



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO INTERDISCIPLINAR DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

LUIZ EDUARDO SARMENTO FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO
DE MONITORAMENTO DO VOLUME DE RESERVATÓRIOS DE
ÁGUA COM O USO DA PLATAFORMA ARDUINO**

CARAÚBAS

2024

LUIZ EDUARDO SARMENTO FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO
DE MONITORAMENTO DO VOLUME DE RESERVATÓRIOS DE
ÁGUA COM O USO DA PLATAFORMA ARDUINO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado a Universidade Federal
Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel
em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof.^a Dra. Ana Tereza de
Abreu Lima.

CARAÚBAS

2024

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

F383d Ferreira, Luiz Eduardo Sarmiento.
Desenvolvimento de um protótipo de
monitoramento do volume de reservatórios de água
com o uso da plataforma Arduino / Luiz Eduardo
Sarmiento Ferreira. - 2024.
36 f. : il.

Orientadora: Ana Tereza de Abreu Lima.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2024.

1. Monitoramento do volume de água de
reservatórios. 2. Arduino. 3. Sensor ultrassônico.
I. Lima, Ana Tereza de Abreu, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LUIZ EDUARDO SARMENTO FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO
DE MONITORAMENTO DO VOLUME DE RESERVATÓRIOS DE
ÁGUA COM O USO DA PLATAFORMA ARDUINO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado a Universidade Federal
Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel
em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 23/10/2024

BANCA EXAMINADORA

Dra. Ana Tereza de Abreu Lima (UFERSA)
Presidente

Dr. Hudson Pacheco Pinheiro (UFERSA)
Membro Examinador

Dr. Zenner Silva Perreira (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico este trabalho à minha mãe, Maria Wilianna, e aos meus avós, Rossival e Maria do Carmo.

RESUMO

Inserido no contexto crescente de sustentabilidade e gestão ambiental, este estudo tem como objetivo a prototipagem de uma plataforma destinada ao monitoramento em tempo real do nível de água em reservatórios. Para atingir essa finalidade, foi desenvolvido um protótipo utilizando a plataforma Arduino. A validação dos componentes foi realizada por meio de medições de nível de água com o protótipo, cujos dados foram analisados estatisticamente para avaliar a precisão e consistência das leituras. Os resultados obtidos demonstraram uma performance satisfatória do protótipo, fornecendo dados precisos e confiáveis, o que contribui significativamente para aplicações no monitoramento hídrico residencial. As análises realizadas ao longo do experimento indicaram que todas as funcionalidades do protótipo operaram conforme o esperado, reforçando sua viabilidade para uso prático.

Palavras-chave: Monitoramento do volume de água de reservatórios; Arduino, Sensor ultrassônico.

ABSTRACT

Inserted in the growing context of sustainability and environmental management, this study aims to prototype a platform designed for real-time monitoring of water levels in reservoirs. To achieve this purpose, a prototype was developed using the Arduino platform. The validation of the components was carried out through water level measurements with the prototype, whose data were statistically analyzed to assess the accuracy and consistency of the readings. The results obtained demonstrated satisfactory performance of the prototype, providing precise and reliable data, which significantly contributes to applications in residential water monitoring. The analyses conducted throughout the experiment indicated that all functionalities of the prototype operated as expected, reinforcing its viability for practical use.

Keywords: Water volume monitoring of reservoirs; Arduino; Ultrasonic sensor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arduino Uno	7
Figura 2 - Sensor ultrassônico – HC-SR04.....	9
Figura 3 - Pinos e componentes do módulo Bluetooth HC-05.....	10
Figura 4 - Ilustração do Circuito.....	14
Figura 5 - Foto do Circuito	15
Figura 6 - Ilustração de um cilindro com a indicação de seus elementos.....	16
Figura 7 - Bibliotecas utilizadas no IDE Arduino	17
Figura 8 - Pinos definidos no IDE Arduino	18
Figura 9 - Variáveis no IDE Arduino	19
Figura 10 - Código de envio de dados no IDE Arduino.....	19
Figura 11 - Interface do <i>Bluetooth Serial Monitor</i>	20
Figura 12 - Protótipo instalado no reservatório	21
Figura 13 - Monitor Serial do preenchimento do reservatório.....	23
Figura 14 - Gráfico preenchimento do reservatório com intervalo de 3 segundos	24
Figura 15 - Gráfico preenchimento do reservatório com intervalo de 6 segundos	25
Figura 16 - Gráfico do volume constante	26
Figura 17 - Monitor Serial do esvaziamento do reservatório.....	27
Figura 18 - Gráfico esvaziamento do reservatório com intervalo de 3 segundos	28
Figura 19 - Gráfico esvaziamento do reservatório com intervalo de 6 segundos	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações Arduino uno.....	6
Tabela 2 - Conectores do Sensor HC-SR04	8
Tabela 3 - Especificações Sensor HC-SR04	9
Tabela 4 - Especificações Módulo Bluetooth HC-05	12
Tabela 5 - Lista de Materiais	13

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVR	<i>Advanced Virtual RISC</i> (Arquitetura de microcontroladores da Atmel)
RISC	<i>Reduced Instruction Set Computer</i> (Computador com Conjunto Reduzido de Instruções)
DIP	<i>Dual In-line Package</i> (Encapsulamento com pinos duplos)
KB	<i>Kilobytes</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i> (Memória de Acesso Aleatório)
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i> (Memória Não Volátil Apagável Eletricamente)
MHz	<i>Megahertz</i>
USART	<i>Universal Synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter</i> (Receptor e Transmissor Assíncrono e Síncrono Universal)
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i> (Interface de Periféricos Seriais)
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i> (Comunicação Serial de Circuitos Integrados)
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> (Modulação por Largura de Pulso)
CI	Circuito Integrado
RX	<i>Receiver</i> (Receptor de Dados Seriais)
TX	<i>Transmitter</i> (Transmissor de Dados Seriais)
GND	<i>Ground</i> (Aterramento)
EN	<i>Enable</i> (Habilitar/Ativar)
LED	<i>Light-Emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
V	<i>Volt</i>
AT	<i>Attention</i> (Comandos de Configuração)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo geral	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1. Arduino.....	5
3.2. Arduino – uno.....	6
3.3. Sensor ultrassônico – HC-SR04	7
3.4. Módulo <i>Bluetooth</i> HC-05	9
4. METODOLOGIA.....	13
4.1. Montagem do protótipo	14
4.2. Reservatório Utilizado	15
4.3. Desenvolvimento do Código	16
4.3.1. Bibliotecas <i>NewPing.h</i> e <i>SoftwareSerial.h</i>	16
4.3.2. Definição dos pinos <i>Trigger</i> , <i>Echo</i> , RX e TX	17
4.3.3. Configuração das variáveis	18
4.3.4. Envio de dados	19
4.4. Instalando o protótipo no reservatório.....	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
5.1. Preenchimento do Reservatório	22
5.2. Volume constante	26
5.3. Esvaziamento do Reservatório	26
5.4. Análise de dados	29
6. CONCLUSÃO	31
7. REFERÊNCIAS	32
APÊNDICES	35

1. INTRODUÇÃO

Estamos imersos em um mundo onde a dependência de dispositivos eletrônicos é predominante em quase todas as áreas, tanto na vida pessoal quanto na profissional. Diante desse cenário, torna-se imperativo, não apenas reconhecer, mas também adotar, estrategicamente, a tecnologia como uma ferramenta essencial para aprimorar e otimizar uma ampla gama de atividades.

No contexto pessoal, desde as comunicações diárias até a gestão de informações e entretenimento, a presença de dispositivos eletrônicos se tornou inseparável de nossa rotina cotidiana. A interconexão digital moldou nossas interações sociais, fornecendo conveniência e eficiência nas trocas de informações e na manutenção de relacionamentos. Nesse sentido, a implementação da tecnologia não apenas simplifica tarefas, mas também redefine a forma como vivemos nossas vidas.

No cenário profissional, a integração de dispositivos eletrônicos e tecnologias inovadoras tornou-se uma necessidade vital para o desempenho eficiente das organizações. Desde a automação de análise de dados em larga escala, a tecnologia oferece soluções que potencializam a produtividade e a tomada de decisões estratégicas. Empresas que abraçam essas transformações tecnológicas geralmente alcançam maior agilidade, competitividade e capacidade de adaptação às mudanças do mercado.

Assim, diante da crescente dependência entre o ser humano e a tecnologia, é fundamental não apenas reconhecer os benefícios que ela proporciona, mas também desenvolver habilidades e estratégias para tirar o máximo proveito dessa revolução digital. Ao abraçar a inovação de maneira consciente e equilibrada, podemos não apenas otimizar nossas atividades diárias, mas também promover um ambiente em que a tecnologia se torne uma aliada indispensável na busca pela eficiência e pelo progresso.

Por outro lado, a eficaz administração dos recursos hídricos desempenha papel crucial na abordagem dos atuais desafios ligados à escassez de água. Nesse cenário, a implementação de sensores para monitorar o nível de água em reservatórios emerge como uma ferramenta de extrema importância. É relevante destacar a conveniência proporcionada por esse sistema, pois pode ser facilmente programado utilizando o Arduino.

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica *open source* (código aberto) que permite a criação de projetos interativos e dispositivos eletrônicos, conhecido por sua abordagem amigável para iniciantes e também por suas placas serem relativamente baratas, quando comparadas com outras plataformas de microcontroladores. Ele utiliza uma linguagem de programação simplificada, baseada em C/C++, facilitando a entrada de pessoas com pouca experiência em programação.

A principal superioridade do Arduino em comparação a outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores vai além de sua notável facilidade de uso (McRoberts, 2011). Esta característica singular não apenas capacita indivíduos sem formação técnica a assimilar rapidamente os conceitos, mas também lhes possibilita desenvolver seus próprios projetos em um prazo notavelmente curto.

Diante desse contexto, o propósito deste projeto é conduzir uma investigação sobre o monitoramento do volume de reservatórios de água utilizando uma placa Arduino, além de desenvolver um protótipo de sensor de baixo custo para essa finalidade. Adicionalmente, destacamos que esse sensor pode ser facilmente integrado tanto em ambientes residenciais quanto industriais, proporcionando uma solução tecnológica avançada com custos acessíveis para todos.

O monitoramento do volume de água em reservatórios é uma demanda crescente, especialmente em áreas propensas à escassez hídrica. A falta de soluções acessíveis e eficientes para esse fim limita a capacidade de comunidades e indústrias em gerenciar seus recursos hídricos de maneira sustentável.

A implementação de um protótipo de monitoramento de volume de água, baseado na plataforma Arduino, apresenta uma série de vantagens significativas. A versatilidade inerente ao Arduino facilita a integração eficiente com outros dispositivos, promovendo uma transmissão de dados em tempo real de forma descomplicada. Além disso, a ampla disponibilidade e o custo acessível dos componentes Arduino ampliam, consideravelmente, a acessibilidade dessa solução, tornando-a aplicável a diversas comunidades e organizações.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo central deste trabalho é desenvolver, implementar e avaliar um sistema de medição e monitoramento de reservatórios de água, utilizando sensores ultrassônicos e técnicas de programação. O sistema proposto, baseado no microcontrolador de baixo custo Arduino, visa otimizar a gestão de recursos hídricos, fornecendo informações precisas e em tempo real sobre o nível e o volume da água nos reservatórios, por meio de um protótipo funcional.

2.2. Objetivos específicos

- a) Substituir tecnologias comerciais complexas e de alto custo por uma solução mais simples e acessível, baseada em Arduino, garantindo uma alternativa economicamente viável e funcional para monitoramento de reservatórios.
- b) Proporcionar aos envolvidos a oportunidade de adquirir e aprimorar habilidades técnicas, abrangendo desde a integração de hardware até o desenvolvimento de software, possibilitando uma visão ampla e prática dos processos envolvidos.
- c) Aprofundar o conhecimento acerca da lógica de programação e estruturação de sistemas embarcados, oferecendo uma base sólida para o entendimento das tecnologias utilizadas e, ao mesmo tempo, incentivando o pensamento crítico e analítico para resolução de problemas práticos no campo da automação e monitoramento.

Este conjunto de objetivos busca não apenas a criação de um sistema funcional, mas também promover o aprendizado e a inovação tecnológica, contribuindo de forma prática para a gestão de recursos hídricos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A relação entre a indústria brasileira e a escassez hídrica é um aspecto crucial para a compreensão dos desafios na gestão dos recursos hídricos no país. A indústria, devido ao seu elevado consumo de água e às práticas frequentemente inadequadas de uso e gestão, exerce uma pressão significativa sobre esses recursos. Segundo dados de 2022, o consumo industrial representou 9,4% de toda a água retirada dos mananciais brasileiros, correspondendo a uma vazão de 190,5 m³/s. Projeções para 2040 indicam um aumento desse consumo para 250,71 m³/s, o que poderá intensificar ainda mais a pressão sobre os recursos hídricos nacionais (NOVA ÉPOCA, 2023).

A possibilidade de instalar sensores em toda a infraestrutura hídrica permite o monitoramento em tempo real da qualidade da água, do consumo e da detecção de vazamentos. (NIVETEC, 2023). Essa abordagem não apenas fornece dados precisos sobre o estado dos recursos hídricos, mas também possibilita uma resposta mais ágil a eventuais problemas, contribuindo para a eficiência na gestão e conservação dos recursos hídricos. A integração da tecnologia na gestão hídrica representa um avanço significativo rumo à sustentabilidade e ao enfrentamento da escassez hídrica no Brasil.

Desenvolver um protótipo de monitoramento de volume de água utilizando um microcontrolador apresenta uma série de benefícios significativos. Este projeto, além de relativamente simples de ser executado, também oferece uma oportunidade valiosa para iniciantes em programação, já que a plataforma Arduino é conhecida por sua acessibilidade e facilidade de compreensão. Além de ser um excelente exercício prático, o projeto proporciona uma aplicação direta no cotidiano, o que torna a experiência de aprendizado mais envolvente e relevante.

Outra vantagem crucial é a capacidade de expansão do projeto para atender a diferentes escalas, incluindo o monitoramento de grandes reservatórios. Isso significa que a mesma base de conhecimento e os recursos utilizados para criar o protótipo inicial podem ser adaptados e aplicados em contextos mais amplos e desafiadores. Essa escalabilidade torna o projeto ainda mais atrativo e versátil, podendo atender a uma variedade de necessidades e aplicações em diferentes setores, desde o doméstico até o industrial.

3.1. Arduino

Em 2005, na Itália, o Arduino foi concebido por Massimo Banzi, um professor que buscava introduzir conceitos de eletrônica e programação de computadores aos seus alunos de design. O objetivo era capacitá-los a integrar esses conhecimentos em seus projetos de arte, interatividade e robótica. No entanto, ensinar eletrônica e programação para indivíduos não familiarizados com a área representava um desafio, especialmente devido à escassez de placas acessíveis e potentes no mercado (Victor Vision, 2023).

Para contornar essa situação, Massimo e David Cuartielles optaram por desenvolver sua própria placa, contando com a colaboração de David Mellis, um aluno de Massimo, que assumiu a responsabilidade de criar a linguagem de programação para o Arduino. Essa iniciativa abriu as portas para inúmeras pessoas explorarem o potencial do Arduino, resultando em uma onda global de entusiasmo pela eletrônica.

O Arduino representa uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto, reconhecida por sua capacidade de viabilizar a criação de projetos interativos e dispositivos eletrônicos. Sua popularidade advém não apenas de sua abordagem amigável, especialmente destinada a iniciantes, mas também de sua acessibilidade financeira em comparação com outras plataformas de microcontroladores. Essa combinação de fatores faz do Arduino uma opção atrativa para aqueles que buscam soluções eficazes e econômicas para suas necessidades de desenvolvimento.

Uma das características distintivas do Arduino é sua linguagem de programação, baseada em C/C++, o que facilita significativamente a entrada de indivíduos com pouca experiência em programação. A superioridade do Arduino transcende sua facilidade de uso (McRoberts, 2011). Essa característica singular, não apenas, capacita pessoas sem formação técnica a compreender rapidamente os conceitos, mas também as habilita a desenvolver seus próprios projetos em um período de tempo notavelmente curto. Assim, o Arduino, não apenas democratiza o acesso à eletrônica e à programação, mas também impulsiona a criatividade e a inovação em uma ampla gama de campos.

3.2. Arduino – uno

O componente central da placa Arduino Uno é o microcontrolador ATMEGA328, um dispositivo da família AVR, com arquitetura RISC de 8 *bits*. Esse microcontrolador, em seu encapsulamento DIP28, é essencial para o funcionamento da placa, sendo responsável por gerenciar as operações e a comunicação com outros componentes. Ele possui 32 kb de memória *Flash*, dos quais 512 *bytes* são dedicados ao *bootloader*, 2 kb de RAM e 1 kb de EEPROM, características que permitem armazenar e executar os códigos necessários para o controle de dispositivos externos. Apesar de poder operar a uma frequência máxima de 20 MHz, no Arduino Uno ele é configurado para trabalhar a 16 MHz, graças ao cristal externo conectado aos pinos 9 e 10 (Embarcados, 2020).

Outra característica importante do ATMEGA328 é sua capacidade de operar com tensões baixas, podendo funcionar a partir de 1,8V, embora, nessas condições, a frequência de operação seja limitada a 4 MHz. Além disso, para economizar energia em situações de menor demanda, o microcontrolador conta com modos de baixo consumo, como o "*Power-down Mode*" e o "*Power-save Mode*", otimizando o uso de energia durante períodos de inatividade.

O microcontrolador é equipado com diversas interfaces de comunicação, como uma USART que pode operar a até 250kbps, uma SPI que chega a 5MHz, e uma I2C com capacidade de até 400kHz. Além disso, possui periféricos integrados, como um comparador analógico, *timers* e seis saídas PWM, que permitem o controle preciso de dispositivos como motores e LEDs. No que diz respeito à corrente elétrica, cada pino do microcontrolador pode fornecer até 40mA, com um limite total de 200mA para o circuito integrado. Ele também dispõe de um oscilador interno de 32kHz, que pode ser utilizado em aplicações que exigem baixo consumo de energia, tornando o ATMEGA328 uma escolha robusta e versátil para projetos que envolvem o controle de sensores e outros dispositivos.

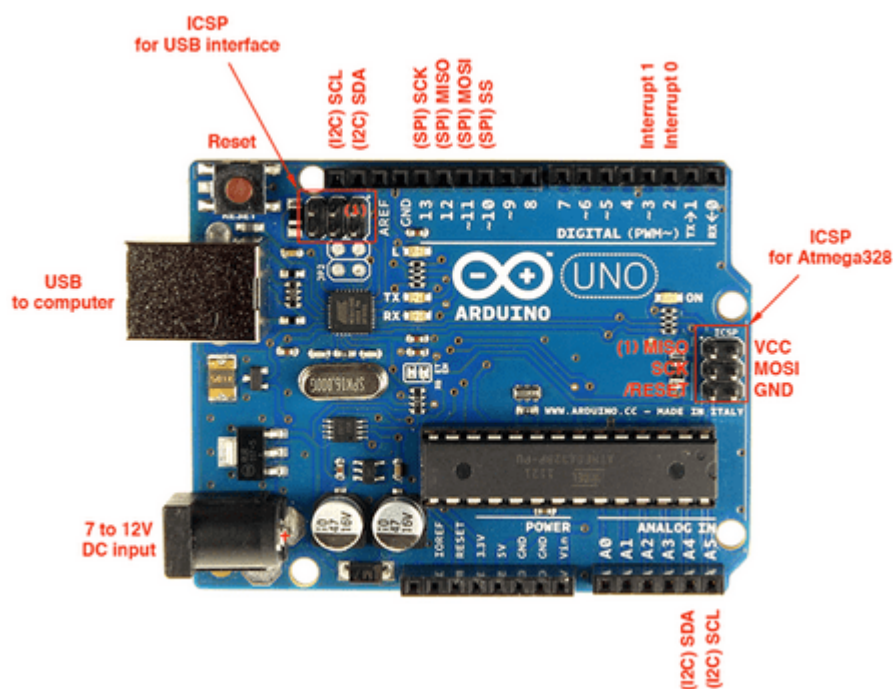
Tabela 1 - Especificações Arduino uno

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tensão de Entrada	7-12V
Tensão de Operação	5V

Microcontrolador	ATMEGA 328P
Pinos Digitais	14
Pinos Analógicos	6
Pinos PWM	6
UART	1
Clock	16 MHz
SRAM	2k
FLASH	32k
EEPROM	1k
Correntes pinos I/O	40 mA
USB	Regular

Fonte: STA Sistemas e Tecnologia Aplicada, 2024.

Figura 1 - Arduino Uno



Fonte: Cytron Tehnologies, 2012.

3.3. Sensor ultrassônico – HC-SR04

No desenvolvimento de sistemas de medição utilizando sensores ultrassônicos, o funcionamento básico desses sensores envolve a emissão e recepção de ondas sonoras para calcular distâncias. O sensor ultrassônico HC-

SR04, por exemplo, opera em frequências superiores àquelas perceptíveis ao ouvido humano, utilizando o som para identificar a proximidade de objetos.

O HC-SR04 possui quatro pinos principais: VCC, GND, *TRIGGER* e *ECHO*. Os pinos VCC e GND são responsáveis pela alimentação do sensor, sendo o VCC conectado a uma fonte de +5 volts e o GND ao aterramento. O pino *TRIGGER* é o responsável por emitir um pulso ultrassônico. Para que o sensor funcione corretamente, este pino deve ser mantido em estado ALTO por um período de 10 µs momento em que o sensor libera uma sequência de oito pulsos sonoros a uma frequência de 40 kHz.

Após essa emissão, o pino *ECHO*, que coleta os dados, permanece em estado ALTO até que o som refletido pelo objeto seja novamente captado pelo sensor. Quando isso acontece, o pino retorna ao estado BAIXO. O tempo que o pino *ECHO* permanece em estado ALTO é proporcional à distância entre o sensor e o objeto, e essa distância pode ser calculada por meio da fórmula:

$$Distância = \frac{tempo * velocidade\ do\ som}{2} \quad (1)$$

A velocidade do som é de aproximadamente 340 m/s. Esse processo é fundamental para aplicações de medição, como no monitoramento de reservatórios de água, pois permite obter leituras precisas de distância em tempo real.

Tabela 2 - Conectores do Sensor HC-SR04

PINOS DE CONEXÃO	
Alimentação	5V
Entrada de Pulso de Disparo	(<i>Trigger</i>)
Saída de Pulso de Eco	(<i>Echo</i>)
Terra	0V

Fonte: MORGAN, Elijah J. HC-SR04 *Ultrasonic Sensor*, 2014.

Tabela 3 - Especificações Sensor HC-SR04

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tensão de Alimentação	DC 5V
Corrente Quiescente	< 2 mA
Corrente de Operação	15 mA
Frequência de Operação	40 Hz
Alcance Máximo	400 cm
Alcance Mínimo	2 cm
Ângulo de Medição	15 graus
Sinal de Entrada de Disparo	Pulso TTL de 10 μ s
Sinal de Saída de Eco	Sinal de nível TTL, proporcional à distância
Dimensões	45mm x 20mm x 15mm

Fonte: MORGAN, Elijah J. HC-SR04 *Ultrasonic Sensor*, 2014.

Figura 2 - Sensor ultrassônico – HC-SR04



Fonte: Squids, 2022.

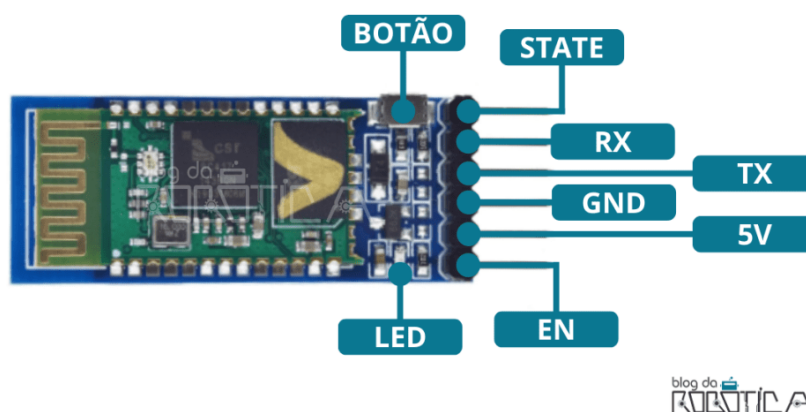
3.4. Módulo *Bluetooth* HC-05

O Módulo *Bluetooth* HC-05 é um dispositivo de comunicação sem fio que permite a transmissão de dados entre dois dispositivos a uma distância de até 10 metros via *Bluetooth*. Esse módulo é amplamente utilizado em projetos de automação e eletrônica, especialmente em projetos que envolvem microcontroladores, como o Arduino, devido à sua facilidade de uso e versatilidade.

O módulo pode ser configurado para operar como mestre (*master*) ou como escravo (*slave*). Quando configurado como mestre, ele estabelece a conexão com outros dispositivos e transmite informações. Quando configurado como escravo, ele recebe dados enviados pelo mestre. Embora seja um módulo simples de utilizar, é essencial compreender sua pinagem e componentes para um funcionamento adequado.

A Figura 3 apresenta a disposição dos pinos e componentes do módulo *Bluetooth* HC-05.

Figura 3 - Pinos e componentes do módulo *Bluetooth* HC-05



Fonte: *Blog do Robótica*, 2021.

Funções dos pinos e componentes:

As funções dos principais pinos e componentes do módulo *Bluetooth* HC-05 estão descritas a seguir:

- **STATE**: Pino indicador de status do módulo. Quando o módulo não está conectado a um dispositivo, o pino retorna nível lógico baixo. Quando emparelhado com outro dispositivo, o pino retorna nível lógico alto. Este pino está conectado ao LED integrado do módulo.

- **RX:** Pino responsável por receber dados seriais. Todos os dados recebidos neste pino são transmitidos via Bluetooth.
- **TX:** Pino responsável por transmitir dados seriais. Os dados recebidos via Bluetooth serão transmitidos por este pino.
- **GND:** Pino de aterramento do módulo.
- **5V:** Pino de alimentação do módulo, com tensão de 5V.
- **EN:** Pino utilizado para alternar entre o modo de dados e o modo de comandos AT. Por padrão, o módulo é configurado no modo de dados.
- **LED:** Indica o status de funcionamento do módulo. Esse componente pode ser usado para verificar se o módulo está operando corretamente.
- **Botão:** Utilizado para alternar o pino EN, permitindo a troca entre o modo de dados e o modo de comandos AT.

Tabela 4 - Especificações Módulo *Bluetooth* HC-05

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Protocolo Bluetooth	3.0
Frequência	2,4GHz Banda ISM
Modulação	GFSK
Emissão de energia	<=4dBm, Classe 2
Sensibilidade	<=84dBm com 0,1% BER
Velocidade Assíncrono	2,1Mbps (Max)/160Kbps
Velocidade Síncrono	1Mbps/1Mbps
Segurança	Autentificação e Encriptação
Perfil	Porta <i>Serial Bluetooth</i>
Suporta modo	Escravo (<i>Slave</i>) e Mestre (<i>Master</i>)
CSR Chip	<i>Bluetooth</i> v2.0
Banda de Onda	2,4Hhz-2,8Ghz, Banda ISM
Tensão de Sinal	3,3 V
Corrente	Pareado 35mA; conectado 8mA
Alcance	10 m
Dimensões	26,9 x 13 x 2,2mm

Fonte: *Eletrogate*, 2021.

4. METODOLOGIA

A metodologia adotada para a realização deste projeto tem como objetivo principal o desenvolvimento de um protótipo para monitoramento do volume de reservatórios de água utilizando a plataforma Arduino. A escolha por componentes de fácil acesso foi fundamental para garantir tanto a precisão quanto a funcionalidade do sistema.

No decorrer deste projeto, foram empregados os materiais especificados na Tabela 5, que apresenta uma lista detalhada dos componentes utilizados para implementar o monitoramento do volume de água nos reservatórios.

Tabela 5 - Lista de Materiais

Quantidade	Material
1	Protoboard
1	Arduino - Uno
1	Sensor Ultrassônico HC-SR04
1	Módulo Bluetooth HC-05
2	Resistores 120 Ohms
1	Cabo de Alimentação
11	Jumpers

Fonte: Autoria Própria, 2024.

A concepção inicial deste projeto consistiu na criação de um protótipo de sistema de monitoramento, utilizando um sensor ultrassônico integrado à plataforma Arduino, acompanhado de um módulo *Bluetooth*. Este módulo permite o envio de dados ao usuário por meio de dispositivos como computadores ou *smartphones*.

Com as dimensões do reservatório previamente definidas, o sistema seria instalado, possibilitando que o sensor realizasse o cálculo do volume de água. Através de leituras em intervalos específicos, é possível determinar o nível de água em tempo real e gerar relatórios diários de consumo.

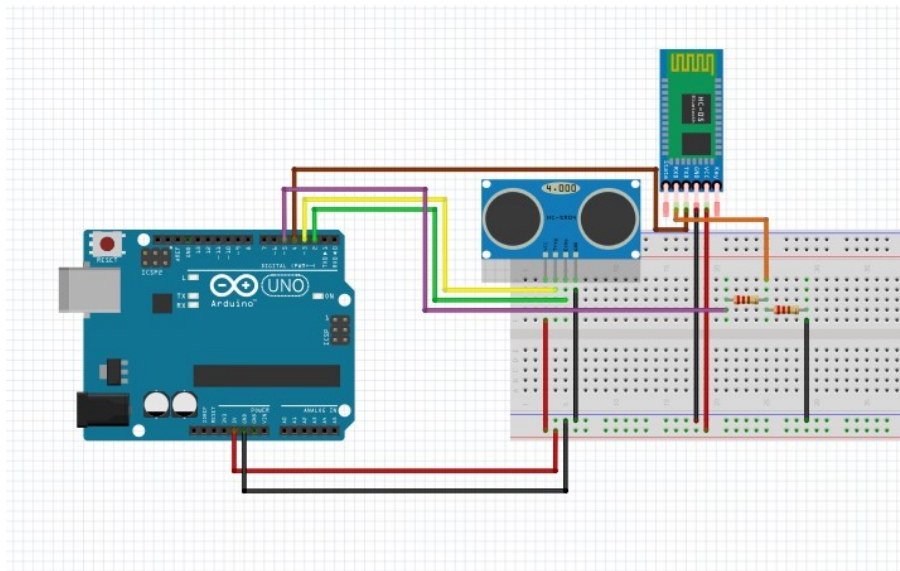
Dessa maneira, todos os objetivos propostos seriam atingidos, promovendo a otimização do consumo, a redução de desperdícios e a minimização dos impactos ambientais, além de aplicar lógicas de programação

relevantes. Adicionalmente, este projeto contribuiria para a pesquisa e desenvolvimento na área, resultando em um protótipo acessível para aqueles que necessitam desse tipo de sistema.

4.1. Montagem do protótipo

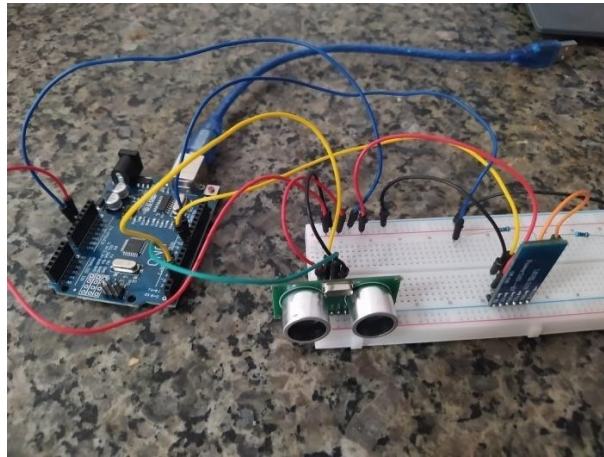
A montagem do protótipo consiste em montar um sistema com o uso de uma *protoboard*, conforme o esquema abaixo na Figura 4. O circuito preliminar do projeto mostrado na Figura 5.

Figura 4 - Ilustração do Circuito



Fonte: Autoria Própria (*Software Fritzing*), 2024.

Figura 5 - Foto do Circuito



Fonte: Autoria Própria, 2024.

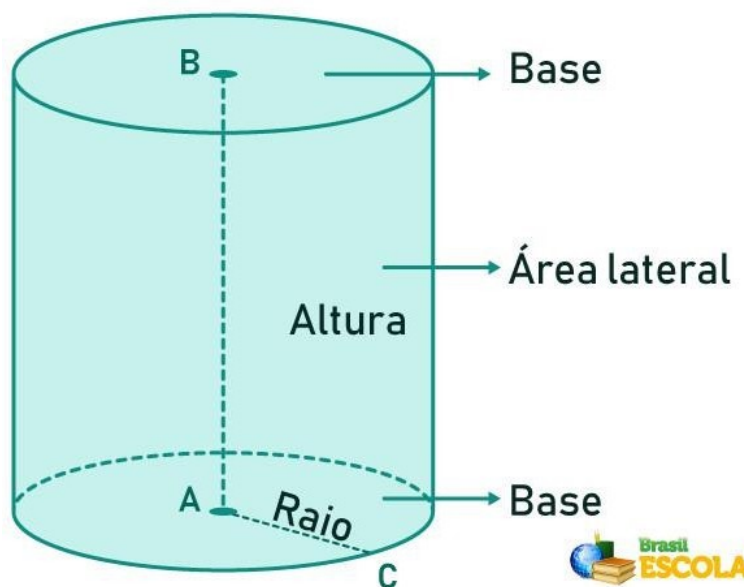
4.2. Reservatório Utilizado

Para este projeto, escolheu-se um reservatório de 3,6 litros devido ao fato de se tratar de um protótipo experimental. A forma geométrica que representa o reservatório é a de um cilindro, conforme ilustrado na Figura 6. Optou-se por essa capacidade para simplificar os testes e facilitar o controle e a medição dos parâmetros relacionados ao monitoramento com sensores ultrassônicos.

A utilização de um cilindro como modelo geométrico permite o cálculo preciso do volume e a aplicação direta de fórmulas matemáticas, como o volume de um cilindro.

$$V = \pi r^2 h \quad (2)$$

Figura 6 - Ilustração de um cilindro com a indicação de seus elementos



Fonte: Brasil Escola, 2024.

Após inserir o valor do raio do cilindro e o número $\text{Pi}(\pi)$, é possível calcular o volume aproximado do reservatório. A base superior do cilindro será utilizada como referência para determinar a altura em que o sensor ultrassônico será instalado, facilitando o monitoramento contínuo do nível de água no protótipo. A escolha adequada da altura de instalação do sensor é fundamental para garantir medições precisas ao longo de todo o processo de monitoramento.

4.3. Desenvolvimento do Código

Para o desenvolvimento do código deste projeto, foi utilizada a linguagem de programação C/C++, que é utilizada pela IDE do Arduino. Essa escolha se deve à sua eficiência e flexibilidade, permitindo a implementação de funcionalidades complexas de forma acessível e intuitiva.

4.3.1. Bibliotecas *NewPing.h* e *SoftwareSerial.h*

A biblioteca *NewPing.h* é fundamental para a operação do sensor ultrassônico, pois facilita a medição da distância entre o sensor e a superfície do líquido. Ela otimiza as leituras, permitindo que o sistema obtenha dados precisos

e em tempo real, essenciais para o monitoramento do nível de água no reservatório.

Já a *SoftwareSerial.h* habilita a comunicação serial via *Bluetooth*, permitindo que os dados coletados pelo sistema sejam transmitidos para dispositivos remotos, como *smartphones* ou computadores

Essas bibliotecas possibilitam a coleta e transmissão dos dados de volume para um dispositivo remoto, permitindo a análise do nível de água no reservatório de forma prática e eficiente.

Figura 7 - Bibliotecas utilizadas no IDE Arduino

```
// Biblioteca para o sensor ultrassônico
#include <NewPing.h>
// Biblioteca para comunicação Bluetooth
#include <SoftwareSerial.h>
```

Fonte: Autoria Própria (IDE Arduino), 2024.

4.3.2. Definição dos pinos *Trigger*, *Echo*, RX e TX

A configuração dos pinos do sensor ultrassônico é um ponto importante. O pino *Trigger* (definido como `TRIGGER_PIN`) é responsável por enviar um pulso ultrassônico, enquanto o pino *Echo* (definido como `ECHO_PIN`) detecta o tempo que o som leva para retornar após atingir a superfície do líquido. A partir dessa leitura, o código calcula a distância entre o sensor e o líquido, sendo essa distância essencial para determinar o volume.

No caso do módulo *Bluetooth*, os pinos RX e TX foram configurados (através das definições `RX_PIN` e `TX_PIN`) para permitir a comunicação serial sem fio. O pino RX (Receber) recebe dados de outros dispositivos, enquanto o pino TX (Transmitir) envia dados para um dispositivo remoto, como um *smartphone* ou computador, onde o volume calculado pode ser exibido em tempo real.

Figura 8 - Pinos definidos no IDE Arduino

```
// Responsável por enviar um pulso ultrassônico
#define TRIGGER_PIN 2
// Detecta o tempo que o som leva para retornar
#define ECHO_PIN 3
// Recebe dados de outros dispositivos
#define RX_PIN 8
// Envia dados para um dispositivo remoto
#define TX_PIN 9
```

Fonte: Autoria Própria (IDE Arduino), 2024.

4.3.3. Configuração das variáveis

Foram definidas variáveis do tipo *float*, que desempenham um papel crucial no cálculo do volume do reservatório. Essas variáveis são projetadas para armazenar números reais com casas decimais, o que é essencial para garantir a precisão nos cálculos relacionados ao volume de água. Em particular, a variável *conversão1* é responsável por armazenar o valor resultante da equação do volume de um cilindro em centímetros cúbicos (cm³), utilizando a Equação 2.

Em seguida, a variável *conversão2* armazena a conversão desse volume de cm³ para litros (L), facilitando a interpretação dos dados. Por fim, a variável *conversão3* recebe o valor calculado pela função *mapFloat*, que ajusta a escala do volume de acordo com os limites estabelecidos, convertendo o resultado para um valor compreendido entre 0 e 3,6 litros. Essa função é importante para adequar o cálculo ao volume total do reservatório e garantir a precisão no monitoramento dos níveis de água.

Figura 9 - Variáveis no IDE Arduino

```
// Equação do volume
conversao1 = (3.14159265359 * pow(6.5, 2) * sonar.ping_cm());

// Conversao de cm³ para L
conversao2 = (conversao1 / 1000);

// ajuste de acordo com os limites estabelecidos
conversao3 = mapFloat(conversao2, 0.0, 3.60, 3.60, 0.0);
```

Fonte: Autoria Própria (IDE Arduino), 2024.

4.3.4. Envio de dados

Para exibir os dados coletados pelo sensor no monitor serial e em um smartphone, foi necessário implementar os comandos *Serial.print* e *bluetooth.print* no código. O comando *Serial.print* é utilizado para enviar informações ao monitor serial da IDE do Arduino, permitindo que o desenvolvedor visualize em tempo real os dados que estão sendo processados pelo sistema. Por outro lado, o comando *bluetooth.print* é responsável por transmitir esses dados via Bluetooth para um dispositivo móvel.

Figura 10 - Código de envio de dados no IDE Arduino

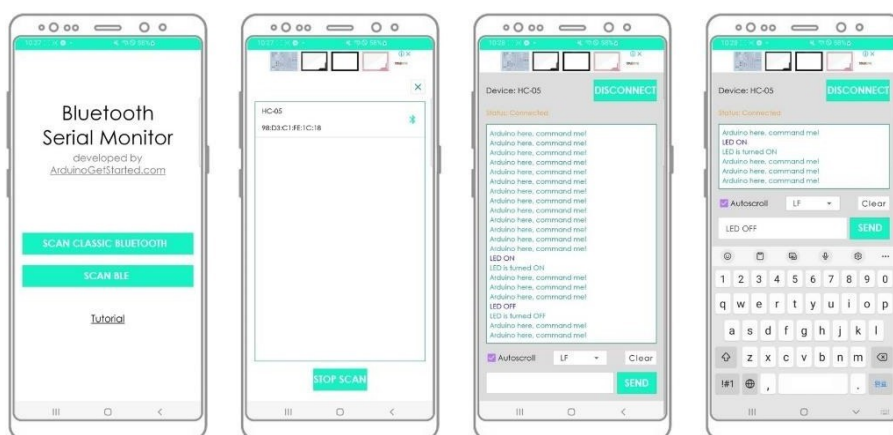
```
// Enviar informações ao monitor serial da IDE do Arduino
Serial.print("Volume do Reservatório: ");
Serial.print(conversao3);
Serial.println(" L");
// Enviar dados via Bluetooth para um dispositivo móvel
bluetooth.print("Volume do Reservatório: ");
bluetooth.print(conversao3);
bluetooth.println(" L");
```

Fonte: Autoria Própria (IDE Arduino), 2024.

Para facilitar a visualização dos dados no *smartphone*, foi utilizado o aplicativo “*Bluetooth Serial Monitor*”. Este aplicativo é capaz de receber e exibir as informações enviadas pelo módulo *Bluetooth* conectado ao Arduino,

permitindo que o usuário acompanhe as leituras do sensor de forma prática e eficiente. A integração entre o Arduino e o aplicativo proporciona uma *interface* amigável, onde os dados podem ser visualizados em tempo real, facilitando a análise e o monitoramento do volume de água no reservatório.

Figura 11 - Interface do *Bluetooth Serial Monitor*



Fonte: *Arduino Get Started*, 2024.

A escolha desses comandos e do aplicativo foi estratégica, pois garante que as informações sejam transmitidas de maneira clara e acessível. O uso do monitor serial é especialmente útil durante a fase de desenvolvimento e testes, permitindo que ajustes sejam feitos rapidamente com base nas leituras observadas. Já a funcionalidade *Bluetooth* oferece uma solução moderna e conveniente para usuários que desejam acompanhar os dados sem a necessidade de estar fisicamente próximo ao sistema.

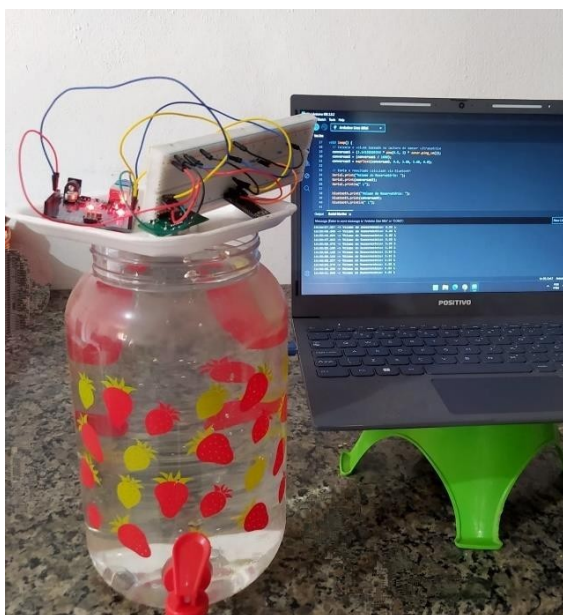
4.4. Instalando o protótipo no reservatório

A instalação do protótipo foi realizada de maneira simples e eficiente, visando facilitar a implementação do sistema de monitoramento do volume do reservatório. O primeiro passo consistiu em preparar a tampa do reservatório, que foi cuidadosamente perfurada para permitir o encaixe do sensor ultrassônico. Este sensor é um componente fundamental do sistema, pois é responsável por medir a distância entre sua posição e a superfície da água, possibilitando o cálculo preciso do volume.

Após a perfuração, o sensor ultrassônico foi instalado, garantindo que estivesse devidamente posicionado para realizar as medições necessárias. A escolha da localização do sensor é crucial, pois qualquer obstrução ou angulação inadequada poderia comprometer a precisão das leituras.

Em seguida, o sistema foi conectado a uma fonte de energia para assegurar seu funcionamento contínuo. Neste caso específico, optou-se por utilizar a saída USB de um *notebook* como fonte de alimentação elétrica. No entanto, em locais onde o acesso à eletricidade é limitado, uma alternativa viável é o uso de uma pilha de 9V para alimentar o circuito. Essa flexibilidade permite que o sistema opere em diferentes condições, garantindo sua versatilidade e eficiência.

Figura 12 - Protótipo instalado no reservatório



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Em resumo, a instalação do protótipo foi realizada de maneira prática e direta, envolvendo apenas a perfuração da tampa do reservatório e a conexão à fonte de energia. A instalação do sistema é um aspecto fundamental que contribui para a viabilidade do projeto, tornando-o acessível a usuários que desejam implementar soluções de monitoramento de água em seus reservatórios. Essa característica favorece a adoção de tecnologias práticas e eficazes, incentivando a gestão adequada dos recursos hídricos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados os resultados e as discussões referentes ao procedimento realizado com o protótipo desenvolvido.

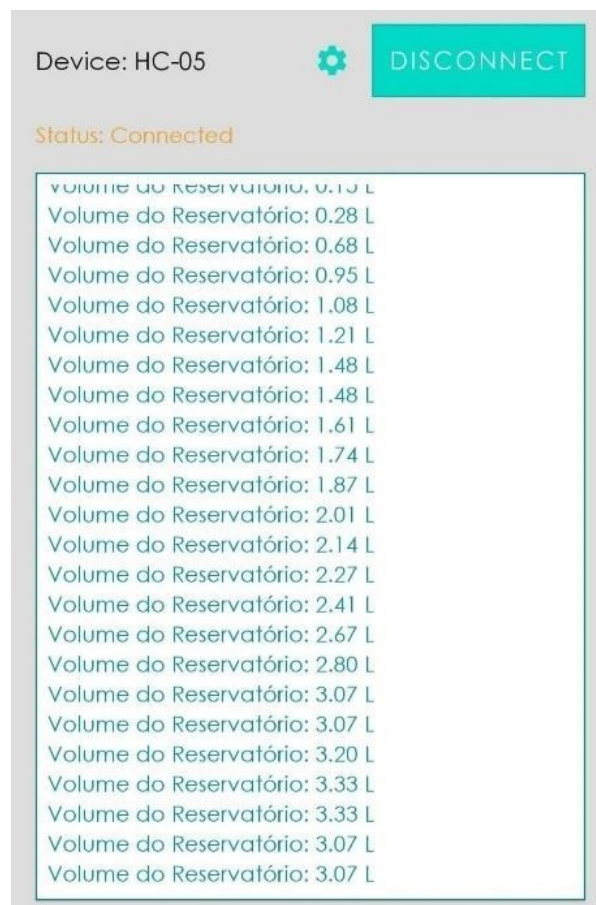
Durante o procedimento experimental, no qual o protótipo foi submetido a um caso prático, observou-se que o sistema, apresentou um desempenho satisfatório. As análises realizadas indicaram que todas as funcionalidades do protótipo operaram conforme o esperado.

Os testes foram realizados seguindo uma metodologia específica para garantir a precisão e a confiabilidade dos resultados obtidos. O procedimento foi dividido em três fases distintas, cada uma com seu propósito e importância.

5.1. Preenchimento do Reservatório

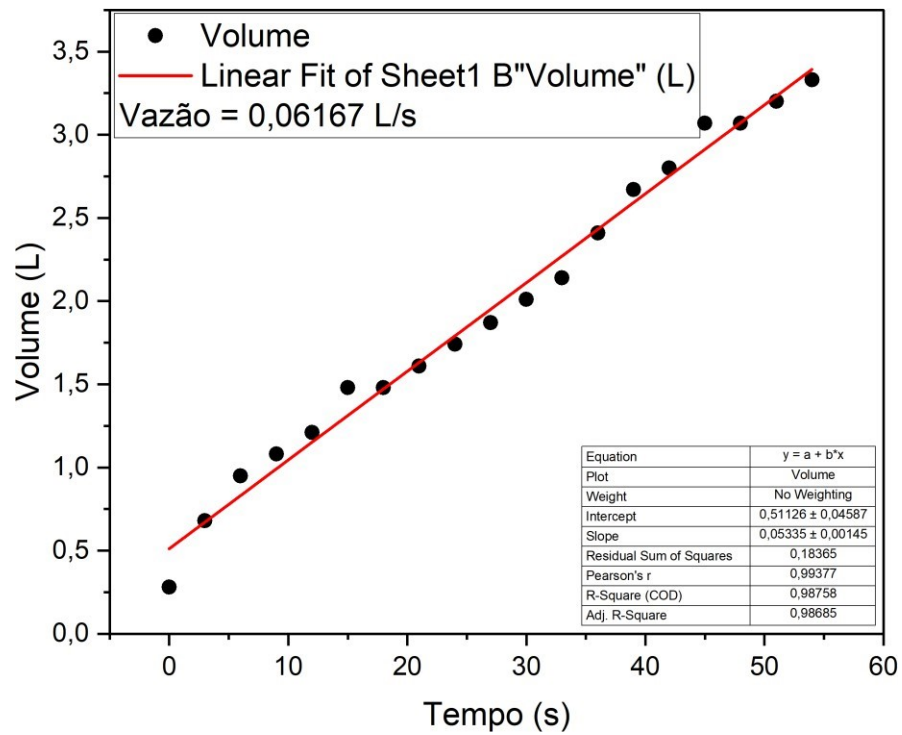
Na primeira fase, foi adicionado um volume de água ao reservatório, garantindo que ele estivesse parcialmente preenchido. Durante essa etapa, a análise do gráfico com um intervalo de 3 segundos revelou a presença de alguns pontos constantes. Essa constância ocorreu devido à limitação do sensor, que não consegue detectar variações menores que 1 cm, resultando na ausência de mudanças perceptíveis nesses pequenos intervalos de tempo. Para melhorar a percepção desses dados, foram exibidos dois gráficos: um com intervalo de 3 segundos e outro com intervalo de 6 segundos, proporcionando uma visão mais clara das variações detectadas pelo sistema.

Figura 13 - Monitor Serial do preenchimento do reservatório



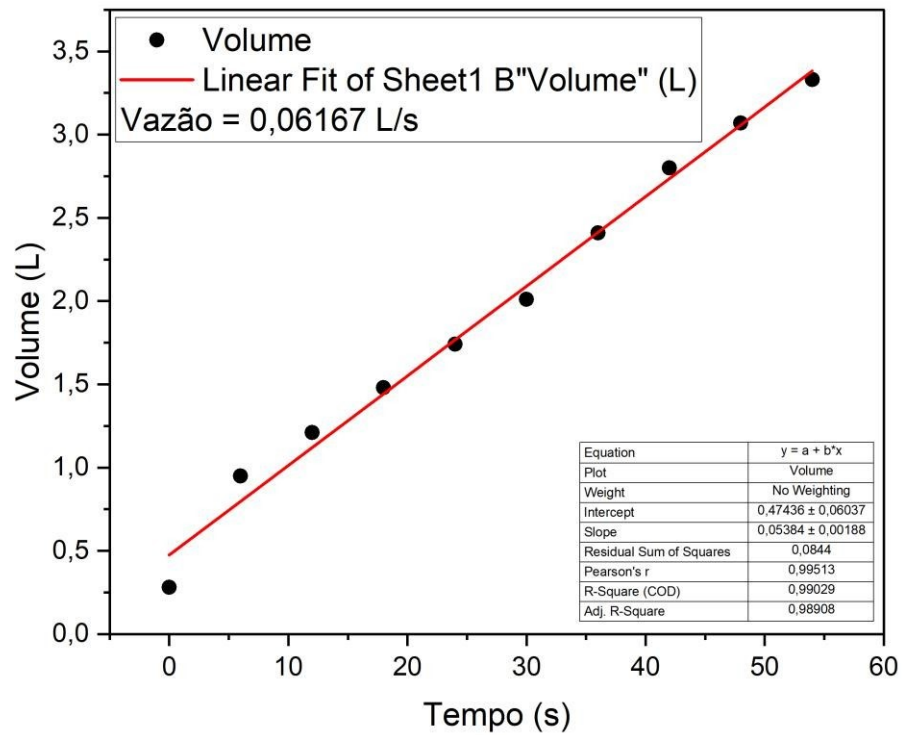
Fonte: Autoria Própria (*Bluetooth Serial Monitor*), 2024.

Figura 14 - Gráfico preenchimento do reservatório com intervalo de 3 segundos



Fonte: Autoria Própria (*OriginLab*), 2024.

Figura 15 - Gráfico preenchimento do reservatório com intervalo de 6 segundos

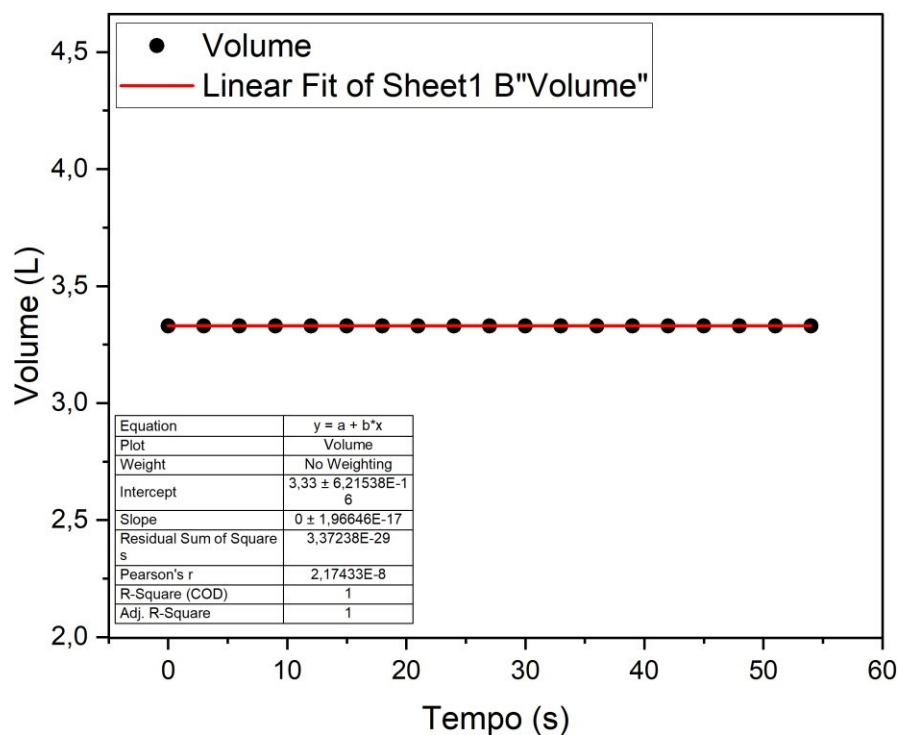


Fonte: Autoria Própria (*OriginLab*), 2024.

5.2. Volume constante

A segunda fase consistiu na manutenção de um volume constante de água durante um período determinado.

Figura 16 - Gráfico do volume constante

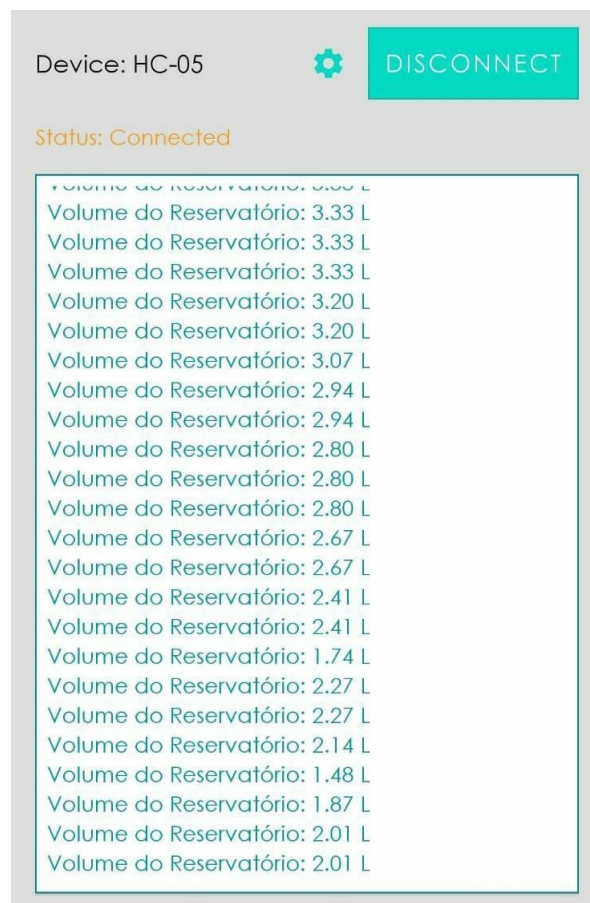


Fonte: Autoria Própria (*OriginLab*), 2024.

5.3. Esvaziamento do Reservatório

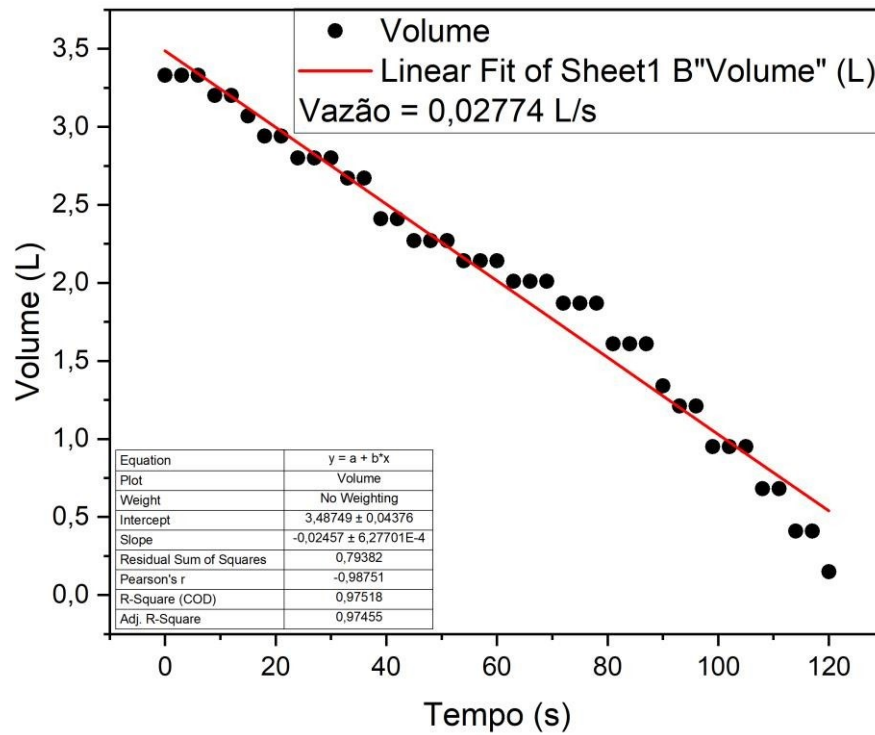
Na terceira fase, o processo de esvaziamento do reservatório foi realizado, permitindo a análise do comportamento do sistema com a diminuição do volume de água. A observação dos fenômenos durante o esvaziamento foi fundamental para identificar padrões e potenciais melhorias no design do protótipo. Assim como na primeira fase, foi necessário gerar dois gráficos com intervalos de tempo diferentes, de 3 e 6 segundos, devido à mesma limitação do sensor, que não consegue captar variações menores que 1 cm

Figura 17 - Monitor Serial do esvaziamento do reservatório



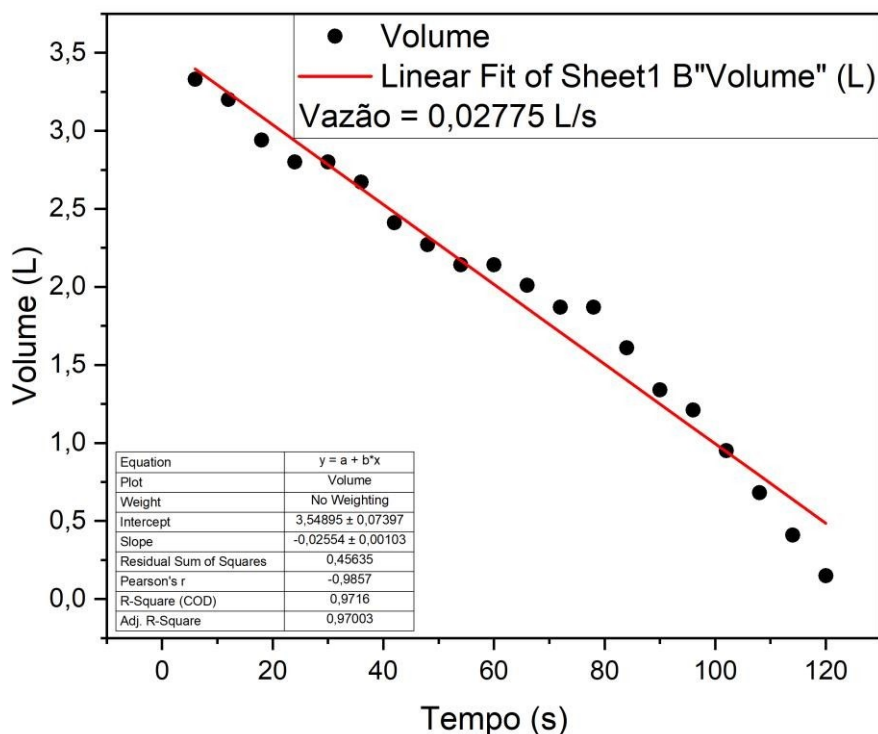
Fonte: Autoria Própria (*Bluetooth Serial Monitor*), 2024

Figura 18 - Gráfico esvaziamento do reservatório com intervalo de 3 segundos



Fonte: Autoria Própria (*OriginLab*), 2024.

Figura 19 - Gráfico esvaziamento do reservatório com intervalo de 6 segundos



Fonte: Autoria Própria (*OriginLab*), 2024.

5.4. Análise de dados

Na fase inicial, foi adicionado um volume de água ao reservatório para observar a interação entre o líquido e os componentes do protótipo. O gráfico gerado durante essa fase ilustrou o comportamento do sistema ao detectar o aumento do volume de água. Isso confirma que o protótipo respondeu adequadamente aos estímulos, demonstrando que os sensores instalados capturaram os dados de preenchimento de forma confiável. A precisão no monitoramento foi evidenciada nos gráficos e no monitor serial, reforçando a capacidade do sistema de acompanhar variações no volume de forma rápida e precisa.

Durante a segunda fase, em que foi mantido um volume de água constante, o sistema de monitoramento demonstrou estabilidade e

repetibilidade. As leituras registradas pelo monitor serial durante essa fase mostraram que o protótipo conseguiu manter um controle preciso sobre o volume. Isso é especialmente relevante para aplicações em que o monitoramento contínuo e estável é necessário, como em sistemas de controle de nível de água. A estabilidade apresentada nas medições também mostra a eficácia do sensor ultrassônico em ambientes com pequenas variações, comprovando a adequação do sistema para medições em tempo real e sem flutuações indesejadas.

Na fase final, o esvaziamento do reservatório permitiu uma análise detalhada do comportamento do sistema quando o volume de água diminui. O gráfico de esvaziamento demonstrou uma relação clara entre o volume de água e o tempo de escoamento, sugerindo que o sistema foi eficaz em rastrear a variação de volume ao longo do processo. A observação dos dados de esvaziamento possibilitou a identificação de padrões previsíveis, permitindo estimar o tempo de esvaziamento com base nas condições iniciais e no tamanho do furo do reservatório.

A partir dos resultados obtidos, pode-se afirmar que o protótipo foi bem-sucedido em monitorar as três fases do experimento. Os sensores de medição, em conjunto com o sistema de controle, forneceram dados precisos e confiáveis.

6. CONCLUSÃO

Diante dos testes e análises realizados no desenvolvimento do protótipo para monitoramento do volume de reservatórios de água utilizando a plataforma Arduino, é possível extrair conclusões significativas sobre a performance e viabilidade do dispositivo. O objetivo principal de medir o nível de água, estimar o volume disponível e transmitir essa informação ao usuário por meio de um smartphone ou computador foi alcançado com sucesso, assim como os objetivos específicos estabelecidos.

Os resultados obtidos em todas as fases do experimento demonstram que o protótipo apresenta um desempenho satisfatório e confiável. As observações realizadas ao longo das etapas experimentais permitiram uma compreensão aprofundada dos fenômenos envolvidos, além de abrir caminho para futuras investigações e aprimoramentos. A metodologia aplicada garantiu a precisão dos dados coletados, isso possibilita conclusões robustas sobre a eficácia do sistema, garantindo maior precisão na medição dos níveis de água e proporcionando uma base sólida para a otimização e manutenção dos reservatórios monitorados.

Com a instalação desse sistema, os moradores não serão mais surpreendidos por uma falta inesperada de água, pois terão acesso em tempo real às informações sobre o volume disponível em seus reservatórios. Essa inovação não apenas melhora a gestão do recurso hídrico, mas também promove maior tranquilidade e segurança para os usuários.

Em suma, as conclusões extraídas deste trabalho não apenas validam o protótipo desenvolvido, mas também abrem caminho para novas pesquisas e aprimoramentos que possam expandir suas funcionalidades e aplicações práticas.

7. REFERÊNCIAS

ÁGUA, F. F. E T. DE. Uso da água nas indústrias. Disponível em: < <https://www.fusati.com.br/uso-da-agua-nas-industrias/> >.

Amarante, André. **Os tipos float e double - números decimais (ou reais) em C.** 2012. Disponível em: <https://www.cprogressivo.net/2012/12/Os-tipos-float-e-double-numeros-decimais-reais-em-C.html>. Acesso em: 21 set. 2024.

Amarante, André. **Tamanho das Variáveis.** I C – 2º Sem - 2022. Disponível em: https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/profandreamarante/disciplinas/ic_lab04_tamanho_das_variaveis.pdf. Acesso em: 21 set. 2024.

ANGELO LUIS FERREIRA. I16 - Como medir distâncias por meio de um sensor ultrassônico HC-SR04 com Arduino e display LCD (régua eletrônica) ~ Squids Arduino. Disponível em: < <https://www.squids.com.br/arduino/projetos-arduino/projetos-squids/intermediario/351-i16-como-medir-distancias-sensor-regua-eletronica-ultrassonico-hc-sr04-com-arduino-e-display-lcd> >. Acesso em: 13 set. 2024.

APRIORIZE, A. A. A. O consumo de água na indústria e a importância do tratamento de efluentes. Disponível em: < <https://novaepoca.com/artigos/oconsumo-de-agua-na-industria-e-a-importancia-do-tratamento-de-efluentes/> >. Acesso em: 29 mar. 2024.

ARDUINO GET STARTED. **Bluetooth Serial Monitor.** Disponível em: <https://arduinogetstarted.com/apps/bluetooth-serial-monitor>. Acesso em: 21 set. 2024.

ARDUINO. Arduino. Disponível em: < <https://www.arduino.cc/> >.

ARDUINOGETSTARTED. **BLE Serial Monitor.** Versão 1.5. [S.I.]: Google Play Store, 2024. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.arduinogetstarted.bleserialmonitor>. Acesso em: 21 set. 2024.

BRASIL ESCOLA. Cilindro: elementos, classificação, fórmulas. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/matematica/cilindro-2.htm>. Acesso em: 21 set. 2024.

BRASIL, S. O Setor Industrial É Responsável Por 90% Do Uso Da Água No Brasil. Disponível em: < <https://www.sanearbrasil.com.br/setor-industrialresponsavel-uso-agua> >.

BRITO, A. O futuro da gestão de água: tendências tecnológicas e inovações. Disponível em: < <https://www.nivetec.com.br/futuro-da-gestao-deagua/> >.

Como utilizar o módulo Bluetooth HC-05 com Arduino – Blog da Robótica. Disponível em: < <https://www.blogdarobotica.com/2023/02/13/como-utilizar-o-modulo-bluetooth-hc-05-com-arduino/> >.

DE ROBÓTICA, Grupo. Introdução ao arduino. Notas de aula, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, v. 10, 2012. Indústria é uma das vilãs no desperdício de água. Disponível em: < <https://www.fazforte.com.br/blog/industria-e-uma-das-vilas-nodesperdicio-de-agua/> >.

Getting Started with Arduino Uno. Disponível em: < <https://www.cytron.io/tutorial/getting-started-with-arduino-uno> >.

INTRODUÇÃO. Disponível em: < <https://sites.usp.br/ltsi/introducao/#:~:text=O%20Arduino%20%C3%A9%20uma%20plataforma> >.

MAKIYAMA, M. O que é Arduino: para que serve, benefícios e projetos. Disponível em: < <https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-arduino/> >.

MCROBERTS, M. Arduino Básico. [s.l.] Novatec Editora, 2018.

Módulo Bluetooth HC-05. Disponível em: < <https://www.eletrogate.com/modulo-bluetooth-rs232-hc-05> >.

MORGAN, Elijah J. HC-SR04 Ultrasonic Sensor. 2014. Disponível em: < https://docs.google.com/document/d/1YyZnNhMYy7rwhAgyL_pfa39RsB-x2qR4vP8saG73rE/edit >. Acesso em: 13 set. 2024.

Mundo Projetado. **Módulo Bluetooth - Comunicando c/ Arduino - Parte 1.** Disponível em: <https://mundoprojetado.com.br/modulo-bluetooth-comunicando-c-arduino-parte-1/>. Acesso em: 21 set. 2024.

SOUZA, F. **Arduino UNO**. Disponível em:
<<https://embarcados.com.br/arduino-uno/>>.

STA Eletrônica. Disponível em: < <https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/arduinos/quais-sao-as-caracteristicas-das-principais-placas-de-arduino-e-como-escolher-a-placa-ideal-para-o-seu-projeto> >.

.Z

APÊNDICES

APÊNDICE I - CÓDIGO DO ARDUINO

// TCC - Desenvolvimento de um protótipo de monitoramento do volume de reservatórios de água com o uso da plataforma Arduino

```
#include <NewPing.h> // Biblioteca para o sensor ultrassônico
```

```
#include <SoftwareSerial.h> // Biblioteca para comunicação Bluetooth
```

```
#define TRIGGER_PIN 2 // Responsável por enviar um pulso ultrassônico
```

```
#define ECHO_PIN 3 // Detecta o tempo que o som leva para retornar após atingir a superfície do líquido
```

```
#define RX_PIN 8 // Recebe dados de outros dispositivos
```

```
#define TX_PIN 9 // Envia dados para um dispositivo remoto
```

```
SoftwareSerial bluetooth(RX_PIN, TX_PIN); // Permite comunicação serial em pinos digitais específico
```

```
NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN); // Configuração do sensor ultrassônico
```

```
float conversao1; // Armazena o resultado da equação do volume
```

```
float conversao2; // Armazena a conversão de cm³ para L
```

```
float conversao3; // Armazena o ajuste de acordo com os limites estabelecidos
```

```
void setup() {
```

```
    // Inicializa a comunicação serial para depuração e Bluetooth
```

```
    Serial.begin(9600); //taxa de transmissão de dados para 9600 bps na porta serial padrão
```

```

    bluetooth.begin(9600); // taxa de transmissão de dados para 9600 bps via
    bluetooth
    }
    float mapFloat(float x, float in_min, float in_max, float out_min, float
    out_max) {
        return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min; //
        realiza uma interpolação linear, convertendo um valor x de um intervalo definido
    }
    void loop() {

        conversao1 = (3.14159265359 * pow(6.5, 2) * sonar.ping_cm()); //
        Equação do volume
        conversao2 = (conversao1 / 1000); // Conversao de cm³
        para L
        conversao3 = mapFloat(conversao2, 0.0, 3.60, 3.60, 0.0); // ajuste de
        acordo com os limites estabelecidos

        // Enviar informações ao monitor serial da IDE do Arduino
        Serial.print("Volume do Reservatório: ");
        Serial.print(conversao3);
        Serial.println(" L");
        // Enviar dados via Bluetooth para um dispositivo móvel
        bluetooth.print("Volume do Reservatório: ");
        bluetooth.print(conversao3);
        bluetooth.println(" L");

        delay(3000); // Aguarde 3 segundos antes de fazer a próxima leitura
    }

```