



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIAS E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DO CONTROLE DE VOLUME DE ÁGUA EM
RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO**

ROBERTO JÚNIOR GONÇALVES DA SILVA

CAMPINA GRANDE

2021

ROBERTO JÚNIOR GONÇALVES DA SILVA

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DO CONTROLE DE VOLUME DE ÁGUA EM
RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Campina Grande –
UFCG, para encerramento do componente
curricular e conclusão da graduação em
Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos

Orientadora: Profa. Dra. Dayse Luna Barbosa
Coorientador: Me. Antônio Leomar Ferreira Soares

CAMPINA GRANDE

2021

ROBERTO JÚNIOR GONÇALVES DA SILVA

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DO CONTROLE DE VOLUME DE ÁGUA EM
RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Campina Grande – UFCG, para encerramento
do componente curricular e conclusão da
graduação em Engenharia Civil.

Aprovado em: _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Dayse Luna Barbosa
Universidade Federal de Campina Grande
Presidente/Orientadora

Me. Antônio Leomar Ferreira Soares
Universidade Federal de Campina Grande
Coorientador

Profa. Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliadora interna

Me. Roberta Lima de Lucena
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliadora externa

RESUMO

O aumento das demandas de água ocorre com o crescimento da população, porém esse recurso é finito. No Nordeste do Brasil a escassez hídrica e longos períodos de estiagem fazem com que seja necessário um gerenciamento eficiente da água. O objetivo desta pesquisa foi o desenvolvimento de um sistema de baixo custo para monitoramento automatizado do volume de água de reservatório, para controle do consumo e gerenciamento do recurso hídrico disponível. A sequência das etapas para atingir o objetivo se deu com a confecção do dispositivo de hardware para medição do volume de água, implementação de um software para monitoramento dos dados, instalação do dispositivo em um dos reservatórios de água da Universidade Federal de Campina Grande – Campus Sede, e por fim análise dos dados obtidos pelo sistema. Este trabalho possibilitou compreender como as ferramentas tecnológicas são significantes para a implementação de um processo de preservação dos recursos hídricos nas regiões semiáridas, além de expor de forma prática o comportamento de um reservatório de água em um prédio público, possibilitando possíveis tomadas de decisão a partir dos dados obtidos através de leituras de forma remota apresentadas na tela de um computador ou celular, utilizando ferramenta simples e de baixo custo. Os resultados obtidos foram satisfatórios, uma vez que o protótipo está em funcionamento desde o início de setembro de 2021 de forma contínua, 24 horas por dia, com valor aproximado de R\$ 156,00, além disso, é possível analisar o consumo da Prefeitura Universitária, que tem um valor diário de aproximadamente 5% do volume do reservatório, que é reabastecido completamente pelo menos uma vez por semana, nunca atingindo níveis inferiores a 90% de sua capacidade.

Palavras-chave: Automação. Gestão da Demanda de Água. Monitoramento de sistemas hídricos.

ABSTRACT

The increase in water demand occurs with population growth, but this resource is finite. In the Northeast of Brazil, water scarcity and long periods of drought make an efficient management of water necessary. The objective of this research was to develop a low-cost system for automated monitoring of the volume of water in a reservoir, to control consumption and manage the available water resource. The sequence of steps to achieve the objective was the making of a hardware device to measure the volume of water, the implementation of a software to monitor the data, the installation of the device in one of the water reservoirs of the Federal University of Campina Grande - Campus Sede, and finally the analysis of the data obtained by the system. This work made it possible to understand how the technological tools are significant for the implementation of a process of preservation of the hydric resources in the semi-arid regions, besides exposing in a practical way the behavior of a water reservoir in a public building, enabling possible decision making from the data obtained through remote readings presented on the screen of a computer or cell phone, using a simple and low-cost tool. The results obtained were satisfactory, since the prototype is in operation since the beginning of September 2021 continuously, 24 hours a day, with an approximate value of R\$ 156.00. Furthermore, it is possible to analyze the consumption of the University Prefecture, which has a daily value of approximately 5% of the reservoir volume, which is completely refilled at least once a week, never reaching levels below 90% of its capacity.

Keywords: Automation. Water Demand Management. Monitoring of water systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da metodologia.....	12
Figura 2 – NodeMCU	13
Figura 3 – Sensor de Distância JSN-SR04T.....	14
Figura 4 - Funcionamento do sensor ultrassônico	14
Figura 5 - Localização da Prefeitura Universitária na UFCG	16
Figura 6 - Reservatório elevado da Prefeitura Universitária – Campus Sede da UFCG.....	17
Figura 7 - Instalação do protótipo no reservatório da PU.....	18
Figura 8 - Volume do reservatório	19
Figura 9 – Ilustração do circuito desenvolvido	20
Figura 10 – Histórico de porcentagens dos volumes do reservatório da PU.....	22
Figura 11 – Volumes do reservatório no dia 06 de setembro de 2021	23
Figura 12 - Volumes do reservatório no dia 07 de setembro de 2021.....	24
Figura 13 - Volume do reservatório - Semana 01	27
Figura 14 - Volume do reservatório - Semana 02	28
Figura 15 – Volume médio diário - Semana 01.....	28
Figura 16 - Volume médio diário - Semana 02	29

LISTA DE QUADRO E TABELAS

Quadro 1 - Categorias da gestão de demanda e exemplos específicos.....	7
Tabela 2 - Valores dos componentes utilizados para montagem do circuito	21
Tabela 3 - Volumes médios diários do reservatório no período de 5 a 11 de setembro de 2021	25
Tabela 4 - Volumes médios diários do reservatório no período de 12 a 18 de setembro de 2021	26

LISTA DE ABREVIATURAS

CAGEPA – Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IOT - Sistemas Inteligentes

UNICEF - Fundo Internacional de Emergência das Nações Unidas para a Infância

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	2
2.1 OBJETIVO GERAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
3.1 CRISE HÍDRICA.....	3
3.2 CRISE HÍDRICA EM CAMPINA GRANDE.....	4
3.3 USO RACIONAL DA ÁGUA.....	5
3.4 GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA (GDA).....	6
3.5 SISTEMAS INTELIGENTES DE IOT.....	8
3.6 AUTOMAÇÃO DE VOLUMES DE ÁGUA.....	9
3.7 ESTUDOS DE CASO NO BRASIL E NO EXTERIOR.....	11
4 METODOLOGIA.....	12
4.1 CONCEPÇÃO DO PROJETO.....	12
4.2 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....	13
4.3 ÁREA DE ESTUDO.....	16
4.4 INSTALAÇÃO DO PROTÓTIPO.....	17
4.5 COLETA E PROCESSAMENTO.....	18
5 RESULTADOS.....	20
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem natural limitado, primordial para existência dos seres vivos, porém escasso. Algumas regiões do Brasil sofrem com a escassez de um recurso necessário para inúmeras atividades do cotidiano, como beber, tomar banho, cozinhar, irrigação, dessedentação animal, indústria, entre outros. A limitação da disponibilidade de água gera impactos enormes na vida do ser humano, afetando fortemente a qualidade de vida do indivíduo.

No Nordeste brasileiro, em especial na região semiárida, a escassez hídrica se deve, dentre outros motivos pela forte estiagem, insuficiência pluviométrica, ou pela ausência de gerenciamento adequado da água disponível, levando ao desperdício. Campina Grande, no Cariri paraibano, ciclicamente sofre com problemas no abastecimento de água. Em 2014 foi necessário o racionamento para evitar o colapso no sistema de abastecimento da cidade, que enfrentava, à época, um ciclo de estiagem iniciado no ano de 2012 e que perdurou até o ano de 2017. Segundo a AESA (2021) atualmente o açude Epitácio Pessoa, responsável pelo suprimento de água da população de Campina Grande-PB, está com 34,9% da capacidade de acumulação.

O desperdício da água está relacionado à falta de conscientização de boa parte da população, que não consegue poupar, e às perdas nos sistemas de abastecimento de água. Uma boa gestão, aliada a ações tecnológicas pode auxiliar no enfrentamento da crise, mitigando ou até mesmo solucionando os problemas hídricos.

Muitas pesquisas estão sendo realizadas no sentido de desenvolver projetos de automação, com auxílio da tecnologia, para melhor gerir a água. Esse avanço representa esperança em superar um dos maiores problemas enfrentados na atualidade, que é a escassez hídrica e a carência de gerenciamento.

Esta pesquisa desenvolveu um sistema automatizado, de baixo custo, para medição contínua do volume de água em reservatório. O dispositivo automatizado elimina a necessidade de monitoramento presencial, possibilita traçar o perfil de consumo diário, identifica consumos anormais como perdas de água por infiltrações, e proporciona auxílio na tomada de decisões, evitando problemas inesperados, visto os históricos de longos períodos de estiagem e de racionamento ocorridos na cidade.

O local escolhido para aplicação dessa pesquisa é o reservatório de água na Prefeitura da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Sede.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sistema para realizar o monitoramento automatizado do nível de água de reservatório, para o controle de irregularidades, diminuição de perdas físicas e auxílio ao gestor na tomada de decisões.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver um dispositivo de hardware para medição do volume de água;
- Desenvolver um software para monitoramento dos dados;
- Analisar os dados obtidos pelo sistema no reservatório da Prefeitura do Campus Sede da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG);

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CRISE HÍDRICA

Recorrente em todo o planeta, a crise hídrica é um problema que vem sendo enfrentado no Brasil já há muito tempo. Os estados do Nordeste e Sudeste são os que mais ganharam destaque negativo na última década com relação ao desabastecimento. Em São Paulo, segundo Marengo (2015), o crescimento exponencial da demanda de água aliado à baixa pluviometria registrada entre 2014 e 2015, bem como a má gerência dos recursos hídricos por falta de planejamento, culminou numa das maiores secas vivenciadas na história da região metropolitana paulista.

Neste período, o sistema Cantareira, responsável pelo abastecimento da grande São Paulo, chegou a atingir 8,2% de sua capacidade em maio de 2014, segundo Cavalcanti (2018), quando o “volume morto” foi utilizado pela primeira vez (elevando o nível para 26,7%). Porém, a crise persistiu durante o ano de 2014, e no mês de outubro o sistema chegou a registrar apenas 3% de seu volume total, quando foi necessário entrar em operação um segundo “volume morto”, chamado de “reserva técnica”.

A região Nordeste é conhecida pela sua escassez hídrica, causada principalmente pela ausência ou baixa frequência e intensidade de chuvas, principalmente na região semiárida, caracterizada por ser hidricamente vulnerável. Essa escassez, quando ocorre por um período prolongado, é conhecida como seca. Para Silva *et al.* (2013), pelo fato de os impactos da semiaridez apresentarem um quadro de risco para a população, considera-se a seca como um desastre natural.

Para tentar contornar os impactos causados pela seca, os moradores de zonas rurais das regiões prejudicadas pela baixa pluviosidade recorrem à construção de pequenos açudes ou barragens, que são abastecidos pelas poucas chuvas, e fornecem água durante alguns meses do ano para a população próxima. Outra forma de armazenar água da chuva são as cisternas, com capacidade menor que os açudes, geralmente atendem apenas uma família.

No ano de 2012 foi iniciado um novo ciclo de estiagem, que perdurou até o ano de 2017, quando o Nordeste enfrentou uma de suas piores secas na história, com baixos índices pluviométricos e em conjunto o aumento na demanda do consumo hídrico por parte da população e da indústria. Na Paraíba, segundo o IBGE, devido ao clima seco e a estiagem, houve uma grande redução no consumo de água no estado, onde o racionamento chegou a atingir 71% dos municípios no ano de 2017.

Segundo Silva *et al.* (2013) a falta de uma infraestrutura voltada ao convívio com as secas na região semiárida é uma das principais fontes de risco, pois, aliadas à ausência de políticas públicas, acentuam a vulnerabilidade da região.

Galvão *et al.* (2002) afirma que são os mananciais superficiais que alimentam praticamente todas as redes de abastecimento urbano de água. Com isso, a oferta hídrica para abastecimento depende das precipitações nas bacias dos mananciais, para que os reservatórios sejam reabastecidos.

3.2 CRISE HÍDRICA EM CAMPINA GRANDE

Situada no semiárido nordestino, Campina Grande, na Paraíba, é uma das maiores cidades do interior do Nordeste, com cerca de 411.807 habitantes (IBGE, 2020), segunda maior população do estado. “Constitui um polo econômico e educacional de destaque na região Nordeste brasileira” (DEL GRANDE *et al.*, 2016). Por ser uma região semiárida, a principal fonte de riscos é a falta de infraestrutura de convivência da população com a seca.

Atualmente, Campina é abastecida pelo açude Epitácio Pessoa, conhecido como Boqueirão estando situado na zona rural do município de mesmo nome. “Por estar localizado numa região de clima quente e seco, o reservatório é bastante vulnerável às mudanças climáticas e aos impactos antropogênicos” (LUCENA, 2018).

O ciclo de escassez hídrica de 2012 a 2017 atingiu também o açude Boqueirão, que passou pela sua pior seca desde a sua construção, chegando ao volume mínimo histórico de menos de 3% de seu volume total, segundo Lucena (2018). Para De Souza e Meneses (2019) essa crise iniciada em 2012 fez a população refletir mais sobre a forma de consumo dos recursos hídricos, citando como exemplo a falsa ideia que a água, escassa, era um bem infinito.

Por ser uma cidade central, com uma população crescente, e situada numa região de escassez hídrica (DEL GRANDE *et al.*, 2016), Campina Grande possui uma demanda cada vez maior no abastecimento de água, o que se torna um enorme desafio para a população e para os governantes (DE SOUZA & MENESES, 2019).

Considerando a situação da seca e com o iminente colapso do açude Epitácio Pessoa, não houve outra opção, senão iniciar o racionamento de água na cidade.

Em dezembro de 2014, foi decretado pela CAGEPA o racionamento do abastecimento de água para Campina Grande e demais localidades, por meio da suspensão total do fornecimento durante 36 horas por semana. Em junho de 2015 este período de corte do fornecimento foi estendido para 60 horas semanais (RÊGO *et al.*, 2017).

O que evitou o colapso do açude de Boqueirão, e o consequente desabastecimento de toda região de Campina Grande foi a chegada das águas da transposição do Rio São Francisco, que mesmo não representando a execução de uma medida salvadora, se fez necessária como única alternativa ao desastre, mesmo com a sua operação em condições precárias de obra inacabada, (REGO *et al.*, 2017).

Para De Souza e Meneses (2019) a escassez de recursos hídricos expõe, além do campo natural, questões ligadas a práticas e costumes por parte da sociedade como um todo, como pode ser observado na forma com que a água é mal utilizada por boa parte da população.

3.3 USO RACIONAL DA ÁGUA

Os recursos hídricos representam um elemento primordial para garantir o desenvolvimento de uma região, sendo assim, as pessoas, as indústrias e as entidades públicas precisam utilizar esse bem de maneira racional, para que as gerações futuras possam desfrutar deste bem e assim ter qualidade de vida.

O uso racional da água diz respeito as mais diversas atividades antrópicas e por isso possui caráter interdisciplinar. Pensar o uso da água significa identificar a oferta deste recurso, e então delimitar as prioridades e formas do seu uso e aplicação, garantindo a quantidade e qualidade deste bem na “devolução à natureza”, possibilitando a manutenção do seu ciclo e, conseqüentemente, a conservação da sua oferta (JÚNIOR, *et al*, 2013).

Devido ao crescimento populacional das últimas décadas no país, estudiosos no assunto buscam alternativas para uma distribuição hídrica consciente, mas que não comprometa o acesso ao bem no presente, umas das alternativas viáveis seria a utilização de técnicas voltadas para a reutilização.

A água é o insumo mais necessário para o desenvolvimento socioeconômico das nações, sendo o principal bem a ser considerado no desenvolvimento sustentável e na saúde do meio ambiente. O aumento rápido da população urbana e da industrialização estão acarretando em graves problemas aos recursos hídricos e a capacidade de proteção ambiental de muitas cidades. Apesar de que o Brasil tenha um dos maiores patrimônios hídricos do planeta, o Reuso de águas tem se tornado imprescindível, principalmente nos grandes centros urbanos, sendo que a demanda é limitada pela poluição. A composição sustentável procura a interação entre o ser humano e o meio ambiente, assim terá como resultado uma considerável diminuição na degradação de ambos. (ANDRÉ, 2021).

As campanhas de conscientização são significativas para prevenir a falta de água no semiárido, pois infelizmente parte da população não faz uso correto dos recursos hídricos e este contexto pode levar a região a inúmeros problemas neste sentido.

Atualmente, um dos principais desafios enfrentados pela Ciência e Tecnologia para conservação e uso racional da água no semiárido brasileiro, encontra-se na falta de informação da população em geral, especialmente da população mais jovem e que frequentam as mais diversas escolas de ensino básico, fundamental e médio espalhadas pela região. De acordo com o estudo *Crianças e Adolescentes no Semiárido Brasileiro, 2003*, realizado pelo UNICEF (2003), mais de 390 mil adolescentes que residem no SAB são analfabetos; uma a cada seis crianças de 10 a 15 anos trabalha; cerca de 350 mil crianças e adolescentes, entre 10 e 14 anos, estão fora da escola e 75% das famílias vivem com renda per capita de menos de ½ salário mínimo (JÚNIOR *et al*, 2013).

Portanto, o uso racional da água parte de ações de conscientização da população, que precisa ter consciência que os recursos hídricos não são infinitos, e que podem faltar caso não seja utilizado de forma responsável, principalmente em uma região como o Semiárido.

Buscando atender isso, surgiu o conceito de Gestão da Demanda de Água (GDA), como uma nova alternativa ao sistema de gestão utilizado até então, ou seja, a GDA considera a água como um recurso finito, buscando um aprimoramento na forma como este recurso é utilizado, gerindo de forma eficiente e racional.

3.4 GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA (GDA)

Com a escassez hídrica buscou-se soluções para que se pudesse suprir essa falta do recurso. O primeiro passo para se manter numa situação de crise hídrica é realizar a conservação da água. A conservação é o meio mais econômico e eficiente, para atravessar a escassez, pois, construir obras hidráulicas a fim de armazenar águas pode não ser viável economicamente e inconcebível, ambientalmente falando. As medidas que são voltadas a reduzir o consumo final dos usuários, são medidas de gestão de demanda. Essas medidas são executadas de tal forma que não interfiram no conforto e higiene dos que usam os recursos. A mudança de hábitos é um dos principais fatores que causam a redução no consumo de água.

A Gestão de Demanda de Água pode ser vista por várias perspectivas, desde a individual, que envolve o uso particular da água, em que a Gestão da Demanda é simplesmente uma questão de efetiva redução de custos, ou seja, a economia de água trará um retorno que compensará o investimento; até o coletivo que abrange o uso da sociedade como um todo, em

que são necessárias regras de manejo que possibilitem uma compatibilidade entre oferta e demanda (STUDART & CAMPOS, 2013).

Para se alcançar a efetiva Gestão de Demanda de Água, faz-se necessária a adoção de diferentes ações para se otimizar o uso da água, desde aquelas de cunho legal até as de caráter econômico, tecnológico ou educacional, com a sua seleção dependendo das características geográficas, climáticas, econômicas e culturais de cada local ou região (FAO, 2001).

Segundo BRANDES & FERGUSON (2003), pode-se dividir a GDA em três categorias, como é apresentado No Quadro 1.

Quadro 1 - Categorias da gestão de demanda e exemplos específicos

Categoria	Exemplos de GDA
Estratégias Sociopolíticas	<ul style="list-style-type: none"> • Educação de informação • Política da água • Direitos de uso da água • Restrições de uso da água • Resoluções e Leis
Estratégias Econômicas	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos para o uso de mictórios/bacias sanitárias, chuveiros e torneiras mais eficientes ou equipamentos poupadores • Redução de taxas ao reduzir o consumo • Multas para alto consumo • Estruturas de preços: taxas sazonais que variam de acordo com a disponibilidade de cada estação, taxas de pico que variam de acordo com o horário
Estratégias estruturais/operacionais	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores de umidade do solo • Temporizadores de rega • Irrigação eficiente • Monitoramento • Tecnologia eficiente: Sanitários com descarga dupla, Torneiras de baixo fluxo, Aparelhos eficientes (máquinas de lavar louça /roupa) • Reciclagem e reuso

Fonte: adaptado de Brandes e Ferguson (2003).

Ainda de acordo com BRANDES & FERGUSON (2003), experiências nos Estados Unidos e no Canadá tem mostrado que a gestão de demanda pode ser muito efetiva quando se trata de recursos hídricos. Nos EUA, o Distrito Metropolitano das Águas do Sul da Califórnia (MWD, sigla em inglês) é o maior fornecedor de água tratada do país e reduziu o consumo em 16%, mesmo havendo um aumento de 16% na população. Na cidade de Nova York, foi economizado bilhões de dólares com a aplicação de gestão e conservação inteligente da água, em 2001 o consumo total de água foi 25% abaixo do valor consumido em 1979.

3.5 SISTEMAS INTELIGENTES DE IOT

Os Sistemas Inteligentes de IOT, através de seu conjunto de tecnologias, podem ser amplamente utilizados para o uso racional de recursos hídricos, uma vez que oferecem a possibilidade de contornar algum eventual problema de desperdício.

De acordo com Santos et al. (2016), Internet of Things (IoT)¹ pode ser vista como a combinação de diversas tecnologias, as quais são complementares no sentido de viabilizar a integração dos objetos no ambiente físico ao mundo virtual (LEAL, 2019).

Estas tecnologias são utilizadas para evitar o uso inadequado da água em ambientes urbanos, uma vez que diminuem a possibilidade de algum eventual desperdício.

Ambientes residenciais podem ser automatizados com o uso da Internet das Coisas, o que permite que várias tarefas sejam colocadas em computadores. Uma dessas tarefas é a verificação de consumo de água de uma residência. Gastos exagerados ou vazamentos podem ocorrer em uma casa, e esses problemas podem passar despercebidos por muito tempo (CÔRTEZ, 2020).

É importante frisar que a utilização desses sistemas inteligentes não representa um processo simples, por isso é necessário a utilização de técnicos aptos para a instalação, manuseio e alguma eventual manutenção.

Para se ter uma IoT, são necessários objetos inteligentes conectados, em que os 'objetos' (coisas) devem ser projetados com hardwares embutidos, e o termo 'inteligentes', por sua vez, exige uma programação de softwares com instruções para os hardwares, de modo que ofereça a inteligência aos objetos; por fim, 'conectados', utilizando-se de arquiteturas e modelos de comunicação para interagir entre outros objetos através da internet. Por exemplo, os objetos inteligentes podem ser lixeiras programadas para notificar através da rede se precisam ser coletadas ou não (LEAL, 2019).

Deste modo, avalia-se a utilização do IoT como um processo importante para evitar o uso irracional da água, além de impedir algum caso de desperdício de recursos hídricos em diversos ambientes, seja o urbano ou até mesmo o rural.

Portanto, representa uma importante ferramenta para que água seja utilizada da melhor forma possível e que na qualidade de recurso finito, possa ter seu uso racionalizado por toda a sociedade.

3.6 AUTOMAÇÃO DE VOLUMES DE ÁGUA

É importante frisar que o desperdício de recursos hídricos representa um dos principais problemas encontrados em um sistema de abastecimento, neste sentido o sistema de automação tem como finalidade resolver essa questão, além de gerar dados para um melhor planejamento de uso das águas.

As perdas de água são o principal vilão em um sistema de abastecimento, e aproveitar qualquer recurso ou ação para combatê-la é essencial. O sistema de automação é uma das principais ferramentas, com seu poder de controle em tempo real e geração de dados que possibilitem uma análise e uma operação mais eficiente (BRANDÃO *et.al*, 2014).

Deste modo, uma das maneiras mais relevantes para o controle de desperdício de recursos hídricos, é o controle da pressão hidrostática através dos sistemas de automação, pois representam um equilíbrio dos níveis relativos aos pontos mais e menos profundos de uma massa líquida.

A pressão hidrostática (p) pode ser definida como a diferença entre as pressões em dois pontos considerados no seio de um líquido em equilíbrio (pressão no ponto mais profundo $p(a)$ e no ponto menos profundo $p(b)$) que é igual ao produto da massa específica do líquido (d) pelo módulo da aceleração da gravidade do local (gh), pela diferença entre as profundidades consideradas, conforme a Equação 1: $p(a) - p(b) = dgh$ (BRANDÃO *et. al*, 2014).

Neste sentido, os sistemas de subirrigação representam uma tecnologia eficaz para reduzir o fluxo de água com elementos químicos em viveiros e hortas, sendo assim, os recursos hídricos utilizados neste processo podem ser reutilizados posteriormente.

A subirrigação é uma tecnologia eficaz para reduzir o uso e o escoamento de água com fertilizantes e pesticidas em viveiros e estufas, por ser um sistema de irrigação fechado, formado por bandejas plásticas (chamado sistema ebb-and-flow) ou pisos de concreto (flood-floor), reservatório de água e conjunto moto-bomba. O fornecimento de solução nutritiva ocorre na parte inferior dos recipientes de cultivo (vasos ou bandejas), onde o princípio da capilaridade

permite que a água e nutrientes se movimentem verticalmente no substrato. Quando a irrigação é finalizada, a água é drenada ao reservatório para posterior reutilização (FERRAREZL *et al*, 2012).

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP implantou um projeto em 2018 que visa monitorar de forma diária o consumo de água de 500 clientes, dentre os consumidores estão condomínios, residências, indústrias e shoppings. Para esse projeto a SABESP utilizou hidrômetros ultrassônicos, utilizando redes de baixo custo voltada para o IoT.

Segundo o Telecom Webinar, os hidrômetros transmitem duas vezes ao dia para a rede da SABESP o consumo acumulado até o momento, através de sensores implantados. Com isso é possível fazer análises estatísticas utilizando os dados obtidos pelos sensores, permitindo aos consumidores detectar e reparar, com facilidade, prováveis problemas no sistema, através do comportamento do consumo.

Os sistemas de automação são importantes aliados para quem deseja evitar a má utilização de recursos hídricos em um determinado ambiente, uma vez que evitam desperdício e possíveis contaminações de águas.

Na atualidade, os sistemas inteligentes de abastecimento de água se fazem necessários em nosso país, uma vez que sua utilização pode trazer inúmeras vantagens para os consumidores, se forem bem executados.

Nos últimos anos tem-se assistido a um reconhecimento generalizado de que os sistemas de abastecimento de água para consumo humano, além de terem de satisfazer os requisitos legais, devem apresentar níveis de desempenho que mereçam a confiança dos consumidores na qualidade da água que lhes é fornecida (MARTINS, 2014).

Além disso, a utilização consciente de água se tornou algo de suma importância na sociedade, pois os recursos hídricos, representam itens de primeira necessidade e não são infinitos.

A água que se consome nas torneiras deixou de ser apenas uma preocupação de saúde pública e passou a ser considerada um produto alimentar de primeira necessidade, pelo que importa garantir a sua elevada qualidade e excelência (MARTINS, 2014).

A gestão de água para consumo humano representa um conjunto de procedimentos técnicos, que visam oferecer ao consumidor final um produto capaz de sanar suas necessidades mais básicas.

Além disso, em relação às técnicas de Sistemas Inteligentes duas delas se destacam, em função da crescente utilização na modelagem da qualidade da água: as Redes Neurais Artificiais e a Lógica Fuzzy (Sistemas Difusos). Merece destaque, também, a combinação entre estas duas

técnicas, um sistema híbrido denominado de Neuro-Fuzzy. Inseridos nesta abordagem, a disponibilidade de estratégias utilizando essas técnicas torna-se imprescindível como ferramenta para monitoramento e controle da qualidade dos recursos hídricos (GARCIA, 2012).

3.7 ESTUDO DE CASO NO BRASIL E NO EXTERIOR

Vários estudos foram desenvolvidos utilizando IoT para desenvolvimento de sistemas inteligentes de automação com relação ao uso da água. Para Barbosa (2017), será possível que empresas gestoras de sistemas de abastecimento de água obtenham dados que podem ser analisados e processados em tempo real, através da incorporação de novas tecnologias, como a Internet das Coisas, minimizando consideravelmente os custos operacionais.

Assis (2012) implantou um sistema de automação utilizando Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) para controlar algumas etapas do sistema de abastecimento da cidade de Dois Irmãos (RS) que é abastecida pela CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento), dentre elas o acionamento da bomba de recalque na captação da barragem, indicação do nível de água de reservatórios, além de estações de bombeamento e tratamento de água.

Brasil (2018) desenvolveu um sistema de controle para aproveitamento de águas pluviais não potáveis, que consiste na captação e armazenamento de água proveniente da chuva, para posterior distribuição e utilização em descargas sanitárias e irrigação. Brasil utilizou microcontrolador e sensores para automatizar o recebimento da água da chuva através de calhas e distribuição da água através de motobomba.

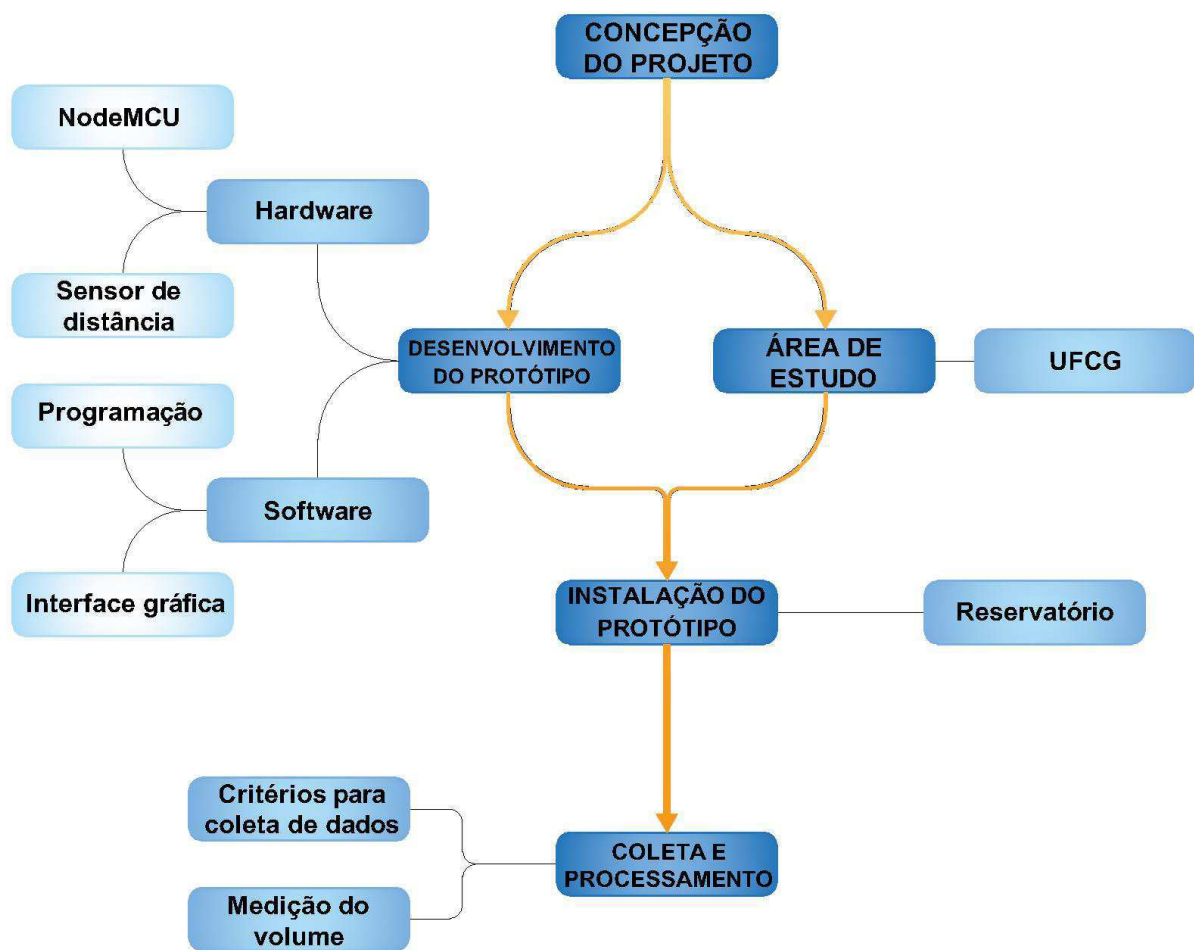
A automação da utilização da água vai muito além da simples detecção de vazamentos no sistema. A CEpro, revista norte americana de tecnologia citou como uma das principais tendências para o ano de 2020 nos Estados Unidos a automação do uso da água, através de sistema inteligente de *Smart Homes*, como por exemplo purificadores e filtros de água inteligentes e automatizados, paredes de plantas vivas e jardins de água controláveis, sistemas de irrigação e *sprinkles* automatizados, entre outros.

Segundo a revista, os norte americanos não estão apenas criando novas sistemas, o objetivo é também aprimorar tudo que já foi desenvolvido até hoje com relação à automação de sistemas de água, com isso surge a cada dia novas atualizações de dispositivos que detectam vazamentos no sistema, válvulas que desligam automaticamente a passagem de água, e várias outros dispositivos do gênero.

4 METODOLOGIA

O procedimento metodológico desse projeto é dividido em algumas etapas, desde a concepção do projeto até a coleta e análise dos dados obtidos. O procedimento segue um fluxograma simples de execução de tarefas, porém, cada etapa é importante para que ao final do estudo seja obtido êxito na observação dos dados. Na Figura 1 pode ser observado o fluxograma que esquematiza a sequência metodológica de execução.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia



Fonte: O Autor, 2021.

4.1 CONCEPÇÃO DO PROJETO

O medidor de volume de reservatório foi pensado para atuar na visualização e gerenciamento dos recursos hídricos disponíveis em determinado reservatório, principalmente

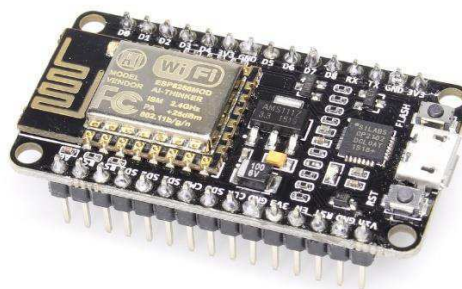
reservatórios elevados, que apresentam certa dificuldade para se fazer um gerenciamento manual dos seus níveis de água. Com um medidor inteligente, esse trabalho de verificação pode ser automatizado com um sistema simples, de baixo custo relativo, sendo possível através do protótipo, ter uma rápida tomada de decisão com relação a como gerir os recursos disponíveis, ou até mesmo automatizar a tomada de decisão, integrando o medidor a algum tipo de sistema inteligente de gerenciamento.

4.1 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Para desenvolver o protótipo de medidor de volume de reservatório é necessário dividir a etapa em duas partes: *hardware e software*. A parte de hardware compreende os componentes físicos do protótipo, que são: a placa NodeMCU e o sensor de distância, além de alguns outros componentes periféricos, com fonte de energia, cabos e display LCD, que ajuda na visualização de algumas informações no momento da instalação.

O NodeMCU, Figura 2, é uma placa de prototipagem que possui *wifi* integrado, capaz de receber informações de sensores externos, através de portas analógicas e digitais, e processar esses dados, de acordo com a necessidade do usuário.

Figura 2 – NodeMCU



Fonte: <https://www.amazon.com> (2021).

Para fazer a leitura dos dados é utilizado o sensor de distância, chamado de sensor ultrassônico, modelo JSN-SR04T, Figura 3.

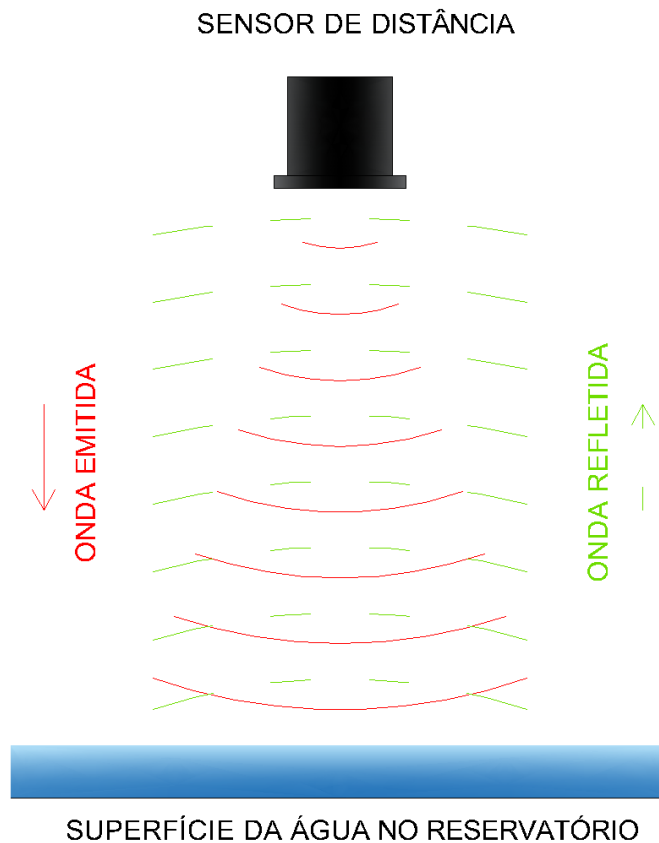
Figura 3 – Sensor de Distância JSN-SR04T



Fonte: SnapEDA, 2021.

Este sensor funciona enviando uma onda de som até o objeto medido, e recebe essa onda refletida pelo objeto, o valor do tempo, em microssegundos, que o som demora para atingir o objeto e voltar para o sensor é enviado para a placa, que faz a conversão desse tempo em distância, através do *software* programado. O funcionamento pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Funcionamento do sensor ultrassônico



Fonte: O Autor, 2021.

O *software* é a parte lógica do protótipo e através dele as informações são recebidas, processadas e armazenadas. Por meio do *software*, é possível desenvolver projetos, desde o mais simples até o mais complexo, desde que o usuário tenha conhecimento suficiente em programação na linguagem utilizada pelo NodeMCU. Essa programação é desenvolvida dentro do ambiente do IDE Arduino, que é o ambiente da plataforma Arduino, uma outra linha de placas de prototipagem, mas que integra o NodeMCU.

Existem algumas diferenças entre as placas Arduino e ESP (a qual o NodeMCU faz parte), a principal delas é o microcontrolador, que é o responsável por receber a programação desenvolvida, e executar os comandos solicitados. Além disso, as placas Arduino não possuem um módulo *wifi* integrado a ela, como o NodeMCU, o que acabaria por encarecer esse projeto se fosse escolhido como plataforma para o estudo.

Por ser uma das placas de prototipagem mais disseminadas no mundo, o Arduino possui um ambiente mais amigável ao programador, com mais atualizações e facilidade, principalmente na linguagem de programação, que é compatível com as placas ESP, por isso sua IDE foi utilizada para desenvolver o projeto.

A página do ambiente do Arduino IDE possui uma estrutura inicial, com o *setup*, que inicializa um projeto, e o *loop*, que geralmente contém o código principal do programa, além de vários exemplos de *sketches*, com são chamados os códigos de programação dos projetos do Arduino, prontos para uso ou para modificações necessárias à utilização do usuário.

Os dados obtidos pelo protótipo precisam ser possíveis de acessar remotamente, para isso é utilizado o site da Adafruit, que disponibiliza uma plataforma *Cloud Service* (armazenamento em nuvem) de IoT (*Internet of Things*, ou Internet das Coisas) para os usuários enviarem e armazenarem os dados obtidos em projetos.

A Adafruit é uma grande empresa americana da área de eletrônicos e embarcados, fundada em 2005 por Limor Fried, fabrica hardwares e vários componentes eletrônicos, e por necessidade desenvolveu o Adafruit IO, para poder enviar e armazenar dados na nuvem.

Para este projeto, será enviado apenas o valor do volume de água do reservatório, em porcentagem. O Adafruit IO permite que até 30 dados sejam enviados por minuto para o site, porém, para esse projeto não será necessário fazer tantas leituras. Os dados recebidos são organizados em uma tabela no site, com data e hora de recebimento.

4.3 ÁREA DE ESTUDO

O protótipo foi instalado no reservatório de água do bloco da Prefeitura Universitária (PU) do Campus Sede da UFCG, como mostra a localização na Figura 5. A Prefeitura possui uma área de 283,45 m² e segundo o próprio site, suas atribuições predominantes são a orientação, a coordenação, a supervisão e a fiscalização de assuntos concernentes à infraestrutura da universidade, além da proposição de diretrizes ligadas a esses assuntos. O valor estimado de consumo é de aproximadamente 33,80 L/hab.dia, segundo Gomes (2013), sendo assim, para uma população de 28 pessoas na Prefeitura Universitária o valor total é de 946,40 L/hab.dia.

Figura 5 - Localização da Prefeitura Universitária na UFCG



Fonte: www.ufcg.edu.br, 2021

O protótipo foi instalado no reservatório elevado externo ao bloco da Prefeitura (Figura 6), que possui capacidade volumétrica aproximada de 11.430 L. As dimensões do reservatório são 2,64x2,64x1,64 m. Apesar do período pandêmico vivido de março de 2020 até o momento, a PU ainda conta com um intenso fluxo de pessoal, mantendo o consumo médio de água para um ambiente público, pois é responsável pela limpeza, manutenção e pleno funcionamento da universidade. Logo, durante a pandemia houve a necessidade de a maioria dos funcionários se manterem trabalhando no campus. Com isso foi possível analisar o comportamento do volume do reservatório durante um período de tempo (5 a 18 de setembro de 2021).

Figura 6 - Reservatório elevado da Prefeitura Universitária – Campus Sede da UFCG



Fonte: O Autor, 2021

4.4 INSTALAÇÃO DO PROTÓTIPO

Depois de concluídas as fases de montagem e programação do protótipo, realizou-se a instalação no reservatório. Para isso, a placa foi colocada dentro de uma caixa hermética, para evitar a umidade, assim como o sensor, que fica apontado na direção da lâmina de água.

A Figura 7 mostra o protótipo instalado, observa-se que a caixa foi fixada por um suporte, posicionado na parte superior do reservatório, próximo à tampa de inspeção, para facilitar a instalação e futuras manutenções. Para a instalação foi necessário um ponto de tomada, para que o NodeMCU fosse ligado na energia através da fonte de 5v e um ponto de *wifi* próximo, para que a placa se conectasse à internet e pudesse enviar os dados obtidos.

Figura 7 - Instalação do protótipo no reservatório da PU



Fonte: O Autor, 2021

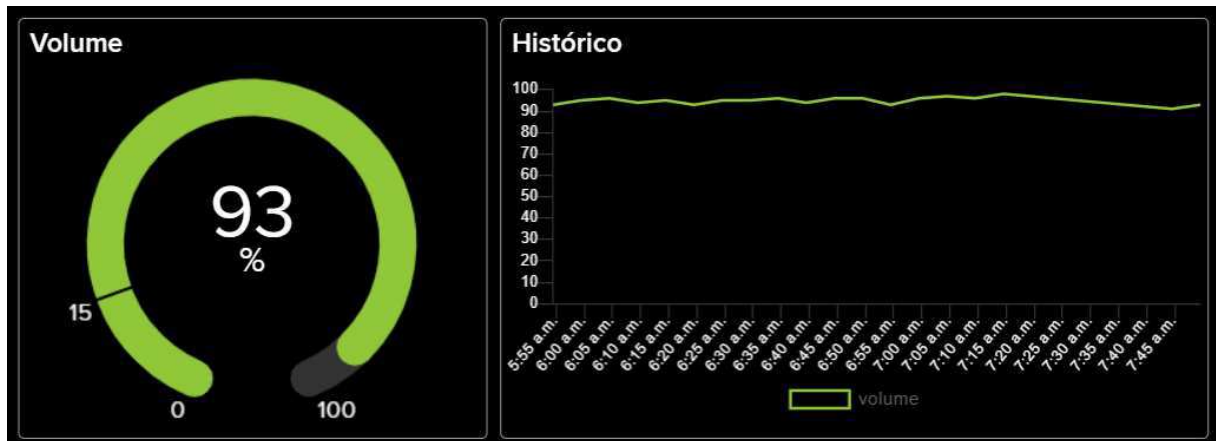
4.5 COLETA E PROCESSAMENTO

Por ser um dispositivo de baixo custo, o protótipo pode apresentar algumas imprecisões nas leituras, sendo assim, se faz necessário um processamento dos dados coletados através de *software*. Para esse projeto foram utilizadas funções na programação, para obter o desvio padrão da média, e descartar os valores discrepantes. Esses valores podem ser oriundos de falha na leitura por parte do sensor ou algo que tenha atravessado a frente do sensor enquanto o sinal sonoro estava sendo emitido.

Após os dados serem tratados, a informação do volume é enviada para nuvem do Adafruit IO, onde é gerado um gráfico de porcentagem do volume do reservatório em função

do tempo, como mostra a Figura 8. Passando o cursor do mouse pelo gráfico é possível visualizar a data, a hora e o volume lido.

Figura 8 - Volume do reservatório



Fonte: O Autor, 2021

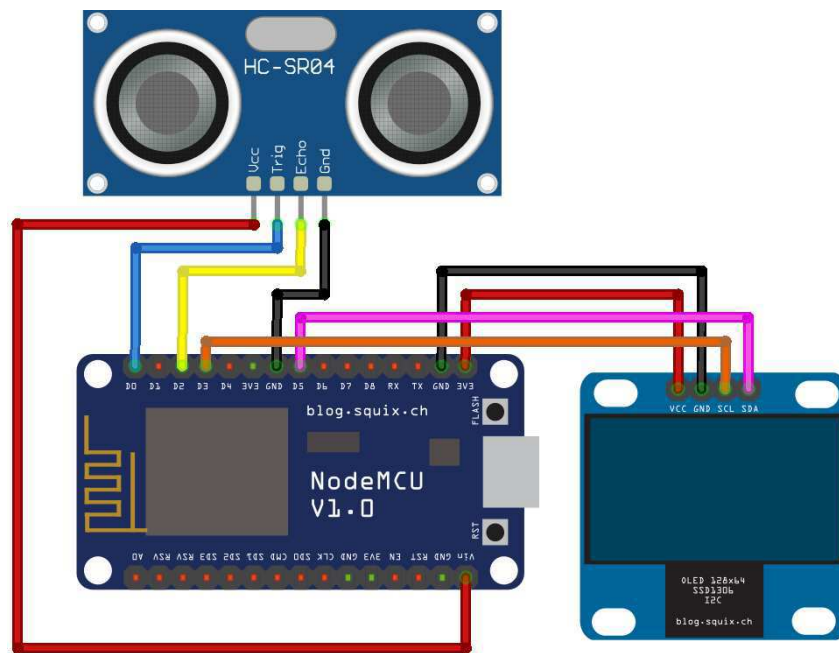
5 RESULTADOS

O projeto possui uma grande simplicidade na concepção, montagem e gerenciamento, além dos benefícios proporcionados pelo medidor inteligente, como a possibilidade de observar remotamente o volume de água do reservatório, além de futuras expansões de processamento de dados apenas com a modificação na programação.

Tudo isso com um custo relativamente baixo (R\$ 116,50 – Tabela 1), se comparados com equipamentos semelhantes disponíveis no mercado, com valores próximos de R\$ 700,00 (pesquisas em sites diversos – medidor de nível de caixa d'água).

O circuito montado pode ser observado na Figura 9, são dois componentes principais, NodeMCU, o “cérebro” do protótipo, e o Sensor Ultrassônico, além do Display Oled, responsável por auxiliar na instalação do medidor de volume, possibilitando a visualização *in loco* dos dados obtidos pelo sensor e processados pelo NodeMCU.

Figura 9 – Ilustração do circuito desenvolvido



Fonte: O Autor, 2021.

O pino *Trig* (recebe um pulso elétrico e envia um pulso sonoro) do sensor JSN-SR04T é ligado na porta digital D0 do NodeMCU, o pino *Echo* (recebe o retorno do pulso sonoro e envia o dado com o tempo que o pulso demorou até voltar ao sensor) é ligado na porta digital D2, o sensor também é conectado na alimentação de 5 volts da placa e no pino GND (terra). Já o display Oled também é conectado no pino GND, porém é alimentado por uma tensão menor,

de 3,3 volts, os pinos SDA e SCL do display, responsáveis pela transmissão de dados entre placas, são conectados respectivamente nas portas D5 e D3 do NodeMCU.

Os preços de cada componente relevante utilizado no protótipo podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores dos componentes utilizados para montagem do circuito

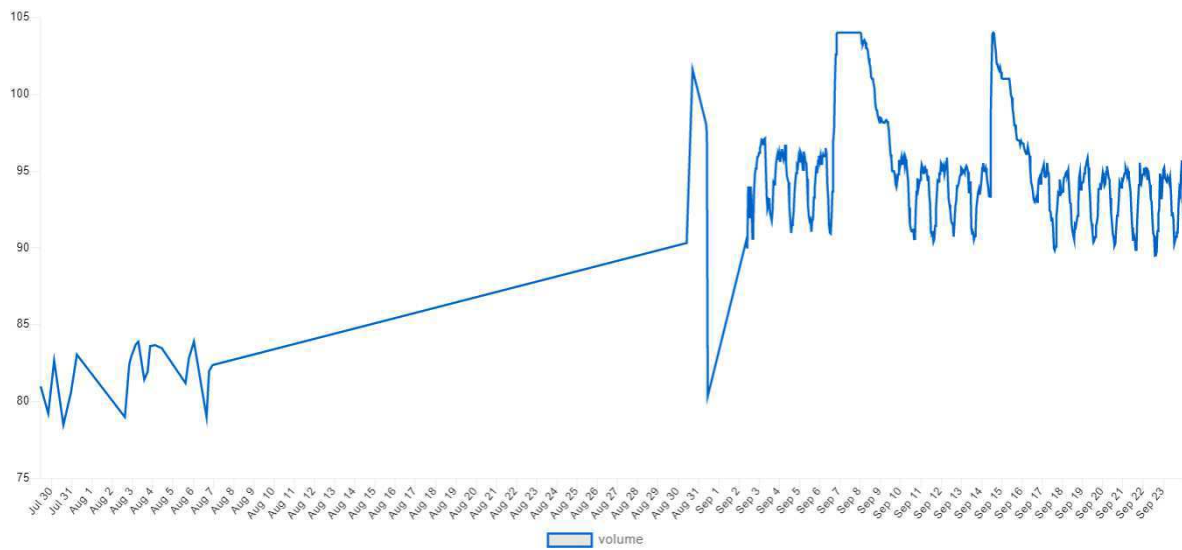
COMPONENTES	VALOR
NodeMCU	R\$ 31,90
Sensor HC-SR04	R\$ 50,00
Display OLED	R\$ 23,90
Caixa Hermética	R\$ 32,70
Fonte de Energia	R\$ 17,50
TOTAL	R\$ 156,00

Fonte: ByteFlop.com.br, 2021

Os custos com este protótipo são cerca de 80% mas baixos que a média dos equipamentos vendidos no mercado, o que corrobora para a questão da relação entre benefício e custo.

Após a finalização da montagem e da instalação, os dados começaram a ser enviados para a plataforma do Adafruit IO. Na plataforma, é possível observar, através de um gráfico de calibre, a porcentagem do volume da última medição, além de um gráfico com o histórico de porcentagens dos volumes (Figura 10), porém, o gráfico histórico é muito sensível, não sendo o ideal para uma análise precisa. O trecho retilíneo por exemplo é resultado de vários dias sem leituras de volume, no período entre o dia 07 e o dia 30 de agosto. Os dados de volumes podem ser apresentados também na unidade metro cúbico (m³).

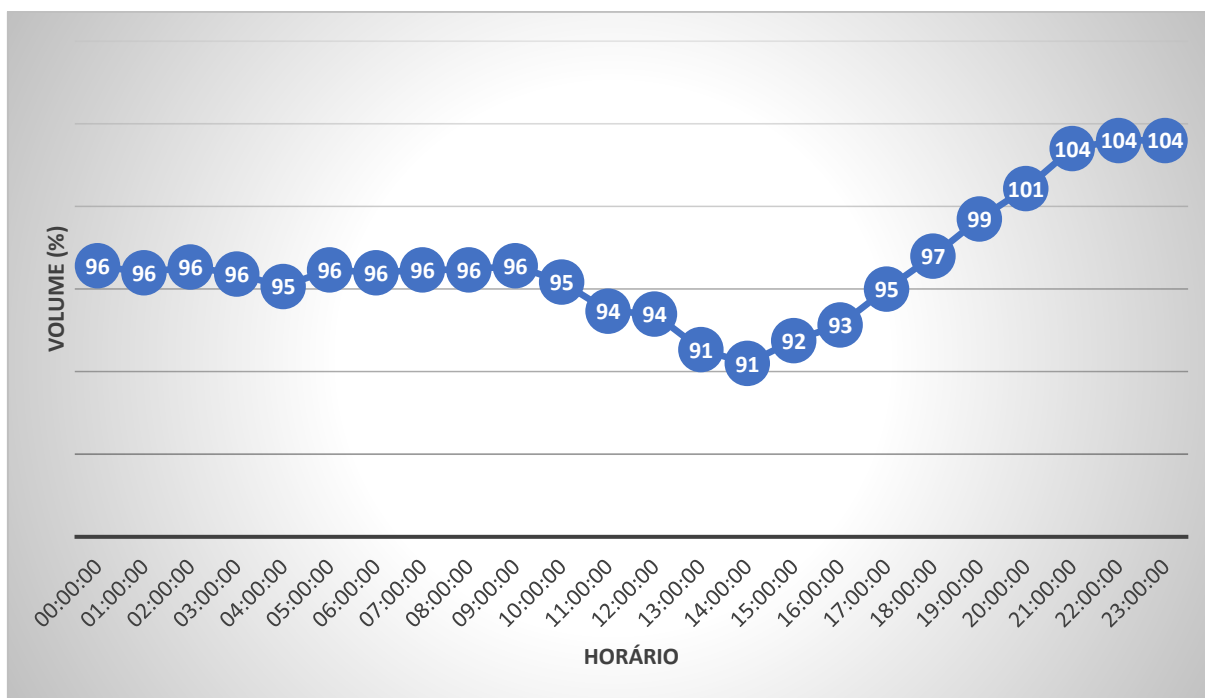
Figura 10 – Histórico de porcentagens dos volumes do reservatório da PU



Fonte: O Autor, 2021

Para visualizar de forma mais clara o histórico de medições é possível fazer o *download* de um arquivo .csv (planilha) diretamente da plataforma, com todos os valores recebidos pelo sistema, e plotar um gráfico de linhas no programa Excel como pode ser observado na Figura 11, o histórico de volumes observados corresponde ao dia 06 de setembro de 2021, com intervalos de mais ou menos uma hora entre medições (o intervalo não é exato pois o envio dos dados depende da conexão com um ponto *wifi*, o que pode retardar a conexão entre o NodeMCU e o servidor do Adafruit IO).

Figura 11 – Volumes do reservatório no dia 06 de setembro de 2021



Fonte: O Autor, 2021.

Na Figura 14, o volume durante todo o dia (sexta-feira), não esteve abaixo de 90% da capacidade total do reservatório, com algumas variações ao longo das medições. Essas variações no período de 00:00 horas até 06:00 horas podem ser explicadas pela precisão do sensor, que pode apresentar leituras com imprecisão de até 2cm, para mais ou para menos, o que representa até 1% acima ou abaixo do volume real, uma vez que durante esse horário não existe demanda de água no bloco por se tratar de horário fora do expediente de trabalho.

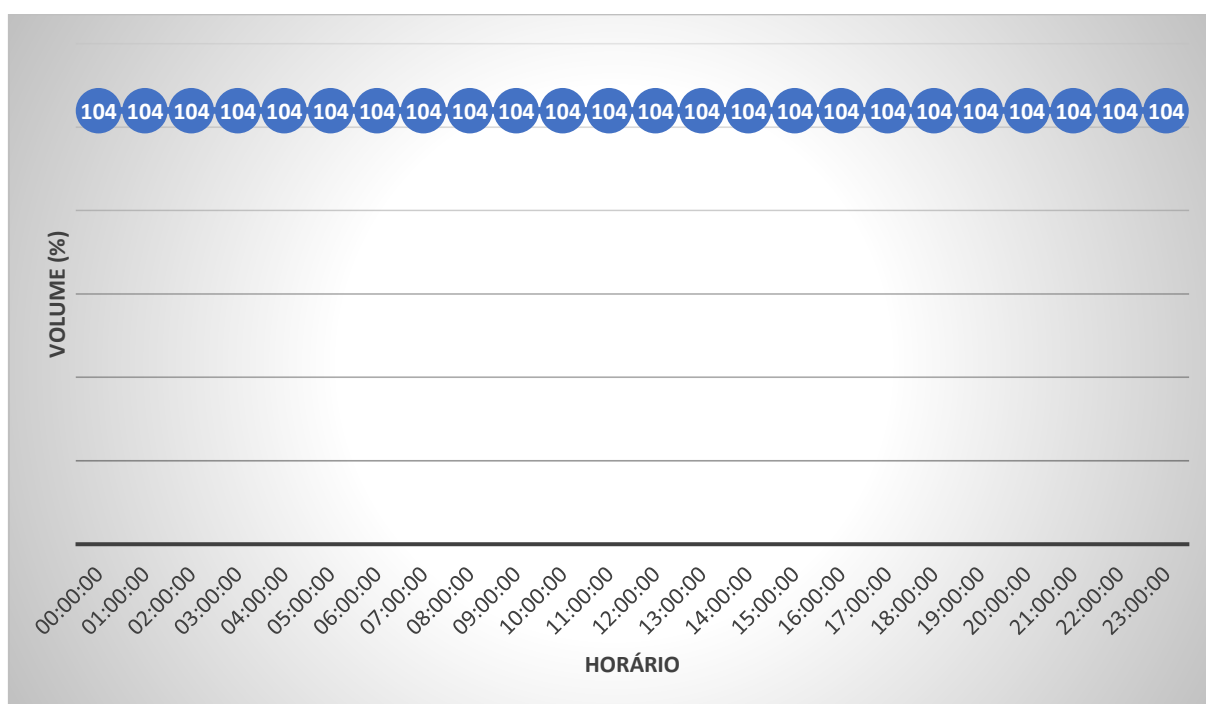
O reservatório não é sempre reabastecido, o que indicaria um volume de 100% durante todo o período analisado, é abastecido de forma manual, com algum funcionário abrindo e fechando o registro da passagem de água. Também pode ser observado que a partir das 09:00 horas é iniciada a diminuição de volume, até aproximadamente as 14:00 horas, horário em que um funcionário do setor hidráulico realiza a abertura do registro para reabastecimento do reservatório.

Por volta das 21:00 horas o reservatório atingiu seu volume máximo de 104%, isso é explicado por um defeito na boia, que não veda a passagem de água quando a mesma atinge o volume de 100%, porém, como nenhum funcionário está na prefeitura nesse horário, o mais

provável é que a boia faz a vedação quando atingiu o volume de 104%, até o registro ser novamente fechado de forma manual.

Esse volume de máximo de 104% foi mantido durante toda terça-feira, 07 de setembro (Figura 12), dia do feriado nacional de Independência do Brasil, o que indica duas possibilidades, primeira: como não houve expediente de trabalho, não houve consumo, caso contrário, poderia indicar algum vazamento ou furto de água. Segundo: o protótipo funciona para a finalidade que foi projetado, que é indicar momentos de consumo de forma remota, de forma suficientemente precisa para permitir o gerenciamento do recurso.

Figura 12 - Volumes do reservatório no dia 07 de setembro de 2021



Fonte: O Autor, 2021

O reservatório da Prefeitura Universitária foi analisado durante duas semanas, no período de domingo, 05 de setembro de 2021, até sábado, 18 de setembro de 2021. Durante esse período foi possível analisar médias horárias em cada dia, médias diárias em cada semana, além de visualizar o comportamento do volume como um todo durante as duas semanas.

Na Tabela 3 pode ser observado, dia a dia, de domingo a sábado, as médias horárias de volume da Semana 01 (5 a 11 de setembro de 2021).

Tabela 3 - Volumes médios diários do reservatório no período de 5 a 11 de setembro de 2021

SEMANA 01							
Dia	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Horário	05/09/2021	06/09/2021	07/09/2021	08/09/2021	09/09/2021	10/09/2021	11/09/2021
00:00:00	96	96	104	104	98	96	94
01:00:00	96	96	104	104	98	95	95
02:00:00	96	96	104	104	98	96	95
03:00:00	96	96	104	104	98	96	95
04:00:00	95	95	104	103	98	95	95
05:00:00	96	96	104	103	98	96	95
06:00:00	96	96	104	104	98	95	95
07:00:00	96	96	104	103	98	95	95
08:00:00	96	96	104	103	98	95	95
09:00:00	96	96	104	103	98	95	95
10:00:00	95	95	104	103	98	94	94
11:00:00	94	94	104	103	98	93	95
12:00:00	92	94	104	102	97	92	93
13:00:00	92	91	104	102	97	91	92
14:00:00	92	91	104	101	96	91	90
15:00:00	91	92	104	101	95	91	91
16:00:00	92	93	104	101	95	92	90
17:00:00	92	95	104	101	95	91	90
18:00:00	93	97	104	101	95	91	91
19:00:00	94	99	104	100	95	93	92
20:00:00	95	101	104	99	94	92	93
21:00:00	95	104	104	99	94	94	94
22:00:00	95	104	104	99	94	94	94
23:00:00	95	104	104	99	95	94	94
Média							
Diária	94%	96%	104%	102%	97%	94%	93%

Fonte: O Autor, 2021

É interessante observar que no domingo (5 de setembro), foi registrado um consumo a partir das 10:00 horas, onde o volume baixou de 96% até chegar em 91% às 16:00 horas, quando voltou a subir, atingindo o volume de 96% novamente às 00:00 hora da segunda, 06 de setembro. É possível que esse registro de consumo tenha se dado por erros de leitura ocasionados pelo sensor de distância, para isso seria necessário analisar mais dados, para determinar se realmente existe demanda no reservatório da prefeitura aos domingos.

Foi gerada também a Tabela 4 com os dados de leituras de volume para a Semana 02 (12 a 18 de setembro). Os dados do domingo (12 de setembro) indicam que realmente existe

uma demanda de água a partir das 10:00 horas da manhã, e que o reservatório volta a ser abastecido até às 00:00 horas do dia seguinte.

Outro aspecto que pode ser observado comparando as Tabelas 3 e 4 é que no início da semana (segunda da semana 01 e terça da semana 02), o reservatório atinge seu volume máximo de 104%, e a partir daí a água é utilizada até a semana seguinte, com reabastecimentos pontuais, que não chegam a atingir a capacidade máxima durante a semana. Sendo assim, em nenhum momento do período analisado o reservatório teve seu volume registrado a um percentual inferior a 90%.

Tabela 4 - Volumes médios diários do reservatório no período de 12 a 18 de setembro de 2021

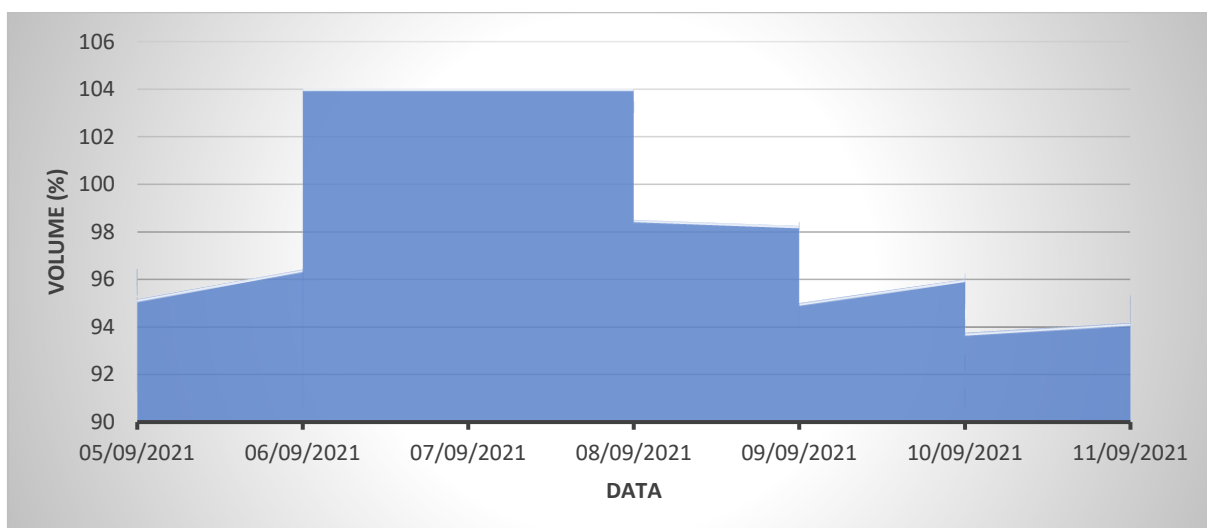
SEMANA 02							
Dia	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Horário	12/09/2021	13/09/2021	14/09/2021	15/09/2021	16/09/2021	17/09/2021	18/09/2021
00:00:00	95	95	94	102	97	94	94
01:00:00	95	95	95	101	97	95	94
02:00:00	96	95	95	101	97	95	94
03:00:00	95	95	95	101	97	95	94
04:00:00	95	95	96	101	97	95	95
05:00:00	95	95	95	101	96	95	95
06:00:00	95	95	95	101	96	95	95
07:00:00	95	95	95	101	96	95	95
08:00:00	96	96	94	101	96	95	95
09:00:00	96	95	94	101	96	94	95
10:00:00	94	95	94	101	0	95	93
11:00:00	93	93	94	101	95	93	93
12:00:00	93	94	95	100	95	92	92
13:00:00	92	92	99	100	94	92	91
14:00:00	91	91	103	100	94	92	91
15:00:00	91	91	104	99	93	90	90
16:00:00	91	91	104	98	93	90	91
17:00:00	91	91	104	98	93	90	91
18:00:00	92	91	103	98	93	91	92
19:00:00	93	92	102	97	93	93	92
20:00:00	93	93	102	97	93	93	93
21:00:00	94	93	102	97	94	94	94
22:00:00	94	94	102	97	94	94	95
23:00:00	94	94	102	97	95	94	94
Média Diária	94%	94%	98%	100%	91%	93%	93%

Fonte: O Autor, 2021.

A leitura da quinta-feira, 16 de setembro, às 10:00 horas se apresenta zerada, isso é explicado pela dificuldade encontrada na conexão do NodeMCU com o *wifi*, onde a placa não conseguiu enviar nenhum dado para a plataforma, uma vez que os dados não são armazenados na placa.

Com os dados das Tabelas 3 e 4 foram gerados gráficos de área para representar os volumes semanais do período. A Figura 13 representa o volume da Semana 01, com valores constantes entre os dias 06/09/2021 e 08/09/2021, justamente o período do feriado de 07 de setembro, onde não houve demanda de água.

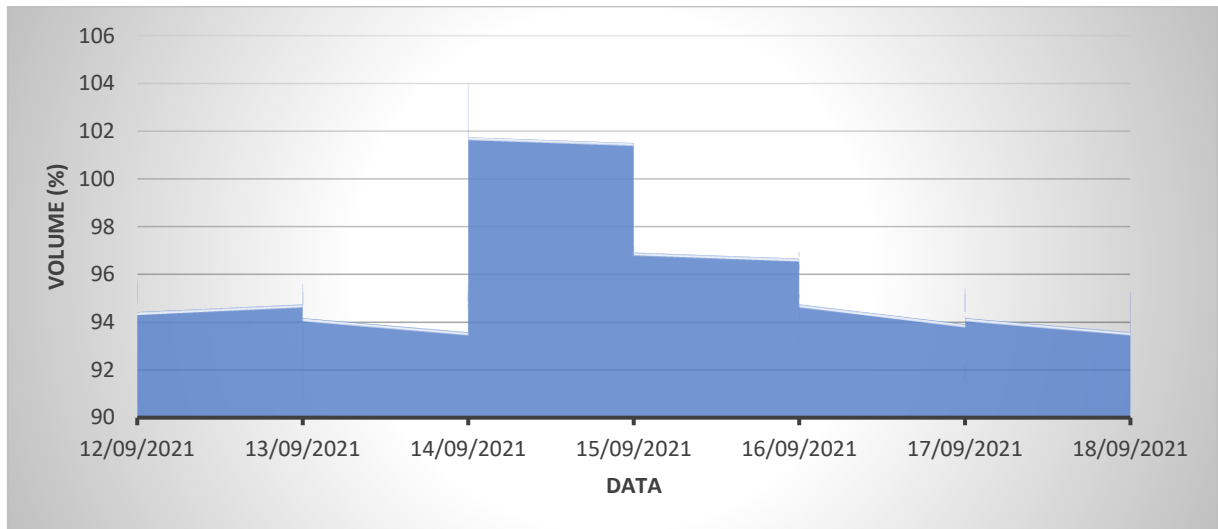
Figura 13 - Volume do reservatório - Semana 01



Fonte: O Autor, 2021

Diferentemente da semana 01, a semana 02 (Figura 14) apresenta um padrão mais irregular no volume do reservatório, por ter um dia a mais de consumo, além disso, o reservatório só foi reabastecido por completo na terça, um dia após a semana 01.

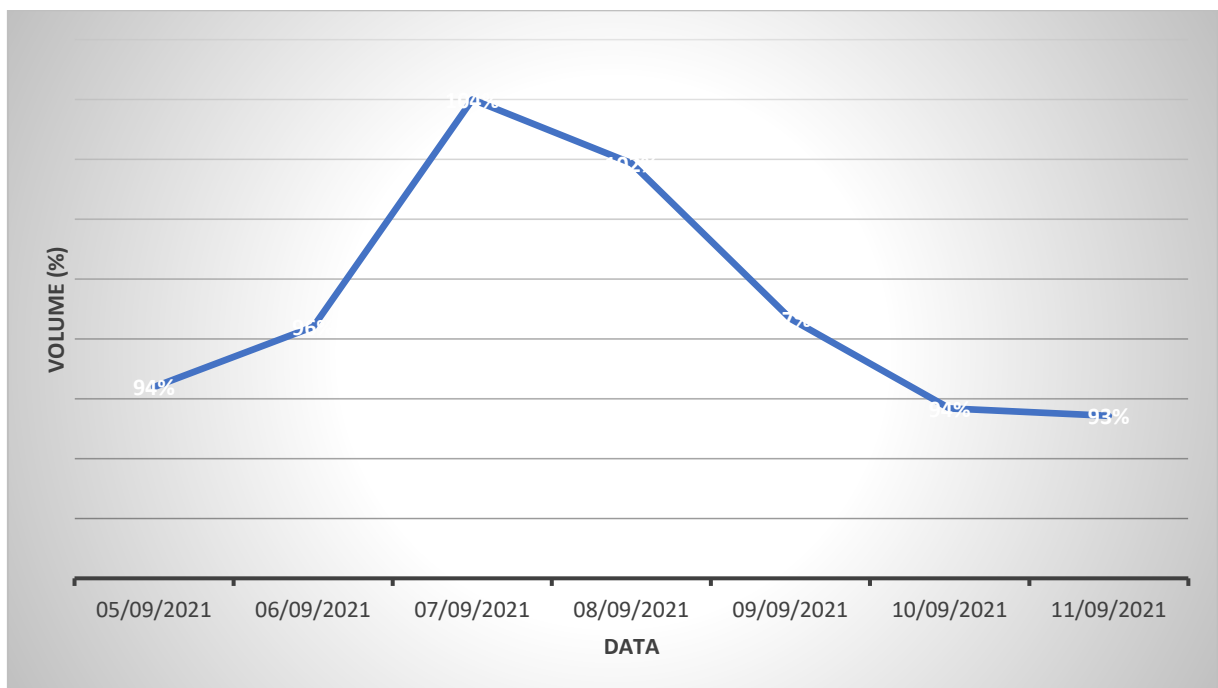
Figura 14 - Volume do reservatório - Semana 02



Fonte: O Autor, 2021

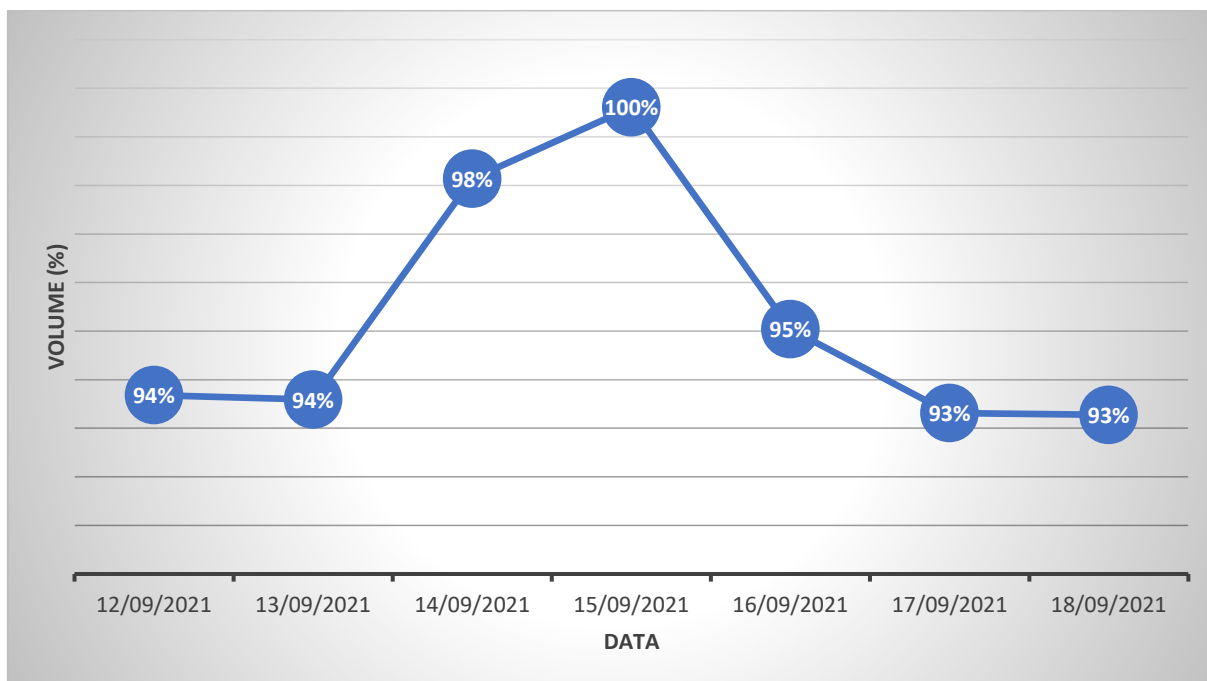
A partir das tabelas de dados de volumes, foi possível obter gráficos com as médias diárias nas semanas, essas médias podem ser observadas na Figura 15 (Semana 01) e Figura 16 (Semana 02).

Figura 15 – Volume médio diário - Semana 01



Fonte: O Autor, 2021

Figura 16 - Volume médio diário - Semana 02



Fonte: O Autor, 2021

É possível observar que em ambas as semanas houve um maior consumo de água entre quarta e quinta-feira, isso é possível explicar pelo fato de o reservatório não ter sido reabastecido nesses dias, indicando o consumo real do bloco, de cerca de 5% da capacidade total do reservatório da Prefeitura Universitária.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com a proposta do projeto de conceber um sistema inteligente que permitisse gerenciar de forma automatizada o volume de água em um reservatório, foram satisfatórios. O protótipo está ligado e funcionando desde o início de setembro de forma contínua 24 horas por dia.

Além disso, o projeto atingiu o objetivo geral de ser um sistema para visualização e gerenciamento automatizado do volume de água em reservatório, para controle do consumo e gestão do recurso hídrico disponível.

Com relação aos objetivos específicos, o dispositivo de hardware para leitura do volume de água de um reservatório foi desenvolvido com sucesso. O software para monitoramento e tratamento dos dados obtidos pelo hardware funciona de forma correta.

Com relação à instalação em outros reservatórios, além do reservatório da Prefeitura Universitária do campus da UFCG, houve dificuldades que impediram a instalação. Dentre as dificuldades encontradas podem ser citadas, a limitação no alcance do sinal de *wifi* (dificuldade encontrada inclusive no reservatório da prefeitura), a necessidade de instalação de um ponto de tomada no topo dos reservatórios, a dificuldade de acesso a esses reservatórios elevados, a falta de acesso ao campus no período de quarentena por conta da pandemia de COVID-19.

Apesar das dificuldades encontradas, o projeto apresentou uma solução simples, prática e com uma ótima relação entre benefício e custo, sendo capaz de apresentar dados de volume de um reservatório de forma remota, possibilitando uma tomada de decisão através da visualização da tela de um computador ou celular.

Considerando os resultados obtidos e as dificuldades encontradas, o protótipo é recomendado para reservatórios de difícil acesso e com alta demanda diária ou semanal, em que exista escassez de água ou limitação no reabastecimento, desde que possua um ponto de tomada próximo à tampa de inspeção ou local onde o protótipo será instalado, além de um bom sinal para conexão *wifi*.

REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Volume dos açudes. 2021. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/ultimos-volumes/>>. Acesso em: out. 2021.

ANDRÉ, Daniela Severino. **Conservação e Uso Racional da Água: Novos hábitos para evitar a escassez dos recursos hídricos e para a continuidade do bem finito**. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/152213.pdf>>. Acesso em: 12 de abril de 2021.

ASSIS, Geovane Deleski. Automação de sistemas de abastecimento de água. 2012. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/65447>>. Acesso em: out de 2021.

BEZERRA, Macio Bento. A crise hídrica como reflexo da seca: o Nordeste Setentrional em alerta. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 623-632, 2016.

BRANDÃO et al, André Scharamm. **Automação em um sistema de abastecimento de água: análise de dados operacionais**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/298792066_AUTOMACAO_EM_UM_SISTEMA_DE_ABASTECIMENTO_DE_AGUA_ANALISE_DE_DADOS_OPERACIONAIS>. Acesso em: 19 de abril de 2021.

BRANDES, O.M.; K. FERGUSON. “Flushing the Future? Examining Urban Water Use in Canada.” University of Victoria – The POLIS Project on Ecological Governance. Victoria, BC, 2003.

BRASIL, Gleimy Ferreira et al. Automação e monitoramento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para utilidades não potáveis. 2018.

CEPro. **Top Tech Trends of 2020: Water, Water Everywhere**. Disponível em <https://www.cepro.com/control/top-tech-trends-2020-water-management/?utm_source=CEProEditorial&utm_medium=email&utm_campaign=content&id=343797807&bid=2588802> acesso em out de 2021.

CÔRTEZ, Pedro Alexandre Barradas. **Sistema de gerenciamento autônomo de consumo de água para casas inteligentes utilizando IoT**. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/218302>>. Acesso em: 14 de abril de 2021.

DE SOUZA, José Augusto; MENESES, Ronaldo Amâncio. OS REFLEXOS DA ATUAL CRISE HÍDRICA NA COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA–CAGEPA: ações para redução de perdas do Sistema de Abastecimento de Campina Grande. **OS REFLEXOS DA ATUAL CRISE HÍDRICA NA COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA–CAGEPA: ações para redução de perdas do Sistema de Abastecimento de Campina Grande**, p. 1-388–416.

FERRAREZL, Rhanito. **Automação da subirrigação na produção de hibiscos**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Marc-Van-Iersel/publication/268436963_AUTOMACAO_DA_SUBIRRIGACAO_NA_PRODUCAO_

DE_HIBISCOS/links/54c027ef0cf28eae4a6842ae/AUTOMACAO-DA-SUBIRRIGACAO-NA-PRODUCAO-DE-HIBISCOS.pdf>. Acesso em: 19 de abril de 2021.

GARCIA, Helenice Leite. **Desenvolvimento de estratégias para utilização de sistemas inteligentes no monitoramento da qualidade da água.** Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/11826>>. Acesso em: 26 de abril de 2021.

GALVÃO, Carlos Oliveira et al. Sustentabilidade da Oferta de Água para Abastecimento Urbano no Semi-Árido Brasileiro: O caso de Campina Grande. **Sustainability of the Water Supply for Urban Supply in the Brazilian Semiarid: The case of Campina Grande]. In Anais Do Seminário De Planejamento, Projeto E Operação De Redes De Abastecimento De Água: O Estado Da Arte E Questões Avançadas. João Pessoa, 2002.**

LEAL, Gislane Ferreira. **WaterManna: a IoT na gestão de recursos hídricos.** Disponível em: <<http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/5751>>. Acesso em: 14 de Abr. de 2021

JÚNIOR, et al. **Uso racional da água: ações interdisciplinares em escola rural do semiárido brasileiro.** Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-993X2013000100019&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 12 de Abr. de 2021.

LUCENA, Dátia Paula Marques Maia et al. **Simulações da implantação de ações de gestão no açude Epitácio Pessoa e seus impactos na crise hídrica em Campina Grande-PB e região.** 2018.

MARENGO, Jose Antonio; ALVES, Lincoln M. Crise hídrica em São Paulo em 2014: seca e desmatamento. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 19, n. 3, p. 485-494, 2015.

MARTINS, Tiago José Carrilho. **Sistemas de Abastecimento de Água para Consumo Humano – Desenvolvimento e Aplicação de Ferramenta Informática para a sua Gestão Integrada.** Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/9311>. Acesso em: 26 de Abr. de 2021.

REBOUÇAS, Aldo da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos avançados**, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.

RÊGO, Janiro Costa et al. A Gestão de Recursos Hídricos ea Transposição de Águas do Rio São Francisco Para O Açude Epitácio Pessoa—Boqueirão. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, v. 22, p. 2017, 2017.

SILVA, VIRGÍNIA MIRTES DE ALCÂNTARA et al. O desastre seca no Nordeste Brasileiro. **POLÊM! CA**, v. 12, n. 2, p. 284-293, 2013.

WEBINAR, T. TELECOM WEBINAR. **TELECOM WEBINAR**, 2019. Disponível em: <<https://telecomwebinar.com/webinar/o-monitoramento-de-consumo-atraves-de-redes-de-iotna-sabesp/>>. Acesso em: 14 out. 2021.