

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO
“ADIB MOISÉS DIB”

AILTON LIMA TEIXEIRA
ERIOMAR MANOEL DE CARVALHO
GUSTAVO SOUSA SILVA
VÍTOR HENRIQUE NANZER HAYASHI

AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

São Bernardo do Campo – SP
Junho/2024

**AILTON LIMA TEIXEIRA
ERiomar MANOEL DE CARVALHO
GUSTAVO SOUSA SILVA
VÍTOR HENRIQUE NANZER HAYASHI**

AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernarda do Campo “Adib Moisés Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de tecnólogo (a) em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Me. Ivan de P. Ferreira

São Bernardo do Campo – SP
Junho/2024

**AILTON LIMA TEIXEIRA
ERiomar MANOEL DE CARVALHO
GUSTAVO SOUSA SILVA
VÍTOR HENRIQUE NANZER HAYASHI**

AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moisés Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo (a) em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Me. Ivan de P. Ferreira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em:_____/ /2024

Banca Examinadora:

Prof. Me. Ivan de Pádua Ferreira, FATEC SBC - Orientador

Prof. Me. Sergio Luiz Volpiano, FATEC SBC - Avaliador

Prof. Me. Warney Fernando Testa, FATEC SBC – Avaliador

“Eu sou o que me cerca. Se eu não preservar o que me cerca, eu não me preservo.”

José Ortega y Gasset

Resumo

Este projeto consiste na elaboração de um sistema para o tratamento de esgoto automatizado residencial, a permitir que haja menos impactos ambientais devido ao seu tratamento ser na saída da residência e não só na estação de tratamento de esgoto em casos de vazamentos nas tubulações. Com o uso de sistemas eletrônicos e elementos lógicos, através de dois reservatórios com sensores é possível identificar se há uma quantidade mínima estabelecida de esgoto para iniciar os cálculos para a dosagem e se não haverá transbordamento de água de esgotos nos reservatórios. A dosagem é realizada por válvulas de vazão solenoide. Essa dosagem possibilita que seja jogada na água de esgoto a quantidade exata de bactérias no primeiro reservatório e depois de produto neutralizante de ph no segundo reservatório, passado essas duas etapas um motor faz a mistura do produto com o esgoto. Após terminada a decomposição dos sólidos pela bactéria e verificado se o ph da água está correto, a água é liberada para a rede pluvial. Para o desenvolvimento do projeto foi necessário um levantamento sobre as condições ideais para a água ser considerada tratada, de forma a não oferecer riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

Palavras-Chave: Tratamento Químico. Ph da Água. Redes Pluviais. Esgoto. Dejetos Sólidos.

Abstract

This project consists of developing a system for automated residential sewage treatment, allowing for fewer environmental impacts due to its treatment taking place at the exit of the residence and not just at the sewage treatment plant in cases of leaks in the pipes. With the use of electronic systems and logical elements, through two reservoirs with sensors it is possible to identify whether there is a minimum amount of sewage required to start the dosage calculations and whether there is no overflow of sewage water in the reservoirs. Dosing is carried out by solenoid flow valves. This dosage allows the exact amount of bacteria to be thrown into the sewage water in the first reservoir and then the pH neutralizing product in the second reservoir. After these two steps, a motor mixes the product with the sewage. After the exposure of solids by the bacteria has been completed and the pH of the water has been verified to be correct, the water is released into the rainwater system. To develop the project, it was necessary to survey the ideal conditions for the water to be considered protected, so as not to pose risks to human health and the environment.

Keywords: Chemical Treatment. Ph of Water. Rainwater Networks. Sewage. Solid Waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Parâmetros de Qualidade de Água – Potabilização	13
Figura 1.2 - Sensor de pH e módulo para utilização no Arduino	18
Figura 1.3 - Sensor de nível tipo boia	19
Figura 1.4 - Funcionamento do sensor de nível com boia.....	20
Figura 1.5 - Sensor Ultrassônico	21
Figura 1.6 - Display LCD	21
Figura 1.7 - Especificações Técnicas do LCD	22
Figura 1.8 - Estrutura de um motor CC	23
Figura 1.9 - Reservatório de Água	24
Figura 1.10 - Válvula de vazão solenoide.....	24
Figura 1.11 - Redutor para motor.....	25
Figura 2.1 - Escopo	27
Figura 2.2 - Lógica de Acionamento	29
Figura 2.3 - Sensor de ultrassônico acoplado ao reservatório	31
Figura 2.4 - Misturador acoplado ao reservatório	32
Figura 2.5 - Dosador acoplado ao reservatório	33
Figura 3.1 - Tela de proteção e programação	35
Figura 3.2 - Tela de conexão e acionamentos	35
Figura 3.3 - Programação tela de conexão e acionamentos.....	36
Figura 3.4 - Microcontrolador Atmega 2560.....	37
Figura 3.5 - Soquete para o microcontrolador.....	37
Figura 3.6 - Microcontrolador posicionado no suporte	38
Figura 3.7 - Cristal oscilador de 16MHz e dois capacitores de 22pF	39
Figura 3.8 - Conversor CH340 TTL para USB.....	39
Figura 3.9 - Sistema de extração das sobras de dejetos sólidos.....	40
Figura 3.10 - Entradas digitais	41
Figura 3.11 - Saídas digitais	41
Figura 3.12 - Entrada analógica	41
Figura 3.13 - Portas seriais.....	41
Figura 3.14 - Chapa de MDF e canaletas.....	42
Figura 3.15 - Elétrica e eletrônica do projeto.....	43
Figura 3.16 - Posicionamento do tanque 1.....	44

Figura 3.17 - Posicionamento do tanque 2.....	45
Figura 3.18 - Bomba.....	45
Figura 3.19 - Botões e display LCD.....	46

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
1.1 Índice de qualidade das águas	13
1.2 Impactos Sociais e Ambientais do Tratamento de Água e Esgoto	14
1.3 Processo de Biodigestão na Decomposição de Matéria Orgânica	16
1.4 Microcontrolador	17
1.5 Sensor de pH	17
1.6 Sensor de Nível.....	19
1.7 Sensor Ultrassônico.....	20
1.8 Display LCD para monitoramento	21
1.9 Motor para misturar compostos químicos com a água	22
1.10 Reservatório de água	23
1.11 Dosador de Líquido.....	24
1.12 Redutor para acoplar ao motor	25
2. METODOLOGIA	26
2.1 Definição de Metodologia	26
2.2 Tema-problema com justificativa	26
2.3 Infraestrutura do Projeto.....	27
2.3.1 Lógica e Controle.....	28
2.3.2 Sensor de Presença de Água.....	30
2.3.3 Misturador.....	31
2.3.4 Dosador.....	32
3. DESENVOLVIMENTO	34
3.1 Adquirir os Materiais.....	34
3.2 Aplicativo para operação manual.....	34
3.3 Placa de circuito de controle.....	36
3.4 Retirada das sobras dos dejetos orgânicos.....	39
3.5 Portas de entradas e saídas.....	40
3.6 Montagem física dos tanques.....	42

Considerações Finais	45
REFERÊNCIAS.....	48
APÊNDICES.....	51

INTRODUÇÃO

A água é um dos elementos mais importantes para o desenvolvimento da existência humana, devido a necessidade de consumo e utilização diária. Por isso, devemos nos preocupar com a qualidade e tratamento da água utilizada.

Desde a antiguidade, houve a preocupação com a qualidade da água para o seu uso sem prejudicar a saúde humana.

Com o crescimento da urbanização, o tratamento de água e esgoto se tornou um desafio, visto que o crescimento populacional e residencial desenfreado, torna mais difícil prover saneamento básico a todos. A coleta de esgoto é essencial para a saúde e bem-estar da sociedade, já que o esgoto não tratado pode contaminar a água e o solo, gerando desequilíbrio no ecossistema. A transmissão de doenças é outro fator que está diretamente relacionado a falta de tratamento de esgoto.

Atualmente, a grande maioria dos processos de tratamento de água e esgoto utilizam tecnologias de automação para tornar o processo mais rápido e eficiente, com a utilização de sistemas para realizar controle e monitoramento.

Este trabalho faz o uso das tecnologias de automação, utilizando um microcontrolador ou Controlador Lógico Programável (CLP) para o tratamento da água. Para a supervisão do processo será usado um display. Dosadores e um motor irão despejar e misturar, respectivamente, os produtos de forma a deixar o esgoto tratado para seu retorno à estação de água e esgoto.

O sistema visa auxiliar o tratamento da água de esgoto que sai das residências diminuindo o seu tempo de retorno para o meio ambiente, já que vai para a estação de tratamento quimicamente tratada, sem sólidos e será apenas necessário tratar a parte orgânica da água. Além disso, há a possibilidade de oferecer descontos na conta mensal do residente que tiver o dispositivo de tratamento de água. Ele poderá reutilizar a água, exceto para banho e consumo. Em caso de vazamentos nas tubulações de esgoto que transportam a água para a estação de tratamento, a presença de tratamento nessa água poderia reduzir os impactos ambientais no local de vazamento. O tratamento possibilita que o meio ambiente aja sobre a parte orgânica da água, uma vez que tenha sido quimicamente tratada.

O trabalho será dividido em três capítulos. O Capítulo 1 apresenta a fundamentação teórica, que contém o embasamento teórico que servirá de base para o desenvolvimento do trabalho. No Capítulo 2 é abordada a metodologia, ou seja, as técnicas, métodos e procedimentos utilizados na construção do protótipo. Já o Capítulo 3, será abordado o processo de desenvolvimento do projeto, suas características e o passo a passo para a sua construção. E por fim, as Considerações finais, que concluirão as ideias apresentadas e apontarão as relações existentes entre as teorias e os fatos verídicos

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo estão as teorias de pesquisadores conceituados na área de automação e química que são a base para o desenvolvimento do trabalho intitulado “Automatização do Processo de Tratamento de Água”, no qual serão apontadas as referências técnicas, equipamentos e componentes utilizados.

1.1 Índice de qualidade das águas

A qualidade da água se tornou uma preocupação desde os tempos antigos, mas apenas em 1970 que foi criado o índice de qualidade das águas, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation* e a partir de 1975 começou a ser utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), segundo (cetesb.sp.gov.br/, 2017). Há vários parâmetros analisados para assegurar a qualidade da água, conforme ilustra a Figura 1.1.

Figura 1.1 - Parâmetros de Qualidade de Água – Potabilização

Parâmetros físicos:	Parâmetros químicos:	Parâmetros bacteriológicos:
<ul style="list-style-type: none"> • Cor • Turbidez • Sabor e odor 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Alcalinidade • Acidez • Dureza • Cloretos, sulfatos e sólidos totais • Ferro e manganês • Produtos farmacêuticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Bactérias • Algas

Fonte: slideplayer.com.br/slide/14195614/.

1.2 Impactos Sociais e Ambientais do Tratamento de Água e Esgoto

O tratamento de água e esgoto desempenha um papel fundamental na sociedade, afetando tanto os aspectos sociais quanto os ambientais. É crucial compreender os impactos que esses processos podem ter para garantir que as soluções propostas sejam eficazes e sustentáveis. Nesta seção, exploraremos os principais impactos sociais e ambientais relacionados ao tratamento de água e esgoto.

O consumo de água é essencial para a sobrevivência da humanidade. De acordo com Cavinatto e Rodrigues (2003, p.41) “uma pessoa pode sobreviver várias semanas sem comer, mas dificilmente consegue passar dois dias sem tomar líquido” e, ainda, segundo os autores, aproximadamente 70% do corpo humano é composto por água. Essa ênfase na importância da água destaca seu papel essencial na manutenção da vida e ressalta a necessidade crítica desse recurso para o funcionamento saudável do organismo humano. A falta de uma distribuição adequada e a disponibilidade de água com qualidade têm efeitos significativos nas pessoas, resultando em impactos sociais em várias áreas da sociedade. Algumas das áreas afetadas incluem:

1. **Saúde Pública:** O tratamento inadequado de água e esgoto pode resultar na disseminação de doenças transmitidas pela água, como cólera, diarreia e hepatite (Pasini e Damke, 2020). Portanto, sistemas de tratamento eficazes são essenciais para proteger a saúde pública;
2. **Acesso à Água Potável:** A disponibilidade de água potável de qualidade afeta diretamente a qualidade de vida das comunidades. A falta de acesso a água limpa pode resultar em maior incidência de doenças e maior dificuldade para atender às necessidades básicas (Razzolini e Günther, 2008);
3. **Equidade:** É importante considerar questões de equidade no acesso ao tratamento de água e esgoto. Populações marginalizadas e de baixa renda muitas vezes enfrentam dificuldades no acesso a serviços adequados de saneamento;
4. **Sustentabilidade Urbana:** O tratamento adequado de esgoto é essencial para o desenvolvimento urbano sustentável. O descarte inadequado de esgoto pode

levar à poluição da água, prejudicando a vida aquática e a qualidade do ar em áreas urbanas.

A poluição da água é um dos impactos ambientais mais significativos associados ao tratamento inadequado de água e esgoto. De acordo com Abiko e Moares (2009, p. 15) “a poluição da água é uma das mais preocupantes formas de poluição, tanto pela sua importância para a sobrevivência do homem como pelas diversas formas como ela pode ocorrer”. Ela representa uma ameaça substancial ao meio ambiente aquático e à biodiversidade. A seguir, destaca-se os principais impactos ambientais decorrentes da poluição da água:

1. **Prejuízo à Biodiversidade:** A liberação de esgoto não tratado ou parcialmente tratado em corpos d'água pode prejudicar a biodiversidade aquática, afetando negativamente a variedade de espécies e ecossistemas em rios, lagos, oceanos e zonas costeiras. Isso tem implicações significativas para a conservação da vida selvagem e a saúde dos ecossistemas aquáticos;
2. **Eutrofização:** O despejo excessivo de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, na água pode causar a eutrofização de corpos d'água, como lagos e rios. Isso promove o crescimento excessivo de algas, que, quando morrem e se decompõem, consomem o oxigênio dissolvido na água. A falta de oxigênio resultante pode causar a morte de peixes e a degradação do ecossistema aquático (Barreto, 2013);
3. **Recurso Hídrico Limitado:** O acesso a água doce segura e sustentável está se tornando cada vez mais desafiador devido à crescente demanda, à poluição da água e às mudanças climáticas, fazendo com que a escassez de água se torne uma preocupação global. O tratamento eficiente e o reúso de água podem ajudar a preservar esse recurso finito (Cardoso, 2020).

Ao reconhecer esses impactos sociais e ambientais, torna-se evidente a importância de abordar o tratamento de água e esgoto com responsabilidade e consideração aos desafios e oportunidades que esses processos representam. A automação e a tecnologia podem desempenhar um papel fundamental na melhoria da eficiência e na redução desses impactos, uma vez que permitem um controle mais preciso e uma supervisão mais eficaz dos processos de tratamento.

1.3 Processo de Biodigestão na Decomposição de Matéria Orgânica

Ao efetuarmos o tratamento da água residencial, também precisamos lidar com dejetos sólidos e matéria orgânica do esgoto, formada principalmente por fezes e urina, entre outros resíduos. Para essa finalidade, optaremos pelo processo de biodigestão, empregando uma bactéria anaeróbica que promoverá a decomposição da matéria orgânica presente na água.

Segundo De Moraes (2020), “a biodigestão anaeróbia é o processo de decomposição de matéria orgânica por organismos vivos (bactérias) em um meio no qual há ausência de oxigênio”. Esse método tem uma longa história, remontando às primeiras unidades, conhecidas como fossas sépticas, instaladas em Bombaim, Índia, em 1819 (De Novaes, 2002). Ao longo do tempo, a biodigestão de resíduos orgânicos tem se destacado como uma abordagem eficaz e sustentável para o tratamento de água e esgoto (Pereira, 2018). Entre as bactérias amplamente utilizadas para esse fim, destacam-se as bactérias anaeróbicas, como, por exemplo, as pertencentes aos gêneros *Methanosaeta* e *Methanosarcina*. (Dantas, 2018) Essas bactérias são capazes de degradar a matéria orgânica presente no esgoto, incluindo fezes e urina, em um ambiente sem oxigênio, gerando como produtos finais biogás, predominantemente metano, além de dióxido de carbono, e um efluente tratado com menor teor de poluentes orgânicos (Pereira, 2018; Da Silva, 2007).

Nesse processo, ocorrem duas reações principais: a respiração, na qual os microrganismos convertem a matéria orgânica em energia, produzindo dióxido de carbono e água como produtos finais, e a síntese e reprodução, na qual a matéria orgânica é utilizada para a reprodução dos microrganismos. Em caso de falta de uma fonte externa de matéria orgânica, os microrganismos podem consumir sua própria composição orgânica através de uma reação conhecida como respiração endógena (Da Silva, 2007).

Já na parte do processo biológico, as reações de respiração podem ocorrer de forma aeróbica, na presença de oxigênio dissolvido (OD), onde a matéria orgânica é convertida em dióxido de carbono e água. Na ausência de OD, mas na presença de nitrato (N-NO₃), em condições anóxicas, o nitrato pode ser utilizado como substituto do OD na reação de respiração, resultando na produção de dióxido de carbono, água e liberação de nitrogênio gasoso, em uma reação conhecida como desnitrificação. Na ausência tanto de OD quanto de N-NO₃, a reação de respiração é anaeróbica, gerando dióxido de carbono e metano como produtos finais (Da Silva, 2007).

1.4 Microcontrolador

Os microcontroladores pertencem à categoria de sistemas computadorizados que utilizam o método de programação sequencial e não executam um sistema operacional em seu funcionamento. Consiste na utilização de um circuito síncrono digital, que compõe a Unidade Central de Processamento (CPU) e uma memória para armazenar o código de *firmware*, assim como os dados gerados na execução do código (Bolanakis, 2019).

A utilização de um microcontrolador se mostra altamente eficaz para a aplicação, devido a sua ligação com o mundo externo utilizando suas respectivas entradas e saídas, tendo alta conectividade e trazendo praticidade na execução das funções necessárias relacionadas à automação (Santos; Lara, 2019).

1.5 Sensor de pH

O pH se trata de uma forma de quantificar o nível de acidez ou de alcalinidade de uma substância como por exemplo a água. A partir do ano de 1909 foi criado um índice para observar a concentração de íons de hidrogênio em uma solução aquosa. A escala de medida do pH funciona através da alteração do nível de íons de hidrogênio, sendo que quanto menor o número da escala, maior a acidez e quanto maior o número, mais básica será a solução (Artero; Cervera; Lazaro, 2012). A água pura possui um pH de 7,0 e é o nível de pH esperado para a água do processo após o tratamento realizado.

O sensor de pH é baseado na diferença de potencial eletroquímico que ocorre entre a solução conhecida dentro do eletrodo do sensor e a solução desconhecida que está fora do mesmo. O eletrodo desse sensor é feito de vidro e possui uma ponta arredondada. Existem três pinos nesse sensor, alimentação positiva de 5V (VCC), aterramento (GND), e variação de pH, usando uma porta de leitura analógica do Arduino (DATA) (Irawan *et al.*, 2021).

O sensor escolhido para o projeto pode ser observado na Figura 1.2. Ele conta com um módulo para facilitar a utilização no Arduino.

Figura 1.2 - Sensor de pH e módulo para utilização no Arduino



Fonte: www.mamuteletronica.com.br/modulo-sensor-ph-eletrodo-sonda-bnc-arduino-phmetro-9965.

1.6 Sensor de Nível

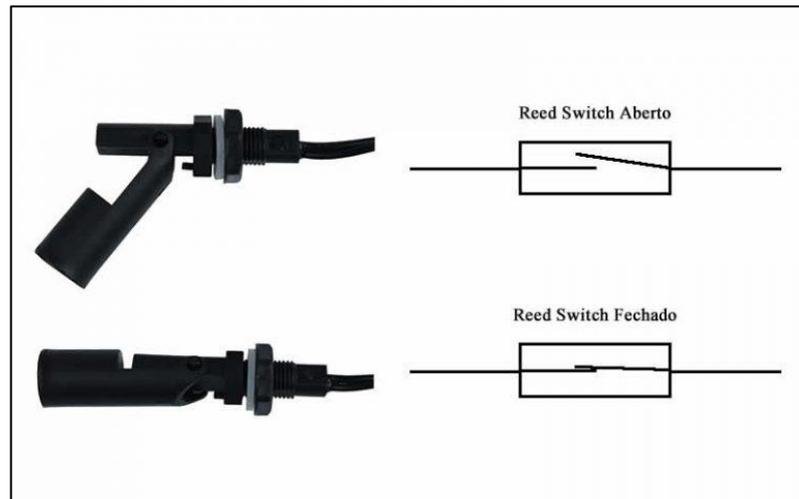
O sensor de nível de água tem um funcionamento semelhante ao de uma chave, podendo estar aberta ou fechada, sendo possível identificar o nível de água nos tanques do processo de tratamento de água. O sensor de nível tipo boia pode ser observado na Figura 1.3. Seu funcionamento ocorre de acordo com a movimentação da boia, uma vez que a água a mover para cima, ela fecha o contato, no caso de um sensor de nível máximo, como pode ser observado na Figura 1.4. Para usá-la como sensor de nível mínimo, o sensor pode ser instalado na lateral do tanque, porém montado virado 180° em relação à montagem para nível máximo.

Figura 1.3 - Sensor de nível tipo boia



Fonte: <https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-nivel-de-agua-com-arduino-automacao-residencial-de-controle/>.

Figura 1.4 - Funcionamento do sensor de nível com boia



Fonte: <https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-nivel-de-agua-com-arduino-automacao-residencial-de-controle/>.

1.7 Sensor Ultrassônico

Este sensor é capaz de transformar energia em ondas de ultrassom e pode fornecer várias informações através da propagação do seu sinal. Os sensores ultrassônicos são utilizados para detectar líquidos de qualquer cor, levando vantagens em relação aos sensores fotoelétricos por difusão que não são imunes às cores dos objetos a serem detectados (Silveira, 2016).

O sensor ultrassônico (Figura 1.5) se destaca na indústria pela capacidade de medir distância e detecção de posição de materiais granulados, materiais em pó e fluidos, podendo medir variáveis como enchimento, curvatura e altura sem a necessidade de contato, com a vantagem de que, independentemente da cor do produto, transparência ou sujeira, não impedem seu funcionamento, podendo medir a distância de qualquer objeto que reflete o som (Silveira, 2016).

Figura 1.5 - Sensor Ultrassônico

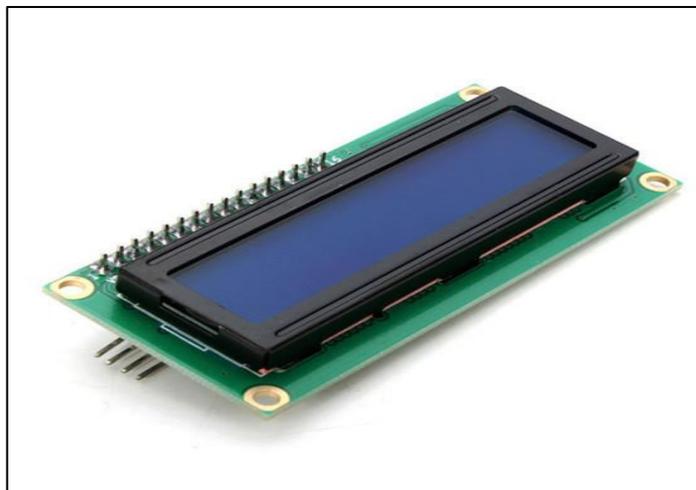


Fonte: www.citisystems.com.br/sensor-ultrassonico/.

1.8 Display LCD para monitoramento

Para todo processo automatizado é necessário haver uma supervisão do processo, para o projeto em questão será utilizado um display LCD, conforme ilustra a Figura 1.6.

Figura 1.6 - Display LCD



Fonte: www.eletrogate.com/display-lcd-16x2-i2c-backlight-azul.

O display mostrará todo o processo em sua tela e em caso de problema o residente poderá solicitar a assistência técnica para corrigir o erro, pois o display mostra se há um problema ou não. Ele possui um módulo I2C integrado que faz a conexão entre o display e o microcontrolador utilizando apenas dois pinos, SDA e SCL (Eletrogate, 2023). Há diversas especificações técnicas deste display, conforme ilustra a Figura 1.7.

Figura 1.7 - Especificações Técnicas do LCD

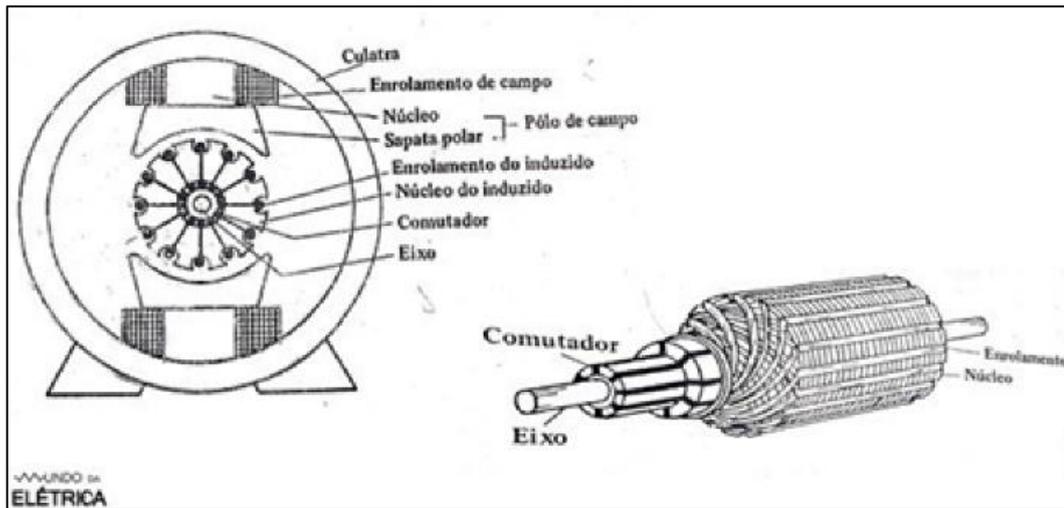
COR BACKLIGHT	Azul
COR ESCRITA	Branca
POSSUI	Adaptador display I2C integrado
POSSUI	Potenciômetro para ajuste do contraste
TENSÃO DE OPERAÇÃO	5V
LINHAS	2
COLUNAS	16
INTERFACE	I2C
DIMENSÕES	80 x 36 x 12mm
ÁREA VISÍVEL	64,5 x 16mm

Fonte: www.eletrogate.com/display-lcd-16x2-i2c-backlight-azul.

1.9 Motor para misturar compostos químicos com a água

O motor usado no projeto para misturar os compostos químicos com a água é um motor de corrente contínua (CC). Os motores CC são muito usados nos processos que exige torque constante independente da variação de velocidade, além da sua robustez e a precisão no controle de velocidade (Manutenção Em Foco, 2022). O motor CC é composto de diversas partes essenciais para o seu funcionamento, como ilustra a Figura 1.8.

Figura 1.8 - Estrutura de um motor CC



Fonte: www.mundodaeletrica.com.br/motor-de-corrente-continua-caracteristicas-e-aplicacoes/.

Analisando a melhor posição possível para o motor ficar acoplado ao tanque, concluímos que motor deverá estar na parte de cima do reservatório, pois em caso de vazamentos, não ocorrerá danos ao motor.

1.10 Reservatório de água

O reservatório será responsável por armazenar a água para tratá-la, a capacidade do reservatório pode variar de acordo com a vazão de esgoto de cada residência e será necessário análises para a sua instalação. Pode-se observar um exemplo de reservatório de água na Figura 1.9.

Figura 1.9 - Reservatório de Água



Fonte: www.leroymerlin.com.br/caixa-dagua-polietileno-2-000l-azul-fortlev_89866714?store_code=45&gclid=CjwKCAjwkNOpBhBEEiwAb3MvvZKIEJvAeF1GJlwcMVvHnOMeEVDxAYpEUmWSc1gVhuKx-mt4KraXkxoCQIIQAvD_BwE.

1.11 Dosador de Líquido

O dosador de líquido é imprescindível para adicionar algum líquido a uma mistura com medida e quantidade. Para este projeto será utilizado uma válvula de vazão solenoide para fazer a dosagem na quantidade certa de produto para decompor os dejetos orgânicos e tratar o ph da água. A Figura 1.10 mostra um exemplo de válvula de vazão solenoide.

Figura 1.10 - Válvula de vazão solenoide



Fonte: www.arduino.belem.com.br/produto/valvula-de-vazao-solenoide-12vdc/.

1.12 Redutor para acoplar ao motor

O motor de indução tem alta rotação por minuto (RPM) e para este projeto não é necessário alta velocidade de rotação, mas alto torque. Foi pensando nesse fator que para este projeto usaremos um redutor.

Um redutor serve para fazer com que a saída de energia de um motor de alta velocidade seja redirecionada para acionar outro componente com uma velocidade de rotação menor e com um torque elevado, conforme a Figura 1.11.

Figura 1.11 - Redutor para motor



Fonte: www.smartkits.com.br/motor-dc-3-6v-com-caixa-de-reducao-e-eixo-duplo.

2. METODOLOGIA

Neste capítulo estão as diretrizes para o desenvolvimento e construção deste projeto intitulado “Automatização do Processo de Tratamento de Água”, onde são descritos os métodos e técnicas que operacionalizam os equipamentos a serem utilizados na criação do protótipo. Refere-se a uma pesquisa aplicada que é desenvolvida nas dependências da FATEC SBC “Adib Moisés Dib” e nas residências dos integrantes do grupo.

2.1 Definição de Metodologia

De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a Metodologia é entendida como uma disciplina que se dedica ao estudo, compreensão e avaliação dos diversos métodos disponíveis para a condução de uma pesquisa acadêmica. Em um nível prático, a Metodologia analisa, descreve e avalia métodos e técnicas de pesquisa que facilitam a coleta e o processamento de informações, com o objetivo de orientar e solucionar problemas e/ou questões de pesquisa. Ela implica a aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser seguidos para a construção do conhecimento, visando a comprovação de sua validade e utilidade nos variados contextos da sociedade.

A redação do texto está fundamentada no Manual De Normalização De TCC – Trabalho De Conclusão De Curso da FATEC São Bernardo do Campo (2023), o qual está alinhado às diretrizes estabelecidas pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

2.2 Tema-problema com justificativa

Diante do cenário atual, caracterizado pelo crescimento desenfreado da urbanização e a falta de saneamento básico em muitas residências, percebe-se a necessidade de criar um procedimento de tratamento da água e esgoto utilizando as tecnologias de automação, a fim de minimizar os efeitos nocivos sobre o meio ambiente.

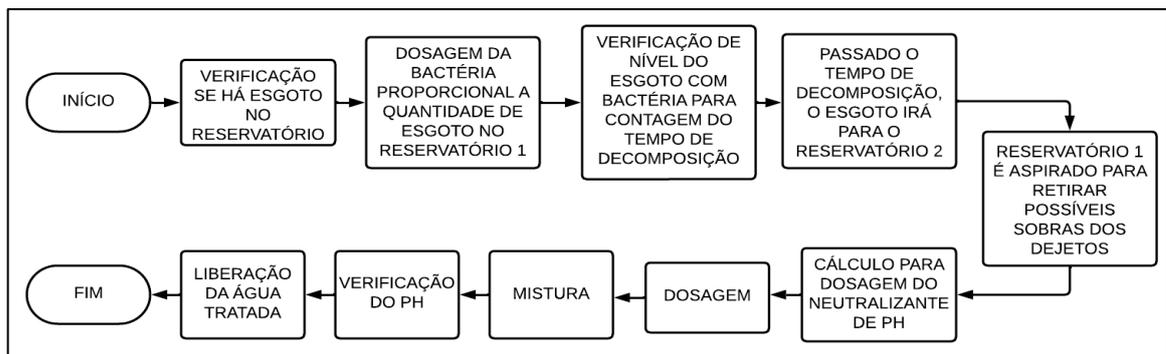
A questão da poluição hídrica envolve tanto as esferas sociais quanto ambientais. Diariamente, as residências consomem água e a devolvem como esgoto, carregado de resíduos orgânicos. Essa água residual é despejada em rios ou córregos, ocasionando impactos ambientais significativos, como a degradação da biodiversidade marinha e o fenômeno da eutrofização. Além disso, também ocasiona impactos sociais, tais como a propagação de doenças, restrições no acesso à água potável e problemas de mal odor.

Como dito anteriormente, objetivo deste projeto consiste em automatizar o processo de tratamento da água e esgoto, desenvolvendo um sistema automatizado para receber e tratar essas águas nas residências, visando sua ampla aplicação e acessibilidade. Justifica-se por minimizar os impactos ambientais e a poluição hídrica, restaurando a qualidade da água à medida que retorna aos rios e córregos.

2.3 Infraestrutura do Projeto

Para garantir a eficácia do processo de tratamento da água, é essencial a construção de uma infraestrutura complexa, em conjunto com o desenvolvimento de um programa dedicado a executar esse processo. Na Figura 2.1 temos o escopo das etapas do projeto.

Figura 2.1 - Escopo



Fonte: Autores (2024).

Como observado na Figura 2.1, o primeiro passo é a verificação se há água no reservatório para poder iniciar o processo de tratamento. Já o segundo passo é a dosagem da bactéria de acordo com a quantidade de água, à medida que o

reservatório enche, mais bactéria será depositada no esgoto conforme a necessidade. O passo seguinte consiste na verificação do nível de esgoto no reservatório para o início da contagem do tempo mínimo necessário para a bactéria decompor os dejetos sólidos antes dele ser liberado para o próximo reservatório. O quarto passo despeja o esgoto no reservatório seguinte. O quinto passo retira possíveis sobras dos dejetos decompostos por aspiração. O sexto passo verifica o PH da água e calcula a quantidade necessária para deixar o seu ph neutro. Os próximos passos serão responsáveis por misturar o produto com a água e verificar se o ph está correto. Ao final, ela será liberada para ir até a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

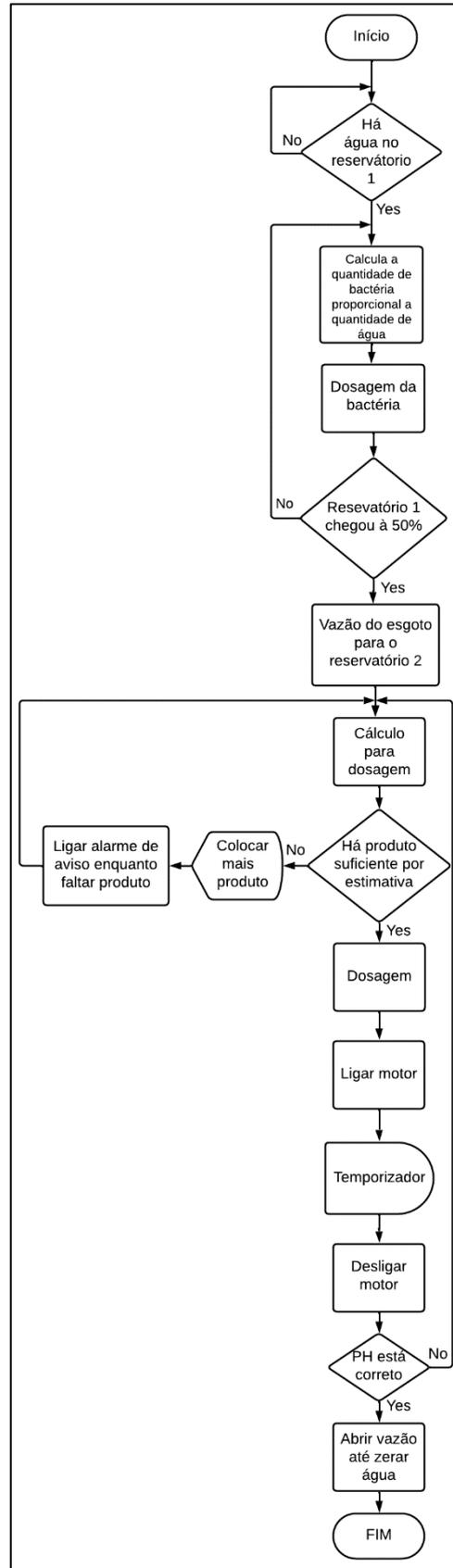
A maior complexidade do projeto são as condições em que ele será aplicado pois dependerá muito da necessidade de cada residência. O tamanho do reservatório pode variar de acordo com a vazão de esgoto de cada residência.

2.3.1 Lógica e Controle

Para este projeto foi necessário um controle de todos os dados e armazenamento de uma lógica de decisões. Através da plataforma Arduino, um microcontrolador foi programado para executar o controle de dados e armazenamento da lógica de decisões e, caso seja necessário utilizar tensões e correntes elevadas na aplicação em escala real, o microcontrolador poderá ser substituído por um CLP.

Utilizamos drives que fazem a intermediação entre o comando de controle e o acionamento de motores e atuadores. A Figura 2.2 apresenta a lógica de acionamentos.

Figura 2.2 - Lógica de Acionamento



Fonte: Autores (2024).

O processo inicia verificando se há uma determinada quantidade de água no reservatório. Se houver água no reservatório, o próximo passo é calcular a dosagem de bactéria em relação a quantidade de água e depositar no esgoto. Caso o limite de 50% do reservatório seja atingido, será iniciado uma contagem de tempo para que a bactéria decomponha os dejetos e o esgoto seja transferido para o reservatório 2 para não transbordar o reservatório. Depois do esgoto ser despejado no reservatório 2, o reservatório 1 é aspirado para retirar possíveis sobras dos dejetos e começa os cálculos para a dosagem dos produtos.

Após o cálculo da quantidade de produto necessária para tratar a água, é verificado se há a quantidade calculada do produto. Se, por previsão, for detectado que faltará produto, ele avisa no display de supervisão que é necessário colocar mais produto para iniciar o tratamento. Quando há a quantidade certa de produto para tratar a água, aí o produto será jogado no reservatório de água e o motor será ligado para misturar tudo com a água.

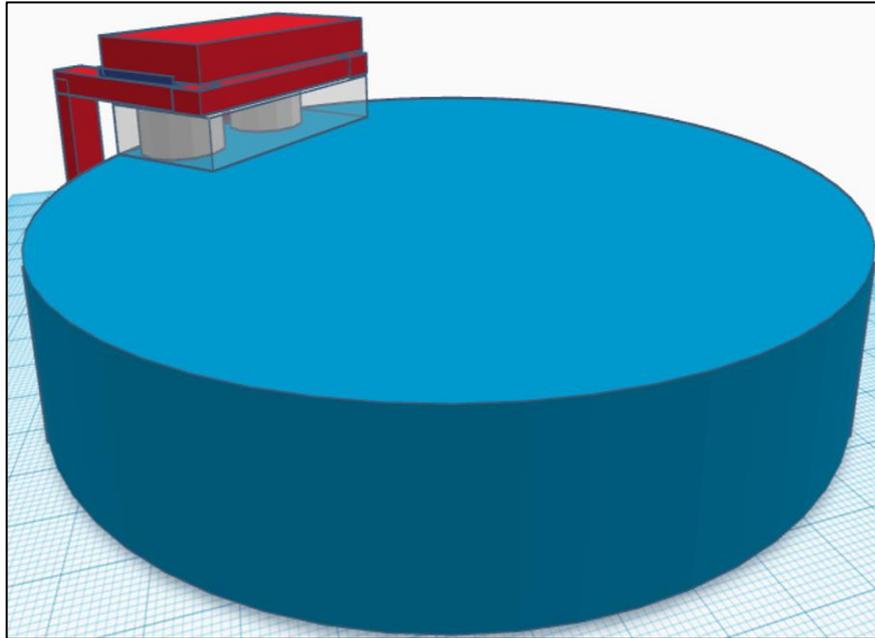
Passado o tempo de mistura o motor desligará e o sensor verificará se o ph da água está correto. Se o ph não estiver correto, será feito novamente o cálculo da quantidade de produto para corrigir o ph da água e sua mistura com a água. Após o ph ser corrigido, a válvula de vazão será aberta e só fechará quando o nível de água no reservatório 2 zerar.

2.3.2 Sensor de Presença de Água

A implementação do sistema de tratamento de água e esgoto requer a presença de sensores capazes de identificar a presença de água e verificar se o tanque está vazio após a conclusão do processo. É importante também que esse sensor possa identificar possíveis vazamentos e danos no tanque. Sua funcionalidade deve incluir uma sensibilidade apurada e uma resposta rápida, possibilitando uma integração simplificada ao sistema, facilidade de operação e boa manutenção.

Para tais necessidades, foi utilizado o Módulo Sensor de Distância Ultrassônico da marca *Chipsce*, modelo Hc-Sr04, conforme a Figura 2.3.

Figura 2.3 - Sensor de ultrassônico acoplado ao reservatório



Fonte: Autores (2024).

Para empregar o Sensor Ultrassônico HC-SR04 como um sensor de presença de água, algumas adaptações são necessárias. Devido ao sensor não possuir proteção à prova d'água, é necessário protegê-lo por meio de um invólucro impermeável. Além disso, é preciso posicionar o sensor de modo que o sinal ultrassônico não seja obstruído pela água. Uma alternativa viável é fixar o sensor acima do nível da água e direcioná-lo para baixo, permitindo que o sinal seja refletido pela superfície da água. Dessa forma ela empregará o mesmo princípio de medição de distância. Quando o sinal ultrassônico incide na superfície da água, o tempo de retorno do sinal é reduzido em comparação ao momento em que o sinal é refletido pelo ar. Por meio dessa diferença no tempo de retorno do sinal, é factível identificar a presença de água (Andrade, 2021).

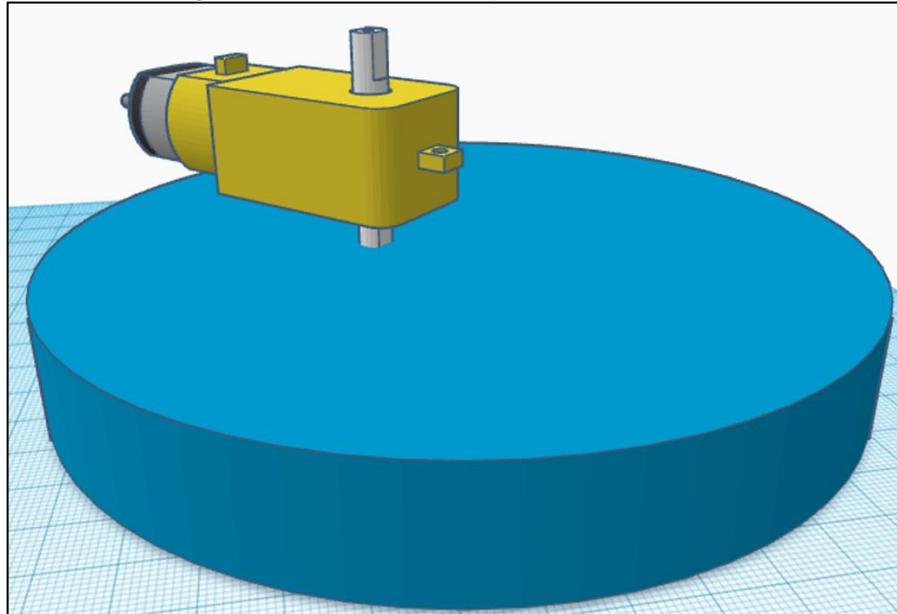
2.3.3 Misturador

Para misturar o neutralizante do ph com o esgoto foi necessário utilizar um misturador. O misturador é responsável por agitar a água e o produto que foi dosado e fazendo eles se misturarem.

O procedimento aplicado para que seja possível unir o produto químico ao esgoto, ocorrerá por meio de um motor com redutor, para diminuir a sua velocidade

de rotação, que foi posicionado em cima da tampa do reservatório. A Figura 2.4 evidencia como o misturador é acoplado ao reservatório. Com o procedimento de mistura das substâncias, os reagentes começam a agir com os elementos do esgoto encontrados na mistura.

Figura 2.4 - Misturador acoplado ao reservatório



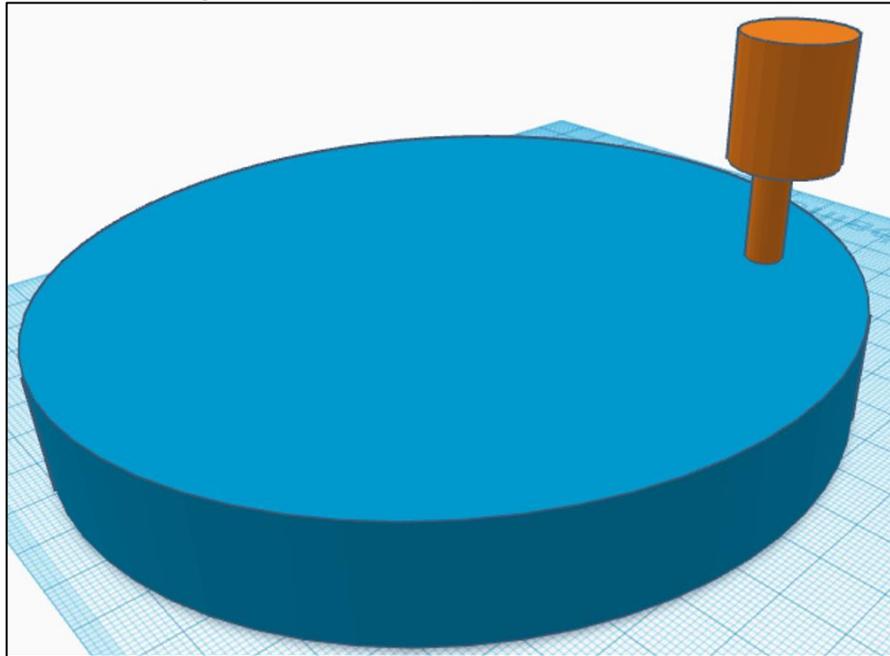
Fonte: Autores (2024).

2.3.4 Dosador

Um das partes principais deste projeto é a mistura da bactéria para decompor os dejetos sólidos e do produto neutralizante de pH com o esgoto para o seu tratamento químico. A quantidade de cada produto deve ser precisa para se ter um nível de pH neutro, sem sólidos e para isso foi necessário utilizar um dosador.

O dosador despeja a quantidade de produto calculada no esgoto com uma excelente precisão, sem ele não seria possível dosar de forma precisa e automatizada. O dosador funciona por temporização, ou seja, após os cálculos da quantidade necessária de produto para uma determinada quantidade de água ele despeja no esgoto a quantidade calculada mediante a vazão dele em litros por minuto. Para isso foi realizado testes de quantos litros o dosador libera por minuto. A Figura 2.5 mostra como o dosador é acoplado ao reservatório.

Figura 2.5 - Dosador acoplado ao reservatório



Fonte: Autores (2024).

3. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo será apresentado os detalhes para o desenvolvimento e construção do projeto de Automação do processo de tratamento de água, como software e montagem do protótipo físico.

3.1 Adquirir os materiais

Para iniciar o desenvolvimento do protótipo, o primeiro passo foi a elaboração da lista dos componentes que será utilizado. Foi analisado o custo-benefício de cada componente para que o projeto não ficasse com o custo muito elevado.

Depois do levantamento dos materiais utilizados no projeto, obteve-se a seguinte lista:

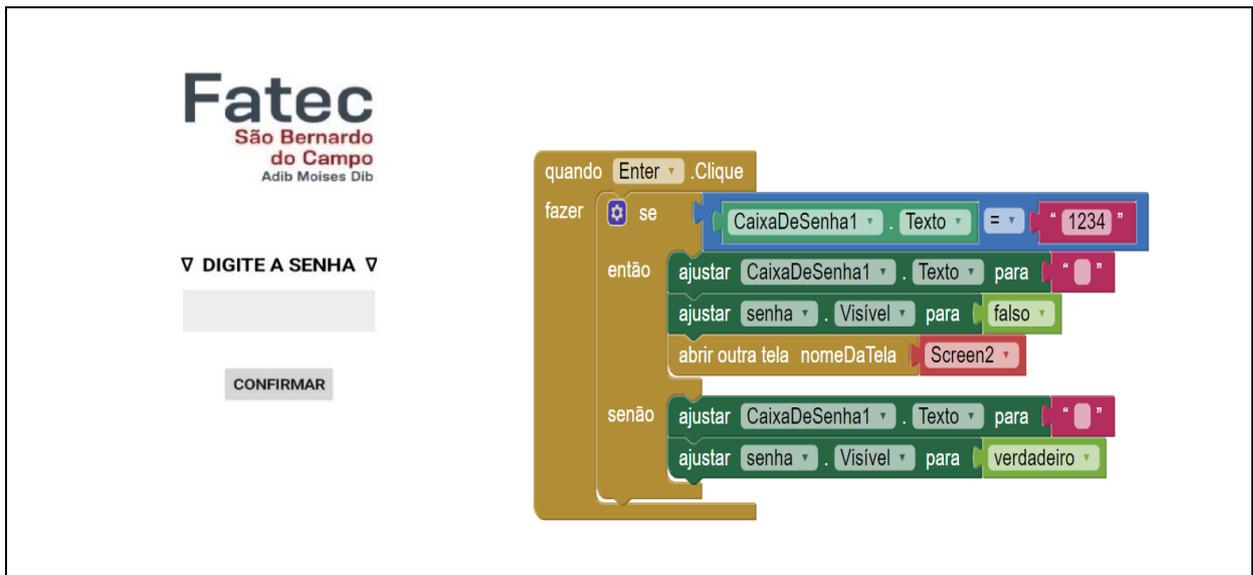
- 2 reservatórios de plástico;
- 5 válvulas solenoides;
- 1 bomba para a extração das sobras dos dejetos sólidos;
- Dois sensores ultrassom;
- Dois sensores de nível boia;
- Base de MDF para sustentar o protótipo;
- Microcontrolador Atmega2560;
- Semicondutores para circuito eletrônico de controle;
- Placa para montagem do circuito eletrônico;
- Gaiola para proteger circuito eletrônico;
- Display de 2 segmentos.

3.2 Aplicativo para operação manual

Quando se tem um sistema automatizado é necessário haver a opção de testar e manipular cada componente individualmente. O modo de operação manual é muito usado para verificar se as ligações elétricas estão corretas e se o componente está funcionando da maneira certa.

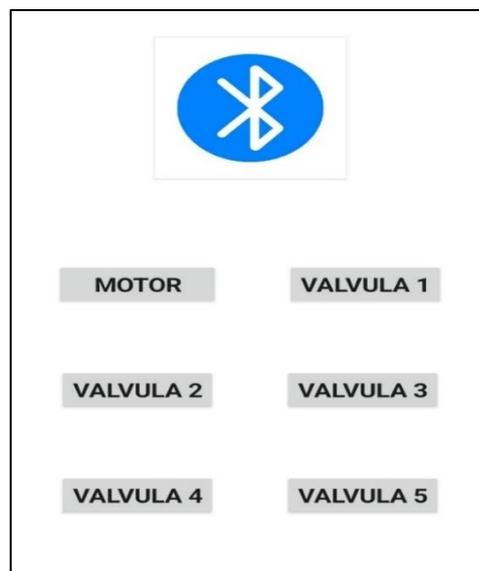
Para que um técnico possa manipular os atuadores presentes no projeto, foi criado um app que se conecta via *bluetooth* com o circuito de controle. Por segurança, conexão só ocorrerá se o processo for parado antes. A Figura 3.1 mostra a tela de proteção e sua programação, já a Figura 3.2 mostra a tela para conexão do *bluetooth*, acionamento dos atuadores e a Figura 3.3 mostra a sua devida programação.

Figura 3.1 - Tela de proteção e programação



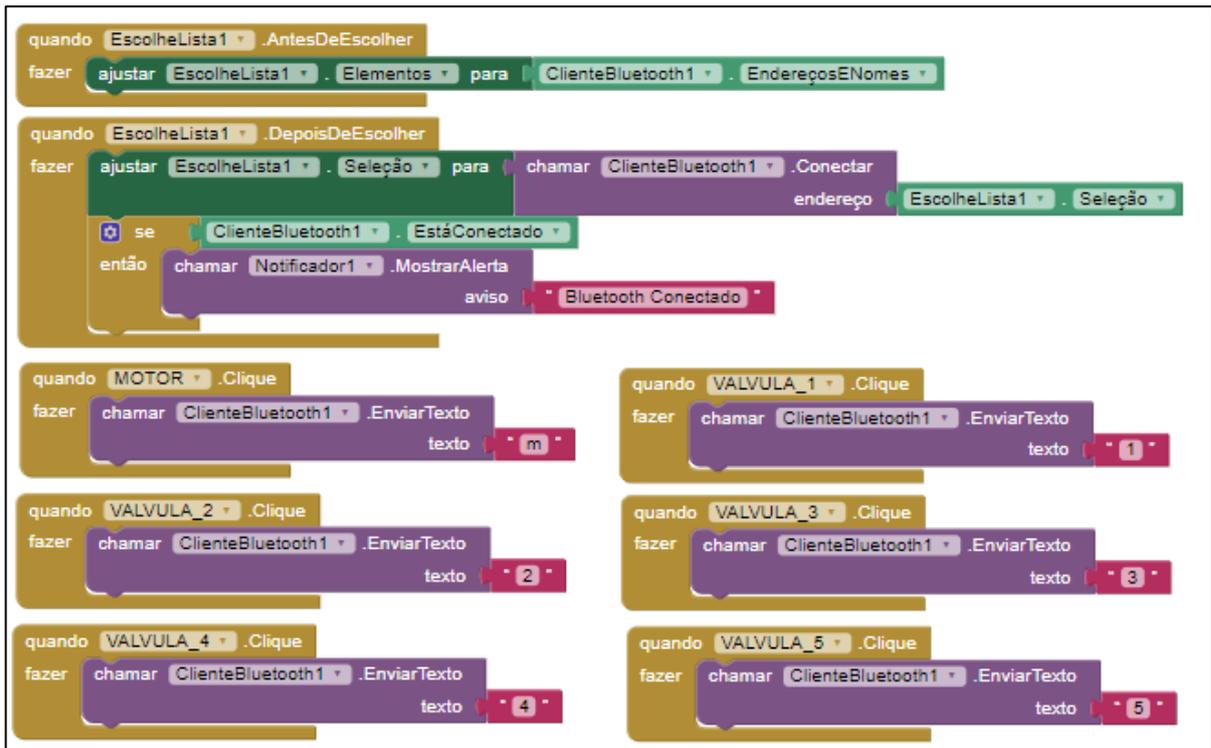
Fonte: Autores (2024).

Figura 3.2 - Tela de conexão e acionamentos



Fonte: Autores (2024).

Figura 3.3 -Programação tela de conexão e acionamentos



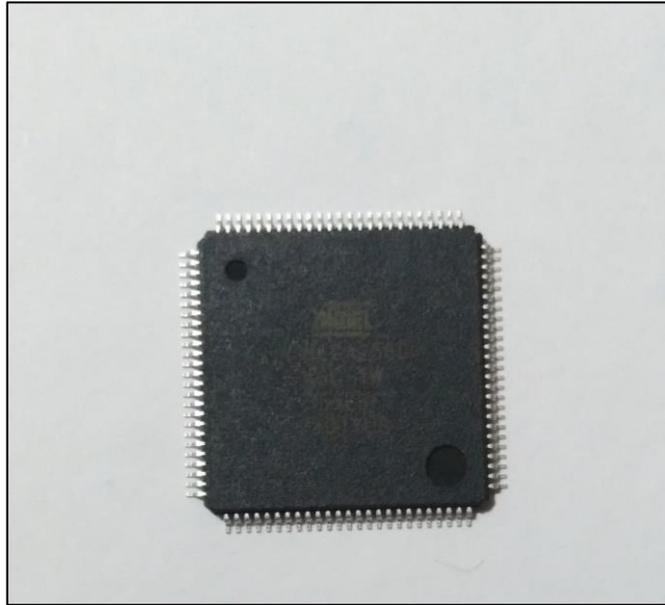
Fonte: Autores (2024).

3.3 Placa de circuito de controle

Um dos primeiros passos do desenvolvimento do projeto físico, foi a utilização do microcontrolador Atmega 2560 (Figura 3.4) e de um soquete (Figura 3.5) para facilitar o processo de juntar o microcontrolador na placa na placa de circuito ilhada. É importante ressaltar que foi necessário gravar o bootloader no microcontrolador, que se trata de um pequeno código que é executado no microcontrolador assim que iniciado ou reiniciado. O microcontrolador posicionado no soquete pode ser observado na Figura 3.6.

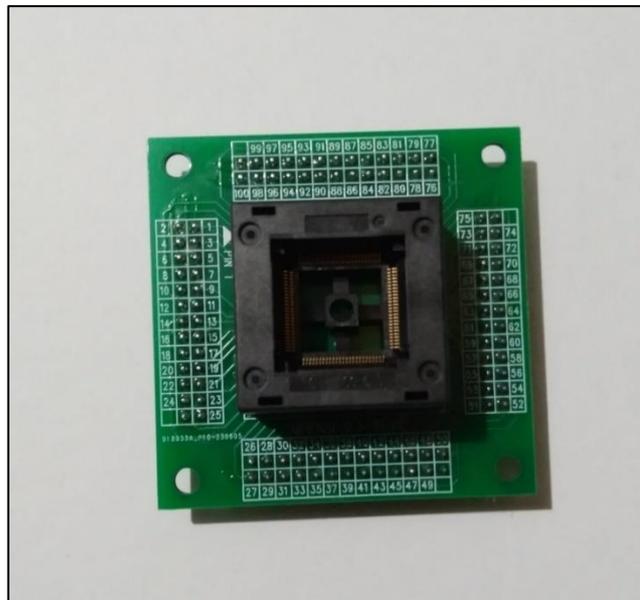
Para a programação do microcontrolador e para gravar o bootloader, foi usado a IDE Arduino. Através dela foi usado o esboço Arduino ISP, carregado no Atmega2560 e o bootloader já está gravado.

Figura 3.4 - Microcontrolador Atmega 2560



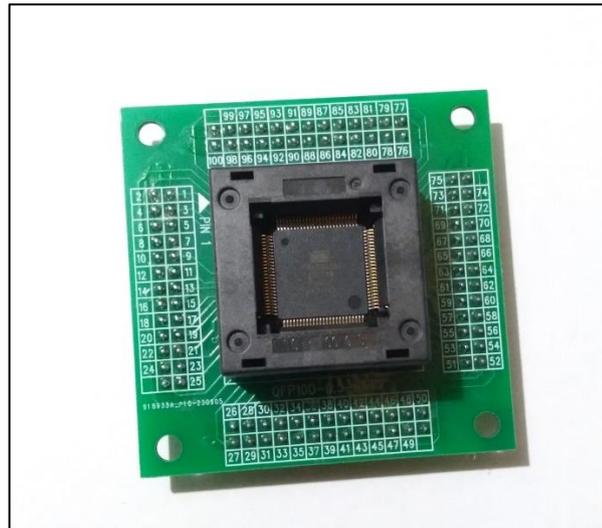
Fonte: Autores (2024).

Figura 3.5 - Soquete para o microcontrolador



Fonte: Autores (2024).

Figura 3.6 - Microcontrolador posicionado no suporte



Fonte: Autores (2024).

Para o funcionamento adequado dessa etapa, foi necessário a utilização de alguns componentes eletrônicos no circuito do microcontrolador. Um dos componentes usados foi o cristal oscilador de 16Mhz, responsável por determinar a sincronia de tempo ou ciclos de um microcontrolador. Seu funcionamento se dá através de sua vibração em uma determinada frequência quando for excitado eletricamente.

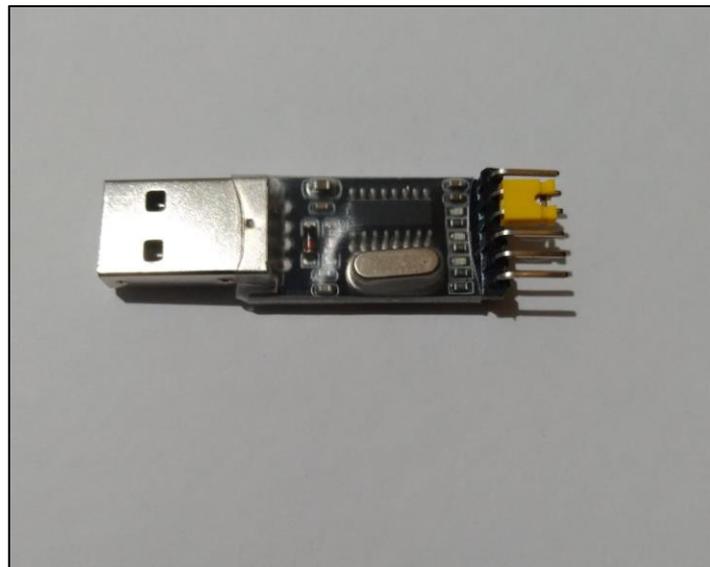
Para o funcionamento do cristal oscilador, foram usados dois capacitores de 22pF ligados dos terminas do oscilador ao GND (Figura 3.7). A partir desse momento é possível ligar o microcontrolador, porém para efetuar a comunicação com a IDE Arduino onde é desenvolvida a programação, é necessário utilizar um modulo de conversão (Figura 3.8), que converte os sinais USB em sinais seriais TTL, assim permitindo a comunicação entre o microcontrolador e o computador. Foi utilizado o módulo conversor CH340, que possui 5 terminais, sendo eles: RX (receptor), TX (transmissor), VCC 3,3 V (para alimentação de 3,3 V), VCC 5 V (para alimentação de 5 V) e GND (Aterramento). É possível escolher entre as duas opções de tensões de trabalho. Essa etapa precede a gravação do bootloader.

Figura 3.7 - Cristal oscilador de 16MHz e dois capacitores de 22pF



Fonte: Autores (2024).

Figura 3.8 - Conversor CH340 TTL para USB



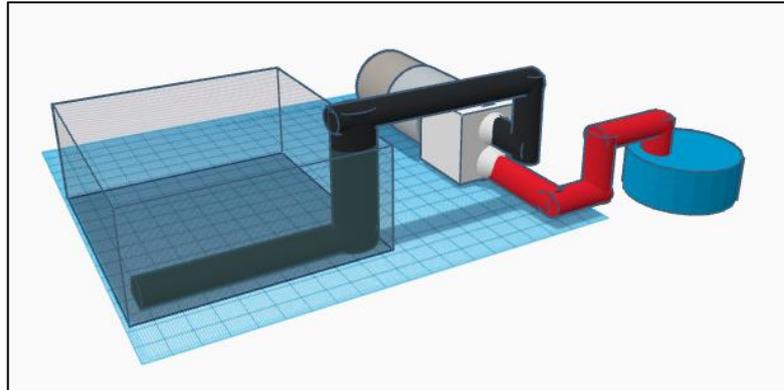
Fonte: Autores (2024).

3.4 Retirada das sobras dos dejetos orgânicos

Após a decomposição dos dejetos sólidos, sobra um resíduo pastoso no fundo do reservatório de matérias não orgânicas que as bactérias não conseguem decompor. Pensando em uma forma de extrair essas sobras, foi construído um sistema de extração que consiste na colocação de um tubo com furos em sua

extensão no fundo do reservatório e, assim que a água for vazada para o próximo reservatório, uma bomba irá sugar as sobras e despejá-las em um tanque. O destino das sobras pode ser a queima para a geração de energia. A Figura 3.9 mostra a montagem desse sistema.

Figura 3.9 - Sistema de extração das sobras de dejetos sólidos



Fonte: Autores (2024).

3.5 Portas de entradas e saídas

Os sinais de comando são recebidos ou emitidos através das portas de entradas e saídas, respectivamente, do microcontrolador para o controle e supervisão de todo o processo automatizado.

A Figura 3.10 mostra as entradas digitais utilizadas e os componentes ligados a elas. Na Figura 3.11, é apresentado as saídas digitais e o que elas acionam. Para a leitura do nível de pH, foi usado uma porta de entrada analógica, mostrado na Figura 3.12. Foi usado portas seriais para a comunicação via *bluetooth* do aplicativo de celular com o microcontrolador, como mostra a Figura 3.13.

Figura 3.10 - Entradas digitais

ENTRADAS DIGITAIS	DESCRIÇÃO
36 e 38	Comunicação do sensor ultrasom 1
40 e 42	Comunicação do sensor ultrasom 2
44	sensor boia do tanque 1
46	sensor boia do tanque 2
32	botão automático / manual
34	botão de emergência

Fonte: Autores (2024).

Figura 3.11 - Saídas digitais

SAÍDAS DIGITAIS	DESCRIÇÃO
3	Relé solenóide 1 (bactéria)
5	Relé solenóide 2 (vazão tanque 1)
7	Relé solenóide 3 (produto para aumentar o ph da água)
9	Relé solenóide 4 (produto para diminuir o ph da água)
11	Relé solenóide 5 (vazão tanque 2)
15	Relé motor
17	Relé bomba
23	Relé bluetooth
20 e 21	SDA e SCL do display

Fonte: Autores (2024).

Figura 3.12 - Entrada analógica

ENTRADAS ANALÓGICAS	DESCRIÇÃO
0	Sensor que mede ph

Fonte: Autores (2024).

Figura 3.13 - Portas seriais

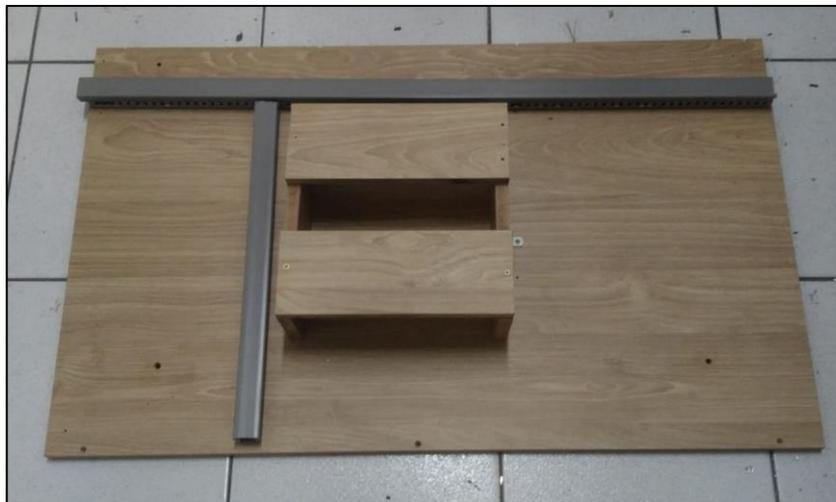
PORTAS SERIAIS	DESCRIÇÃO
18 e 19	COMUNICAÇÃO BLUETOOTH

Fonte: Autores (2024).

3.6 Montagem física dos tanques

Para montar os tanques, utilizamos uma chapa de MDF de 54 cm de largura e 90 cm de comprimento para posicionar o protótipo e facilitar o manejo dos tanques. Também fixamos duas canaletas para a passagem do chicote elétrico do projeto. A chapa e as canaletas podem ser observadas na Figura 3.14. Na parte mais à esquerda da chapa, posicionamos a parte eletrônica e de energia do projeto, contendo a placa ilhada com os componentes soldados, a fonte de energia e os relés de acionamento dos solenoides, como pode ser observado na Figura 3.15.

Figura 3.14 – Chapa de MDF e canaletas



Fonte: Autores (2024).

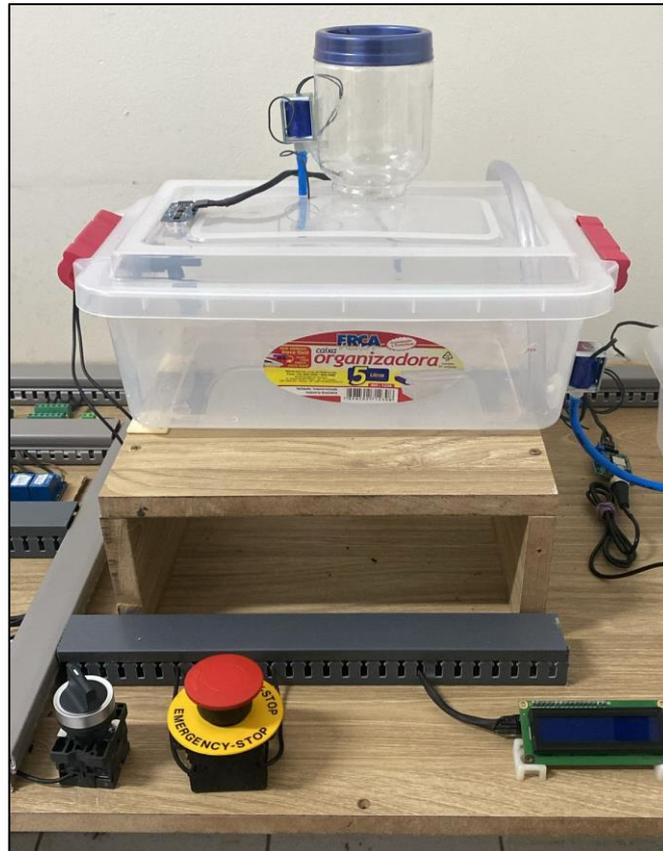
Figura 3.15 – Elétrica e eletrônica do projeto



Fonte: Autores (2024).

A direita da parte de eletrônica e energia, posicionamos o tanque 1, que será o primeiro reservatório do processo, em que é armazenada a água sem tratamento. Este tanque foi montado em cima de um suporte de MDF estando 11 cm acima do tanque 2 para efetuar a vazão por gravidade. Neste tanque foram posicionados 2 sensores, o sensor de nível boia na parte lateral esquerda superior e o sensor ultrassônico posicionado na tampa do tanque, ambos realizando a supervisão de nível do tanque 1. Também na parte superior, foi fixado o reservatório que ficará com a bactéria que serve para tratar a água antes de liberar a vazão. Na parte lateral esquerda superior foi feito um furo que funcionará como escape caso o tanque exceda o nível que pode operar. Na parte lateral inferior direita, montamos a válvula solenoide que realiza a vazão da água do tanque 1 para o tanque 2. Podemos observar o tanque 1 na Figura 3.16.

Figura 3.16 – Posicionamento do tanque 1



Fonte: Autores (2024).

A parte mais à direita da chapa conta com o tanque 2 montado, que é responsável por receber a água não tratada e realizar o tratamento. Esse reservatório possui alguns componentes fixados em sua estrutura, tendo um motor acoplado na parte da tampa para realizar a mistura da água com produto, um sensor ultrassônico para realizar a supervisão constante do nível, um sensor de nível boia na parte superior lateral para realizar a supervisão do nível superior do líquido do tanque, dois reservatórios que guardam os líquidos responsáveis por fazer o controle do Ph da água, sendo um reservatório abastecido com um produto para combater a alcalinidade com e outro abastecido com um produto que combate a acidez. Na parte inferior do tanque, está acoplada a válvula solenoide que realiza a vazão da água tratada após satisfazer os parâmetros estabelecidos de Ph da água. (Figura 3.17)

Figura 3.17 – Posicionamento do tanque 2



Fonte: Autores (2024).

Na parte inferior do tanque 1, abaixo do suporte de MDF, está localizada a bomba para retirada de resíduos sólidos do fundo do tanque, que conta com um tubo que entra pela tampa do tanque e vai até o fundo, onde ficam os resíduos gerados pela reação da bactéria. A mesma pode ser observada na Figura 3.18.

Figura 3.18 – Bomba



Fonte: www.robocore.net/atuador/mini-bomba-de-agua-12v-rs-385?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwyJqzBhBaEiwAWDRJVNED1BMrAa74wIFXqEdZkxT896C-kt0iISFRRb5Qcehsy_ELgfWJThoCvigQAvD_BwE.

Na parte frontal do tanque 1, estão posicionados dois botões, um botão do tipo chave seletora, para alternar entre o modo automático e manual e um botão de emergência do tipo giratório com trava para desativar todo o funcionamento do sistema caso haja algum problema ou emergência. Ao lado direito dos botões, está o display LCD 16x2 para realizar a supervisão de qual passo está acontecendo no momento de funcionamento do protótipo. O posicionamento dos botões e do display pode ser observado na Figura 3.19.

Figura 3.19 – Botões e display LCD



Fonte: Autores (2024).

Considerações Finais

Em suma, a dosagem correta de produto neutralizante de ph é uma das principais etapas no auxílio ao tratamento de esgoto. Ela deve ser precisa para poder liberar esgoto com o ph neutro, assim podemos auxiliar no seu tratamento evitando sua vazão aos rios de maneira que possa contaminá-los.

REFERÊNCIAS

ABIKO, A.; MORAES, O. B. de. **Desenvolvimento urbano sustentável**. 2009. Texto Técnico - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ADMINISTRADORES. **Dosadores de líquido**. Disponível em: <<https://www.consolid.com.br/dosadores-liquido>>. Acesso em: 13 nov. 2023.

ADMINISTRADORES. **Para que serve um redutor de engrenagem**, 2012. Disponível em: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/594-para-que-serve-um-redutor-de-engrenagem>. Acesso em: 13 nov. 2023.

ANDRADE, L. G. B. **Medidor De Nível De Água Ultrassônico Simulado**, 2021 Disponível em: <https://www.instructables.com/Medidor-De-Nível-De-Agua-Ultrassônico-Simulado>. Acesso em: 31 out. 2023.

ARTERO, C.; NOGUERAS CERVERA, M.; MANUEL LÁZARO, A. **PH sensor. Instrumentation viewpoint**, n. 13, p. 23-25, 2012.

BADAMASI, Y. A. The working principle of an Arduino. In: 2014 **11th international conference on electronics, computer and computation (ICECCO)**, 2014. p. 1-4.

BARRETO, L. et al.. **Eutrofização em rios brasileiros**. Enciclopédia biosfera, v. 9, n. 16, 2013.

BOLANAKIS, D. E. A survey of research in microcontroller education. **Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje**, v. 14, n. 2, p. 50-57, 2019.

CARDOSO, D. K. et al.. **Reutilização de água: uma alternativa para o desperdício e economia da água em residências**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 5, p. 24566-24581, 2020.

CAVINATTO, V. M.; RODRIGUES, L. F. **Lixo: de onde vem? Para onde vai?**. 2 ed. Ed Moderna: São Paulo, 2003.

DA SILVA, W. T. L.; FAUSTINO, A. S.; DE NOVAES, A. P. **Eficiência do processo de biodigestão em fossa séptica biodigestora inoculada com esterco de ovino.** 2007.

DANTAS, G. R. **Avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos no processo de codigestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos.** 2018. 154f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental - PPGCTA) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2018.

DE MORAES, K. H. K. et al.. **Geração de eletricidade com Biogás: estudo de viabilidade em estação de tratamento de esgotos no Paraná.** 2020.

DE NOVAES, A. P. et al.. **Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica.** 2002.

KUMAR, Y. et al.. **Water quality measurement and filtering tools using Arduino Uno, PH sensor and TDS meter sensor.** Journal of Robotics and Control (JRC), v. 2, n. 5, p. 357-362, 2021.

PASINI, F.; DAMKE, T. A importância da potabilidade da água no saneamento básico para a promoção da saúde pública no Brasil. **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 13, n. 1, p. 8-15, 2020.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E.C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho científico.** 2. ed. Rio Grande do Sul: Universidade Feevale, 2013.

RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. **Impactos na saúde das deficiências de acesso a água.** **Saúde e sociedade**, v. 17, p. 21-32, 2008.

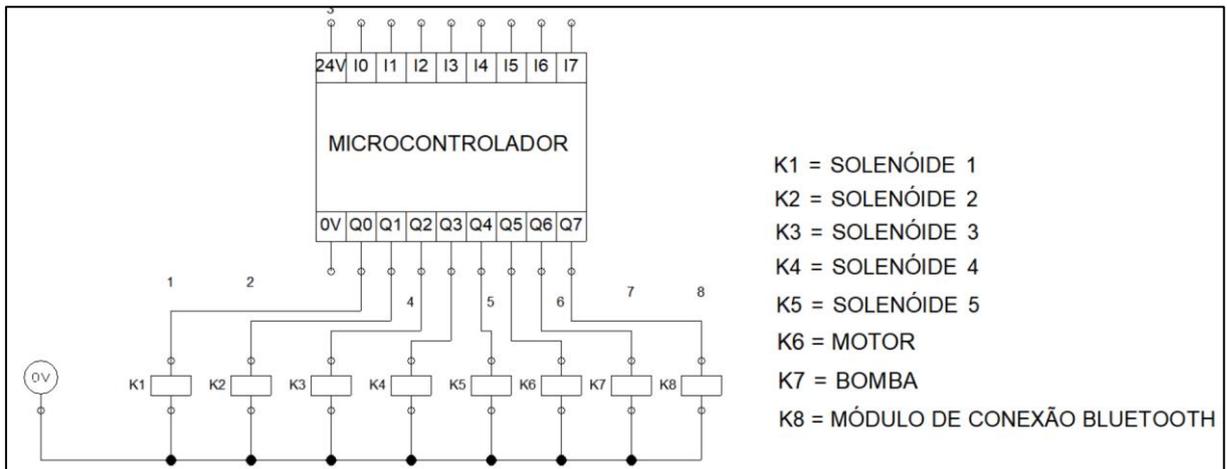
SANTOS, J. W e LARA JR, R. C. **Sistema de automatização residencial de baixo custo controlado pelo microcontrolador esp32 e monitorado via smartphone.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

SIGMA SENSORS. **Sensores: Sensor de Vazão para medir fluxo.** Disponível em: <https://sigmasensors.com.br>. Acesso em: 19 nov. 2023.

SILVEIRA, C. B. **Sensor Ultrassônico**: 10 Aplicações Para a Indústria, 2016. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/sensor-ultrassonico/>. Acesso em: 13 nov. 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A – ELÉTRICA DE COMANDO



APÊNDICE B – PROGRAMAÇÃO DO PROJETO

```

1 //=====
2 // ENTRADAS E SAÍDAS
3 //
4 //  A0 - SENSOR DE PH
5 //  D20- SDA DISPLAY ESCOLHER LCD MODELO PFC574
6 //  D21- SCL DISPLAY ESCOLHER LCD MODELO PFC574
7 //
8 //  D3 - SOLENOIDE 1 (BACTÉRIA)
9 //  D5 - SOLENOIDE 2 (VAZÃO TANQUE 1)
10 //  D7 - SOLENOIDE 3 (AUMENTA PH DA ÁGUA)
11 //  D9 - SOLENOIDE 4 (DIMINUI PH DA ÁGUA)
12 //  D11- SOLENOIDE 5 (VAZÃO TANQUE 2)
13 //  D15- MOTOR
14 //  D17- BOMBA
15 //  D23- BLUETOOTH (ACIONAMENTO)
16
17
18 //  D32- BOTÃO AUOMÁTICO/MANUAL
19 //  D34- BOTÃO EMERGÊNCIA
20 //  D36- TRIG (SENSOR ULTRASOM TANQUE 1)
21 //  D38- ECHO (SENSOR ULTRASOM TANQUE 1)
22 //  D40- TRIG (SENSOR ULTRASOM TANQUE 2)
23 //  D42- ECHO (SENSOR ULTRASOM TANQUE 2)
24 //  D44- SENSOR BOIA (TANQUE 1)
25 //  D46- SENSOR BOIA (TANQUE 2)
26 //  RX - CONEXÃO BLUETOOTH
27 //  TX - CONEXÃO BLUETOOTH
28 //=====

```

```

30 //=====
31 //MEDIDAS DO RESERVATÓRIO EM CENTÍMETROS
32 //=====
33 #define alt 21
34 #define base 25
35 #define volu 500
36
37 //=====
38 //TEMPO DE ABERTURA DA SOLENÓIDE PARA ELEVAR OU DIMINUIR 1 PH EM SEGUNDOS
39 //=====
40
41 #define resolucao 2
42
43 //=====
44 //DEFINIÇÕES DO LCD
45 //=====
46 #define endereco 0x3F
47 #define colunas 16
48 #define linhas 2

```

```

50 //=====
51 // DECLARAÇÃO DOS PINOS UTILIZADOS
52 //=====
53
54 #define vazao_bac      3          //SAÍDAS
55 #define vazao_t1      5
56 #define vazao_eleva_ph 7
57 #define vazao_abaixa_ph 9
58 #define vazao_t2      11
59 #define motor         15
60 #define bomba         17
61 #define bluetooth     23
62
63 #define sensor_ph      A0        //ENTRADAS
64 #define auto_manu     32
65 #define emergencia    34
66 #define TRIG          36        //SENSOR ULTRASOM 1
67 #define ECHO          38
68 #define TRIG2         40        //SENSOR ULTRASOM 2
69 #define ECHO2         42
70 #define sensor_boia1  44
71 #define sensor_boia2  46

```

```

73 //=====
74 // INCLUIR BIBLIOTECAS
75 //=====
76 #include <Wire.h>                          //BIBLIOTECA I2C
77 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
78 LiquidCrystal_I2C lcd(endereco, colunas, linhas); //PROGRAMANDO CARACTERÍSTICAS DO LCD
79
80 #include <HCSR04.h>                          //BIBLIOTECA SENSOR ULTRASOM
81 UltrasonicDistanceSensor distanceSensor(ECHO, TRIG); //INICIA SENSOR 1
82 UltrasonicDistanceSensor distanceSensor2(ECHO2, TRIG2); //INICIA SENSOR 2
83
84 #include <neotimer.h>                        //BIBLIOTECA DO TEMPORIZADOR MILLIS
85 Neotimer bac;                               //ABRE VÁLVULA PARA DESPEJAR BACTÉRIA
86 Neotimer reacao;                             //TEMPO PARA A BACTÉRIA REAGIR
87 Neotimer temp_bomba;                         //TEMPO QUE A BOMBA FICARÁ LIGADA
88 Neotimer temp_leitura_ph;                   //TEMPO PARA LEITURA DO PH
89 Neotimer aumenta_ph;                        //TEMPO DE DOSAGEM DO PRODUTO QUE AUMENTA O PH
90 Neotimer diminui_ph;                        //TEMPO DE DOSAGEM DO PRODUTO QUE DIMINUI O PH
91 Neotimer motor_ph;                          //TEMPO PARA MISTURAR PRODUTO NEUTRALIZANTE DE PH

```

```

54 //=====
55 // CONSTANTES DO PROGRAMA
56 //=====
57 int PASSO          = 0;           //TRANSIÇÃO REDE DE PETRI
58
59 int contador_tanque_1 = 0;       //contador para dosagem de bactéria
60 int contador_time    = 0;       //contador para tempo de reação da bactéria
61
62 int medida1         = 0;       //sensor distancia 1
63 int medida2         = 0;       //sensor distancia 2
64 float volume        = 0;       //conversão para centímetros cúbicos
65 float volume2       = 0;       //conversão para centímetros cúbicos
66
67 float valor_calibracao = 21.34 - 0.46; // Fator de calibração
68 int contagem          = 0;       // Variável de contagem
69 float soma_tensao     = 0;       // Variável para soma de tensão
70 float media           = 0;       // Variável que calcula a media
71 float valor_pH        = 0;       // Variável que armazena o valor do ph
72 float entrada_A0;       // Variável de leitura do pino A0
73 float tensao;         // Variável para conversão em tensão
74 unsigned long tempo;  // Float tempo
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117 float neutro          = 0;       //AJUSTE DE PH PARA FICAR NEUTRO
118 float temp_neutro     = 0;       //TEMPO QUE A SOLENOIDE DEVE FICAR ABERTA PARA AJUSTAR O PH

```

```

122 //=====
123 // INICIALIZAÇÃO DO PROGRAMA
124 //=====
125
126 void setup() {
127
128   lcd.init();           //inicializar o display
129   lcd.backlight();     //ligar iluminação do lcd
130   lcd.clear();         //limpa o display
131
132 //=====
133 // TEMPORIZADORES DO PROGRAMA
134 //=====
135
136   bac.set(2000);       // Tempo que a válvula solenoide de bactéria ficará aberta
137 //=====
138 // ENTRADAS E SAÍDAS
139 //=====
140   pinMode(auto_manu, INPUT);           //ENTRADAS
141   pinMode(emergencia, INPUT);
142
143   pinMode(vazao_bac, OUTPUT);         //SAÍDAS
144   pinMode(vazao_t1, OUTPUT);
145   pinMode(vazao_eleva_ph, OUTPUT);
146   pinMode(vazao_abaixa_ph, OUTPUT);
147   pinMode(vazao_t2, OUTPUT);
148   pinMode(motor, OUTPUT);
149   pinMode(bomba, OUTPUT);
150   pinMode(blueetooth, OUTPUT);
151
152   digitalWrite(vazao_bac, HIGH);      //DESLIGANDO AS SAÍDAS
153   digitalWrite(vazao_bac, HIGH);
154   digitalWrite(vazao_eleva_ph, HIGH);
155   digitalWrite(vazao_abaixa_ph, HIGH);
156   digitalWrite(vazao_t2, HIGH);
157   digitalWrite(motor, HIGH);
158   digitalWrite(bomba, HIGH);
159   digitalWrite(blueetooth, HIGH);
160
161 //=====
162 // HABILITAR MONITOR SERIAL
163 //=====
164   Serial.begin(1200);
165 }

```

```

166 //=====
167 // LOOP
168 //=====
169
170 void loop() {
171
172
173 //=====
174 // MEDIDA DO SENSOR DE VOLUME TANQUE 2
175 //=====
176
177     medida2=distanceSensor2.measureDistanceCm(); //ATUALIZA A MEDIDA SENSOR 2
178     //Serial.println(medida1);
179     volume2= ((alt - medida2) * base); // MEDE O VOLUME DO RESERVATÓRIO 2
180
181
182 //=====
183 // PASSO 1 ESPERA TEMPO DE REAÇÃO DA BACTÉRIA NO TANQUE 1
184 //=====
185
186 if(PASSO==0){ //PASSO 0, presença de esgoto
187
188     manual();
189     bacteria();
190
191     Serial.println("ESTOU NO PASSO 1");
192     Serial.println(volume);
193
194     lcd.clear();
195     lcd.setCursor(0,0);
196     lcd.print(" PASSO 1 ");
197
198     if ((contador_time == 1) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)){
199         Serial.println("BACTÉRIA");
200         PASSO=1;
201     }
202     else{
203         PASSO=0;
204     }
205 }
206

```

```

207 //=====
208 // PASSO 2 VAZÃO DO TANQUE 1
209 //=====
210
211 if(PASSO==1){
212
213     manual();
214     bacteria();
215
216     Serial.println(volume2);
217
218     Serial.println("ESTOU NO PASSO 2");
219     Serial.println("VAZÃO T1");
220
221     lcd.clear();
222     lcd.setCursor(0,0);
223     lcd.print(" PASSO 2 ");
224
225     if ((volume2 <=volu * 0.05) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)){
226         digitalWrite(vazao_t1,LOW);
227     }
228
229
230     if(volume <= volu * 0.05){
231         digitalWrite(vazao_t1,HIGH);
232         contador_time = 0;
233     }
234
235     if ((volume <= volu * 0.05) && (volume2 >= volu * 0.05) && (digitalRead(vazao_t1) == HIGH)){
236         PASSO=2;
237     }
238     else{
239         PASSO=1;
240     }
241 }

```

```

243 //=====
244 // PASSO 3    LIGA BOMBA PARA RETIRAR AS SOBRAS DOS DEJETOS SÓLIDOS
245 //=====
246
247 if(PASSO==2){
248
249     manual();
250     bacteria();
251
252     Serial.println("ESTOU NO PASSO 3");
253     Serial.println("BOMBA");
254
255     lcd.clear();
256     lcd.setCursor(0,0);
257     lcd.print("    PASSO 3    ");
258
259
260     if ((volume <= volu * 0.05) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)){
261         digitalWrite(bomba,LOW);
262     }
263
264     temp_bomba.set(5000);
265     if (temp_bomba.repeat()){
266         digitalWrite(bomba,HIGH);
267
268         if (digitalRead(bomba) ==HIGH){
269             PASSO=3;
270         }
271
272         else{
273             PASSO=2;
274         }
275     }
276 }

```

```

278 //=====
279 // PASSO 4    TEMPO PARA LEITURA DO PH
280 //=====
281
282 if(PASSO==3){
283
284     manual();
285     bacteria();
286     leitura();
287
288     Serial.println("ESTOU NO PASSO 4");
289     Serial.println("ANÁLISE PH");
290     Serial.println(valor_pH);
291
292     lcd.clear();
293     lcd.setCursor(0,0);
294     lcd.print("    PASSO 4    ");
295
296
297     temp_leitura_ph.set(6000);
298
299     if ((temp_leitura_ph.repeat()) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)){
300
301         PASSO=4;
302     }
303     else{
304         PASSO=3;
305     }
306 }

```

```

309 // PASSO 5   DESPEJA A QUANTIDADE DE PRODUTO CALCULADA NA ÁGUA
310 //=====
311 if(PASSO==4){
312
313     manual();
314     bacteria();
315
316     Serial.println("ESTOU NO PASSO 5");
317
318     lcd.clear();
319     lcd.setCursor(0,0);
320     lcd.print("    PASSO 5    ");
321
322     if ((valor_pH > 6.7) && (valor_pH < 7.3) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)) {
323         Serial.println("PH CORRETO");
324         PASSO=6;
325     }
326
327     neutro     = 0;
328     temp_neutro = 0;
329
330     if ((valor_pH <= 6.7) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)) {
331
332         neutro = 7.2 - valor_pH;           //CALCULA O QUANTO FALTA PARA CORRIGIR O PH
333
334         temp_neutro = neutro * resolucao * 1000; // FORMULA PARA CALCULAR O TEMPO QUE SOLENÓIDE DEVE FICAR ABERTIA
335
336         aumenta_ph.set(temp_neutro);
337         Serial.println(temp_neutro);
338
339         digitalWrite(vazao_eleva_ph,LOW);
340         Serial.println("ELEVA PH");
341
342         if (aumenta_ph.repeat()) {
343             digitalWrite(vazao_eleva_ph,HIGH);
344             PASSO=5;
345         }
346         else {
347             PASSO=4;
348         }
349     }

```

```

351     if ((valor_pH >= 7.3) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)) {
352
353         neutro = valor_pH - 6.8;
354
355         temp_neutro = neutro * resolucao * 1000; // FORMULA PARA CALCULAR O TEMPO QUE SOLENÓIDE DEVE FICAR ABERTIA
356
357         diminui_ph.set(temp_neutro);
358         Serial.println(temp_neutro);
359         digitalWrite(vazao_abaixa_ph,LOW);
360         Serial.println("ABAIXA PH");
361
362
363         if (diminui_ph.repeat()) {
364             digitalWrite(vazao_abaixa_ph,HIGH);
365             PASSO=5;
366         }
367         else {
368             PASSO=4;
369         }
370     }
371 }

```

```

372 //=====
373 // PASSO 6   LIGA MOTOR PARA MISTURAR O PRODUTO NA ÁGUA
374 //=====
375
376 if(PASSO==5) {
377     manual();
378     bacteria();
379
380
381     Serial.println("ESTOU NO PASSO 6");
382     Serial.println("MOTOR");
383
384     lcd.clear();
385     lcd.setCursor(0,0);
386     lcd.print("   PASSO 6   ");
387
388     motor_ph.set(5000);
389     digitalWrite(motor,LOW);
390
391
392     if ((motor_ph.repeat()) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)) {
393         digitalWrite(motor,HIGH);
394         PASSO=6;
395     }
396     else{
397         PASSO=5;
398     }
399 }
400 }

```

```

402 //=====
403 // PASSO 7   REVISÃO DO PH
404 //=====
405
406 if(PASSO==6) {
407     manual();
408     bacteria();
409     leitura();
410
411
412     Serial.println("ESTOU NO PASSO 7");
413     Serial.println("REVISÃO");
414     Serial.println(valor_pH);
415
416     lcd.clear();
417     lcd.setCursor(0,0);
418     lcd.print("   PASSO 7   ");
419
420     if ((valor_pH <= 6.7) || (valor_pH >= 7.3) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)) {
421         Serial.println("PH INCORRETO");
422         PASSO=3;
423     }
424
425     if ((valor_pH > 6.7) && (valor_pH < 7.3) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)) {
426         Serial.println("PH CORRETO");
427         PASSO=7;
428     }
429 }
430 }
431 }

```

```

432 //=====
433 // PASSO 8   VAZÃO TANQUE 2
434 //=====
435
436 if(PASSO==7){
437
438     manual();
439     bacteria();
440
441     Serial.println("ESTOU NO PASSO 8");
442     Serial.println("VAZÃO T2");
443
444     lcd.clear();
445     lcd.setCursor(0,0);
446     lcd.print("    PASSO 8    ");
447
448     digitalWrite(vazao_t2,LOW);
449     Serial.println(volume2);
450
451     if ((volume2 <=volu * 0.10) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)){
452         digitalWrite(vazao_t2,HIGH);
453         PASSO=0;
454     }
455
456     else{
457         PASSO=7;
458     }
459
460 }
461
462 }

```

```

463 //=====
464 // SUB ROTINAS
465 //=====
466
467 void manual() { //AUTOMÁTICO OU MANUAL
468
469     if(digitalRead(auto_manu) ==HIGH){
470         Serial.println("MÁQUINA FUNCIONANDO ");
471         digitalWrite (bluetooth, HIGH);
472         Serial.println("BLUETOOTH DESLIGADO ");
473     }
474
475     if(digitalRead(auto_manu) ==LOW){
476
477         Serial.println("MÁQUINA PARADA ");
478
479         digitalWrite (vazao_bac, HIGH);
480         digitalWrite (vazao_t1, HIGH);
481         digitalWrite (vazao_eleva_ph, HIGH);
482         digitalWrite (vazao_abaixa_ph, HIGH);
483         digitalWrite (vazao_t2, HIGH);
484         digitalWrite (motor, HIGH);
485         digitalWrite (bomba, HIGH);
486         digitalWrite (bluetooth, LOW);
487
488         Serial.println("BLUETOOTH LIGADO ");
489
490     }
491
492 }
493

```

```

494 void leitura(){ //LEITURA DO SENSOR DE PH
495
496 soma_tensao = 0; // Inicia soma_tensão em 0
497     contagem = 0; // Inicia a contagem em 0
498
499     while (contagem < 10) { // Executa enquanto contagem menor que 10
500         tempo = millis(); // Define o tempo em microssegundos
501         entrada_A0 = analogRead(sensor_ph); // Lê a entrada analógica
502         tensao = (entrada_A0 * 5.0) / 1024.0; // Converte em tensão, o valor lido
503
504         soma_tensao = (soma_tensao + tensao); // Soma a tensão anterior com a atual
505         contagem++; // Soma 1 à variável de contagem
506     }
507     media = soma_tensao / 10; // Calcula a média das leituras
508     valor_pH = -5.70 * media + valor_calibracao; // Calcula valor de pH
509
510 }

```

```

513 void bacteria(){ //DESPEJA BACTÉRIA NO RESERVATÓRIO 1
514
515
516     medidal=distanceSensor.measureDistanceCm(); //ATUALIZA A MEDIDA
517     //Serial.println(medidal);
518     volume= ((alt - medidal) * base); // MEDE O VOLUME DO RESERVATÓRIO
519
520
521     if ((volume >= (volu*0.25)) && (contador_tanque_1 == 0) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)){
522
523         digitalWrite(vazao_bac,LOW);
524
525         if(bac.repeat()){
526             digitalWrite(vazao_bac,HIGH);
527             contador_tanque_1 = 1;
528         }
529     }
530
531
532     if ((volume >= (volu*0.50)) && (contador_tanque_1 == 1) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)){
533
534         digitalWrite(vazao_bac,LOW);
535
536         if(bac.repeat()){
537             digitalWrite(vazao_bac,HIGH);
538             contador_tanque_1 = 2;
539         }
540     }
541     if ((volume >= (volu*0.50)) && (digitalRead(vazao_bac) ==LOW) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)){
542
543
544         reacao.set(7000); // Tempo que a bactéria vai reagir
545         if (reacao.repeat()){
546             contador_time = 1;
547         }
548
549     }

```

```
550
551   if ((volume >= (volu*0.75)) && (contador_tanque_1 == 2) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)){
552
553       digitalWrite(vazao_bac,LOW);
554
555       if(bac.repeat()){
556           digitalWrite(vazao_bac,HIGH);
557           contador_tanque_1 = 3;
558       }
559   }
560
561
562   if ((volume >= (volu)) && (contador_tanque_1 == 3) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)){
563
564       digitalWrite(vazao_bac,LOW);
565
566       if(bac.repeat()){
567           digitalWrite(vazao_bac,HIGH);
568           contador_tanque_1 = 4;
569       }
570   }
571
572
573   if((volume <= 30) && (digitalRead(auto_manu) ==HIGH)){
574       contador_tanque_1 = 0;
575   }
576
577 }
```