



**Artigo Original**

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v19n12025p113-127

Submetido em: 02 mar. 2025

Aceito em: 13 mar. 2025

*Plataforma de sensores embarcados para monitoramento remoto da qualidade da água*

*Embedded sensor platform for remote monitoring of water quality*

*Plataforma de sensores integrados para monitoreo remoto de la calidad del agua*

**Dalson Ribeiro Nunes**  <https://orcid.org/0009-0006-2561-5943>

Instituto Federal Fluminense

Tecnólogo em Telecomunicações (Universidade Estácio de Sá, UNESA, Brasil). Professor de Eletrônica e Telecomunicações / Coordenador de Laboratórios do Instituto Federal Fluminense.

E-mail: d9r3n6@yahoo.com.br

**Marcos Antonio Cruz Moreira**  <https://orcid.org/0000-0001-9928-7846>

Instituto Federal Fluminense

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor Titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense), Campus Macaé - Macaé/RJ – Brasil.

E-mail: macruz@iff.edu.br

**Luis Felipe Umbelino dos Santos**  <https://orcid.org/0000-0002-2392-1908>

Instituto Federal Fluminense

Doutorado em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2008), Mestrado em Geografia pela Universidade Federal Fluminense (2004). Professor permanente dos Cursos de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Doutorado em Modelagem e Tecnologia para Meio Ambiente Aplicadas em Recursos Hídricos no Instituto Federal do Fluminense.

E-mail: lumbelino@iff.edu.br

**Resumo:** A qualidade da água é um parâmetro crítico para a saúde pública, a conservação ambiental e diversas atividades industriais. O monitoramento contínuo de parâmetros como turbidez, pH, temperatura e sólidos totais dissolvidos (TDS) é essencial para garantir que a água atenda aos padrões necessários para diferentes usos. Este artigo descreve a integração de sensores comerciais na implementação de um sistema de aquisição de dados para monitorar esses parâmetros em um corpo hídrico, utilizando plataformas de hardware Arduino e NodeMCU V3.

**Palavras-chave:** Arduino. Teste de Sensores. CBHLSJ.

**Abstract:** Water quality is a critical parameter for public health, environmental preservation, and various industrial activities. Continuous monitoring of parameters such as turbidity, pH, temperature, and total dissolved solids (TDS) is essential to ensure that water meets the required standards for different uses. This paper describes the integration of commercial sensors in the implementation of a data acquisition system to monitor these parameters in a water body, using Arduino and NodeMCU V3 hardware platforms.

Keywords: Arduino. Sensor Testing. CBHLSJ.

Resumen: La calidad del agua es un parámetro crítico para la salud pública, la preservación del medio ambiente y diversas actividades industriales. El monitoreo continuo de parámetros como turbidez, pH, temperatura y sólidos disueltos totales (TDS) es esencial para garantizar que el agua cumpla con los estándares requeridos para los diferentes usos. Este artículo describe la integración de sensores comerciales en la implementación de un sistema de adquisición de datos para monitorear estos parámetros en un cuerpo de agua, utilizando plataformas hardware Arduino y NodeMCU V3.

Palabras clave: Arduino. Prueba de sensores. CBHLSJ.

## ***1 Introdução***

A necessidade de monitoramento contínuo e preciso de parâmetros ambientais, como a qualidade da água, tem impulsionado o desenvolvimento de plataformas de aquisição de dados eficientes e de baixo custo (HART e MARTINEZ, 2006). Entre as várias opções disponíveis, a combinação do microcontrolador Arduino com o módulo NodeMCU V3 tem se destacado devido à sua flexibilidade, facilidade de uso e robustez. A qualidade da água é essencial para a saúde pública, conservação ambiental e atividades industriais. O monitoramento contínuo de parâmetros como turbidez, pH, temperatura e sólidos totais dissolvidos (TDS) é fundamental para garantir que a água atenda aos padrões necessários. Este artigo explora a utilização de sensores comerciais e a implementação de um sistema de aquisição de dados para monitorar esses parâmetros em corpos hídricos, utilizando plataformas de hardware Arduino e NodeMCU V3. Descreve-se neste trabalho a configuração, programação e integração dessas duas plataformas para criar um sistema eficiente de aquisição de dados, focando em aplicações de monitoramento da qualidade da água.

Desenvolveu-se um sistema de aquisição de dados utilizando Arduino e NodeMCU V3, programados para coletar, processar e armazenar os dados dos sensores. Inicialmente, os sensores foram testados em bancada para verificar sua precisão e desempenho. Todos os sensores operaram dentro das especificações do fabricante, com variações mínimas. Os testes em ambiente natural foram realizados no Rio São João, município de Casimiro de Abreu, RJ e no Rio das Ostras, município de Rio das Ostras, RJ, em períodos de 30 dias e foram bem-sucedidos.

## ***2. Material e Método***

A metodologia deste trabalho consiste na descrição dos sensores utilizados, critérios de escolha, desenvolvimento e adaptação e a integração dos sensores com as plataformas Arduino e NodeMCU V3. Os testes dos sensores integrados às plataformas foram efetuados em bancada e posteriormente em ambiente real, nos Rio São João e das Ostras. As condições ambientais dos testes foram descritas junto com os resultados para facilitar a melhor interpretação das informações.

## 2.1. Sensores Utilizados

Sensor de Turbidez - A turbidez da água é um indicador da quantidade de partículas em suspensão e é geralmente medida em unidades de turbidez nefelométrica (NTU). Utilizou-se o sensor de turbidez S110. Este sensor emite luz infravermelha e mede a luz dispersa pelas partículas presentes na água. O valor lido indica o nível de turbidez. A sua faixa de medição é de 0 a 1000 NTU, com tempo resposta inferior a 500 ms.

Sensor de pH - O pH da água indica sua acidez ou alcalinidade e é um parâmetro essencial para diversas reações químicas e biológicas. Utilizou-se o sensor pH-4502C. Sua faixa de mediação é de 0 a 14 pH; resolução de 0,1 pH; tempo de resposta de 5s e temperatura de operação de 0 a 60°C.

Sensor de Temperatura - A temperatura da água influencia diretamente a solubilidade de gases e a taxa de reações químicas. Para medir a temperatura, utilizamos sensores DS18B20, conhecidos por sua precisão e facilidade de uso com plataformas Arduino. O componente MAX6675 é um módulo amplificador de termopar tipo K que converte a tensão do termopar em um sinal digital que pode ser facilmente lido por microcontroladores. As principais especificações do MAX6675 incluem: faixa de temperatura entre -200°C e +700°C; resolução: 0,25°C; precisão:  $\pm 2^\circ\text{C}$ . A interface de comunicação é via SPI (*Serial Peripheral Interface*). Sua tensão de operação é de 3.0V a 5.5V, compatível com a maioria dos microcontroladores modernos.

Sensor de sólidos totais dissolvidos (TDS) - Os sensores TDS são utilizados para medir a quantidade de substâncias dissolvidas na água, fornecendo uma indicação da pureza da água. Utilizou-se o sensor TDS Meter v1.0.

## 2.2. Critérios de Escolha dos Sensores

Os sensores utilizados foram selecionados com base nos seguintes critérios:

- i) Precisão: Sensores com alta precisão para garantir a confiabilidade dos dados;
- ii) Faixa de Medição: Sensores que cobrem a faixa de valores esperados nos testes;
- iii) Compatibilidade: Facilidade de integração com plataformas Arduino e NodeMCU V3;
- iv) Custo: Sensores com bom custo-benefício, considerando o orçamento do projeto;
- v) Durabilidade: Sensores capazes de suportar condições adversas em ambientes aquáticos;

## 2.3. Desenvolvimento e Adaptação dos Sensores

Embora tenham sido utilizados sensores comerciais, foram feitas adaptações para garantir a precisão e a durabilidade destes em ambiente natural. Estas adaptações incluem:

**Calibração:** Todos os sensores foram calibrados antes do uso para garantir a precisão dos dados. A calibração foi realizada utilizando soluções padrão e ajustando os sensores conforme necessário. A calibração é uma etapa crítica para garantir que os sensores forneçam dados precisos e confiáveis. No caso dos sensores de turbidez, utilizamos soluções de formazina para criar padrões de turbidez conhecidos, que serviram como referência para ajustar os sensores. Para os sensores de pH, utilizamos soluções tampão de pH 4, 7 e 10 para garantir a precisão ao longo da faixa de medição. Os sensores de TDS foram calibrados utilizando soluções de NaCl com concentrações conhecidas. A calibração dos sensores de temperatura foi realizada comparando as leituras com um termômetro de mercúrio certificado.

**Proteção:** Os sensores foram protegidos com invólucros à prova d'água para evitar danos e garantir medições precisas em ambientes aquáticos. A proteção dos sensores contra as condições adversas do ambiente natural é crucial para a longevidade e precisão das medições. Utilizamos invólucros à prova d'água feitos de materiais resistentes à corrosão para proteger os sensores de pH e TDS. Os sensores de turbidez e temperatura foram protegidos com caixas de proteção especialmente projetadas para permitir a passagem da água enquanto protegem os componentes eletrônicos internos.

**Integração:** Desenvolvemos um sistema de aquisição de dados utilizando o Arduino e o NodeMCU V3, programados para coletar, processar e armazenar os dados dos sensores.

## **2.4. Integração e Configuração**

Para a integração dos sensores com as plataformas Arduino e NodeMCU V3, desenvolvemos um sistema modular que permite a fácil substituição e manutenção dos sensores. Utilizamos bibliotecas de *software* específicas para cada tipo de sensor, garantindo uma comunicação eficiente e precisa entre os sensores e os microcontroladores. No Apêndice, detalhamos a configuração e o código-fonte utilizado. A integração entre esses dois componentes foi feita via comunicação serial. A combinação do Arduino e do NodeMCU V3 permite criar um sistema de aquisição de dados que aproveita as vantagens de ambas as plataformas. O Arduino é utilizado para a coleta de dados dos sensores devido à sua facilidade de interface com uma ampla gama de sensores analógicos e digitais. O NodeMCU V3, por sua vez, é responsável pela comunicação dos dados coletados via Wi-Fi, possibilitando o armazenamento em um servidor remoto ou em uma base de dados local. O software de configuração do Arduino, NodeMCU V3 e sensores é apresentado no Apêndice.

### **2.4.1. Arduino**

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica baseada em *hardware* e *software* livres. É composto por uma série de placas de desenvolvimento que utilizam microcontroladores Atmel (atualmente parte da Microchip Technology) e um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) simplificado para a programação dessas placas.

- Arduino UNO: uma das placas mais populares da linha Arduino. Baseada no microcontrolador ATmega328P, possui 14 pinos digitais de entrada/saída (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, um cristal de 16 MHz, uma conexão USB, uma tomada de alimentação, um cabeçalho ICSP e um botão de reset. Esta placa é ideal para iniciantes devido à sua simplicidade e ampla documentação disponível.

- Arduino MEGA 2560: esta placa é uma versão mais avançada, com 54 pinos digitais de entrada/saída, 16 entradas analógicas e mais memória. É utilizada em projetos que requerem um maior número de conexões e maior capacidade de processamento, foi a placa utilizada neste protótipo.

Conexão dos Sensores ao Arduino - Os sensores são conectados aos pinos de entrada do Arduino. Cada tipo de sensor possui um método específico de conexão:

1 - Sensor de Turbidez - Normalmente possui três pinos (VCC, GND e Sinal). O pino de sinal é conectado a uma entrada analógica do Arduino.

2- Sensor de pH - Possui uma sonda que é conectada a um módulo amplificador, que por sua vez se conecta a uma entrada analógica do Arduino.

3 - Sensor de Temperatura (DS18B20): Conecta-se ao Arduino utilizando um protocolo de comunicação de um fio (*OneWire*). É necessário um resistor *pull-up* entre o pino de dados e o VCC.

4 - Sensor de TDS - Também possui pinos de VCC, GND e Sinal, com o pino de sinal conectado a uma entrada analógica do Arduino (DFROBOT, sd).

### 2.4.2 NodeMCU V3

A placa NodeMCU V3 é uma plataforma de desenvolvimento baseada no microcontrolador ESP8266, um chip de comunicação Wi-Fi fabricado pela Espressif Systems. As características técnicas da NodeMCU V3 incluem microcontrolador ESP8266, com arquitetura de 32 bits e frequência de operação de 80 MHz (expansível a 160 MHz). Memória: 4 MB de memória flash, 64 KB de memória de instrução e 96 KB de memória de dados. Suporte a Wi-Fi 802.11 b/g/n, oferecendo uma interface robusta para comunicação sem fio. Interfaces de Entrada/Saída: GPIOs, SPI, I2C, UART, ADC e PWM, facilitando a conexão com diversos sensores e módulos periféricos. A alimentação pode ser via porta USB (5V) ou através do pino Vin (7-12V).

É amplamente utilizado em projetos de Internet das Coisas (IoT) devido à sua capacidade de se conectar facilmente a redes sem fio e enviar dados para servidores ou armazenar localmente (BUYAYA e DASTIERDI, 2016). O coração do NodeMCU V3, o ESP8266, é um *chip* de baixo custo com capacidade de processamento suficiente para executar tarefas simples de controle e monitoramento. O NodeMCU pode ser programado usando a linguagem Lua ou através da IDE do Arduino, o que facilita a integração com projetos que já utilizam placas Arduino. O NodeMCU V3 deve ser programado para receber os dados enviados pelo Arduino via comunicação serial, processar esses dados e enviá-los através de uma rede Wi-Fi para um servidor ou base de dados (AKYILDIZ et al, 2006).

A comunicação entre o Arduino e o NodeMCU V3 é realizada através da interface serial. Para conectar fisicamente os dois dispositivos, é importante garantir que eles compartilhem um referencial comum de aterramento (GND). Os pinos de transmissão de dados (TX) do Arduino são conectados aos pinos de recepção de dados (RX) do NodeMCU V3, e vice-versa. É necessário ter cuidado com os níveis de tensão, pois o Arduino geralmente opera em 5V enquanto o NodeMCU V3 opera em 3.3V. Pode ser necessário utilizar divisores de tensão ou conversores de nível lógico para evitar danos ao NodeMCU.

Os principais objetivos dos testes foram:

- i. Avaliar a Precisão das Leituras de Temperatura: determinar a precisão e a confiabilidade das leituras de temperatura obtidas pelo sensor MAX6675 quando conectado à placa NodeMCU V3.
- ii. Analisar a Estabilidade da Conexão Wi-Fi: Verificar a capacidade da NodeMCU V3 de transmitir dados de temperatura para um servidor remoto de forma estável e contínua.
- iii. Examinar o Consumo de Energia: medir o consumo de energia do sistema, especialmente em cenários de operação contínua, para avaliar sua adequação a aplicações de longa duração.
- iv. Compatibilidade e Facilidade de Integração: testar a facilidade de integração dos sensores com a NodeMCU V3 e a eficácia do ambiente de desenvolvimento no suporte a esta combinação de hardware.
- v. Desempenho Geral do Sistema: avaliar o desempenho geral do sistema, incluindo tempos de resposta e a capacidade de lidar com leituras de temperatura em tempo real.

### ***3 Resultados e Discussão***

#### **3.1. Testes em Bancada e Calibração**

##### **3.1.1 pH Testes de Calibração com Água do Serviço Público**

A primeira série de testes de calibração foi conduzida com água fornecida pelo serviço público de abastecimento. As amostras foram aquecidas até 25°C antes da medição. Os sensores de pH registraram valores entre 6,8 e 7,0, confirmando a precisão do sistema de monitoramento ao compará-lo com equipamentos de referência. As amostras foram armazenadas em provetas de vidro para garantir precisão e controle nos testes. Adicionalmente, foi utilizado um teste de fita de pH, imergindo-a na solução. A fita

reagiu quimicamente com o líquido, mudando de cor conforme o valor do pH. Valores na fita confirmaram a precisão do sensor, com resultados também próximos a pH 7.

Testes com Soluções de Calibração de pH 4 e pH 10 - Para validar a precisão do sistema, foram realizadas medições com soluções padrão de pH 4 e pH 10, mantidas entre 27,35°C e 29,25°C. Os resultados mostraram alta correlação com os valores esperados, confirmando a calibração dos sensores e a precisão do sistema de monitoramento em extremos de pH.

### 3.1.2 Demais Sensores

Os sensores foram testados em bancada (Figura 1) para verificar sua precisão e desempenho. Os resultados mostraram que todos os sensores operaram dentro das especificações do fabricante, com variações mínimas.

**Figura 1. Testes em Bancada**

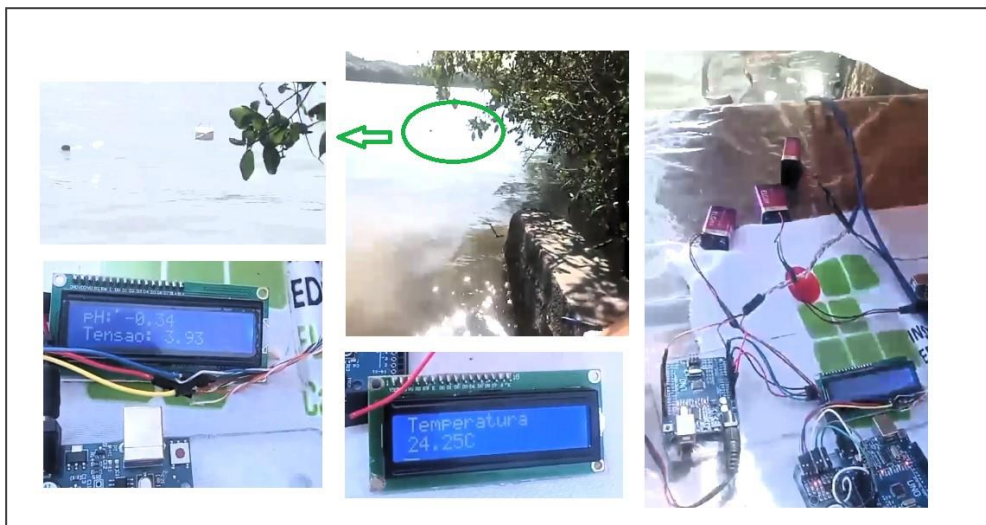


Fonte: autores (2024)

### 3.2 Testes no Rio São João

Uma série de testes em ambiente natural foram realizados no Rio São João, município de Casimiro de Abreu, área do estudo (Figura 2).

**Figura 2. Testes do Rio São João**



Fonte: autores (2024)

As medições foram efetuadas em dois diferentes pontos no rio.

**Ponto de Teste 1:** ligação entre o Mar e o Rio São João (Prainha de Barra de São João). Localizada na foz do mar com o rio São João, a Prainha de Barra de São João é um ponto ambientalmente relevante devido à interação entre as águas doces e salinas. A localização da instalação é mostrada nas Figuras 3 e 4.

**Figura 3. Ponto de Teste 1 no Rio São João.**



Fonte: autores (2024)

**Figura 4. Localização do Ponto de Teste 1.**



Fonte: Google Maps (2024)

- Período de Monitoramento: 30 dias consecutivos.
- Parâmetros Medidos:

**Turbidez:** faixa de variação: 6,09 a 18,50 NTU. Foram observados picos durante os dias de chuva, devido ao aumento de sedimentos transportados pelo rio, especialmente após tempestades. Também foi observada a influência das marés na oscilação da turbidez, devido ao movimento das águas e à deposição de sedimentos.

**pH:** faixa de variação de 7,14 a 8,34. Condições levemente alcalinas, típicas da mistura entre água doce e água salgada. A interação entre o rio e o mar proporcionou estabilidade nos valores, com variações mínimas durante o período.

**Temperatura:** faixa de variação: 23,08°C a 27,68°C. Influenciada pela sazonalidade e variações diurnas. As águas fluviais apresentaram temperaturas mais amenas, principalmente nas primeiras horas da manhã, em comparação com a água do mar.

**Sólidos Totais Dissolvidos (TDS):** faixa de Variação: 607,52 mg/L a 1.114,83 mg/L. Maior concentração de sais dissolvidos nas áreas próximas ao mar, devido à intrusão de água salgada no rio. Durante marés altas, observou-se um aumento na concentração de TDS nas águas fluviais próximas à foz.

**Ponto de Teste 2:** em frente ao Iate Clube de Barra de São João, na Avenida Beira Rio. Este ponto foi selecionado por ser representativo da área urbana, onde a infraestrutura e a atividade humana podem influenciar as condições da água. A localização da instalação é mostrada na Figura 5. Com o objetivo principal de testar a funcionalidade de aquisição e transmissão de dados do sistema, este teste foi mais rápido e menos detalhado.



Figura 5. Localização do Ponto de Teste 2 no Rio São João



Fonte Google Maps (2024)

- Período de Monitoramento: 02 horas (09:40-11:40h).
- Parâmetros Medidos:  
Temperatura: variação entre 28,25°C e 31,15°C.

### 3.3 Testes no Rio das Ostras

As medições foram efetuadas em dois pontos diferentes no rio.

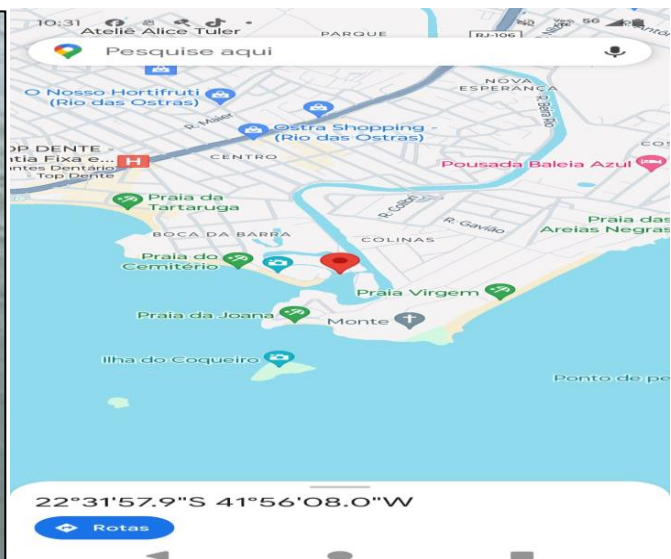
Ponto de Teste 1: ligação entre o mar e o Rio das Ostras (Praia da Boca da Barra). Este ponto foi escolhido para observar a interação entre as águas doce e salgada, sendo influenciado tanto pelas correntes fluviais quanto pelas marés oceânicas, condições análogas ao Ponto de Teste 1 no Rio São João. Nas Figuras 6 e 7 mostra-se a instalação e localização do dispositivo neste ponto.

Figura 6. Ponto de Teste 1 no Rio das Ostras.

Figura 7. Localização do Ponto de Teste 1 no Rio das Ostras



Fonte: autores (2024)



Fonte: Google Maps (2004)

- Período de Monitoramento: 30 dias consecutivos.
- Parâmetros Medidos:

Turbidez: faixa de variação: 6,02 a 17,96 NTU. Do mesmo modo que no Rio São João, as medições de turbidez variaram ao longo do dia, refletindo a interação entre as águas doce e salina.

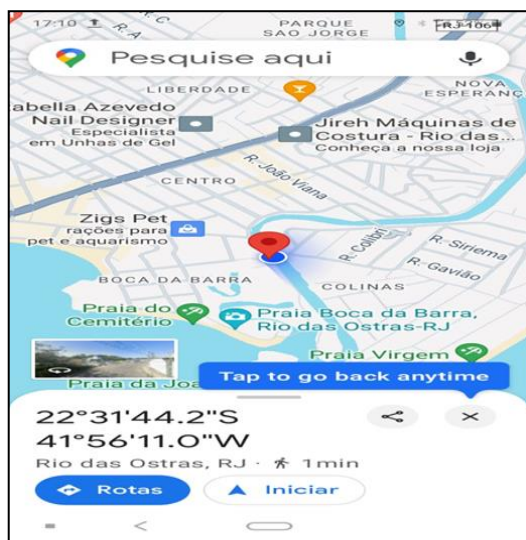
pH: faixa de variação de 7,17 a 8,20. Apresentou leve alcalinidade, compatível com a interação entre águas doce e salgada.

Temperatura: faixa de variação: 23,12°C a 27,54°C. A temperatura da água nos dois rios é bastante próxima, com médias em torno de 25°C e variações diárias entre aproximadamente 23°C e 27°C.

Sólidos Totais Dissolvidos (TDS): faixa de Variação: 609,43 mg/L a 1.079,25 mg/L. Estes valores sugerem que os dois rios possuem uma quantidade semelhante de sólidos dissolvidos, possivelmente devido à intrusão de água do mar em algumas áreas (especialmente em períodos de maré alta) e à mistura de água doce com sais naturais da região.

Ponto de Teste 2: ponte entre Boca da Barra e Colinas (Figura 8). Com o objetivo principal de testar a funcionalidade de aquisição e transmissão de dados do sistema, este teste também foi mais rápido e menos detalhado.

**Figura 8. Localização do Ponto de Teste 2 no Rio das Ostras.**



Fonte: Google Maps (2024)

- Período de Monitoramento: 02 horas (14:30 a 16:40h).
- Parâmetros Medidos

Temperatura: variação de temperatura entre 29,55°C e 32,15°C. Provavelmente devido à intensa exposição ao sol e menor influência das marés em relação ao primeiro ponto. A presença de infraestrutura urbana e atividades humanas também podem ter contribuído para o aumento da retenção de calor.

### 3.3 Síntese dos Resultados

No Quadro 1 apresenta-se a síntese dos resultados obtidos nos Rios São João e das Ostras. Os valores de Turbidez e pH são similares nos dois rios, possivelmente influenciadas por fatores como clima, marés e a proximidade do oceano e uso do solo. A temperatura também apresenta pouca variação entre os rios, reforçando que os fatores climáticos e a localização geográfica influenciam ambos de maneira similar. O TDS sugere que os dois rios possuem uma concentração de sais e sólidos dissolvidos relativamente alta. Tal condição pode estar relacionado as características geomorfológicas dos rios de baixada que possuem proximidade com o mar. Os valores medidos são compatíveis e similares àqueles listados em relatório do Comitê de Bacia da Região Lagos-São João (2023), medidos na sua foz, a saber: Temperatura 29,1°C, pH 6,97, Turbidez 8,88 NTU. Quanto aos dados referentes ao Rio das Ostras, os valores medidos também são compatíveis e similares aos apresentados em relatório do Comitê de Bacia Macaé-Rio das Ostras (2024), medidos na foz, neste caso Temperatura 26,1°C, pH 7,33, Turbidez 3,2 NTU,

#### Quatro 1 – Síntese dos Resultados.

|                          | Temperatura °C | pH          | TDS mg/L          | Turbidez NTU |
|--------------------------|----------------|-------------|-------------------|--------------|
| Rio São João - Ponto 1   | 23,08 a 27,68  | 7,14 a 8,34 | 607,52 a 1.114,83 | 6,09 a 18,50 |
| Rio São João - Ponto 2   | 28,25 a 31,15  | -           | -                 | -            |
| Rio das Ostras - Ponto 1 | 23,12 a 27,54  | 7,17 a 8,20 | 609,43 a 1.079,25 | 6,02 a 17,96 |
| Rio das Ostras - Ponto 2 | 29,55 a 32,15  | -           | -                 | -            |

Fonte: autores (2024)

Quanto ao aspecto tecnológico, o desempenho geral do sistema foi satisfatório. A NodeMCU V3 demonstrou ser capaz de lidar com leituras de temperatura em tempo real e de transmitir esses dados de forma eficiente para um servidor remoto. O tempo de resposta do sistema, desde a leitura até a transmissão, foi de aproximadamente 3 segundos, o que é adequado para a maioria das aplicações de monitoramento de temperatura. Os resultados dos testes indicam que a combinação da NodeMCU V3 com o sensor MAX6675 é uma solução viável para aplicações de monitoramento de temperatura em tempo real. A precisão das leituras e a estabilidade da conexão Wi-Fi tornam este sistema ideal para uso em ambientes industriais, automação residencial e outros cenários onde o monitoramento preciso da temperatura é essencial.

A eficiência energética do sistema é um ponto positivo, especialmente para aplicações que requerem operação contínua por longos períodos. A capacidade de integração com outros sensores e módulos periféricos amplia ainda mais as possibilidades de uso da NodeMCU V3 em projetos de IoT. No entanto, é importante considerar que a precisão das leituras de temperatura pode ser influenciada por fatores externos, como interferências eletromagnéticas e variações na alimentação elétrica. Portanto, recomenda-se a implementação de filtros e técnicas de calibração para melhorar a robustez do sistema em ambientes adversos. Os resultados das medições de consumo de energia indicaram que a NodeMCU V3 é eficiente, especialmente em modos de operação de baixo consumo. Os valores registrados foram Modo de Espera: 10 mA, Leitura do Sensor: 30 mA e de Transmissão de Dados via Wi-Fi: 70 mA. Esses valores são considerados baixos e indicam que o sistema é adequado para aplicações alimentadas por bateria, especialmente se modos de economia de energia forem implementados no *software*. Durante os testes de

transmissão contínua de dados, a NodeMCU V3 manteve uma conexão estável com a rede Wi-Fi. Foram realizados testes de transmissão de dados para um servidor remoto a cada 10 segundos, durante um período de 24 horas, sem interrupções na conexão. A latência média observada foi de 15 ms, com uma taxa de perda de pacotes inferior a 0.5%.

## **5. Considerações finais**

A combinação do Arduino com o NodeMCU V3 oferece uma solução robusta e flexível para a aquisição de dados em aplicações de monitoramento da qualidade da água. A integração dessas plataformas permite a coleta precisa de dados de diversos sensores e a transmissão eficiente desses dados para armazenamento e análise. A combinação do Arduino com o NodeMCU V3 oferece uma solução robusta para a aquisição de dados em monitoramento da qualidade da água. A integração dessas plataformas permite a coleta precisa de dados de diversos sensores e a transmissão eficiente desses dados para armazenamento e análise. Com a configuração adequada e a implementação de medidas de segurança, este sistema pode fornecer dados confiáveis e em tempo real para suportar decisões críticas em saúde pública, preservação ambiental e atividades industriais.

## **Referências**

AKYILDIZ, I.F., ET AL. Wireless Sensor Networks: a Survey. Computer networks 38.4 (2002): 393-422. DOI: 10.1016/S1389-1286(01)00302-4.

ARDUINO Arduino UNO Rev3. Documentação, 2021. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>> acesso em 19.01.2024

ATLAS SIENTIFIC pH Sensor Datasheet. Documentação, 2016. Disponível em: <[https://www.atlas-scientific.com/\\_files/\\_datasheets/\\_sensor/pH\\_EZO\\_datasheet.pdf](https://www.atlas-scientific.com/_files/_datasheets/_sensor/pH_EZO_datasheet.pdf)> acesso em 12.03.2024

BUYYA, R.; DASTIERDI, A;V; Internet of Things: Principles and paradigms. Elsevier, 2016. ISBN: 978-0128053959.

CBH LAGOS SÃO JOAO. Comitê de Bacia da Região Lagos-São João (2023). Centro de Biologia Experimental Oceanus. Monitoramento da Qualidade da Água dos Corpos Hídricos da Região Hidrográfica Lagos São João – RH VI. Disponível em < [https://cbhlagossaojoao.org.br/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio\\_Campanha\\_03\\_CILSJ\\_rev01.pdf](https://cbhlagossaojoao.org.br/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio_Campanha_03_CILSJ_rev01.pdf)> acesso em 12.12.2024

CBH MACAÉ RIO DAS OSTRAS. Comitê de Bacias dos Rios Macaé e das Ostras (2024). Centro de Biologia Experimental Oceanus. Estudo de Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Salinidade da Bacia do Rio das Ostras. Disponível em < [https://comitemacaeostras.org.br/wp-content/uploads/2024/06/20240605165514\\_4YS5LJJC7C6\\_Relatorio\\_CILSJ-RO\\_Oceanus\\_C6\\_rev01.pdf](https://comitemacaeostras.org.br/wp-content/uploads/2024/06/20240605165514_4YS5LJJC7C6_Relatorio_CILSJ-RO_Oceanus_C6_rev01.pdf) > acesso em 12.12.2024.

DFROBOT. Turbidity Sensor SKU. . Disponível em: <[https://wiki.dfrobot.com/Turbidity\\_sensor\\_SKU\\_\\_SEN0189](https://wiki.dfrobot.com/Turbidity_sensor_SKU__SEN0189)> acesso em 23.02.2024

DFROBOT. Gravity: Analog TDS Sensor/Meter for Arduino. Documentação, 2020. Disponível em: <[https://wiki.dfrobot.com/Gravity\\_\\_Analog\\_TDS\\_Sensor\\_\\_Meter\\_For\\_Arduino\\_SKU\\_\\_SEN0244](https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_TDS_Sensor__Meter_For_Arduino_SKU__SEN0244)> acesso em 23.02.2024

HART, J.K.; MARTINEZ, K.; **Environmental sensor networks: A revolution in the earth system science?** Earth-Science Reviews 78.3-4 (2006): 177-191.

## APÊNDICE

### Configuração do Arduino

O Arduino foi programado para ler os dados dos sensores em intervalos regulares e enviar esses dados para o NodeMCU V3. Abaixo, apresentamos um exemplo de código:

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define PINO_TURBIDEZ A0
#define PINO_PH A1
#define PINO_TDS A2
#define PINO_TEMPERATURA 2
OneWire oneWire(PINO_TEMPERATURA);
DallasTemperature sensores(&oneWire);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  sensores.begin();
}
void loop() {
  int valorTurbidez = analogRead(PINO_TURBIDEZ);
  int valorPH = analogRead(PINO_PH);
  int valorTDS = analogRead(PINO_TDS);
  sensores.requestTemperatures();
  float temperatura = sensores.getTempCByIndex(0);
  Serial.print("Turbidez: ");
  Serial.println(valorTurbidez);
  Serial.print("pH: ");
  Serial.println(valorPH);
  Serial.print("TDS: ");
  Serial.println(valorTDS);
  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.println(temperatura);
  delay(5000);
}
```

### Configuração do NodeMCU V3

O NodeMCU V3 foi programado para receber os dados do Arduino e armazená-los em uma base de dados local

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>
const char* ssid = "SEU_SSID";
```

```

const char* password = "SUA_SENHA";
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("Conectado ao WiFi");
}
void loop() {
  if (Serial.available()) {
    String dados = Serial.readStringUntil('\n');
    Serial.println(dados);
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
      HTTPClient http;
      http.begin("http://seu_servidor/api/dados");
      http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");
      int httpResponseCode = http.POST("dados=" + dados);
      if (httpResponseCode > 0) {
        String resposta = http.getString();
        Serial.println(httpResponseCode);
        Serial.println(resposta);
      } else {
        Serial.println("Erro ao enviar dados");
      }
      http.end();
    }
  }
  delay(1000);
}

```

Código para a leitura de sensores de turbidez, pH, temperatura e TDS:

```

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
// Definições de pinos
#define PINO_TURBIDEZ A0
#define PINO_PH A1
#define PINO_TDS A2
#define PINO_TEMPERATURA 2
// Configuração do sensor de temperatura
OneWire oneWire(PINO_TEMPERATURA);
DallasTemperature sensores(&oneWire);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  sensores.begin();
}
void loop() {
  int valorTurbidez = analogRead(PINO_TURBIDEZ);
  int valorPH = analogRead(PINO_PH);
  int valorTDS = analogRead(PINO_TDS);
  sensores.requestTemperatures();
  float temperatura = sensores.getTempCByIndex(0);
  Serial.print("Turbidez: ");
  Serial.println(valorTurbidez);
  Serial.print("pH: ");
  Serial.println(valorPH);
  Serial.print("TDS: ");
  Serial.println(valorTDS);
  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.println(temperatura);
}

```

```

    delay(5000); // Coleta dados a cada 5 segundos
}
#include <ESP8266WiFi.h>
#include "MAX6675.h"
const char* ssid = "your_SSID";
const char* password = "your_PASSWORD";
int soPin = D7; // SO pin of MAX6675
int csPin = D6; // CS pin of MAX6675
int sckPin = D5; // SCK pin of MAX6675
MAX6675 thermocouple(sckPin, csPin, soPin);
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    WiFi.begin(ssid, password);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }
    Serial.println("WiFi connected");
}
void loop() {
    double celsius = thermocouple.readCelsius();
    Serial.print("Temperature: ");
    Serial.print(celsius);
    Serial.println(" C");
    // Código para enviar a temperatura para um servidor pode ser adicionado aqui
    delay(1000);
}

```