



Protótipo de baixo custo utilizando a plataforma Arduino para monitoramento da qualidade da água

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5204

Autores: JOELITON DE SOUSA SILVA, RENATO SANTOS SOUSA, THAMYRIS DA SILVA EVANGELISTA

Resumo: Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um protótipo de baixo custo utilizando a plataforma Arduino para o monitoramento da qualidade da água. Os resultados obtidos foram satisfatórios, demonstrando ser uma solução prática, eficiente e sustentável. Por meio do projeto desenvolvido, os alunos integraram o conhecimento teórico, adquirido em diversas disciplinas do curso de engenharia, à prática, e desenvolveram várias habilidades, como aprendizagem ativa, resolução de problemas, trabalho em equipe e iniciativa. Como parte da continuação desta pesquisa, o objetivo é realizar o levantamento da qualidade da água potável em diversos pontos da cidade de Marabá, bem como nos rios Itacaiúnas e Tocantins. Pretende-se também aprimorar o protótipo, desenvolvendo-o em uma placa de circuito impresso, o que permitirá uma implementação mais durável do sistema de monitoramento. Além disso, a integração de tecnologias de Internet das Coisas (IoT) possibilitará o monitoramento remoto em tempo real dos dados de qualidade da água.

Palavras-chave: Arduino, sensores, água, monitoramento, ensino de engenharia.

Protótipo de baixo custo utilizando a plataforma Arduino para monitoramento da qualidade da água

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma das maiores hidrográficas do mundo, com uma ampla variedade de rios e lagos distribuídos em 12 regiões hidrográficas, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA). A região Tocantins-Araguaia é especialmente significativa, abrangendo uma vasta área de 920.000 km², atravessando mais de 4 estados e atuando como ponto de interconexão entre diversos biomas. Uma das cidades que utiliza amplamente os recursos advindos dessa bacia é a cidade de Marabá. Esta cidade cuja população passa dos 250 mil habitantes segundo fonte do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) é cortada diretamente por dois rios (IBGE, 2022).

Este valioso recurso tem suas classificações de usabilidade de tratamento dividido em: águas propícias para o consumo humano, as que necessitam de tratamento simples e o terceiro tipo na qual meios tradicionais de tratamento não funcionam. No ISTO (Índice de Sustentabilidade de Tratamento de Água), são definidas curvas de qualidade que atribuem ponderações variando de 0 a 1 para cada parâmetro analisado (Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, 2004). Essas curvas de qualidade são representadas por meio das variáveis "potencial de formação de trihalometanos" e "metais". Elas foram construídas com base em dois níveis de qualidade: o nível 1.0 associado ao limite inferior (LI) e o nível 0.5 associado ao limite superior (LS) (CONAMA, 2005). Esses valores numéricos refletem a qualidade dos parâmetros analisados no tratamento de água.

Portanto, é fundamental dispor de equipamentos que forneçam informações detalhadas sobre os recursos hídricos da região, beneficiando tanto os setores econômicos locais quanto a saúde dos cidadãos (Franco, 2021). No entanto, isso muitas vezes não ocorre devido aos altos custos dos equipamentos e à complexidade geográfica das áreas. Um dos dispositivos utilizados por especialistas é o Horiba U-50, cujo preço ultrapassa 15.000 reais, conforme o site da ABQINDUSTRIA (2024). Essa iniciativa não só protege a saúde pública e o meio ambiente, como também promove o desenvolvimento sustentável e a educação científica. Capacitando as comunidades a monitorarem ativamente a qualidade da água, o projeto busca resolver desafios concretos e inspirar a descoberta contínua e a conscientização ambiental (Redação National Geographic Brasil, 2023).

A execução deste trabalho é motivada pela importância e pelos benefícios significativos que essa abordagem pode trazer ao monitoramento de águas com baixo custo. A busca por soluções tecnológicas acessíveis e econômicas é essencial para tornar viável a análise e a conservação dos recursos hídricos de maneira mais eficiente. O Arduino se destaca como uma plataforma de prototipagem de código aberto, oferecendo uma vantagem significativa e com preço mais acessível em comparação com outras opções comerciais disponíveis no mercado para o monitoramento de águas. Adicionalmente, a simplicidade de uso e o amplo suporte da comunidade de desenvolvedores em torno do Arduino permitem a exploração e o desenvolvimento de projetos personalizados de monitoramento de águas sem a necessidade de altos investimentos. O Arduino também apresenta uma vantagem significativa em sua flexibilidade e adaptabilidade. Sendo uma

plataforma de código aberto, ela oferece uma ampla variedade de sensores e módulos que podem ser facilmente integrados, permitindo a personalização dos projetos de acordo com as necessidades específicas de cada caso. Essa versatilidade é especialmente relevante no contexto do monitoramento de águas, visto que as condições podem variar consideravelmente, demandando soluções sob medida para diferentes locais e requisitos (Camara, 2021).

Integrar o monitoramento da qualidade da água ao ensino pode ser uma maneira poderosa de envolver os alunos em aprendizado prático e significativo. Ao utilizar tecnologias acessíveis como o Arduino, os alunos podem aplicar conceitos teóricos desenvolvidos dentro da área de engenharia para resolver problemas do mundo real, ganhando uma compreensão mais profunda dos desafios ambientais e das soluções possíveis. Além disso, essa abordagem pode inspirar os alunos a buscar carreiras em ciência e tecnologia, equipando-os com as habilidades necessárias para se tornarem futuros líderes na gestão de recursos hídricos. Ao mesmo tempo, eles aprendem sobre a importância da conservação da água e como suas ações podem impactar diretamente a saúde e o bem-estar de suas comunidades (Anjos, 2023).

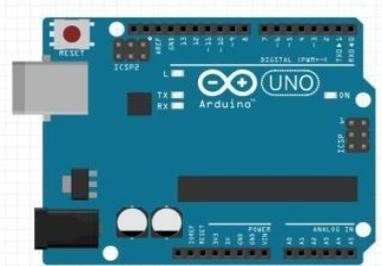
Este artigo está dividido em cinco seções, no qual na segunda seção são apresentados os conceitos sobre Arduino e sobre os sensores utilizados. Na terceira seção é apresentada a simulação. Na quarta seção, os resultados experimentais são apresentados e discutidos, e por fim, na quinta seção, as considerações finais deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Microcontrolador Arduino

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto que permite o desenvolvimento de projetos eletrônicos de maneira acessível e prática, mesmo para pessoas com conhecimento limitado em programação e eletrônica. Ele foi projetado em torno de um microcontrolador Atmel AVR e pode ser programado usando uma linguagem de programação similar a C/C++, o que facilita sua implementação em projetos (Oliveira, 2015). A placa Arduino, ilustrada na Figura 1 tem semelhança com um computador de pequeno porte, entretanto sua diferença é que podemos conectar em suas entradas e saídas componentes eletrônicos como sensores responsáveis por fazerem a leitura de dados que podem ser analisados de forma monitorada (Souza, 2021).

Figura 1 - Microcontrolador Arduino.



Fonte: OSOYOO, 2018.

2.2 Sensores

O sensor é um dispositivo sensível à alguma forma de grandeza física do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza física que precisa ser mensurada (medida), como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc (Wendling, 2010).

Assim, com finalidade de monitoramento da qualidade da água para verificação se o recurso está de acordo com os padrões estabelecidos para consumo. O sensor de pH, ilustrado na Figura 2, é um dispositivo preciso e confiável para fornecer uma faixa de valores correspondentes aos níveis de pH da amostra de água analisada. Assim, ao receber a leitura do sensor, o microcontrolador pode interpretar os valores de tensão e convertê-los em uma escala de pH digital (Wang, 2020).

Figura 2 – Sensor de Ph.



Fonte: Usinainfo, 2024.

Utilizaremos também o sensor de turbidez que é outro dispositivo crucial para o monitoramento da qualidade da água. A turbidez é uma medida da quantidade de partículas suspensas na água, que podem variar de sedimentos minerais a microrganismos, Figura 3. Um sensor de turbidez funciona emitindo um feixe de luz na água e medindo a quantidade de luz que é refletida de volta (Chagas, 2015). Quanto mais partículas na água, mais luz será refletida de volta ao sensor. Assim como o sensor de pH, o sensor de turbidez fornece uma leitura precisa que pode ser interpretada por um microcontrolador para fornecer uma medida digital da turbidez da água. Essas informações são vitais para garantir que a água esteja dentro dos padrões aceitáveis de qualidade e segurança para o consumo.

Figura 3 – Sensor de turbidez.



Fonte: Usinainfo, 2024.

O sensor DS18B20 também é um componente importante para o monitoramento da qualidade da água, pois permite a medição precisa da temperatura. Este sensor digital de temperatura, compatível com a plataforma Arduino, é capaz de fornecer leituras de temperatura com uma precisão de até $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ em uma faixa de -10°C a $+85^{\circ}\text{C}$. O DS18B20 opera convertendo a temperatura ambiente em um sinal digital, graças ao seu conversor analógico-digital interno, Figura 4. Este sensor é versátil, podendo operar em uma ampla faixa de tensões, tornando-o adequado para quase todas as aplicações (Martinazzo, 2016).

Figura 4 – Sensor DS18B20.



Fonte: Eletrogate, 2024.

Além dos sensores mencionados anteriormente, o sensor de condutividade TDS (Total de Sólidos Dissolvidos), ilustrado na Figura 5, é uma ferramenta indispensável para o monitoramento da qualidade da água. Este sensor mede a quantidade total de sólidos dissolvidos na água, que é um indicador importante da pureza da água. O sensor TDS funciona medindo a condutividade elétrica da água, que aumenta à medida que a quantidade de sólidos dissolvidos aumenta. Assim como os outros sensores, o sensor TDS fornece uma leitura precisa que pode ser interpretada por um microcontrolador para fornecer uma medida digital da quantidade de sólidos dissolvidos na água. Essas informações são vitais para garantir que a água esteja dentro dos padrões aceitáveis de qualidade e segurança para o consumo. A capacidade de medir a condutividade TDS é especialmente útil em aplicações como o tratamento de água, onde é importante monitorar a eficácia dos processos de purificação (Landim, 2018).

Figura 5 – Sensor de condutividade TDS.



Fonte: Usinainfo, 2024.

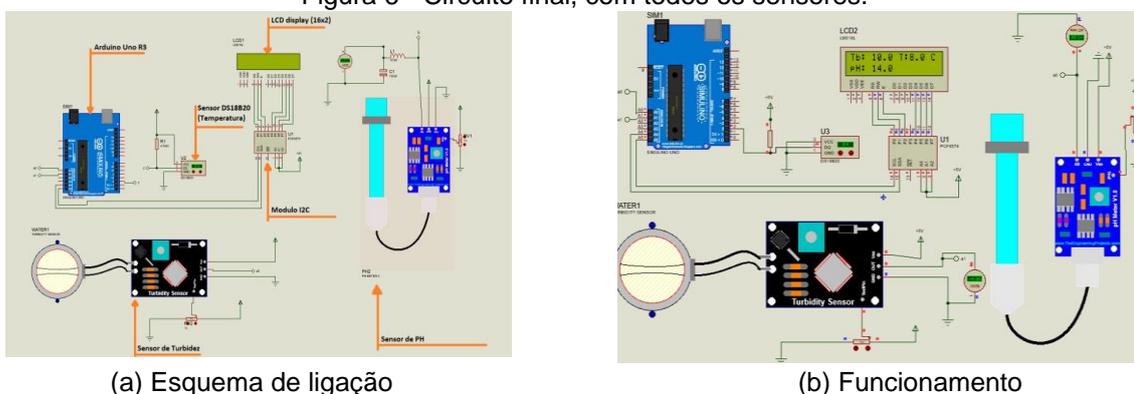
3 PROTÓTIPO DESENVOLVIDO

Para dar início ao projeto, optou-se por implementar inicialmente os sensores em uma simulação utilizando a versão de estudante do *software* Proteus, conforme ilustrado na Figura 6. O Proteus é uma ferramenta de simulação eletrônica amplamente adotada por engenheiros e designers de circuitos eletrônicos. Criado pela Labcenter Electronics, o Proteus possibilita que os usuários elaborem, testem e simulem circuitos eletrônicos de maneira virtual antes de sua implementação física. Um dos principais diferenciais do Proteus é sua habilidade de simular a operação de microcontroladores em tempo real. Ele disponibiliza uma extensa biblioteca de microcontroladores populares, incluindo os da família Arduino e PIC. Isso permite que os usuários programem e testem o código diretamente na simulação, facilitando assim o desenvolvimento e a depuração de sistemas embarcados (Proteus, 2024).

Um detalhe importante sobre o Proteus é que suas simulações de código levam em consideração a memória dos microcontroladores, assim como a dos sensores. De certa forma, os arquivos PIC dos sensores são processados durante a simulação dentro dos microcontroladores. Por isso, é importante estar atento à memória do microcontrolador usado durante a simulação, para evitar problemas no funcionamento dos sensores (Labcenter Support, 2024).

Tanto o sensor de turbidez quanto o de pH utilizam entradas analógicas. Destaca-se que o sensor de turbidez também utiliza uma entrada analógica e tem uma ampla variação de valores, indo de 0 até 3000 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez). Por outro lado, o sensor de temperatura já possui uma biblioteca que define os valores medidos, o que simplifica sua integração ao circuito. O circuito contendo todos os sensores está ilustrado na Figura 6 (a), com o esquema de ligação do circuito, fornecendo uma visão abrangente de sua estrutura e conexões, enquanto a Figura 6 (b) mostra os valores obtidos a partir dos sensores integrados no circuito. Esses dados fornecem uma análise detalhada do desempenho dos sensores em conjunto, permitindo uma avaliação mais precisa do funcionamento completo do sistema.

Figura 6 - Circuito final, com todos os sensores.



Fonte: Autoral.

A falta da biblioteca para o sensor de condutividade (TDS) durante a simulação resultou em desafios significativos na avaliação individual dos sensores e na integração em um circuito completo. Isso impossibilitou uma simulação adequada do sensor de TDS,

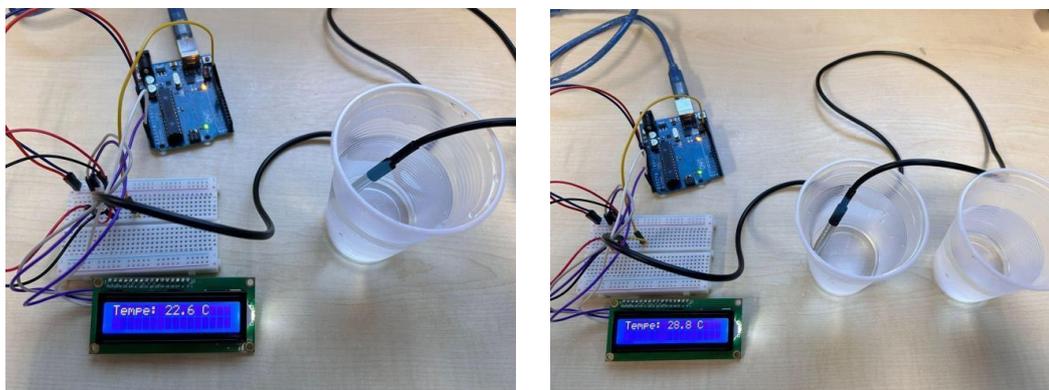
afetando a análise de sua resposta e desempenho no sistema. Além disso, a ausência do sensor comprometeu a integração completa de todos os sensores em um único circuito, limitando a avaliação do sistema como um todo e impactando os testes de melhoria do código dos microcontroladores. Essa lacuna representou um obstáculo significativo no desenvolvimento e aprimoramento do projeto, exigindo a busca por alternativas viáveis para garantir a eficácia e precisão da simulação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a simulação, partiu-se para a parte prática, na qual foram realizados testes com os sensores em diferentes condições com água. Foi possível testar cada um dos sensores de maneira abrangente, utilizando a programação adequada para cada um dos códigos que se mostraram úteis nesses testes.

O primeiro teste foi realizado usando o sensor de temperatura, como ilustrado na Figura 7, onde temos um recipiente com água fria e outro à temperatura ambiente. No líquido mais frio, Figura 7 (a) a temperatura medida foi de 22,6 °C, enquanto na temperatura ambiente, Figura 7 (b) a leitura foi de 28,9 °C. O sensor apresentou uma leitura bastante precisa, funcionando com uma biblioteca pré-definida, sem a necessidade de uma equação específica, apenas utilizando a média dos valores obtidos.

Figura 7 - Microcontrolador Arduino conectado ao sensor de temperatura.



(a) Amostra de água fria.

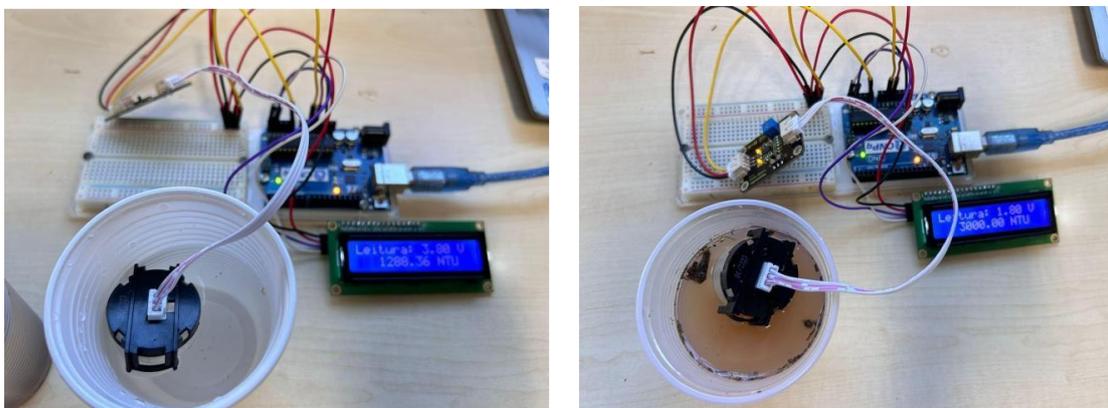
(b) Amostra de água quente.

Fonte: Autoral.

O segundo sensor utilizado foi o de turbidez, que opera em uma faixa de 0 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez) até 3000 NTU. Isso se deve à característica de poder mapear o comportamento do sensor dentro de uma faixa de sinais com uma função quadrática. Foram utilizadas duas amostras durante o experimento, Figura 8 (a) uma amostra de água limpa e Figura 8 (b) uma amostra de água suja com terra.

Durante os testes, observou-se que a água limpa apresentou um valor de 1200,36 NTU. Já a água suja ultrapassou o limite que pode ser medido pela equação, atingindo o valor máximo de 3000 NTU, como podemos observar na Figuras 8 (b).

Figura 8 - Microcontrolador Arduino conectado ao sensor de turbidez.



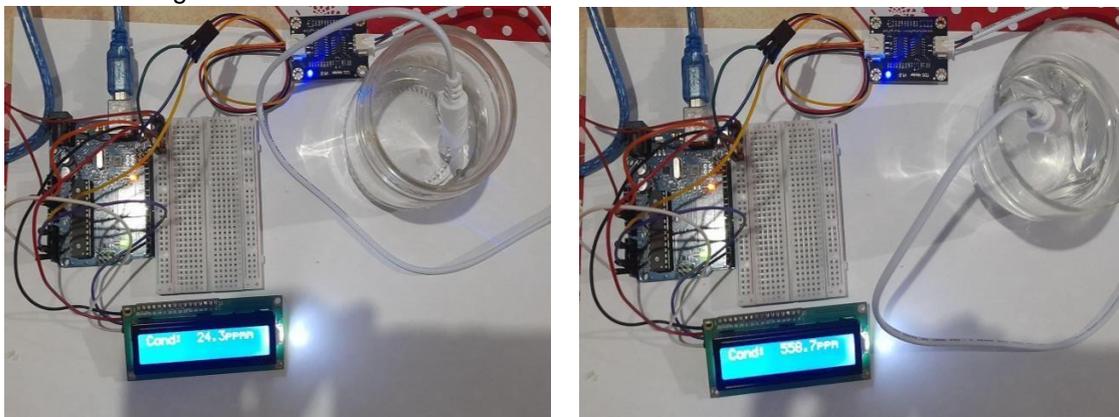
(a) Amostra de água limpa.

(b) Amostra de água com terra.

Fonte: Autoral.

Em seguida, foram iniciados os testes práticos com o terceiro sensor, capaz de medir a condutividade de meios líquidos, conforme ilustrado na Figura 9. Na Figura 9 (a) o líquido é constituído de água, sem nenhum aditivo e apresentou um valor de 24,3 ppm. Na Figura 9 (b) o líquido é constituído de água com cloreto de sódio, formando uma solução eletrolítica que aumenta a condutividade da água, permitindo a condução de corrente elétrica e alcançando valores de 558,7 ppm.

Figura 9 - Microcontrolador Arduino conectado ao sensor de condutividade.



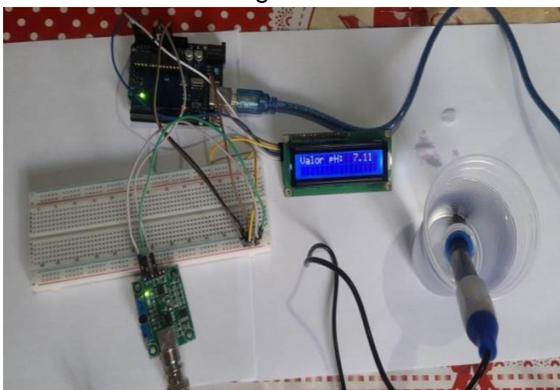
(a) Amostra de água sem sal.

(b) Amostra de água com sal.

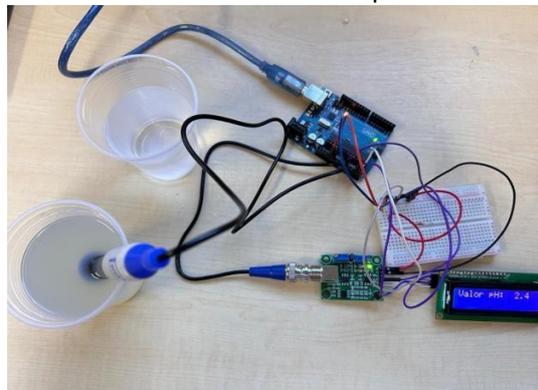
Fonte: Autoral.

O quarto e último sensor a ser testado foi o sensor de pH, que mede a acidez ou alcalinidade da água. Este sensor não requer uma fórmula muito elaborada, apenas a média dos valores captados juntamente com uma constante pré-definida para calibração do sistema. Na Figura 10, podemos observar o uso do sensor em duas amostras de água. A primeira amostra, Figura 10 (a) é uma solução pura e, como esperado, apresenta um pH próximo a 7, indicando uma substância neutra. A segunda amostra Figura 10 (b) contém suco de limão, uma solução cítrica, que apresentou um pH de 2,4. Os testes confirmaram que o sensor funcionou corretamente, apresentando os valores esperados.

Figura 10 - Microcontrolador Arduino conectado ao sensor de pH.



(a) Amostra de água sem limão.



(b) Amostra de água com limão.

Fonte: Autoral.

Por último, foi realizada a integração dos sensores para funcionarem em paralelo no módulo Arduino, utilizando um código que empregou vários métodos desenvolvidos durante o experimento e técnicas ratificadas ao longo do processo. Na Figura 11 é possível observar o display com a disposição das informações em uma matriz 2x2, representando cada um dos sensores. Vários testes foram realizados em conjunto para garantir o funcionamento integrado de forma correta.

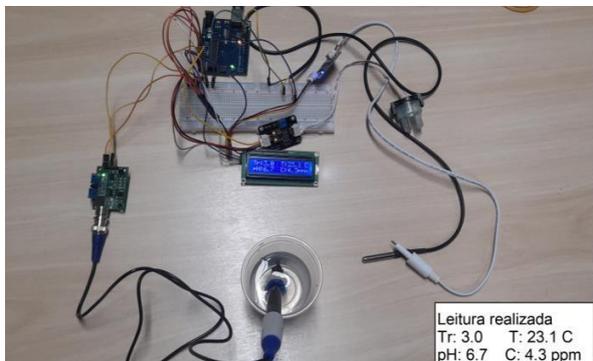
O sensor na posição (1,2) é o sensor de pH que está realizando uma leitura, conforme observado na Figura 11(a). Em um meio aquoso neutro, o valor encontrado pelo sensor nesse líquido é de 6,7 pH, revelando uma aproximação do valor neutro ideal, de 7.

As informações do sensor de temperatura estão na posição (2,1), conforme mostrado na Figura 11(b). O valor medido pelo sensor é de 7,8 °C, um valor consideravelmente baixo e satisfatório, levando em conta a alta variação que a água pode apresentar sendo a solução água gelada.

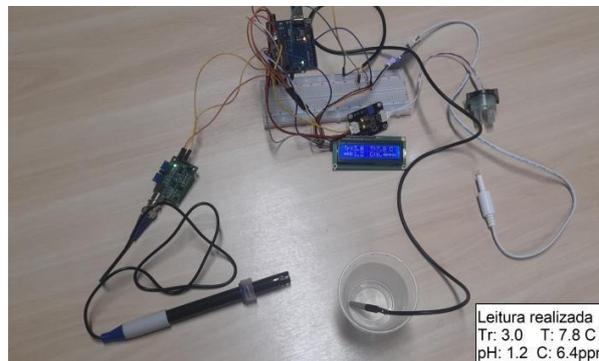
Em seguida, ocupando a posição (2,2), está o sensor de condutividade, conforme Figura 11(c). O valor medido pelo sensor é de 531,4 ppm, considerando a solução de água e sal que possibilita a eletrólise.

O último sensor, o de turbidez, fica localizado na posição (1,1). Foi implementada uma solução para a escala do sensor de turbidez, que mede valores de 0 a 3000 NTU. A solução encontrada foi dividir os valores por mil, facilitando a amostragem de valores no display. Assim, os valores agora são apresentados de forma mais simples, como pode ser visto na amostra de água com terra apresentada Figura 11(d), em que o sensor varia de 0 até 3 (NTU/1000). Na figura citada o valor medido é de 3 (NTU/1000).

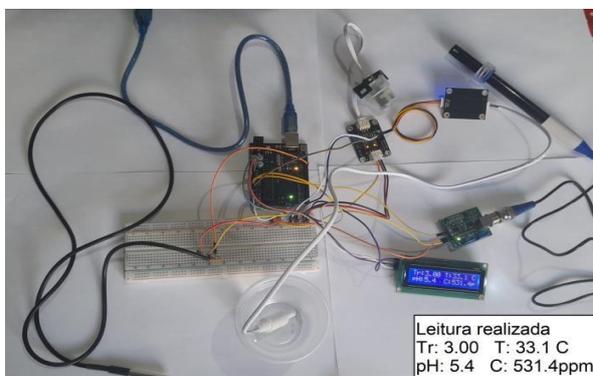
Figura 11 - Microcontrolador Arduino conectado a todos os sensores.



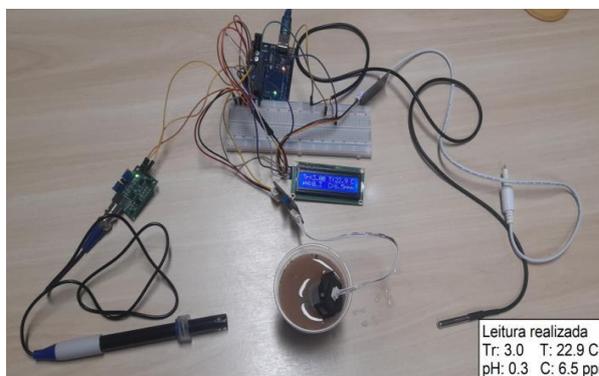
(a) Amostra de água sem



(b) Amostra de água fria.



(c) Amostra de água com sal.



(d) Amostra de água com terra.

Fonte: Autoral.

4.1 Melhorias futuras

Como continuidade do trabalho, pretendemos:

- Planeja-se otimizar o layout elétrico do projeto com uma PCB personalizada, proporcionando organização eficiente e compacta dos componentes eletrônicos, reduzindo falhas de montagem comuns na fiação em protoboard.
- Planeja-se construir um gabinete robusto para proteger todos os componentes do sistema de monitoramento contra condições adversas do ambiente, como umidade, poeira e variações de temperatura, assegurando a durabilidade e o funcionamento confiável a longo prazo.
- Uma das principais melhorias planejadas para o projeto de monitoramento da qualidade da água é a integração da tecnologia IoT (Internet das Coisas). Com essa implementação, será possível enviar os dados coletados pelos sensores de qualidade da água em tempo real para uma plataforma na nuvem. Isso permitirá o monitoramento remoto através de dispositivos conectados à internet, como smartphones e computadores, proporcionando maior conveniência e eficiência na análise dos dados. Utilizando um módulo Wi-Fi, como o ESP8266 ou ESP32, facilitará a conectividade e a integração com serviços de nuvem.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstrou uma abordagem acessível para monitorar a qualidade da água usando a plataforma Arduino e diversos sensores. Através de simulações, verificamos que essa abordagem é eficaz na obtenção de informações precisas sobre a qualidade da água. Os resultados destacam o potencial do Arduino como uma ferramenta robusta para o monitoramento ambiental educacional, promovendo a aplicação prática de conceitos de engenharia. A resolução de problemas durante o processo permite aos estudantes aplicar teoria e desenvolver habilidades práticas. A flexibilidade do Arduino encoraja a experimentação e a aprendizagem ativa, promovendo a criatividade na solução de problemas.

O próximo passo desta pesquisa é aprimorar o protótipo através da montagem prática do circuito em uma placa de circuito impresso, visando uma implementação mais robusta e durável do sistema de monitoramento da qualidade da água. Além disso, pretende-se integrar tecnologias de Internet das Coisas (IoT) para possibilitar o monitoramento remoto em tempo real dos dados, oferecendo uma visão ampla e imediata das condições hídricas. Essa abordagem proporcionará maior conveniência aos usuários, permitindo acesso rápido e eficiente às informações para facilitar decisões informadas. Esses avanços são fundamentais para tornar o monitoramento da qualidade da água mais acessível e eficiente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

ABQINDUSTRIAL. **Horiba U-50 Multiparameter Water Quality Meter**. disponível em: https://www.abqindustrial.net/store/horiba-water-quality-meters-c-104/horibamultiparameter-water-quality-meter-c-104_165/horiba-u-50-multiparameterwater-qualitymeter-p-1307.html. Acesso em: 15 maio 2024.

ANJOS, A. R. S.; FERRARI, M. T.; FORTES, L. L. S.; SANTANA, L. V.; VEIGA, G. V. **Uma experiência interdisciplinar na engenharia de controle e automação: construção de um protótipo para monitoramento da qualidade da água de piscinas**. Acesso em: 15 maio 2024.

Camara, P. W. L., Massone, A. C. C. Duarte, J. P. B. S., Ribeiro, J. G., da Silva, G. D. M., & Delphino, J. L. (2022). **Monitoramento da qualidade da água via Arduino**. Anais do 19º Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas. Disponível em: https://www.meioambientepocos.com.br/ANAIS%202021/397_monitoramento-daqualidade-da-gua-via-arduino.pdf. Acesso em: 15 maio 2024.

Chagas, D. S. **Relação entre concentração de sólidos suspensos e turbidez da água medida com sensor de retroespalhamento óptico**. Ano de publicação 2015. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA. Disponível em:

<https://www1.ufrb.edu.br/pgea/images/Teses/DENIZE-SAMPAIO-CHAGAS.pdf>. Acesso em: 15 maio 2024.

CONAMA, (BR). **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília: Diário Oficial da União, 18 mar. 2005. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcdaltrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 15 maio 2024.

ELETROGATE. **Sensor de Temperatura DS18B20 a Prova D'água**. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-dagua>. Acesso em: 15 maio 2024.

IBGE. **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidadeseestados/pa/maraba.html>. Acesso em: 15 maio 2024.

Labcenter Support. **Labcenter Community Support Forums**. Disponível em: https://support.labcenter.com/forums/search.php?search_id=unanswered. Acesso em: 15 maio 2024.

LANDIM, Jorge de lima. **Sensor j & j para sistema de monitoramento de condutividade de osmose**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 09, Vol. 06, pp. 57-74 Setembro de 2018. ISSN:2448-0959.

Martinazzo C.A., & Orlando, T. (2016). **Comparação entre três tipos de sensores de temperatura em associação com Arduino**. Disponível em: https://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/151_587.pdf. Acesso em: 15 maio 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (BR). **Portaria nº 518**, de 25 de março de 2004. Brasília: Diário Oficial da União, 26 mar. 2004. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf. Acesso em: 15 maio 2024.

OLIVEIRA, Cláudio Luiz Vieira; ZANETTI, Humberto Augusto Piovesana. **Arduino Descomplicado: como elaborar projetos de eletrônica**. São Paulo: Editora Érica, 2015

Franco, M.L., Oliveira, G. H. B., Guimarães, M.A.A., Silva, R.S. **prótipo de baixo Custo utilizando plataforma Arduino para análise de turbidez e condutividade**. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/13318/6935>. Acesso em: 15 maio 2024.

Osoyoo. **What is Arduino?**. agosto de 2018. disponível em: <https://osoyoo.store/blogs/knowledge-base/what-is-arduino>. Acesso em: 15 maio 2024.

Proteus. **PCB Design & Simulation Made Easy**. Disponível em: <https://www.labcenter.com/>. Acesso em: 15 maio 2024.

REDAÇÃO NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. **O que é a Agenda 2030 da ONU e o que ela tem a ver com as mudanças climáticas?**. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2023/12/o-que-e-a-agenda-2030-da-onu-e-o-que-ela-tem-a-ver-com-as-mudancas-climaticas>. Acesso em: 15 maio 2024.

SOUSA, Priscila. **Arduino - O que é, características, conceito e definição**. 6 de maio de 2022. disponível em: <https://conceito.de/arduino>. Acesso em: 15 maio 2024.

USINAINFO. **Sensor de ph arduino: como calibrar e configurar?**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-ph-arduino-como-calibrar-econfigurar/>. Acesso em: 15 maio 2024.

USINAINFO. **Sensor de turbidez – projeto de leitura da qualidade da Água**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-turbidez-projeto-deleitura-da-qualidade-daagua/>. Acesso em: 15 maio 2024.

USINAINFO. **SENSOR TDS de condutividade – Medidor de TDS Sensor de Condutividade da Água Analógico**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/outrossensores-arduino/medidor-de-tds-sensor-decondutividade-da-agua-analogico-8184.html>. Acesso em: 15 maio 2024.

Wang, R., Zhai, Q., Zhao, Y., An, T., Gong, S., Guo, Z., Shi, Q., Yong, Z., & Cheng, W. (2020). **Stretchable gold fiber-based wearable electrochemical sensor toward pH monitoring**. J. Mater. Chem. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2020/tb/c9tb02477h>. Acesso em: 15 maio 2024.

Wendling, P. Sensores: princípios e aplicações. 1. ed. São Paulo: Érica, 2010

Low-cost prototype using the Arduino platform for water quality monitoring

Abstract: *This work aims to provide students with knowledge about the development of a prototype for evaluating water quality indicators. The importance of preserving the country's water resources is highlighted, combined with the economic accessibility provided by the Arduino prototyping platform and the use of pH, turbidity, conductivity and temperature monitoring sensors, promoting greater integration of information and constant monitoring. This allows for the rapid availability of information, which, in the context of engineering, provides greater dynamism in the use of tools. It is worth noting that through problem solving, students can apply theoretical concepts and develop valuable skills.*

Keywords: *Arduino, sensors, monitoring, water, engineering education.*

