14 \cdot 10^2 \cdot 35 = 10.990\text{cm}^3$. Em seguida, uma medição do sensor detectou uma distância de 15cm (d) entre o topo do reservatório e o volume atual. A altura do volume atual é calculada através da subtração da altura do recipiente (h) - distância (d), sendo $h=35\text{cm}$ e $d=15\text{cm}$ a altura do volume atual resulta em 20cm (h'). Por fim, basta calcular o volume atual, onde $V_a = 3,14 \cdot 10^2 \cdot 20\text{cm} = 6280\text{cm}^3$, que é aproximadamente 6,28 litros.

5.4 Servidor

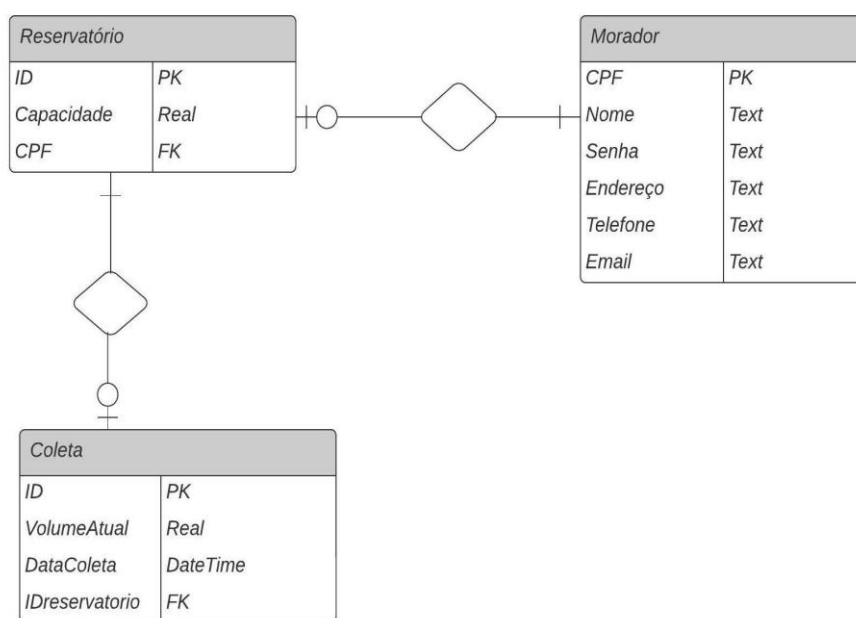
O servidor Web do AquaView foi desenvolvido com Flask (Flask 2010), um micro-framework multiplataforma, construído na linguagem Python e disponibilizado sob uma licença BSD (Licença de código aberto). Ele foi escolhido porque simplifica o processo de desenvolvimento de servidores Web (ANDRADE, 2020).

O servidor Flask processa as requisições do usuário a respeito das informações contidas no banco de dados, assim como a validação de seu acesso ao sistema através de uma conexão com a Internet. Para hospedar o servidor e o banco de dados foi utilizado um computador externo.

O banco de dados utilizado foi o SQLite, uma biblioteca em linguagem C que implementa um banco de dados SQL embutido. O SQLite foi escolhido porque permite o acesso a um banco de dados SQL sem necessidade de executar um processo separado em um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) (ALMEIDA, 2018).

No banco de dados estão armazenados os dados do usuário e do reservatório, são eles: CPF, nome, endereço, telefone, email e senha, na tabela do usuário. Na tabela do reservatório há a capacidade total, o volume atual e a hora coletada. A Figura 14 mostra as tabelas do banco de dados.

Figura 14 - Tabelas do banco de dados



Fonte: autor

A seguir será mostrado o dicionário de dados referente às tabelas do banco de dados mostradas na Figura 14.

A Tabela 1 mostra os dados referentes ao reservatório.

Tabela 1 – Dicionário de dados da tabela Reservatório.

Nome da Tabela		Reservatório				
Descrição da Tabela		Esta tabela, apresenta as características do reservatório, são eles: Identificador, Capacidade e CPF_usuario. As propriedades de cada característica estão organizadas nas colunas correspondentes a cada uma.				
Colunas						
Número	Nome da Coluna	Tipo da Coluna	Chave Primária	Chave Estrangeira	Obrigatório	Exemplo de valores
1	Identificador	Inteiro	Sim	Não	Sim	1
2	Capacidade	Decimal	Não	Não	Sim	0,25
3	CPF_usuario	Inteiro	Não	Sim	Sim	00111011220

Fonte: autor.

A Tabela 2 apresenta os dados do cadastro do morador.

Tabela 2 – Dicionário de dados da tabela Morador.

Nome da Tabela		Morador				
Descrição da Tabela		Esta tabela apresenta os dados cadastrados do usuário, identificado no sistema como "morador", seus atributos são: CPF, Nome, Senha, Endereço, Telefone e Email.				
Colunas						
Número	Nome da Coluna	Tipo da Coluna	Chave Primária	Chave Estrangeira	Obrigatório	Exemplo de valores
1	CPF	Inteiro	Sim	Não	Sim	00111011220
2	Nome	Texto	Não	Não	Sim	João da Silva
3	Senha	Texto (criptografado)	Não	Não	Sim	*****
4	Endereço	Texto	Não	Não	Sim	Rua da Saúde, 1, bairro: Centro
5	Telefone	Texto	Não	Não	Sim	(84) 996674520
6	Email	Texto	Não	Não	Sim	joao@gmail.com

Fonte: autor.

A Tabela 3 Apresenta os dados obtidos através da coleta.

Tabela 3 – dicionário de dados da tabela Coleta

Nome da Tabela	Coleta					
Descrição da Tabela	Esta tabela apresenta os dados obtidos na coleta de informações sobre o volume do reservatório e também suas características.					
Colunas						
Número	Nome da Coluna	Tipo da Coluna	Chave Primária	Chave Estrangeira	Obrigatório	Exemplo de valores
1	Identificador	Inteiro	Sim	Não	Sim	1
2	Volume Atual	Decimal	Não	Não	Sim	200,5
3	Data Coleta	Data	Não	Não	Sim	12/02/2023
4	IdReservatorio	Inteiro	Não	Sim	Sim	1

Fonte: autor.

A linguagem de programação escolhida para esta aplicação foi a linguagem Java. Java é uma linguagem de programação e plataforma computacional lançada pela primeira vez pela Sun Microsystems em 1995. Existem muitas aplicações e sites que não funcionam, a menos que tenha o Java instalado, e mais desses são criados todos os dias. De *laptops* a *datacenters*, console de games a supercomputadores científicos, telefones celulares à Internet, Java está em todos os lugares (Java, 2022).

A IDE utilizada para o desenvolvimento da aplicação foi o Android Studio. Um ambiente de desenvolvimento totalmente integrado que foi lançado pela Google para o sistema operacional Android. Foi desenhado para fornecer novas ferramentas para o desenvolvimento de aplicações e oferecer uma alternativa ao Eclipse (Android Studio, 2022).

5.4.1 Login do usuário

O usuário da aplicação é o cliente que utiliza o sistema Aquaview. Após a instalação do sistema e o cadastro do cliente, feito pelo técnico responsável pela instalação do sistema, o usuário pode acessar as informações contidas no servidor através de um login, que sempre será o CPF do cliente e uma senha.

5.4.2 Coleta de dados

A coleta de dados é feita pelo sensor conectado ao microcontrolador ESP32 requisitando um método do servidor Flask periodicamente. A periodicidade é um parâmetro configurável pelo técnico de instalação denotado em segundos, ex.: 90 segundos, ou seja, a cada 90 segundos é feita uma nova coleta e atualização dos dados no servidor. Após esta coleta, as informações de volume são inseridas e ficam disponíveis para serem acessadas pelo cliente.

5.5 Aplicativo

Esta seção descreve o funcionamento do Aquaview.

5.5.1 Descrição do Aquaview

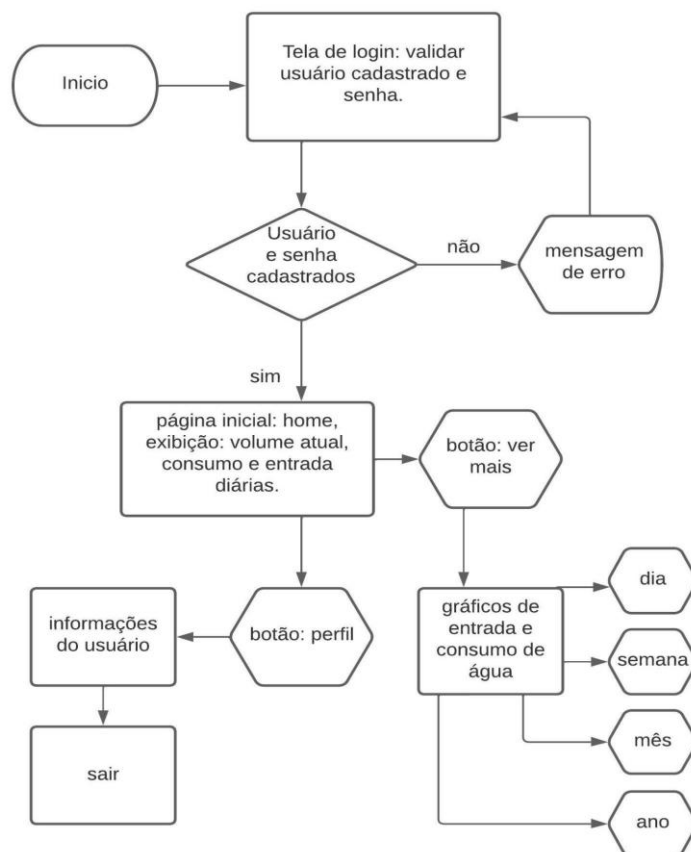
Foi desenvolvida uma aplicação para que o usuário possa interagir com o sistema de monitoramento, verificando em seu celular a situação do seu reservatório de água. O *software* permite o acesso via Internet ao servidor web, onde estão localizadas as informações referentes a quantidade de água atual e consumo de água no decorrer do tempo, em dias, meses ou anos. Os valores são mostrados em litros, na tela inicial, tanto quanto foi consumido, quanto foi abastecido, além de fornecer no aplicativo a data e a hora da última leitura. Além disso, é exibido uma porcentagem relativa ao volume atual da água do recipiente, a quantidade equivalente em litros e a capacidade máxima, também em litros.

A Figura 14 representa o fluxograma do Aquaview. Cada etapa será vista em detalhes mostrados nas telas da aplicação no tópico subsequente.

Ao entrar no Aquaview, o usuário deve fazer o login com seu cpf e senha, caso seja cadastrado e o cpf e a senha estiverem corretas, a página inicial é exibida. Caso cpf ou senha estejam incorretos, uma mensagem de erro aparece. Na página inicial (home) há informações básicas como: nível do reservatório e sua porcentagem equivalente atual, além de visualização de consumo e entrada diária. Esta tela possui dois botões, botão ver mais e botão perfil. O botão ver mais mostra a imagem dos gráficos de consumo e entrada no decorrer do tempo, cada aba dá acesso a um gráfico específico do dia, da semana, do mês e do ano. No botão perfil é

possível visualizar os dados do usuário cadastrado, ainda no perfil há o botão sair, para sair da aplicação. A Figura 15 mostra um fluxograma do Aquaview.

Figura 15 - Fluxograma do Aquaview.



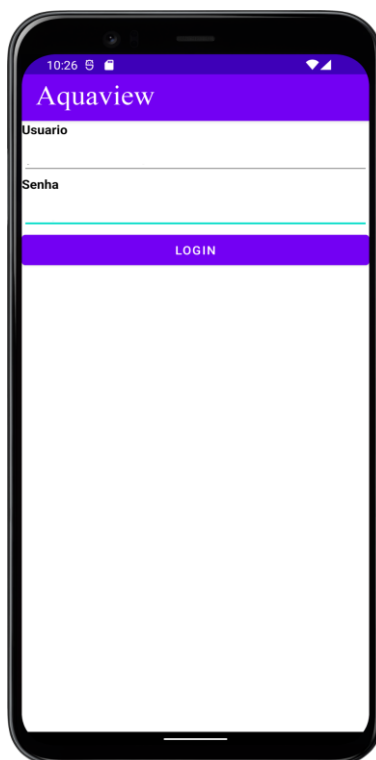
Fonte: autor.

5.5.2 Tela de Login

A primeira tela a ser exibida após abrir o aplicativo é a tela de login. Nesta tela, o usuário preenche os campos de login, que necessariamente será o CPF, sem pontos, espaços ou traços, e uma senha. O registro do usuário é feito pelo técnico responsável pela instalação do sistema no reservatório.

A tela de login mostrada na Figura 16 é composta por quatro elementos, sendo três deles interativos e um apenas para visualização. Primeiro, tem o nome da aplicação, AQUAVIEW, estático; logo abaixo, tem os campos de texto para login e senha; por último tem o botão para fazer o login após validar o usuário e a senha.

Figura 16 - Tela de login.

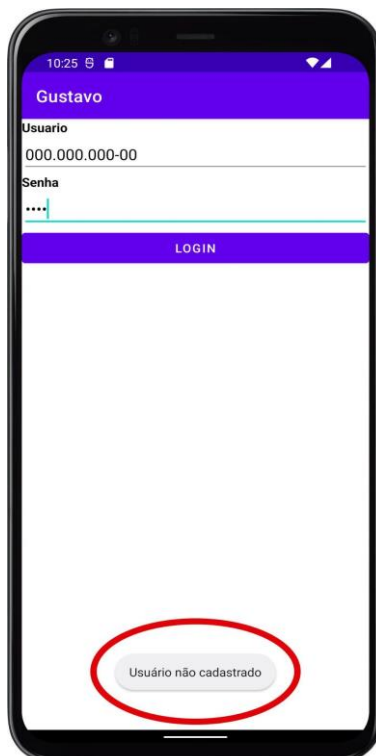


Fonte: autor.

Após digitar o CPF de um usuário inexistente, o login não é realizado e uma mensagem de erro é mostrada na tela, como a destacada na Figura 17.

Caso a senha digitada esteja incorreta, o Aquaview não valida o login e será mostrada a mensagem de aviso ilustrada na Figura 17.

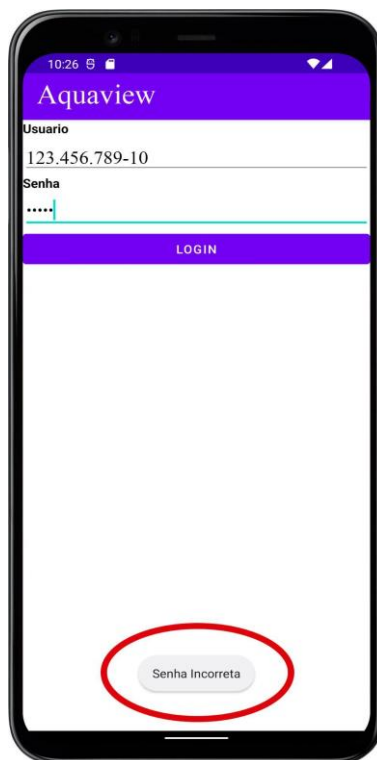
Figura 17- Mensagem de erro de usuário não cadastrado.



Fonte: autor.

Ao digitar a senha errada, uma mensagem de erro com a mensagem “senha incorreta” aparecerá na tela, como mostrado na Figura 18.

Figura 18 - Mensagem de erro de senha incorreta.



Fonte: autor.

5.5.3 Tela inicial

A Figura 19 é um print da tela inicial da aplicação após feito o login. Nesta tela, o usuário pode visualizar uma barra gráfica indicando o volume atual em comparação com o volume total do reservatório, logo abaixo está a porcentagem equivalente à porcentagem mostrada e a quantidade de litros ainda disponíveis. Nela também encontra-se: média de consumo diário mostrado em litros, entrada diária em litros e também data e hora da última leitura feita pelo sensor. Mais abaixo há uma opção para ver mais detalhes, que quando acessada são mostrados os gráficos de variações do volume no decorrer do tempo.

Figura 19 - Tela inicial.



Fonte: autor.

A tela inicial é composta pelos seguintes elementos:

- 1 - O nome da tela em exibição no primeiro plano (home).
- 2 - Um gráfico em forma de barra, representando a quantidade de água dentro do recipiente.
- 3 - Porcentagem relativa ao volume atual e a capacidade máxima.
- 4 - Uma média diária de consumo apresentada em litros.
- 5 - Média diária de abastecimento apresentada em litros.

- 6 - Última leitura feita no servidor, exibindo data e hora.
- 7 - Botão Ver Mais. Exibe detalhes de entrada e consumo de água em gráficos.
- 8 - Botão *home*. Quando acessado volta para esta tela, caso esteja em outra tela.
- 9 - Botão Perfil. Exibe as informações cadastradas do usuário.

Cada uma destas opções será mostrada e explicada nas próximas páginas.

5.5.4 Gráficos do Aplicativo

Após pressionar o botão ver mais, a tela com os gráficos será exibida. No menu de abas na parte superior, destacado em vermelho na Figura 20, estão as opções: dia, semana, mês e ano. Abaixo está a data atual e pode ser vista como: a data do dia atual, se a opção dia estiver selecionada; um período de tempo equivalente a uma semana, mostrando o dia atual até sete dias passados, se houver; o mês atual se a opção mês estiver selecionada; e o ano corrente. Os gráficos são gerados por uma biblioteca chamada matplotlib, uma biblioteca de *softwares* para criação de gráficos em geral.

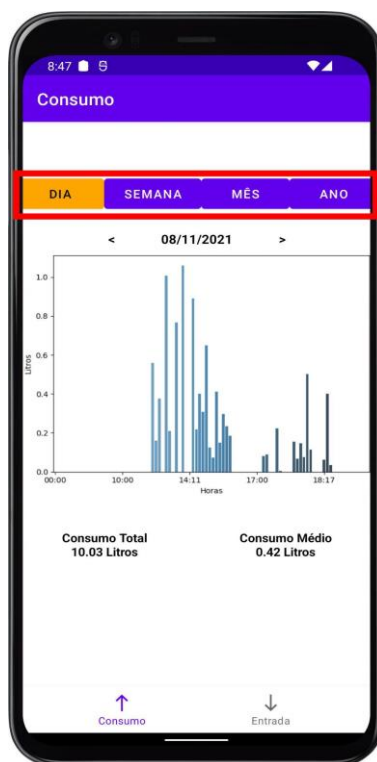
Em todos eles é exibido logo abaixo de cada gráfico, o consumo total correspondente ao intervalo em seleção e o consumo médio do mesmo período. O gráfico em barras representado na aplicação é uma forma de demonstrar e comparar quantitativamente o consumo e a entrada de água no decorrer do tempo, barras maiores intuitivamente representam consumo ou entrada de água maiores, barras menores representam consumo e entrada mais baixos. Quanto mais amostras coletadas pelo sensor ultrassônico, melhor a visualização do comportamento dos gráficos de consumo e entrada de água. Neste estudo, no experimento *indoor*, foram coletadas várias amostras de quantidades diferentes tanto no consumo quanto no abastecimento, múltiplas vezes em um dia, para observar o comportamento do gráfico em um dia; vários dias de uma mesma semana, observando assim o comportamento do gráfico em dias diferentes da semana e do mês; e por fim, observar o funcionamento do gráfico em meses diferentes no decorrer do ano.

Abaixo do nome consumo, existem quatro abas que podem ser acessadas de acordo com a escolha do usuário, as opções são: dia, semana, mês e ano. Sob o gráfico observa-se o consumo total indicado, informando o uso total de 10,03 litros de água, ao lado direito é exibido o consumo médio naquele dia. Na mesma tela, abaixo de tudo, há dois botões para alternar, naquele mesmo dia, entre consumo e entrada de água, ao selecionar um dos dois, os respectivos dados serão mostrados na tela. Para gerar a entrada ou consumo de água, é calculada uma

diferença entre a coleta atual e a coleta anterior, se a diferença for positiva é entrada, se a diferença for negativa é consumo, após solicitação do usuário através do aplicativo, selecionando umas das quatro opções destacadas em vermelho na Figura 19, as informações dos gráficos são exibidas para o usuário. Como está selecionado a aba dia, as informações de entrada ou saída de água serão mostradas desde as 00:00h daquele dia até a hora atual.

Na Figura 20, mostra a representação do consumo de água diário em um gráfico de barras no qual é possível verificar o intervalo de tempo do uso entre as horas do dia e a data.

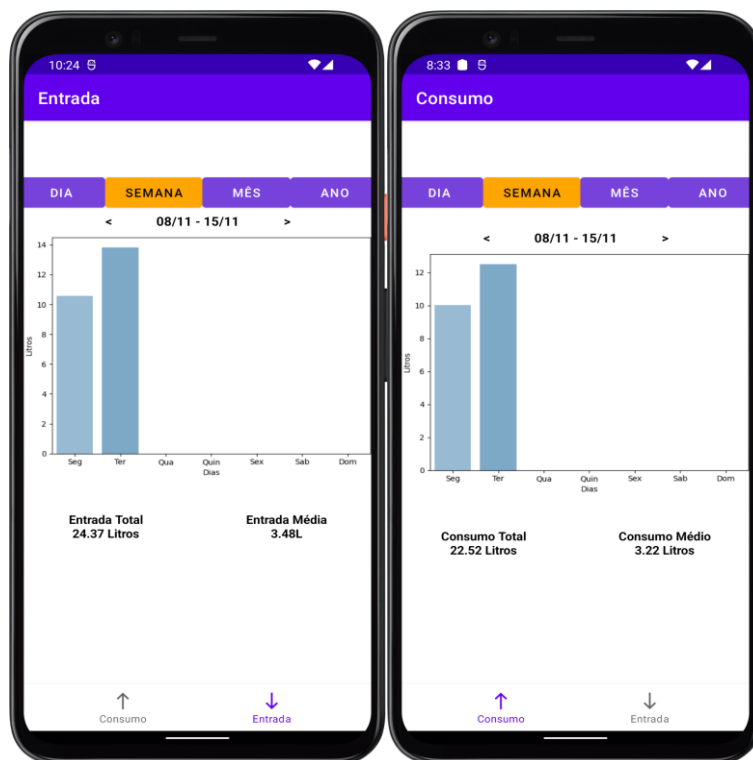
Figura 20 - Gráfico com o consumo diário de água.



Fonte: Autor.

Na Figura 21, as barras representam da esquerda para a direita, entrada e consumo de água, respectivamente, barras maiores significam um consumo ou entrada maior, uma menor quer dizer consumo ou entrada menor. Logo abaixo é possível ver uma linha do tempo com os dias da semana, na qual é possível observar e comparar visualmente com os outros dias, quanto de água entrou e quanto foi consumido.

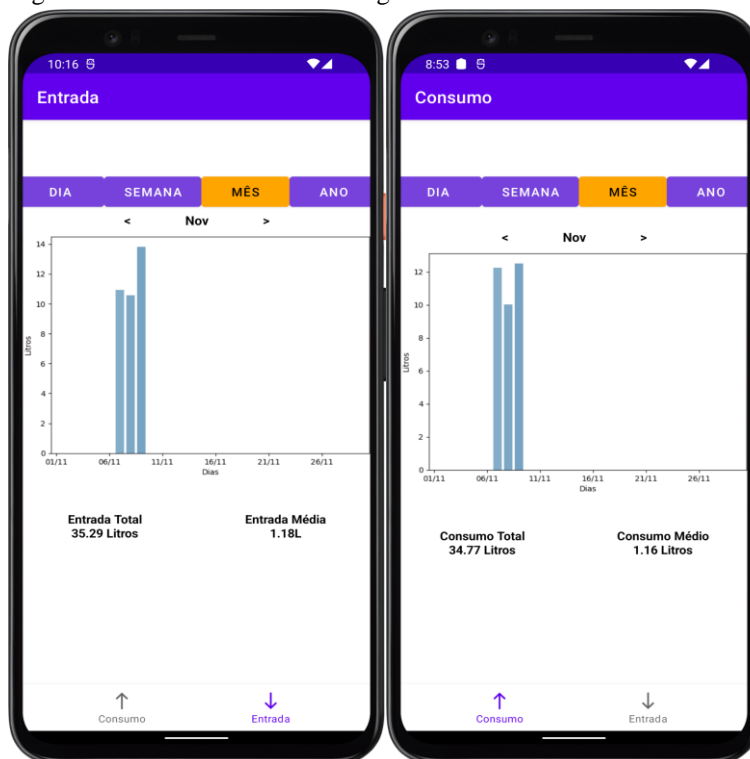
Figura 21 - Entrada e consumo semanal.



Fonte: Autor.

Na Figura 22, observa-se a representação gráfica da entrada e do consumo de água feitos em um mês, identificando o mês e a data das amostras coletadas, também é exibido o consumo total, com uma quantidade de 34,77 litros mensais. A coleta foi feita enchendo e esvaziando o recipiente várias vezes e em dias diferentes, assim é possível observar mais nitidamente o comportamento do gráfico com as alterações no decorrer do mês e a média de entrada e consumo no período escolhido.

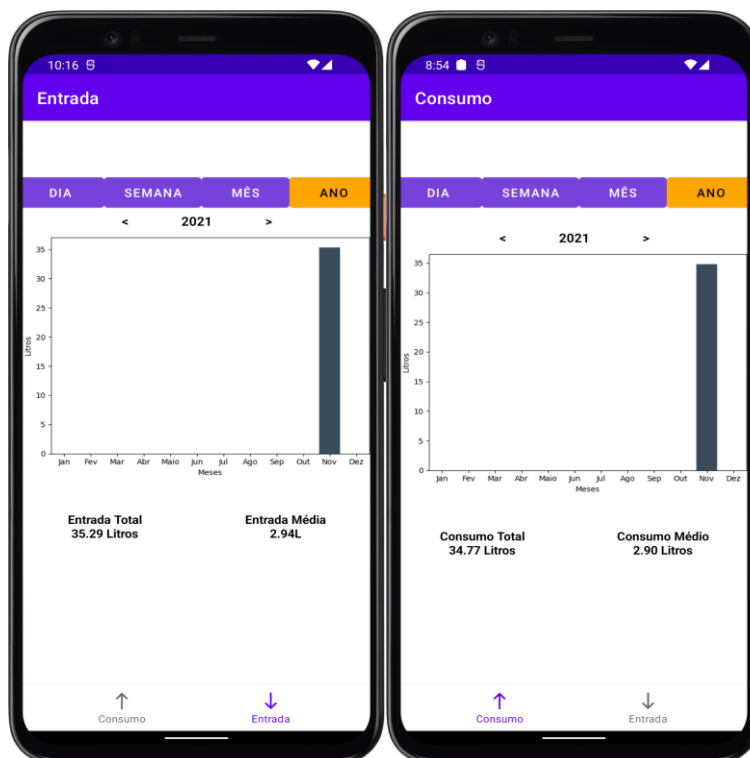
Figura 22: consumo e entrada de água mensais.



Fonte: autor.

A Figura 23, mostra o gráfico anual de consumo e entrada de água no reservatório, neste gráfico há os meses e observa-se as barras marcadas no(s) mês(es) em que se foram feitas as coletas. Assim como nas outras abas mostradas anteriormente, verifica-se a entrada e o consumo total de 35.29 e 34.77, respectivamente. O gráfico mostra o mês em que foi feito o experimento *indoor*, no mês de novembro foram feitas várias coletas em dias diferentes com o propósito de gerar os gráficos de diferentes períodos selecionados pelo usuário.

Figura 23: gráfico anual do AQUAVIEW.

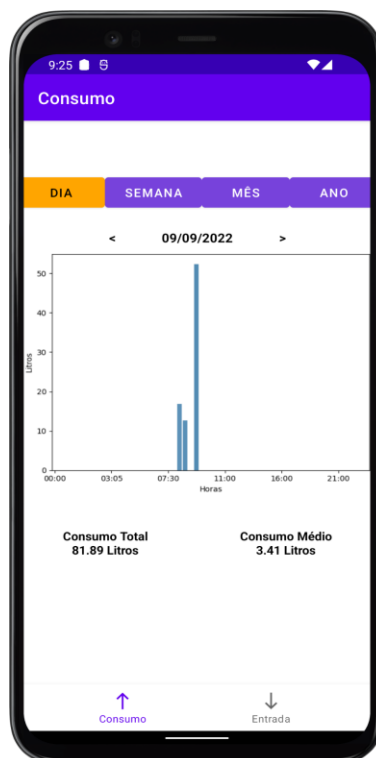


Fonte: autor.

Na realização do experimento *outdoor*, foram registradas as telas do Aquaview em funcionamento, aqui serão mostradas as imagens do aplicativo funcionando em uma caixa d'água residencial de 500 litros.

Na Figura 24, o gráfico mostra o registro do experimento *outdoor*, feito em uma caixa d'água residencial com 500 litros de capacidade, nele é possível ver que o consumo total foi de 81,89 litros. Para conseguir este resultado, após instalado o hardware no reservatório, foi fechado o registro de entrada de água, sendo possível verificar o volume de água consumido após feitas algumas atividades domésticas que necessitam de água para a sua realização. A seguir, na Figura 24, a tela home do experimento *outdoor*.

Figura 24: Gráfico de consumo mostrando o consumo no experimento.



Fonte: autor.

Na Figura 24, pode-se observar que o consumo de água está maior que o abastecimento, apesar de parecer estranho, isso ocorre porque o gráfico foi gerado iniciando a medida com o tanque cheio e só então foi sendo consumido para registrar a medição. Portanto, como nenhuma entrada de água ocorreu durante a aferição, o consumo deve aparecer maior.

Figura 25 - tela home registrada na realização do experimento *outdoor*.

Fonte: autor.

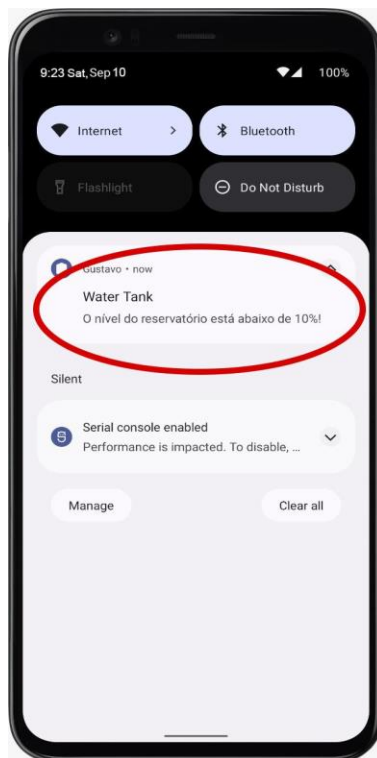
Na Figura 26, observa-se como o Aquaview mostra o consumo semanal do teste *outdoor*, exibindo um intervalo de sete dias logo acima do gráfico, no qual contém uma barra no dia em que o ensaio foi realizado, em uma segunda-feira, mais abaixo os mesmos dados mostrados na aba de consumo diário, pois somente no dia citado foi feita a experiência para registrar o consumo mostrado.

Figura 26 - gráfico de consumo semanal *outdoor*

Fonte: autor

O consumo frequente de água sem a mesma frequência de abastecimento acarreta o esvaziamento do reservatório. Em caso de o volume de água estiver muito baixo, o usuário recebe uma notificação de alerta em seu *smartphone* quando o volume da caixa d'água encontra-se com menos de 10% de sua capacidade total, a notificação é uma mensagem de texto na tela a respeito da baixa quantidade de água no reservatório. A verificação é feita por uma API do Android chamada *Worker*, que funciona em segundo plano verificando se o nível está abaixo de 10% de sua capacidade e enviando a notificação caso esteja. A Figura 27 mostra a notificação na aplicação.

Figura 27 - Notificação do Aquaview para volume crítico de água.



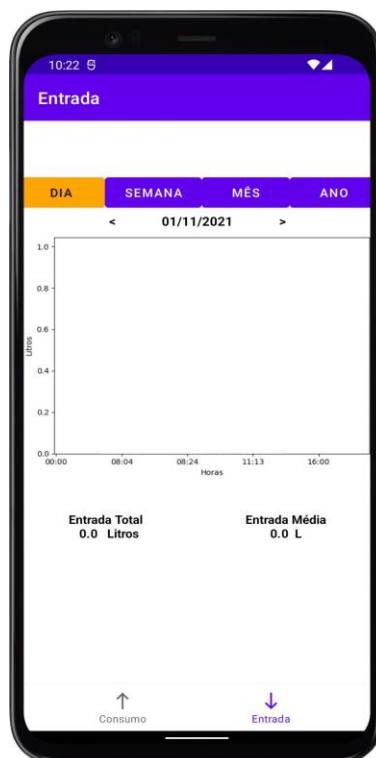
Fonte: autor

Retirando-se continuamente a água sem reabastecimento, é possível observar na Figura 26, o gráfico representando o consumo de água no intervalo analisado. Primeiramente, com o recipiente quase cheio, precisamente com 3,8 litros de água, foi retirado um pouco de água entre os intervalos em que o servidor atualiza os números sobre o volume.

Dessa forma, é possível observar no gráfico visual a retirada de água em cada coleta, diminuindo a quantidade removida a cada nova retirada na medida que o recipiente foi esvaziando, até chegar ao objetivo de deixá-lo com menos de 10% de sua capacidade, disparando assim a notificação de alerta para o usuário, como foi mostrado na Figura 27.

Tendo em vista que o recipiente foi sendo esvaziado gradativamente, sem ser reabastecido, o Aquaview mostrará, na tela que exibe o gráfico de entrada água, o espaço do gráfico de barras completamente vazio, pois nenhuma quantidade de água foi adicionada no mesmo período em que se retirava para deixar o recipiente com menos de 10% de sua capacidade.

Figura 28 - gráfico quando o recipiente não é abastecido

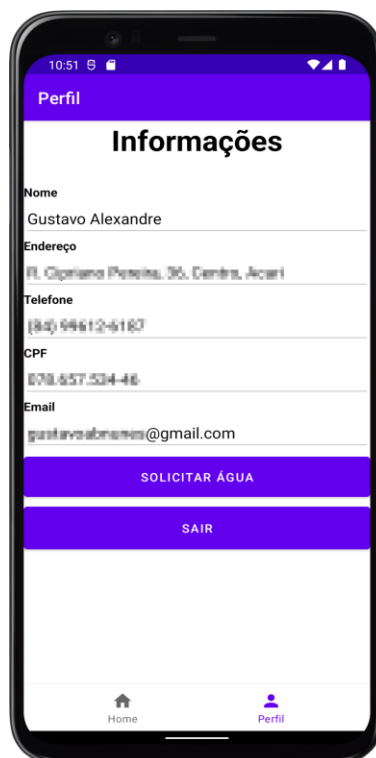


Fonte: autor.

A seguir, na Figura 29 será mostrada a tela de exibição de informações do usuário que está cadastrado, que pode ser acessada através do botão Perfil.

Ao pressionar o botão perfil, já mostrado na imagem da tela *home*, o usuário acessa as informações pessoais contidas no perfil dele, as informações são: nome, endereço, CPF, telefone e email. Logo abaixo das informações há dois botões, um para solicitação de água e outro para sair. Na parte inferior da tela há mais dois botões: *home*, que volta para a tela inicial e o botão perfil que está ativado por estar na tela que ele mostra.

Figura 29 - Informações do usuário.



Fonte: autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo descreve a conclusão do trabalho e as considerações finais.

Este trabalho apresentou uma proposta de automatização do monitoramento de água em reservatórios a ser implementado em uma região de uma cidade localizada em área de clima semiárido, especificamente em Acari, na região seridó do Estado do Rio Grande do Norte.

Para a otimização cotidiana de forma a suportar umidade do ambiente e de chuva, basta substituir o sensor ultrassônico utilizado neste trabalho por um mais robusto e à prova d'água, e uma pequena mudança no algoritmo referente à fórmula de volume do reservatório, mostrada em tópico anterior, adaptada para cada tipo de cisterna, tanque, etc.

Dessa forma, sabendo o nível do volume de água disponível na cisterna, o consumidor tem ciência do que pode ainda gastar, sem esgotar completamente seu recurso hídrico, de forma que isto o auxilie a gerenciar melhor o uso no dia a dia.

Ao analisar os experimentos e as simulações feitas no sistema, observa-se o seguinte comportamento do modelo: O aplicativo acessa o banco de dados e extrai as informações contidas nele referente ao consumo de água em um período de tempo escolhido pelo usuário. Este intervalo de tempo pode ser diário, no qual é possível observar o consumo de um dia; semanal, que verifica o que foi consumido de uma semana; mensal, mostrando o gasto de um mês; e o anual, exibindo o de um ano.

Na medida que a aplicação vai sendo usada um dia após o outro, nota-se a mudança visual do gráfico de barras exibindo o valor consumido diretamente proporcional ao tamanho da barra, quanto maior o gráfico, maior foi o consumo feito no intervalo de tempo selecionado no software.

A cada atualização do servidor, foi acrescentado ou retirado do recipiente, uma quantidade aleatória de água, para verificar o funcionamento correto da aplicação como um todo. O software acessa os dados contidos no servidor, no momento em que está sendo utilizado, ou seja, no momento que o usuário usa o smartphone para saber sobre o nível de sua cisterna, ele pode observar o consumo feito até aquele momento.

O tempo de atualização do servidor é de 90 segundos, o que significa que a cada 90s ele armazena o valor coletado pelo sensor ultrassônico no banco de dados. Este tempo foi escolhido por ser suficiente para retirar ou acrescentar água.

Inicialmente, quando não havia tantas iterações de quanto foi consumido ou acrescentado no recipiente, o gráfico não mostrava nada, pois a quantidade obtida até então não era

considerável o bastante, conseqüentemente não era visível. Após alimentar o banco em dias diferentes, seguidos ou não, o gráfico começa a ficar visível e é possível ver as informações contidas nele no decorrer do tempo.

Dessa forma, também é importante destacar que é surpreendente a realização de um experimento desse tipo em uma residência doméstica, onde geralmente não se tem um conhecimento aprofundado sobre a quantidade de água que é consumida diariamente ou em determinada atividade que necessite de água. Após a realização do teste em escala real, nota-se que atividades diárias simples consomem, a depender do modo, muita água desnecessária. Ao observar esse consumo no decorrer do tempo, acredita-se que é possível conscientizar o usuário do consumo excessivo de água desnecessário.

Como trabalhos futuros sugere-se primeiramente que, no lado servidor, pode ser implementada uma interface para um melhor gerenciamento do administrador. No lado do cliente, pode-se implementar uma solicitação automática quando o reservatório estiver com menos de 10% de sua capacidade total, ou um botão que faz a solicitação, caso a cliente queira após ser alertado do baixo nível de água. O sensor utilizado no experimento pode ser substituído por um mais robusto e à prova d'água, por exemplo o JSN-SR04T.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

80 municípios do RN estão em situação de seca moderada ou fraca, aponta Emparn. G1 RN. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2021/06/25/80-municipios-do-rn-estao-em-situacao-de-seca-moderada-ou-fraca-aponta-emparn.ghtml>>. Acesso em 29 de Mar. 2021.

ABLESON, W. F. et al. **Android em ação.** 3ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier. 2012.

ALMEIDA, Thiago. **Protótipo para recuperação de informação de pragas na cultura soja.** Disponível em: <https://siseve.apps.uepg.br/storage/eaic2018/9_Thiago_Henrique_Teixeira_de_Almeida-153780049337065.pdf>. Acesso em 18 de Jan. de 2022.

AMARO, Girlene. GALVÃO, Maria. MARACAJÁ, Kettrin. O processo de desertificação no município de Acari/RN e as alternativas de permanência para seus munícipes. **REUNIR**, V. 6, n. 1, p. 83-96, Mai./Ago. 2016.

ANDRADE, Ana. O que é Flask? **Treinaweb.** Bela Vista. 2020. Disponível em: <<https://www.treinaweb.com.br/blog/o-que-e-flask>>. Acesso em 20 de Jan. de 2022.

ANDROID STUDIO. **O novo ambiente de desenvolvimento para Android.** Disponível em: <<https://android-studio.br.uptodown.com/windows>>. Acesso em 21 de Jan. de 2022.

BARROS, Lucas. **Aquamed - monitoramento de acumuladores de água.** Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Natal - RN. 2016.

COELHO, Isabela et al. **Caracterização de um Sistema de Abastecimento Público de Água Diante da Escassez Hídrica.** In: 29º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente. Caruaru, 2018.

CURVINA, Yan. 2018. **Controle de nível de líquido em reservatórios utilizando um controlador lógico programável.** Universidade Federal do Maranhão. São Luís MA. 13 de Jul. de 2018.

ESP32. **A feature-rich MCU with integrated Wi-Fi and Bluetooth connectivity for a wide-range of applications.** Disponível em: <<https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>>. Acesso em 29 de Set. 2021.

FERNANDES, Ana Cláudia et al. **Utilização de Águas Pluviais: Uma alternativa para minimizar a Crise Hídrica – Estudo de caso no Instituto Federal do Rio Grande do Norte.** In: VII Congresso de Gestão Ambiental. Campina Grande, 2016.

Fonte: Curto Circuito, 2018. Disponível em: <<https://www.curtocircuito.com.br>>. Acesso em 27/09/2021.

Fonte: Flask <<https://flask.palletsprojects.com/en/2.2.x/>>. Acesso em 11 Dez. 2022.

Fonte: Instituto digital, 2020. Disponível em: <<https://www.institutodigital.com.br/>>. Acesso em: 11 de Jul. de 2020.

Fonte: Portal Makerpro. Disponível em : <<https://makerpro.cc/2019/08/esp32-cam-unboxing/>>. Acesso em 14 Jan. 2022.

Fonte: Portal Nova Escola. Disponível em: <<https://planosdeaula.novaescola.org.br/>>. Acesso em 21 Dez. 2021.

Fonte: Prefeitura de Acari, 2022. Disponível em: <<http://www.acari.rn.gov.br>>. Acesso em 10/01/2022.

Fonte: Server icon. Disponível em: <<https://www.onlinewebfonts.com/icon/569193>>. Acesso em 14 Jan. 2022.

FORTLEV, especificações técnicas de caixa d'água de 500 litros. Disponível em: <https://www.fortlev.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Manual_tecnico_fortlev_caixa_dagua_2020-06-1.pdf>. Acessado em 12 de Ago. 2022.

GAVIOLLI, J. Abastecimento público de água na Região Metropolitana de São Paulo: escassez, demanda e aspectos de saúde pública. 2013. 150 f. Dissertação (Mestrado em Política, Planejamento e Gestão Ambiental) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GONDIM, Joaquim. FIOREZ, Ana. ALVES, Rodrigo. SOUZA, Wesley. **A seca atual no semiárido nordestino - impactos sobre os recursos hídricos.** Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/856/784>. Acesso em 12 de Jul. 2020.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso.** 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Maria, 2009.

História - Seca, fenômeno secular na vida dos nordestinos. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada,** 2009. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=1214:reportagens-materias&Itemid=39>. Acesso em 04 de Mar. 2021.

JAVA. O que é Java? Disponível em: <https://www.java.com/pt-BR/download/help/whatis_java.html>. Acesso em 21 de Jan. de 2022.

LEAL, Adriana. BRANDÃO, Sofia. FRUTUOSO, Maria. CARVALHO, Renata. FILHO, José. **AS VARIEDADES DE CISTERNAS DE PLACAS UTILIZADAS NO SEMIÁRIDO**. Revista Brasileira de Geografia Física. 2016.

LIMA, Ellen. **MÓDULO DE SENSORES PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA COM TRANSMISSÃO SEM FIO UTILIZANDO PLATAFORMA DE PROTOTIPAGEM**. Disponível em: <<http://tede2.uefs.br:8080/handle/tede/863>>. Acesso em 02 de Out. 2021.

MUDUMBE Mduzi John e ABU-MAHFOUZ Adnan M. 2015. **Smart water meter system for user-centric consumption measurement**. Meraka Institute, Council for Scientific and Industrial Research (CSIR) Pretoria, South Africa.

Observatório da escassez hídrica no semiárido aponta melhora relativa nas condições da região. **Agência Nacional de Águas**, 2018. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias/observatorio-da-escassez-hidrica-no-semiarido-aponta-melhora-relativa-nas-condicoes-da-regiao-1>> Acesso em 12 de Jul. 2020.

OLIVEIRA, Isabel. SANTOS, Carlos. RODRIGUES, Marco. **Desenvolvimento de um aplicativo android para monitoramento microcontrolado do nível de um reservatório de água residencial em tempo real**. Universidade Federal de Uberlândia. 13/17 de Out. de 2014.

OLIVEIRA, Sérgio. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. Novatec. 2021.

Relatório da ANA representa a situação das águas no Brasil no contexto de crise hídrica. **Agência Nacional de Águas**, 2017. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias/relatorio-da-ana-apresenta-situacao-das-aguas-do-brasil-no-contexto-de-crise-hidrica>>. Acesso em 12 de Jul. 2020.

SANTOS, Sandro. **Introdução à IoT**. SS Trader Editor. 2018.

SILVA, Janicleide. SILVA, Josyane. Lima, Gustavo. **Controle e monitoramento de nível utilizando arduino uno**. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/gustavolima/producao-cientifica/2014/connepi/artigo>>. Acesso em 12 de Jul. 2020.

SILVA, Jeter. RIBEIRO, Eduardo. LIMA, Vico. HELLER, Leo. **AS SECAS NO JEQUITINHONHA: DEMANDAS, TÉCNICAS E CUSTOS DO ABASTECIMENTO NO SEMIÁRIDO DE MINAS GERAIS**. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2317-15292020000100701&script=sci_arttext>. Acesso em 11 de Jul. 2020.

SILVA, Yuno. **RN está há 2.160 dias em situação de emergência pela seca**. Disponível em: <<http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/rn-esta-ha-2-160-dias-em-situaa-a-o-de-emergencia-pela-seca/458989>>. Acesso em 29 de Set. 2021.

SIXTINAH DSWILAN et al. **Flood monitoring system using ultrasonic sensor SN-SR04T and SIM 900A**. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1876/1/012003/meta>> Acesso em 21 de Out. de 2021

SOUZA, Alzira. ALMEIDA, Felipe. VIANA, Jussara. RIBEIRO, Alfredo. **Aplicação do produto MOD13Q1 do sensor MODIS para o cálculo de área e volume do reservatório de Sobradinho-Bahia-Brasil**. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE. Santos SP. 31 de Mai. de 2017.

SOUZA, Jhonathan. SANTOS, Maria. GUEDES, Matheus. ALMEIDA, Lutiane. **Águas Sobre Rodas: O Uso De Carros-Pipas Como Medida De Resposta À Seca No Seridó Potiguar, Brasil**. Congresso Internacional da diversidade do Semiárido. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conidis/2016/TRABALHO_EV064_MD1_SA5_ID1068_24102016155738.pdf>. Acesso em 29 de Set. 2021.

THOMSEN, Adilson. **Como conectar o sensor ultrassônico HR-SC04 ao Arduino**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/sensor-ultrassonico-hc-sr04-ao-arduino/>>. Acesso em 29 de set. de 2021.

União reconhece situação de emergência pela seca em 147 municípios do RN; em Acari, Gargalheiras está totalmente vazio. G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2018/10/17/uniao-reconhece-situacao-de-emergencia-pela-seca-em-147-municipios-do-rn-em-acari-gargalheiras-esta-totalmente-vazio.ghtml>>. Acesso em 21 de Jan. de 2022.

VIDAL, Vitor. **Sensor ultrassônico HR-SC04 com Arduino**. Disponível em: <<https://blog.eletragate.com/sensor-ultrassonico-hc-sr04-com-arduino/>>. Acesso em 29 de set. 2021.