



DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA: UMA ABORDAGEM APLICADA AO ENSINO DE ENGENHARIA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6404

Autores: BEATRIZ CAMPAGNARO LECCHI, ISABELLY OLIVEIRA ALMEIDA, JOÃO PEDRO DE SOUSA DOS SANTOS, LUCIANO LEONARDO SAMPAIO FORTES, LUCAS VAGO SANTANA

Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um dispositivo para análise da qualidade da água como recurso pedagógico, com foco na medição de pH e turbidez, no IFES – Campus Linhares. O projeto foi desenvolvido como atividade integradora das disciplinas de Instrumentação Industrial e Microcontroladores, que compõem a base curricular da Engenharia de Controle e Automação, com o objetivo de aliar teoria e prática em um contexto aplicado. O protótipo utiliza uma placa ESP32, sensores de pH e turbidez, motor para agitação da amostra e aplicativo de monitoramento. Após ser calibrado com pHmetro profissional, o dispositivo identificou variações de turbidez e indicou que o pH da água analisada no Campus está abaixo dos valores recomendados. Os resultados demonstram a eficácia do sistema e seu potencial como ferramenta didática, promovendo uma experiência prática e multidisciplinar em eletrônica, programação e análise de dados, essencial à formação de futuros engenheiros.

Palavras-chave: pH, turbidez, qualidade da água, dispositivo, ensino de engenharia, ensino de engenharia.

DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA: UMA ABORDAGEM APLICADA AO ENSINO DE ENGENHARIA

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da água potável é fundamental para a saúde pública e deve ser assegurada por meio do monitoramento de diversos parâmetros estabelecidos por normas nacionais e internacionais. Esses parâmetros incluem a avaliação de contaminantes químicos, como metais pesados e pesticidas, aspectos microbiológicos, como a presença de bactérias coliformes, e características organolépticas, como sabor, cor e odor. Todos esses critérios visam garantir que a água fornecida à população esteja livre de elementos que possam representar riscos à saúde ou comprometer a aceitabilidade do consumo (World Health Organization, 2017).

Parâmetros físico-químicos, como turbidez e potencial hidrogeniônico (pH), são cruciais nesse controle. A turbidez, que mede a presença de partículas suspensas, não só afeta a estética da água, mas também impacta a eficácia da desinfecção, já que tais partículas podem proteger microrganismos. A Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece limites de 1,0 UNT na saída do tratamento e 5,0 UNT na rede de distribuição (Brasil, 2021). O pH, por sua vez, indica a acidez ou alcalinidade da água e é vital para prevenir corrosão ou incrustação nos sistemas de distribuição, além de influenciar a palatabilidade e a eficácia de desinfetantes como o cloro. A legislação brasileira define a faixa ideal de pH entre 6,0 e 9,5 (Brasil, 2021).

Além da relevância técnica e ambiental da análise da qualidade da água, o desenvolvimento de dispositivos para esse fim oferece uma valiosa oportunidade pedagógica na formação de futuros engenheiros. Projetos práticos, como o descrito neste trabalho, permitem que estudantes integrem conhecimentos de eletrônica, automação, instrumentação e programação (Hosseinzadeh; Hesamzadeh, 2012). Essa abordagem interdisciplinar não só promove o aprendizado, mas também desenvolve habilidades essenciais para a engenharia, como resolução de problemas, trabalho em equipe e tomada de decisões baseadas em dados reais. Ao envolver os alunos em todas as etapas — da definição de requisitos à validação experimental —, atividades como esta fortalecem o elo entre teoria e prática, um dos pilares das metodologias de ensino-aprendizagem recomendadas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia (Brasil, 2025). Experiências similares já foram relatadas com êxito em trabalhos anteriores no próprio COBENGE, como o protótipo para monitoramento da qualidade da água de piscinas desenvolvido por estudantes do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Campus Linhares, em 2023 (Veiga et al., 2023).

Diante desse contexto, o presente trabalho descreve a criação de um dispositivo para análise da qualidade da água como recurso pedagógico, desenvolvido por meio de um trabalho integrador das disciplinas de Instrumentação Industrial e Microcontroladores, que fazem parte do currículo de Engenharia de Controle e Automação. A seguir, detalha-se o processo de construção do protótipo, abordando sua concepção eletrônica, mecânica e computacional, demonstrando sua funcionalidade na coleta de dados e sua contribuição como ferramenta de apoio ao ensino de engenharia. A atividade foi desenvolvida no segundo semestre de 2024, com a participação de três estudantes e dois professores das disciplinas envolvidas, sendo os três primeiros autores estudantes e os dois últimos,

docentes orientadores. Assim, este estudo reforça a importância da aprendizagem baseada em projetos (Project-Based Learning – PBL) no ensino de engenharia (Hosseinzadeh; Hesamzadeh, 2012), evidenciando como a construção de um protótipo funcional pode preencher a lacuna entre o conhecimento teórico e sua aplicação prática, tornando o processo formativo mais significativo e alinhado às exigências da profissão.

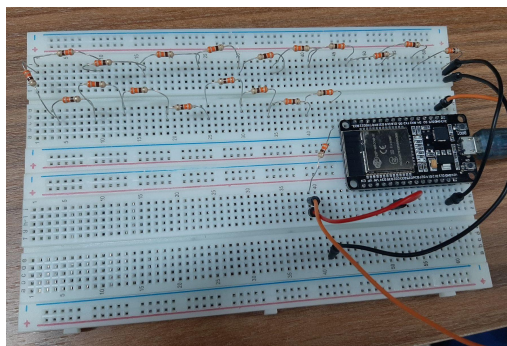
2 DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO

Para o desenvolvimento do dispositivo de análise descrito anteriormente, foi necessária a integração de diferentes áreas do conhecimento da engenharia, evidenciando o caráter multidisciplinar do projeto. O trabalho envolveu conceitos de eletrônica, instrumentação, modelagem 3D, automação, programação embarcada e desenvolvimento de interfaces, permitindo aos alunos aplicarem de forma prática os conteúdos aprendidos em sala de aula.

Na parte elétrica, foi projetada e fabricada uma placa de circuito impresso (PCI) que integra os principais componentes eletrônicos do sistema: a placa de desenvolvimento ESP32, que atua como unidade central de processamento; os sensores pH 4502C e ST100, responsáveis pela coleta dos dados de qualidade da água; um motor DC de 5V, acionado por meio da ponte H L293D; além de fonte de alimentação e interruptor. A estrutura física do dispositivo foi concebida e modelada em software CAD e posteriormente fabricada por meio de impressão 3D. Complementando o sistema, um aplicativo foi desenvolvido com o intuito de monitorar os parâmetros de pH e turbidez de forma remota e intuitiva.

Esse processo de construção exigiu, desde o início, uma abordagem investigativa e colaborativa, estimulando habilidades fundamentais à formação do engenheiro, como resolução de problemas, tomada de decisão, criatividade e trabalho em equipe. Dessa forma, na etapa de calibração do conversor analógico-digital (ADC) da ESP32, os alunos identificaram a necessidade de estabelecer uma curva de conversão, uma vez que a resposta do microcontrolador não apresenta linearidade (Morais, 2019). A solução adotada consistiu na montagem de um circuito com 20 resistores em série de 330Ω , o que permitiu gerar dados experimentais, construir gráficos e obter equações que representassem com maior fidelidade o comportamento do ADC. A Figura 1, apresentada a seguir, ilustra o circuito montado.

Figura 1 – Circuito utilizado para determinação da curva A/D do ESP32.



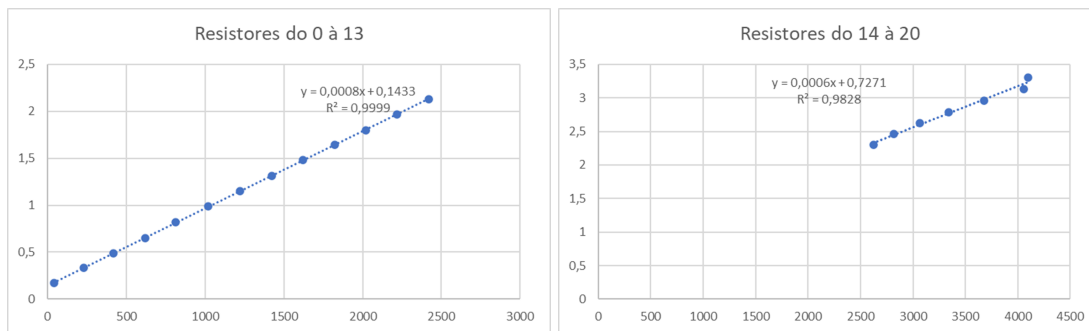
Fonte: Autoria própria (2024).

Dessa maneira, com o circuito montado, foram realizadas medições das quedas de tensão em vinte pontos diferentes do circuito, ou seja, a tensão foi medida inicialmente sobre um resistor, em seguida sobre dois resistores conectados em série, depois sobre três

resistores, e assim sucessivamente. O objetivo foi associar essas medições aos valores de conversão analógico-digital do ESP32 (de 0 a 4095).

A partir dos dados obtidos, foram gerados dois gráficos (Figura 2) que correlacionam os parâmetros medidos. A seguir tais figuras:

Figura 2 – Correlação entre a tensão medida e os valores de conversão A/D para resistores de 0 a 13, e para os resistores 14 a 20.



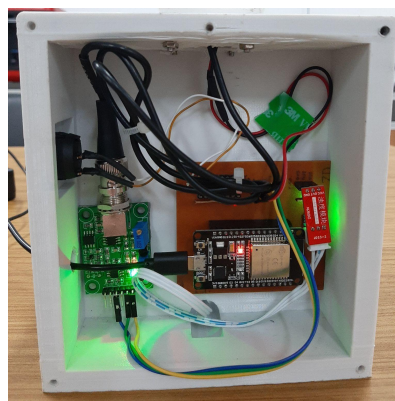
Fonte: Autoria própria (2024).

Essa separação foi necessária porque o comportamento do conversor A/D variou conforme o número de resistores: do resistor 0 ao 13, o gráfico apresentou uma tendência linear distinta daquela observada do resistor 14 ao 20, resultando em duas retas com inclinações diferentes. Com base nesses gráficos, foram determinadas as equações correspondentes ao conversor A/D para cada intervalo.

2.1 Circuito Elétrico

O circuito elétrico desenvolvido para a análise da qualidade da água é composto por componentes que atuam de forma integrada para realizar medições de pH e turbidez, bem como o processamento e a transmissão dessas informações. A placa de desenvolvimento ESP32 constitui o núcleo do sistema, sendo responsável pela leitura dos sensores e pela comunicação com um aplicativo por meio de conexão Wi-Fi. O sensor de pH 4502C foi utilizado para medir a acidez da água (Usinainfo, 2024b), enquanto o sensor de turbidez ST100 quantificou a presença de partículas em suspensão (Brasil, 2021; Usinainfo, 2024c). Os sensores foram conectados à ESP32, que processou os dados e os transmitiu para visualização em tempo real. A Figura 3 apresenta tal circuito:

Figura 3 – Circuito elétrico montado.



Fonte: Autoria própria (2024).

A ESP32 foi selecionada por sua robustez e versatilidade, incluindo conectividade Wi-Fi e Bluetooth integradas, o que eliminou a necessidade de módulos adicionais de comunicação (Espressif Systems, 2024). Além disso, trata-se de uma ferramenta didática eficaz no ensino de engenharia, pois possibilita a aplicação prática de conceitos relacionados a sistemas embarcados e Internet das Coisas (IoT) (Lisboa et al., 2024). A utilização de um divisor de tensão foi necessária para adaptar a saída de 0–5V do sensor de pH à entrada de 3,3V da ESP32 (Usinainfo, 2024b; Espressif Systems, 2024), promovendo a aplicação prática de conhecimentos de eletrônica analógica e proteção de circuitos.

O sensor de turbidez ST100 foi posicionado na base do copo de medição para garantir a eficácia da leitura, operando com alimentação de 3,3V e fornecendo saída analógica de alta resolução. Essa configuração permitiu a experimentação com sensores ópticos e conversão analógico-digital, além de evidenciar o papel das tecnologias de informação e comunicação no monitoramento ambiental (Brasil, 2021; Usinainfo, 2024c).

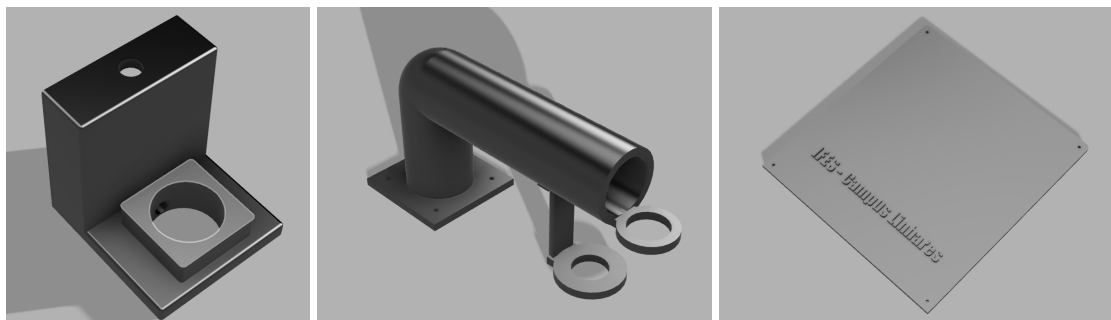
Para garantir a homogeneidade da amostra e evitar a decantação de partículas, foi utilizado um motor DC de 5V (Usinainfo, 2024a), que aciona uma hélice inserida no copo. A criação de uma haste adaptada ao motor possibilitou a exploração de conceitos de design mecânico e engenharia de materiais. A escolha do motor levou em consideração a compatibilidade com a tensão do sistema, evidenciando a importância da seleção de componentes eletromecânicos em projetos de engenharia.

2.2 Modelagem

Para a modelagem da estrutura física do dispositivo foi utilizado o software Fusion 360, da Autodesk, uma plataforma de software de modelagem 3D, CAD, CAM, CAE e PCB em nuvem, empregada no projeto e na manufatura de produtos (Autodesk, 2024). O design foi desenvolvido com base nas dimensões e características dos componentes internos, buscando uma estrutura funcional e adequada às necessidades do projeto.

O processo de desenho da estrutura foi dividido em três partes principais: a base, a haste e a tampa. A base foi projetada para acomodar o circuito eletrônico e o copo utilizado na análise, servindo como a estrutura central do dispositivo. A haste, por sua vez, é parafusada na base e desempenha a função de sustentar o motor e o medidor de pH, posicionando-os acima do copo para permitir a coleta precisa dos dados. Já a tampa foi projetada para ser fixada na parte traseira da base, cobrindo o circuito eletrônico e protegendo-o de danos externos. A figura a seguir (Figura 4) é uma imagem do desenho da base, haste e tampa, respectivamente, da esquerda para a direita, feitos no Fusion 360:

Figura 4 – Desenho da base, haste e tampa, respectivamente, da esquerda para a direita, renderizadas.



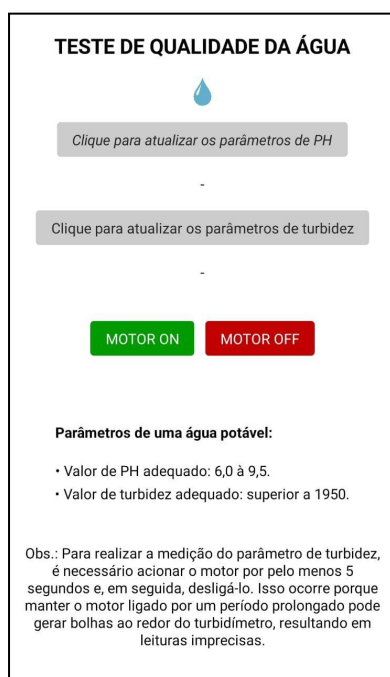
Fonte: Autoria própria (2024).

Esse planejamento modular trouxe praticidade na montagem e manutenção do dispositivo, além de facilitar sua funcionalidade.

2.3 Aplicativo

Para o desenvolvimento do aplicativo (app) responsável por monitorar os parâmetros de pH, turbidez e controlar o acionamento do motor no dispositivo, foi utilizado o MIT App Inventor. Esse ambiente de programação intuitivo e visual (Mit App Inventor, 2024) foi escolhido para facilitar a criação da aplicação, permitindo um processo de desenvolvimento mais simples. A seguir, será apresentada a interface do aplicativo, com uma imagem que ilustra sua estrutura e funcionalidade (Figura 5).

Figura 5 – Interface do aplicativo.



Fonte: Autoria própria (2024).

O aplicativo apresenta uma interface simples, intuitiva e de fácil compreensão, oferecendo parâmetros padrão de referência para água potável e fornecendo orientações claras para o uso do dispositivo.

Para conectar o aplicativo ao dispositivo, é necessário conectar-se à rede Wi-Fi local gerada pelo ESP32, inserir a senha da rede e abrir o aplicativo. A interface permite atualizar os valores dos parâmetros de pH e turbidez com um simples clique. No caso da leitura de turbidez, recomenda-se ativar o motor pressionando o botão "motor on", realizar a leitura em até 5 segundos e desativá-lo em seguida pelo botão "motor off". Ressalta-se que, para atualizar o valor do pH, é importante aguardar a estabilização do valor exibido na tela, pois o código utiliza-se de um filtro passa-baixas, o que resulta em um pequeno atraso de leitura.

3 CALIBRAÇÃO DO DISPOSITIVO

Para calibrar o dispositivo para as medições do parâmetro de pH, em princípio, foram realizados testes em laboratório utilizando um pHmetro profissional, o modelo mPA-210. Para esse procedimento, foram empregadas duas soluções tampão com pH 4 e pH 7, além de água mineral e água destilada como referências (Figura 6).

Figura 6 – Soluções tampão (pH 4 e pH 7), água destilada e água mineral utilizadas como referência para a calibração com o pHmetro profissional.



Fonte: Autoria própria (2024).

Dessa maneira, para calibrar o sensor de pH integrado ao dispositivo, foi utilizado valores de referência obtidos com um pHmetro profissional. A Tabela 1 a seguir apresenta esses valores de referência de pH, juntamente com as tensões correspondentes que foram registradas pelo dispositivo experimental nas mesmas condições.

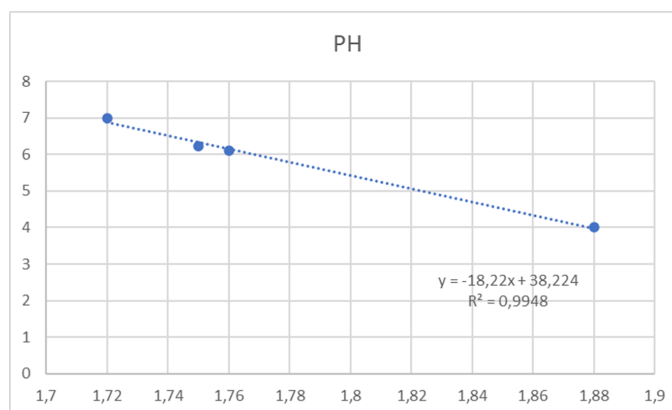
Tabela 1 - Valores de pH de referência, obtidos com o pHmetro profissional e tensões correspondentes obtidas pelo dispositivo.

pH	Tensão (V)	Descrição
4	1,88	Solução Tampão
6,24	1,75	Água Destilada
7	1,72	Solução Tampão
6,11	1,76	Água Mineral

Fonte: Autoria própria (2024).

Assim, foi gerada a curva que relaciona os valores de tensão registrados pelo dispositivo com os valores de pH medidos pelo pHmetro profissional. Esse processo permitiu determinar uma equação para a calibração do sensor de pH integrado ao dispositivo. A seguir, a Figura 7 apresenta o gráfico resultante juntamente com a expressão obtida.

Figura 7 – Curva de calibração do sensor de pH - relação entre tensão medida e valores de pH.



Fonte: Autoria própria (2024).

Assim, a equação obtida, por meio de uma regressão linear, foi incorporada ao código fonte implementado no ESP32.

4 TESTES COM AMOSTRAS

A fim de testar o dispositivo criado, e utilizá-lo para obter parâmetros de algumas amostras de água, foi realizada a coleta de três amostras no IFES - Campus Linhares. Duas delas foram retiradas de diferentes bebedouros, identificados como Bebedouro 1 (B1) e Bebedouro 2 (B2). A terceira amostra foi coletada diretamente de uma torneira do Campus (T). Os frascos contendo as amostras estão representados na Figura 8, permitindo uma visualização clara e organizada do material utilizado nos testes.

Figura 8 – Amostras para realização dos testes.

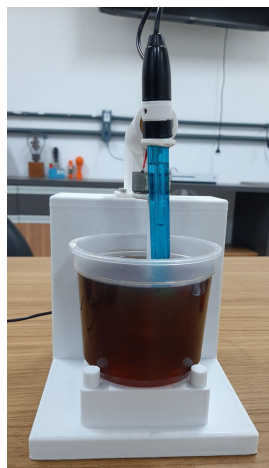


Fonte: Autoria própria (2024).

As amostras coletadas foram transferidas para o dispositivo desenvolvido, que realizou a medição do pH e da turbidez de cada uma delas. Essas amostras foram analisadas para verificar as condições de qualidade da água em diferentes pontos de acesso no Campus.

Além das amostras mencionadas, também foi analisada uma amostra de água com café, com o objetivo de comparar os valores obtidos na saída do sensor de turbidez. A Figura 9 apresenta uma imagem da análise sendo feita:

Figura 9 – Amostra de água com café sendo analisada.



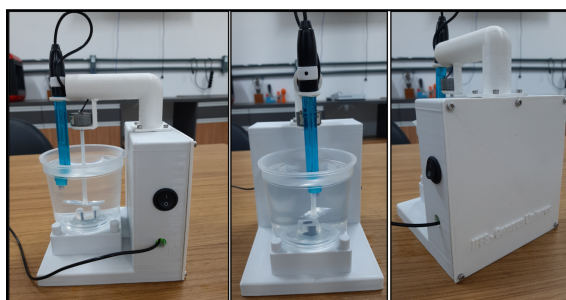
Fonte: Autoria própria (2024).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O código-fonte do microcontrolador e o aplicativo para Android estão disponíveis em repositório¹ online, junto com os arquivos 3D da estrutura e o esquemático do circuito eletrônico.

A integração entre a estrutura física modelada e os componentes do circuito elétrico resultou na criação do dispositivo final, apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Dispositivo final resultante.



Fonte: Autoria própria (2024).

Com o dispositivo final resultante e após a calibração feita, foram realizadas medições de pH utilizando as soluções de referência, as quais se encontravam sob condições semelhantes de temperatura, descritas na Tabela 1. Os valores obtidos pelo dispositivo são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de pH obtidos pelo dispositivo em comparação com os valores de referência.

pH (Referência)	pH (Medido)	Descrição
4	4	Solução Tampão
6,24	6,23	Água Destilada
7	7,03	Solução Tampão
6,11	6,04	Água Mineral

Fonte: Autoria própria (2024).

Apesar de uma pequena discrepância em relação aos valores medidos pelo pHmetro profissional, os resultados permanecem dentro de uma margem aceitável para as condições experimentais empregadas.

Alguns fatores que podem ter influenciado os resultados incluem a precisão do conversor A/D do ESP32. Embora tenha sido feito o ajuste da conversão utilizando uma equação correspondente para associar os valores de tensão aos valores de pH, essa relação é apenas aproximada. Ademais, a necessidade de um divisor de tensão para adaptar a saída do sensor de pH, que varia de 0 a 5 volts, para a faixa de 0 a 3,3V compatível com o ESP32, também pode ter gerado pequenas variações. Apesar dessas limitações técnicas, os resultados obtidos permanecem dentro de uma margem aceitável no contexto experimental.

Além disso, para determinar os valores de pH das amostras coletadas no IFES - Campus Linhares, foi realizada uma nova série de medições utilizando as amostras

¹ Link para o repositório online: <https://github.com/beatriz-lecchi/Dispositivo-para-Analise-da-Qualidade-da-gua>

identificadas como B1, B2 e água da torneira (T), as quais estavam sob condições semelhantes de temperatura. Os resultados obtidos pelo dispositivo estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores de pH das amostras coletadas no IFES - Campus Linhares.

pH (Medido)	Descrição
5,62	B1
5,72	B2
5,47	Torneira

Fonte: Autoria própria (2024).

Conforme apresentado na Tabela 4, os valores de pH das amostras coletadas no Campus ficaram abaixo da faixa recomendada de 6,0 a 9,5 (Brasil, 2021). Essa discrepância pode ser explicada por diversos fatores. A água do Campus é proveniente, em parte, da rede de distribuição e, em parte, de um poço artesiano. A medição realizada com um pHmetro profissional em outra torneira do Campus resultou em um valor de pH de 4,23, o que indica que a água fornecida naquela região apresenta características fora dos padrões ideais de potabilidade. Além disso, fatores como a presença de substâncias químicas no tratamento da água ou variações nas condições de coleta e armazenamento das amostras podem ter influenciado nos resultados.

Nos bebedouros, os filtros utilizados podem não estar sendo eficazes o suficiente para corrigir os valores de pH da água fornecida, o que pode contribuir para a discrepância observada. A eficácia desses filtros pode ser impactada por sua manutenção, idade ou capacidade de correção, necessitando de verificação para garantir que atendam aos padrões de potabilidade.

Outrossim, destaca-se a influência da temperatura sobre o sensor de pH, uma vez que o valor do pH de um líquido pode variar conforme sua temperatura (Ozyasar, 2021). Observou-se que o sensor de pH 4502C é particularmente sensível a mudanças térmicas. Em um dos testes realizados, a água do Bebedouro 2 (B2) foi medida enquanto ainda estava quente, imediatamente após a coleta, resultando em um valor de pH de 6,74. No entanto, ao aguardar que a água atingisse a temperatura ambiente, igualando-se às temperaturas das amostras de referência, o valor de pH estabilizou-se em 5,72, conforme citado anteriormente na Tabela 4. Este fenômeno é uma lição prática importante sobre a metodologia de medição e a necessidade de padronização das condições experimentais em engenharia.

Em relação ao sensor de turbidez, a falta de informações detalhadas (datasheets/manuais) sobre o modelo utilizado impossibilitou a associação direta dos valores analógicos com as Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT). Assim, as medições foram apresentadas em valores analógicos. Para as amostras de água B1, B2, torneira, água destilada e água mineral, os valores analógicos obtidos ficaram acima de 1950, ou muito próximos de 2000. No teste com água misturada com café, o valor analógico registrado foi de 1883. Esta situação exemplifica um desafio comum na engenharia: a adaptação e validação de componentes com documentação limitada, forçando o desenvolvimento de métodos empíricos de calibração e interpretação de dados, o que é uma habilidade fundamental para engenheiros inovadores.

Finalmente, foi observado que o funcionamento contínuo do motor durante a análise das amostras gerava inconsistências nas leituras do sensor de turbidez, devido à formação de pequenas bolhas de ar. Para mitigar essa interferência, as medições foram realizadas com o motor operando por períodos curtos, evitando a acumulação de bolhas e garantindo maior estabilidade e confiabilidade nos valores. Esse ajuste metodológico destaca a

importância da resolução de problemas em tempo real e da otimização de procedimentos experimentais, demonstrando aos alunos que o processo de engenharia é iterativo e requer atenção aos detalhes para garantir a precisão dos resultados.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho, discutiu-se sobre o desenvolvimento do dispositivo para análise da qualidade da água, com foco na medição de pH e turbidez como recurso pedagógico no ensino de engenharia. A atividade integrou conhecimentos das disciplinas de Instrumentação Industrial e Microcontroladores, promovendo a aplicação prática de conteúdos curriculares. O protótipo envolveu a utilização de componentes eletrônicos como a placa ESP32, sensores específicos e motor DC, aliados à fabricação de uma estrutura em impressão 3D e ao desenvolvimento de um aplicativo para monitoramento dos dados, demonstrando o potencial da abordagem de aprendizagem baseada em projetos (PBL) na formação de engenheiros preparados para os desafios da prática profissional.

A calibração do dispositivo foi realizada utilizando um pHmetro profissional como referência, o que garantiu a consistência dos resultados obtidos pelo protótipo. Embora as medições de pH tenham apresentado pequenas discrepâncias em relação aos valores de referência, elas permaneceram dentro de uma margem aceitável para as condições experimentais empregadas. Em relação à medição da turbidez, apesar de o sensor utilizado não ter fornecido valores diretamente comparáveis a unidades de turbidez padrão devido à limitação de informações sobre o modelo, os resultados analógicos indicaram a capacidade do dispositivo em detectar variações na qualidade da água. A identificação e a mitigação da interferência causada pela formação de bolhas de ar durante as medições, por meio da adoção de períodos curtos de acionamento do motor, demonstram a importância da otimização experimental e da resolução de problemas práticos em sistemas de instrumentação.

O desenvolvimento do sistema de aquisição de dados e a calibração dos sensores evidenciam a aplicação prática dos conceitos estudados na disciplina de Instrumentação, especialmente na análise da resposta do conversor A/D do microcontrolador e no ajuste da curva de calibração. Adicionalmente, a necessidade de conversão de sinais, tratamento de ruídos e compensação de não linearidades está diretamente relacionada às abordagens ensinadas em Análise de Sinais e Sistemas de Controle, reforçando o caráter multidisciplinar do projeto.

A comparação das medições de pH nas amostras de água coletadas no Campus revelou que os valores se encontram abaixo da faixa recomendada para a potabilidade, indicando a necessidade de atenção aos padrões de qualidade da água fornecida. Essa constatação sublinha a relevância prática da engenharia no monitoramento ambiental e na saúde pública.

Finalmente, destaca-se que o desenvolvimento deste dispositivo configurou-se como um recurso pedagógico de grande valor para o ensino de engenharia. O projeto proporcionou aos estudantes uma oportunidade única de integrar conhecimentos de diversas áreas, como eletrônica, automação, instrumentação, programação e design mecânico (CAD/CAM). Essa abordagem multidisciplinar, característica da aprendizagem baseada em projetos (PBL), permitiu aos envolvidos aplicar teoria à prática, desenvolver habilidades essenciais como a resolução de problemas complexos, trabalho em equipe e tomada de decisões baseadas em dados reais, e compreender o ciclo completo de desenvolvimento de um produto de engenharia, desde a concepção até a validação experimental. Este trabalho, portanto, reforça a importância de atividades práticas para uma

formação de engenheiros alinhada às demandas do mercado e aos desafios tecnológicos atuais.

Apesar dos resultados positivos, o projeto apresenta limitações que podem ser aprimoradas. Destaca-se a restrição do sensor de turbidez, que, sem documentação técnica e instrumento de calibração, não permite medições padronizadas. Para trabalhos futuros, sugere-se o uso de sensores mais precisos, como o SEN0189, com suporte técnico e faixa de leitura calibrada. Pode-se também implementar compensação automática de temperatura, já que esta pode interferir na condutividade e no pH. Além disso, recomenda-se ampliar o protótipo para monitorar outros parâmetros da água, como condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura. Assim, novas pesquisas poderão expandir as funcionalidades do sistema e seguir contribuindo para a formação interdisciplinar dos alunos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste estudo. Em especial, aos professores Luciano Leonardo Sampaio Fortes e Lucas Vago Santana, do IFES – Campus Linhares, pela orientação e apoio dedicados ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Agradecemos também ao IFES – Campus Linhares pelo suporte institucional e pela infraestrutura disponibilizada para a execução do projeto.

REFERÊNCIAS

AUTODESK. **Fusion 360: Overview.** Disponível em:
<https://www.autodesk.com/br/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>.

Acesso em: 2 dez. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes curriculares cursos de graduação**, 2024. Disponível em:

<https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/normas-classificadas-por-assunto/diretrizes-curriculares-cursos-de-graduacao>. Acesso em: 21 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**, 2021. Disponível em:

<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>.

Acesso em: 3 dez. 2024.

MORAIS, José. **ESP32 – Analisando e corrigindo o ADC interno**, 2019. Disponível em:
<https://embarcados.com.br/esp32-adc-interno/>. Acesso em: 2 dez. 2024.

ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP32-DEVKITC: Datasheet.** Disponível em:
<https://www.brilltron.com/datasheets/cb/ESP32-DEVKITC.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2024.

HOSSEINZADEH, Nasser; HESAMZADEH, Mohammad Reza. **Application of project-based learning (PBL) to the teaching of electrical power systems engineering.** IEEE Transactions on education, v. 55, n. 4, p. 495-501, 2012.

LISBOA, Yasmim Maria Dantas *et al.* Explorando o potencial pedagógico da ESP32 como ferramenta de ensino IoT em oficina educacional de automação residencial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 25., 2024, Rio de Janeiro. **Anais.** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Automática, 2024. Disponível em:
https://www.sba.org.br/cba2024/papers/paper_4122.pdf. Acesso em: 3 dez. 2024.

MIT APP INVENTOR. **About Us.** Disponível em: <https://appinventor.mit.edu/about-us>. Acesso em: 3 dez. 2024.

OZYASAR, Hunkar. **Efeitos da temperatura no pH da água**, 2021. Disponível em: https://www.ehow.com.br/efeitos-temperatura-ph-agua-sobre_31899/. Acesso em: 3 dez. 2024.

USINAINFO. **Motor DC 1.6V RF-300CA 2700RPM.** Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/motor-dc/motor-dc-1-6v-rf-300ca-2700rpm-8559.html>. Acesso em: 3 dez. 2024.

USINAINFO. **Sensor de pH para Arduino + Módulo de Leitura BNC PH4502C.** Disponível em: https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-ph-para-arduino-modulo-de-leitura-bnc-ph4502c-5316.html?srsId=AfmBOooUDZNFv0_aWOprQpl_8OPI3mIE67jpLgKJWjkRX8h7eWh0qQC. Acesso em: 2 dez. 2024.

USINAINFO. **Sensor de Turbidez para Arduino ST100 + Módulo de Leitura.** Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-turbidez-para-arduino-st100-modulo-de-leitura-8678.html?srsId=AfmBOorgg5MqTXew85LgAlzzmdHPYhAri5j1sA4KNq6XP3C2GIVbr4hl>. Acesso em: 3 dez. 2024.

VEIGA, G. V. *et al.* **Uma experiência interdisciplinar na engenharia de controle e automação: construção de um protótipo para o monitoramento da qualidade da água de piscinas.** In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Drinking-water Quality:** Fourth Edition Incorporating the First Addendum. Geneva: WHO Press, 2017.

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR WATER QUALITY ANALYSIS: AN APPLIED APPROACH TO ENGINEERING EDUCATION

Abstract: *This work presents the development of a water quality analysis device as a pedagogical resource, focusing on pH and turbidity measurement, at IFES – Linhares Campus. The project was carried out as an integrative activity for the Industrial Instrumentation and Microcontrollers courses, which are part of the core curriculum of the Control and Automation Engineering program, aiming to combine theory and practice in an applied context. The prototype uses an ESP32 board, pH and turbidity sensors, a motor for sample agitation, and a monitoring application. After being calibrated with a professional pH meter, the device identified turbidity variations and indicated that the pH of the water analyzed on campus is below the recommended values. The results demonstrate the system's effectiveness and its potential as a teaching tool, providing a practical and multidisciplinary experience in electronics, programming, and data analysis essential for the training of future engineers.*

Keywords: pH, turbidity, water quality, device, engineering education.

