

CONTROLE E AUTOMAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) COM ARDUINO INTEGRADO A UM SISTEMA SUPERVISÓRIO

CONTROL AND AUTOMATION OF WATER TREATMENT PLANT (WTP) WITH
ARDUINO INTEGRATED INTO A SUPERVISORY SYSTEM

Márcio Braga de Souza¹

Bruno de Almeida Leite da Silva²

Sérgio Condak Monteiro Júnior³

Alex Franco Ferreira⁴

RESUMO: Este artigo buscou propor o uso de um sistema de automação com Arduino, para monitoramento e supervisão de dois dos processos de tratamento da água em uma Estação de Tratamento de Água (ETA), no caso a coagulação e a floculação, demonstrando a eficácia de uma solução baseada na Internet das Coisas (IoT) otimizando o tratamento da água. Com isso, foi utilizado um código-fonte para tal problemática, sendo indicados equipamentos de baixo custo, como o Arduino, sensores e atuadores que coletam as informações, transmitindo para um sistema supervisório. Destacou-se que a automação no processo de uma ETA é fundamental para garantir maior confiabilidade, agilidade e correções nas etapas de tratamento. Concluiu-se dessa forma que ao reunir e analisar dado reais do ativo tornou-se possível otimizar processos, melhorar a eficiência operacional, facilitar a tomada de decisões estratégicas, que a interface do Arduino constitui um mecanismo muito fácil e versátil para ser utilizado em processos de automação e supervisão, integrado ao Elipse Scada.

2201

Palavras-chave: IOT. ETA. Supervisório. Arduino. Confiabilidade.

ABSTRACT: This article proposed the use of an Arduino-based automation system to monitor and supervise two water treatment processes at a Water Treatment Plant (WTP), namely coagulation and flocculation. It demonstrated the effectiveness of an Internet of Things (IoT)-based solution for optimizing water treatment. A source code for this problem was used, and low-cost equipment, such as Arduino, was used, along with sensors and actuators that collect information and transmit it to a supervisory system. It was emphasized that automation in a WTP process is essential to ensure greater reliability, agility, and corrections in the treatment steps. The conclusion was that by gathering and analyzing real data from the asset, it became possible to optimize processes, improve operational efficiency, and facilitate strategic decision-making. The Arduino interface constitutes an extremely easy and versatile mechanism for use in automation and supervision processes, integrated with Elipse Scada.

Keywords: IOT. WTP. Supervision. Arduino. Reliability.

¹Discente do Curso de Pós-Graduação em Automação Industrial, pela Universidade de Vassouras.

²Discente do Curso de Pós-Graduação em Automação Industrial, pela Universidade de Vassouras.

³Discente do Curso de Pós-Graduação em Automação Industrial, pela Universidade de Vassouras.

⁴Orientador. Discente do Curso de Pós-Graduação em Automação Industrial, pela Universidade de Vassouras.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água potável é essencial para garantir a saúde pública, o desenvolvimento socioeconômico e a preservação ambiental. Segundo as Nações Unidas (2025), o acesso universal à água potável é um dos pilares do desenvolvimento sustentável. No entanto, o aumento da urbanização, o crescimento populacional e a poluição hídrica têm intensificado os desafios relacionados à gestão dos recursos hídricos. Nesse contexto, as Estações de Tratamento de Água (ETAs) desempenham um papel crucial, garantindo que a água captada de fontes naturais seja tratada de forma eficiente, segura e em conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos pelas legislações vigentes.

As ETAs são sistemas compostos por etapas específicas e tecnicamente planejadas para remover impurezas físicas, químicas e biológicas, de modo a tornar a água adequada para o consumo humano. “As etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção são interdependentes e visam à remoção de partículas suspensas, matéria orgânica e agentes patogênicos, promovendo a qualidade da água potável” (Von Sperling, 2014).

Por isso, esse artigo teve por finalidade desenvolver um código-fonte para implementação em um sistema de automação de estações de tratamento de água; utilizando a plataforma do Arduino, que segundo Stevan e Silva (2015, p.15) “Arduino. Portanto, é uma plataforma *open-source* de prototipagem eletrônica baseada em flexibilidade, na qual o *hardware* e o *software* são fáceis de serem usados e adaptados aos mais diferentes cenários e aplicações”.

2202

O objetivo foi destacar a importância da automação na otimização da operação e monitoramento das estações, melhorando a eficiência e a gestão dos processos, utilizando lógicas de programação para o Arduino, que serão desenvolvidas na plataforma IDE de programação do Arduino, *Shields* e o software para o desenvolvimento de um supervisório, sendo ele o Elipse SCADA.

MÉTODOS E MATERIAIS

A automação em Estações de Tratamento de Água (ETAs) desempenha um papel fundamental na melhoria da eficiência operacional, no controle de processos e na garantia da qualidade da água fornecida à população. A implementação de sistemas automatizados permite a monitorização contínua e precisa de diversos parâmetros do tratamento, como pH, turbidez, cloro residual, entre outros, proporcionando maior segurança e confiabilidade ao processo. A

automação permite otimizar a dosagem de produtos químicos, como coagulantes, floculantes e desinfetantes, ajustando-os em tempo real de acordo com as variações na qualidade da água bruta. Isso não só aumenta a eficiência do processo, mas também reduz os custos operacionais e o desperdício de recursos, contribuindo para uma gestão mais sustentável (BRITO, 2023).

Além disso, os sistemas automatizados de controle e monitoramento tornam a operação das ETAs mais segura, minimizando erros humanos e garantindo que os parâmetros de qualidade da água atendam aos padrões exigidos para consumo humano. A automação também facilita a detecção precoce de falhas ou anomalias nos equipamentos, o que permite uma manutenção preventiva mais eficaz e reduz os tempos de inatividade. Outro benefício importante da automação é a integração de dados em tempo real, que permite a tomada de decisões mais rápidas e informadas. A coleta e análise desses dados também oferecem suporte à otimização de processos e ao planejamento de melhorias na operação das ETAs, contribuindo para a sustentabilidade e a adaptação às mudanças nos padrões de demanda de água (Sardinha, 2015).

Portanto, a automação é crucial para garantir a eficiência, a segurança e a sustentabilidade das estações de tratamento de água, proporcionando um serviço de qualidade para a população, com menor impacto ambiental e custos operacionais reduzidos. A automação contribui para a monitorização precisa dos processos, garantindo a qualidade da água, minimizando o desperdício e os custos, além de reduzir o impacto ambiental das operações (BFILTERS, 2025).

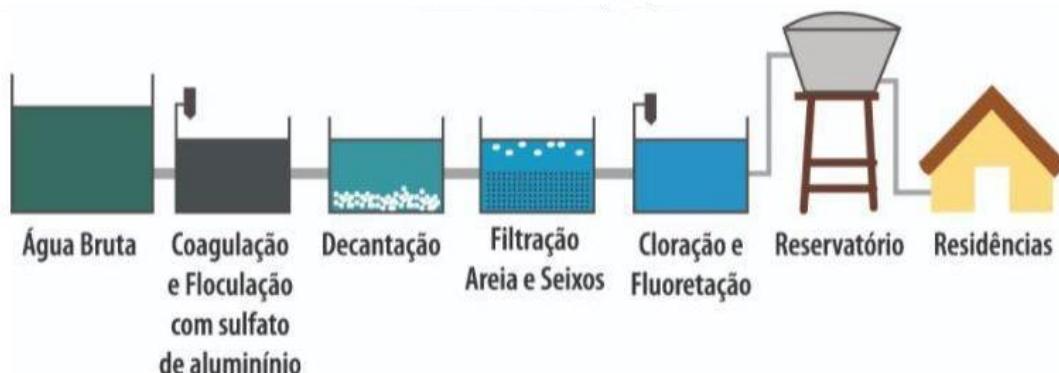
2203

Com isso, neste trabalho, se buscou discorrer sobre o processo como um todo e demonstrando todos os equipamentos e softwares utilizados para o projeto de automação e supervisão de duas etapas do processo de tratamento de água, a coagulação e a floculação e o desenvolvimento do código fonte para o projeto, juntamente com o sistema supervisório.

PRINCIPAIS ETAPAS NOS PROCESSOS DE TRATAMENTO.

Uma estação de tratamento de água (ETA) é responsável por tornar a água captada de rios, lagos ou represas adequadas para o consumo humano, garantindo que ela esteja livre de impurezas e contaminantes. O processo de tratamento segue várias etapas essenciais, cada uma com uma função específica na remoção de resíduos sólidos, microrganismos e substâncias químicas prejudiciais. Na Figura 1, pode-se ver essas etapas e entender como elas garantem a purificação da água antes de sua destinação final.

Figura 1: Etapas tratamento de água



Fonte: PRESBITERIS, 2021

COAGULAÇÃO

A coagulação é uma etapa fundamental no tratamento de água, cuja função principal é desestabilizar partículas coloidais e suspensas por meio da adição de coagulantes químicos, permitindo a formação de flocos maiores que podem ser removidos por processos subsequentes, como floculação e decantação. Os coagulantes mais utilizados incluem sais de alumínio, como o sulfato de alumínio, e sais de ferro, como o cloreto férrico, cuja eficiência está diretamente relacionada ao pH da água e à dose aplicada (LIBÂNIO, 2010). Segundo Von Sperling (2014), a coagulação é um processo físico-químico essencial que visa superar as forças de repulsão eletrostática entre partículas, promovendo sua agregação. A eficiência do processo depende de fatores como o tipo de coagulante, tempo de mistura rápida e condições hidráulicas do sistema, sendo crucial para garantir a clarificação da água bruta.

2204

FLOCULAÇÃO

A floculação é um processo físico essencial no tratamento de água, cuja função é promover o crescimento dos microflocos formados na coagulação por meio de agitação controlada, favorecendo colisões e agregação entre partículas. Essa etapa visa produzir flocos maiores e mais densos, facilitando sua sedimentação nas fases seguintes, como decantação e filtração. De acordo com Von Sperling (2014), a eficiência da floculação depende de parâmetros como o gradiente de velocidade (G), o tempo de detenção e as características da água bruta. A escolha entre floculação mecânica e hidráulica deve considerar as condições operacionais da ETA e o consumo energético. Segundo Libânio (2010), um controle inadequado dessa etapa pode resultar na formação de flocos frágeis ou na sua ruptura, comprometendo a clarificação da água.

DECANTAÇÃO

A decantação é uma etapa fundamental no tratamento de água em Estações de Tratamento de Água (ETAs), sendo responsável pela remoção dos flocos gerados nas fases de coagulação e floculação. Esse processo ocorre em estruturas denominadas decantadores, onde a ação da gravidade permite que os flocos sedimentem no fundo do tanque, possibilitando que a água clarificada avance para as etapas seguintes, como filtração e desinfecção. Segundo Libânio (2010), a decantação é indispesável para garantir a remoção eficiente de sólidos e para assegurar a qualidade da água tratada, devendo ser cuidadosamente dimensionada e operada.

Segundo Von Sperling (2014), trata-se de um processo de sedimentação que remove sólidos suspensos e partículas coloidais, com eficiência dependente de fatores como o tempo de retenção, dimensionamento do tanque e velocidade de sedimentação das partículas. Os principais tipos de decantadores são horizontais, verticais e lamelares. Costa et al. (2018) destacam os decantadores lamelares como uma solução eficiente para ETAs com espaço limitado ou alta demanda de tratamento. Outro aspecto importante é o manejo do lodo sedimentado, que deve ser tratado e disposto de forma sustentável. Barros e Mendes (2021) apontam que alternativas como reutilização industrial e disposição em aterros controlados são estratégias viáveis para minimizar o impacto ambiental. 2205

Dessa forma, a decantação representa uma etapa essencial para a remoção eficiente de sólidos e a melhoria da qualidade da água tratada, sendo indispesável um projeto bem elaborado, práticas operacionais eficazes e um manejo adequado do lodo gerado. Segundo Libânio (2010), a eficiência da decantação está diretamente relacionada ao correto dimensionamento dos decantadores e à gestão do lodo, fatores que influenciam significativamente a sustentabilidade do sistema de tratamento.

FILTRAÇÃO

A filtração é uma das etapas finais no tratamento de água, com o objetivo de remover partículas residuais, como flocos, microrganismos e outras impurezas não eliminadas nas etapas anteriores de coagulação, floculação e decantação. O processo ocorre quando a água passa por meios filtrantes, como areia, antracito e carvão ativado, que atuam como barreiras físicas, químicas e biológicas, retendo as partículas suspensas e melhorando a segurança microbiológica da água (Von Sperling, 2014). Os filtros rápidos, operando por gravidade ou pressão, são os mais comuns em ETAs, devido à sua alta eficiência e capacidade de tratar grandes volumes de água.

A eficiência da filtração depende de fatores como a qualidade da água, a velocidade de filtração e a regularidade da retrolavagem, que remove o material acumulado nos filtros. Barros e Mendes (2021) destacam que a manutenção adequada dos filtros é essencial para garantir a eficácia do sistema e prolongar a vida útil dos meios filtrantes. Tecnologias avançadas, como a filtração por membranas (ultrafiltração e nanofiltração), têm se tornado mais relevantes, especialmente quando há necessidade de remoção de contaminantes emergentes. Essas tecnologias oferecem um alto grau de purificação, sendo usadas em ETAs modernas ou sistemas complementares para polimento da água (Costa et al., 2018).

DESINFECÇÃO

A desinfecção é a última etapa do tratamento de água em ETAs, com o objetivo de eliminar ou inativar microrganismos patogênicos como bactérias, vírus e protozoários, garantindo a potabilidade da água e a proteção à saúde pública. O processo pode ser realizado por agentes químicos ou processos físicos que destroem ou inibem a reprodução dos microrganismos. De acordo com Von Sperling (2014), os desinfetantes químicos mais comuns incluem o cloro (nas formas de gás, hipoclorito de sódio ou cálcio) e o dióxido de cloro que são eficazes, acessíveis e mantêm um residual de desinfecção na água. Além disso, a radiação ultravioleta (UV) é uma alternativa promissora, especialmente para patógenos resistentes, como cistos de Giardia e oocistos de Cryptosporidium. Barros e Mendes (2021) destacam a UV como uma tecnologia sustentável, embora ainda não amplamente adotada em ETAs convencionais. A eficácia da desinfecção depende da dosagem e do tempo de contato do desinfetante com a água. Costa et al. (2018) ressaltam a importância de um controle rigoroso da dosagem de desinfetante e do monitoramento do residual, para garantir a segurança microbiológica sem gerar subprodutos prejudiciais à saúde, como trihalometanos.

2206

Segundo o Ministério da Saúde (2018), a desinfecção é essencial para garantir a qualidade da água distribuída à população. A escolha do método de desinfecção deve considerar a qualidade da água, os custos operacionais, os riscos e a sustentabilidade ambiental.

ARDUINO

O Arduino é uma plataforma baseada em microcontroladores do fabricante ATMEL, de código aberto (*open-source*), que utiliza um software livre, que significa que qualquer pessoa pode modificar ou aprimorar a plataforma ou até mesmo copiar a placa para que melhor se

adapte às suas necessidades. (Stevan e Siva, 2015). Também a plataforma conta com uma ampla gama de *Shields*, que são placas periféricas, por ser uma plataforma padronizada.

Segundo Monk (2013, p.10) “Originalmente, o Arduino foi desenvolvido como recurso auxiliar no ensino dos estudantes. Mais adiante (em 2005), ele foi desenvolvido comercialmente por Massimmo Banzi e David Cuartielles”. O Arduino é como um CLP (controlador lógico programável) ou um computador, em que se programa em um ambiente de desenvolvimento para processar as informações das entradas e saídas dos *Shields* conectados a ele. A Figura 2 ilustra uma placa de Arduino Uno.

Figura 2 – Imagem das vistas frontal e traseira da placa Arduino Uno.



2207

Fonte: Braga, 2025

No Quadro 1, se tem as especificações do Arduino Uno apresentado na Figura 2.

Quadro 1 - Especificações do Arduino Uno

ESPECIFICAÇÕES	
Microcontrolador	ATmega328
Velocidade de Clock	16MHz
Corrente DC por I/O	20mA
Corrente DC por pino 3,3V	50mA
Pinos analógicos de Entrada	6

Pinos de I/O Digital	14 (dos quais 6 fornecem saída PWM)
Tensão de alimentação (recomendado)	7 a 12 Volts
Tensão de alimentação (limites)	6 a 20 Volts
Tensão de operação (nível lógico)	5 Volts

Fonte: Arduino, 2025

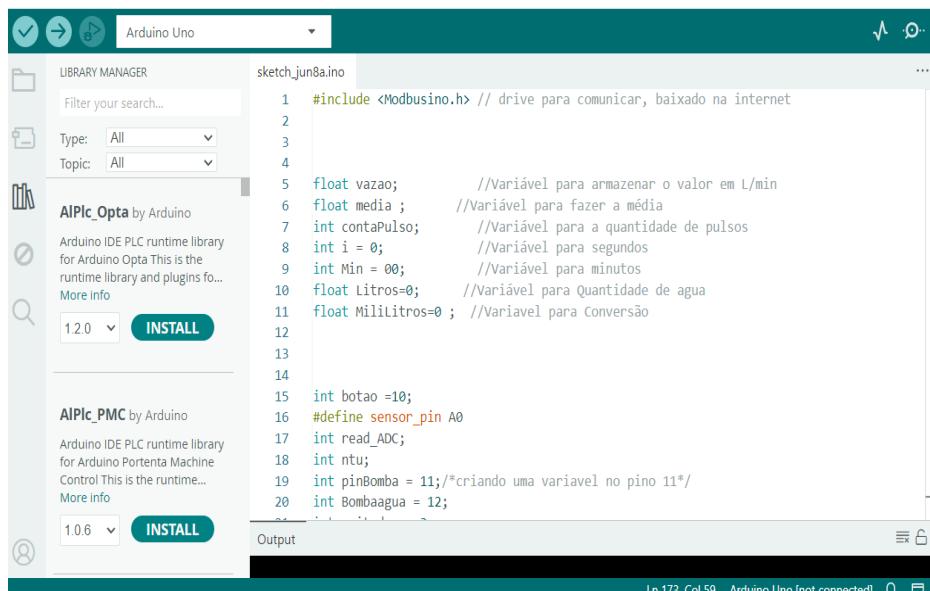
SOFTWARE ARDUINO IDE

O software Arduino IDE como apresentado na Figura 3, é o ambiente utilizado para a escrita do código para a automação do sistema, sendo de código aberto. Segundo Fezari e Dahoud (2018), IDE significa *Integrated Development Environment*, sendo um software que permite desenvolvedores de diferentes tecnologias criarem suas aplicações em um único programa disponibilizando ferramentas como o editor de código, depurador e compilador. Os programas para o Arduino são implementados tendo como referência a linguagem C++, conservando sua sintaxe clássica na declaração de variáveis, nos operadores, nos ponteiros, nos vetores, nas estruturas e em muitas outras características da linguagem. (FONSECA; BEPPU, 2010).

2208

O Arduino IDE também é compatível com alguns outros microcontroladores que não pertencem à família Arduino, como o ESP 32.

Figura 3 - Software Arduino IDE

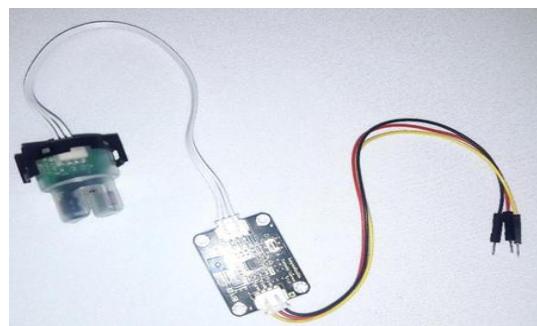


Fonte: Autor, 2025

SENSOR DE TURBIDEZ

O sensor de turbidez permite medir o quanto limpa ou turva está a água, detectando a quantidade de partículas em suspensão. Ele funciona emitindo luz através do líquido e medindo quanto dessa luz é desviada. Quanto mais partículas houver, mais luz será espalhada. Esse sinal é enviado ao Arduino em forma de valor analógico, que pode ser interpretado para indicar o nível de turbidez da água. Na Figura 4 pode-se observar um sensor de turbidez utilizado em aplicações na plataforma Arduino.

Figura 4 - Sensor de Turbidez



Fonte: Autor,2025

2209

SENSOR DE VAZÃO OU FLUXO

O sensor de fluxo de água na Figura 5 possibilita medir fluxo de água em projetos eletrônicos. Instalado em linha com a tubulação para medição da quantidade de água que circula por ele, enviando pulsos PWM para o Arduino. Com sua localização entre as tubulações na saída dos tanques de coagulação e flocação, o sensor será utilizado para a medição de vazão da água em litros por minuto, para o tanque de água tratada.

Figure 5 - Sensor de Vazão



Fonte: Autor,2025

BOMBA

A bomba de água em projetos com Arduino é usada para mover líquidos de um local para outro de forma automática. Ela pode ser controlada pelo Arduino que envia um sinal para ligar ou desligar a bomba conforme a lógica do programa. Esse controle permite executar tarefas como encher recipientes, iniciar ciclos de irrigação ou manter o fluxo de água em sistemas automatizados. Para controlar as bombas e agitadores é fundamental usar um módulo relé para cada um, pois demandam mais corrente do que o Arduino pode fornecer diretamente.

AGITADOR OU MISTURADOR

Os agitadores ou misturadores são usados onde é necessário misturar algum líquido em uma velocidade constante. Na Figura 6 se encontra um modelo de agitado utilizado em projetos com Arduino.

Figure 6 - Modelo de agitador Utilizado em projetos com Arduino



2210

Fonte: Almeida, 2023

SISTEMA SUPERVISÓRIO

Os sistemas supervisórios Scada (*Supervisory Control and Data Acquisition*- Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados) é um **software** que utiliza tecnologia de informação e de comunicação para o monitoramento e o controle, coletando e organizando dados, proporcionando maior eficiência, segurança e automação. Para Mosti (2017), os sistemas de supervisão permitem que sejam monitoradas e rastreadas informações do processo produtivo. Na área de saneamento, sua aplicação em Estações de Tratamento de Água (ETA) permite a

supervisão em tempo real de variáveis operacionais, como vazão, pressão, níveis de reservatórios e qualidade da água. Sendo que essas informações podem ser visualizadas através de animações com indicações instantâneas das variáveis de processo. O supervisório foi desenvolvido no Software Elipse Scada.

PROGRAMAÇÃO E DIAGRAMA

Na IDE do Arduino é desenvolvida a programação de todo o sistema, utilizando a linguagem C/C++, sendo que essa programação é gravada no microcontrolador.

Antes de iniciar a elaboração do código foi necessário instalar na biblioteca do software o arquivo Modbusino.h, baixado da internet. Este arquivo instalado na biblioteca é utilizado para comunicação via protocolo Modbus, permitindo que o Arduino atue como um escravo Modbus, trocando dados com um sistema mestre, que no caso seria o Elipse Scada. Com isso o código começa com a inclusão da biblioteca Modbusino.h.

```
#include <Modbusino.h> // drive para comunicar, baixado na internet
```

Logo após uma série de variáveis globais é declarada para armazenar dados de sensores, estados de atuadores e parâmetros de controle. Sendo elas:

VARIÁVEIS DE FLUXO DE ÁGUA E VOLUME.

```
float vazao;      //Variável para armazenar o valor em L/min
float media;     //Variável para fazer a média
int contaPulso; //Variável para a quantidade de pulsos
int i = 0;        //Variável para segundos
int Min = 00;     //Variável para minutos
float Litros=0;   //Variável para Quantidade de agua
float MiliLitros=0; //Variavel para Conversão
```

VARIÁVEIS DE SENsoRES E ATUADORES

```
int botao =10; //Pino digital conectado a um botão//
#define sensor_pin A0 // Pino analógico para leitura de um sensor de turbidez//
int read_ADC; // Armazena o valor lido do conversor Analógico-Digital (ADC)//
int ntu; // Armazena o valor de turbidez em NTU Nephelometric Turbidity Units//
int pinBomba = 11; /*criando uma variável no pino 11*/
int Bombaagua = 12;
int agitador = 3;
int agitador2 = 4;
char leitura; // Variável para armazenar leitura de caractere//
int botao_1;
```

```
int estado_Bombaagua; //armazena o estado da bomba//  
int estado_agitador; //armazena o estado do agitador//  
int estado_agitador2; // armazena o estado do agitador 2//  
int b; //variável auxiliar//  
const int buzzer = 9;
```

VARIÁVEIS MODBUS

```
/* Initialize the slave with the ID 1 */  
ModbusinoSlave modbusino_slave(1);  
/* Allocate a mapping of io values */  
uint16_t tab_reg[10]; //Array de registradores (Holding Registers) para comunicação Modbus.  
Estes registradores são usados para trocar dados com o mestre Modbus//
```

A função `setup()` é executada uma vez quando o Arduino é ligado ou resetado. Ela configura os pinos e inicializa a comunicação serial e Modbus.

FUNÇÃO SETUP()

```
void setup() {  
  pinMode(bota0, INPUT_PULLUP);  
  pinMode(2, INPUT);  
  attachInterrupt(0, incipulso, RISING); //Configura o pino 2(Interrupção 0) interrupção  
  // put your setup code here, to run once  
  pinMode(sensor_pin, INPUT);  
  // put your setup code here, to run once:  
  pinMode(pinBomba, OUTPUT);  
  pinMode(buzzer, OUTPUT);  
  pinMode(Bombaagua, OUTPUT);  
  pinMode(agitador, OUTPUT);  
  pinMode(agitador2, OUTPUT);  
  
  /* The transfer speed is set to 115200 bauds */  
  modbusino_slave.setup(9600); //comunicação está em 9600//  
  Serial.begin(9600);
```

2212

A função `loop()` é o coração do programa, executando-se repetidamente após a `setup()` . Ela gerencia a leitura de sensores, a comunicação Modbus e o controle dos atuadores com base na lógica de turbidez e fluxo.

FUNÇÃO LOOP()

```
void loop (){  
  
  tab_reg[0]=ntu; //escrevendo no elipse//
```

```
estado_Bombaagua=tab_reg[1];
digitalWrite(Bombaagua,estado_Bombaagua);

tab_reg[2] =vazao;

estado_agitador=tab_reg[3];// trazendo do elipse e escrevendo//
digitalWrite(agitador, estado_agitador);

estado_agitador2=tab_reg[4];
digitalWrite(agitador2, estado_agitador2);

tab_reg[6]=pinBomba; //ler minha bomba e manda para o reg (6), elipse//

tab_reg[5]= media;
;
;

modbusino_slave.loop(tab_reg, io);

read_ADC = analogRead(sensor_pin);
if (read_ADC > 208) read_ADC = 208;
ntu = map(read_ADC, 0 ,208,300,0 );

if (ntu < 0);
if (ntu >= 1 && ntu < 100);
if (ntu >= 100);

// SEM AGUA
if (vazao == 0) {
  digitalWrite(pinBomba, LOW);
  noTone(buzzer);
  delay(100);
  tone(buzzer, 1900, 500);
  delay(100);

}

//Turbidez ate 100 com o fluxo menor de agua
if (ntu >= 1 && ntu < 100 && Litros > 0.01 && Litros < 0.10) {
  digitalWrite(pinBomba, HIGH);
}
```

```
Litros = 0;
delay(17000);
digitalWrite(pinBomba, LOW);
delay(2000);

}

// Turbidez ate 100 com o fluxo maior de agua
if (ntu >= 1 && ntu < 100 && Litros >= 0.10) {
  digitalWrite(pinBomba, HIGH);
  Litros = 0;
  delay(30000);
  digitalWrite(pinBomba, LOW);
  delay(2000);

}

// Turbidez maior igual a 100 ate 300 agua suja, menor fluxo de agua
if (ntu >= 100 && Litros > 0.01 && Litros < 0.10) {
  digitalWrite(pinBomba, HIGH);
  Litros = 0;
  delay(27000);
  digitalWrite(pinBomba, LOW);
  delay(2000);

}

//Turbidez maior igual a 100 ate 300 agua suja, maior fluxo de agua
if (ntu >= 100 && Litros >= 0.10) {
  digitalWrite(pinBomba, HIGH);
  Litros = 0;
  delay(47000);
  digitalWrite(pinBomba, LOW);
  delay(2000);

}

contaPulso = 0; //Zera a variável
sei(); //Habilita interrupção
delay(1000); //Aguarda 1 segundo
cli(); //Desabilita interrupção

vazao = contaPulso / 5.5; //Converte para L/min
media = media + vazao; //Soma a vazão para o calculo da media
i++;

MiliLitros = vazao / 60;
Litros = Litros + MiliLitros;

i = 0;
```

```

// Neste conjunto de linhas faz-se a média das leituras obtidas a cada 1 minuto
if (i == 60) {
  Min++;
  if (Min >= 60) {
    Min = 0;
  }
  media = media / 60;           //faz a média
  Serial.print("nMedia por minuto = "); //Imprime a frase Media por minuto =
  Serial.print(media);          //Imprime o valor da media
  Serial.println(" L/min - ");   //Imprime L/min
  media = 0;                   //Zera a variável media para uma nova contagem
  i = 0;                       //Zera a variável i para uma nova contagem
}
void incpulse() {
  contaPulso++; //Incrementa a variável de pulsos
}
  
```

Dessa forma, o código implementa um sistema de monitoramento de turbidez e fluxo de água com controle de bombas e agitadores, e comunicação via Modbus, para um sistema de tratamento de água no processo de coagulação e floculação.

2215

O Quadro 2 ilustra a ligação de cada componente nos pinos da placa do Arduino, sendo que os agitadores e as bombas são interligados na placa através de um módulo relé. Pois demandam mais corrente que a placa do Arduino pode oferecer.

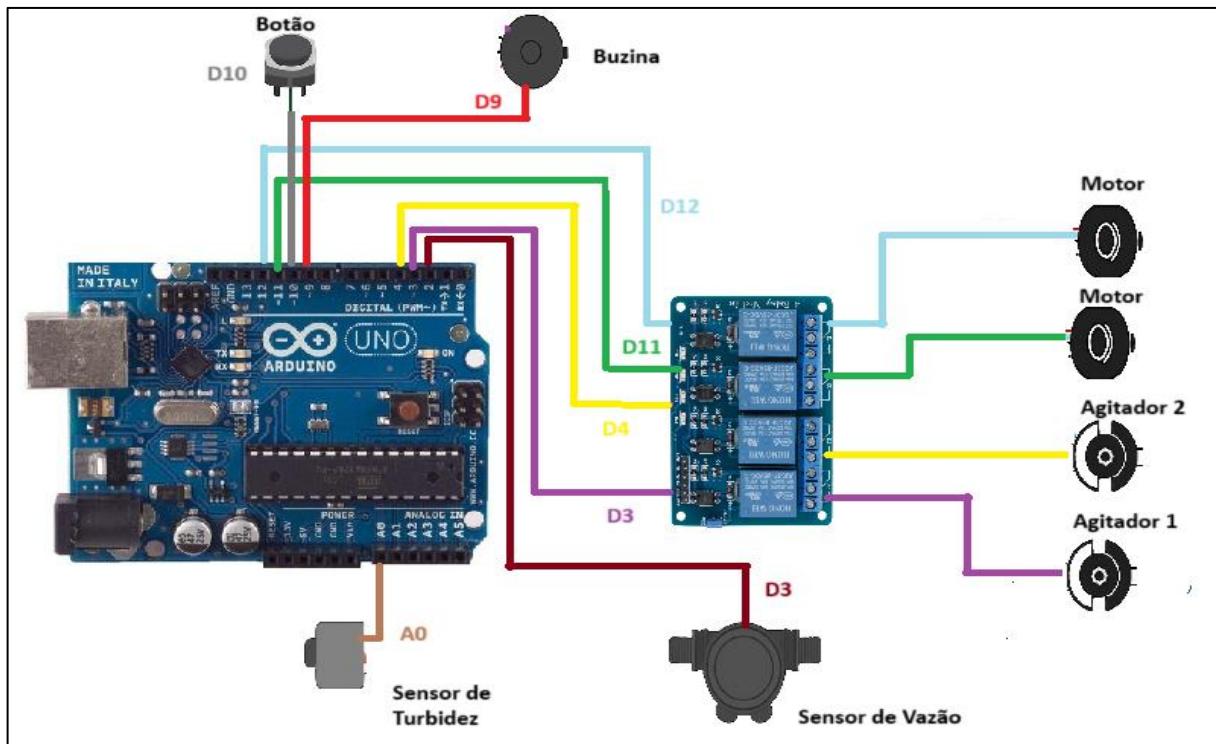
Quadro 2 - Ligação dos componentes nos pinos da placa do Arduino

Componente	Pino Arduino	Descrição da Ligação
Sensor de Turbidez	A0	Entrada analógica para medir turbidez (NTU)
Sensor de Fluxo	D2	Interrupção (attachInterrupt no pino 2)
Botão de controle	D10	Botão com pull-up interno
Bomba principal	D11	Controlada conforme turbidez e fluxo de água
Alarme (buzzer)	D9	Ativado se não houver fluxo (vazão = 0)
Bomba d'água secundária	D12	Estado controlado via Modbus (tab_reg[1])
Agitador 1	D3	Controle via Modbus (tab_reg[3])
Agitador 2	D4	Controle via Modbus (tab_reg[4])

Fonte: Autor (2025)

Para melhor visualizar as ligações, se desenvolveu o diagrama de ligação dos componentes na placa do Arduino, conforme a Figura 7.

Figura 7 - Diagrama de Ligação dos componentes na placa Arduino



Fonte: Autor (2025)

2216

COMUNICAÇÃO DO ARDUINO COM O ELIPSE SCADA

Para a comunicação do Arduino com o software Elipse SCADA é necessário que o hardware tenha características de um protocolo Modbus RTU, ou seja, ele precisa ter um protocolo de comunicação programado a fim de transmitir as informações adquiridas pelos dispositivos ao sistema supervisório. Um dos protocolos de comunicação mais conhecido e utilizado é o Modicon Modbus, um protocolo de comunicação serial amplamente utilizado na automação industrial para transmitir informações entre dispositivos eletrônicos. Ele opera no modelo mestre-escravo ou cliente-servidor, onde um dispositivo mestre, o Elipse SCADA, neste caso, solicita informações ou envia comandos para um ou mais dispositivos escravos, no caso o Arduino.

CONCLUSÃO

Em suma, este estudo demonstrou a viabilidade e a eficácia da implementação de um sistema de automação baseado em Arduino para o monitoramento e supervisão dos processos de coagulação e floculação em uma Estação de Tratamento de Água (ETA). A utilização de componentes de baixo custo, como o Arduino, sensores e atuadores, aliada à integração com o

sistema supervisório Elipse SCADA, comprovou ser uma solução robusta e acessível para otimizar o tratamento da água. Os resultados obtidos reforçam que a automação em ETAs é crucial para assegurar maior confiabilidade, agilidade e precisão nas etapas de tratamento, permitindo a análise de dados em tempo real para aprimorar a eficiência operacional e subsidiar decisões estratégicas. Conclui-se, portanto, que a interface do Arduino se apresenta como um mecanismo versátil e de fácil aplicação em projetos de automação e supervisão, especialmente quando integrado a plataformas como o Elipse SCADA, contribuindo significativamente para a gestão otimizada dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Arthur. Agitador Magnético com Arduino. In: BLOG ELETROGATE. [S. l.], 24 fev. 2023. Atualizado em: 21 mar. 2023. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/agitador-magnetico-com-arduino/>. Acesso em: 12 jul. 202

ARDUINO. Arduino Uno Rev3. In: ARDUINO OFFICIAL STORE. [S. l.], [s.d.]. Disponível em: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>. Acesso em: 12 jul. 2025

BARROS, A. P.; MENDES, J. L. Tecnologias sustentáveis no tratamento de água. Revista Engenharia e Sustentabilidade, 2021.

2217

BFILTERS. Estação de tratamento de água: vantagens da automação no setor. Disponível em: <https://www.bfilters.com.br/blog/estacao-de-tratamento-de-agua-2/>. Acesso em: 23 fev. 2025.

BRAGA, Newton C. Practices, Exercises, and Code Examples With Arduino Uno (MICo26E). In: INSTITUTO NEWTON C. BRAGA. Disponível em: <https://www.incbtech.com/articles/92-microcontroller/2802-practices-exercises-and-code-examples-with-arduino-uno-mico26e.html>. Acesso em: 15 jul. 2025

BRITO, Ary. O papel da automação na eficiência dos processos industriais de água. Nivetec, 22 set. 2023. Disponível em: <https://www.nivetec.com.br/automacao-dos-processos-industriais-de-agua/>. Acesso em: 23 fev. 2025.

COSTA, R. S. et al. Gestão e inovação em estações de tratamento de água: desafios e perspectivas. Revista Brasileira de Engenharia Ambiental, 2018.

FEZARI, M.; DAHOUD, A. A. Integrated development environment "ide" for arduino. 10 2018. Citado na página 31

FONSECA, Erika Guimarães Pereira da; BEPPU, Mathyan Motta. Apostila Arduino. Niterói-RJ: Universidade Federal Fluminense Centro Tecnológico, 2010. 23 p.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 2. ed. Campinas: Átomo, 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Qualidade da água para consumo humano:

cartilha para promoção e proteção da saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2018. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/qualidade_agua_consumo_humano_cartilha_promocao.pdf. Acesso em: 23 fev. 2025.

MOSTI, L. G. L. DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO SCADA PARA CONTROLE DE PROCESSO DE UMA GRAXARIA, Curitiba, 2017. 43.

SARDINHA, M. H. Segurança e automação de sistemas de tratamento de água. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Tecnologia de Americana, Americana, 2015. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/899/1/20151S_SARDINHAMAuroHenrique_CD2131.pdf. Acesso em: 23 fev. 2025.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.