

Estufa hidropônica automatizada de baixo custo: Potencializando hortas comunitárias com sustentabilidade

Automated Low-Cost Hydroponic Greenhouse: Empowering Community Gardens with Sustainability

Isabela Roweder Ramos*, Henrique Varelo Gama†

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento e a implementação de um sistema de monitoramento para cultivo hidropônico, aplicado em uma horta comunitária no bairro Serra Alta, em São Bento do Sul/SC. A proposta busca unir tecnologia e sustentabilidade para aumentar a eficiência e tornar o cultivo mais acessível e simples para comunidades urbanas. O sistema acompanha dados essenciais para a hidroponia, como pH, concentração de nutrientes e nível do reservatório, ajustando automaticamente o uso da solução nutritiva e reduzindo a necessidade de intervenção manual. Todas as informações são exibidas em tempo real em um display intuitivo, facilitando o entendimento e o acompanhamento, mesmo por pessoas sem conhecimento técnico. Os testes realizados em ambiente real mostraram que a solução funciona de maneira prática e eficaz, atendendo às demandas de uma horta comunitária e contribuindo para tornar o cultivo mais sustentável e produtivo. Dessa maneira, o projeto apresenta uma alternativa acessível e replicável para outras comunidades interessadas em produzir alimentos de maneira mais inteligente e sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: sistema de monitoramento; cultivo hidropônico; horta comunitária; sustentabilidade.

ABSTRACT

This article presents the development and implementation of a monitoring system for hydroponic cultivation, applied in a community garden in the Serra Alta neighborhood of São Bento do Sul, SC, Brazil. The initiative aims to combine technology and sustainability to increase efficiency and make cultivation more accessible and straightforward for urban communities. The system monitors key hydroponic parameters, such as pH, nutrient concentration, and reservoir level, automatically adjusting the use of the nutrient solution and reducing the need for manual intervention. All information is shown in real time on an intuitive display, making it easy to understand and track, even for people with no technical background. Trials conducted under real-world conditions have demonstrated that the solution works effectively, addressing the needs of a community garden and helping make cultivation more sustainable and productive. In this way, the project provides an affordable and replicable alternative for other communities interested in growing food in a smarter and more sustainable way.

KEYWORDS: the system monitors; hydroponic cultivation; community garden; sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A hidroponia é uma técnica de cultivo que substitui o solo por uma solução nutritiva, permitindo o fornecimento direto de água e nutrientes às raízes das plantas. Essa abordagem tem se mostrado vantajosa, com potencial de economizar até 90% de água em comparação ao cultivo convencional, otimizar o uso de espaço e oferecer maior controle sobre as condições de crescimento, tornando-se especialmente indicada para áreas urbanas e ambientes protegidos como estufas (RAJASEGER et al., 2023; KIM et al., 2022). Além disso, a hidroponia possibilita elevada produtividade em diferentes condições climáticas, contribuindo para a segurança alimentar e para práticas agrícolas mais sustentáveis.

*  Instituto Federal Catarinense, São Bento do Sul, Santa Catarina, Brasil, isabelarowederramos@gmail.com

Apesar de suas vantagens, a adoção da técnica ainda enfrenta barreiras. Muitos produtores resistem devido ao alto custo inicial de instalação, à escassez de insumos especializados e à falta de suporte técnico adequado. Embora estudos apontem para sua viabilidade econômica, esses fatores limitam a difusão da hidroponia, especialmente em contextos urbanos e comunitários (MARTINS; SOARES, 2022). Entre os métodos disponíveis, a Técnica de Fluxo Laminar de Nutrientes (NFT) destaca-se pela simplicidade e eficiência, uma vez que circula continuamente uma fina lâmina de solução nutritiva, garantindo oxigenação e absorção de nutrientes pelas raízes. Entretanto, o sucesso dessa técnica depende de um monitoramento constante da solução nutritiva, sob risco de comprometer o cultivo em caso de falhas.

Diversas soluções de monitoramento vêm sendo propostas em ambientes acadêmicos e comerciais, muitas baseadas em Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial e sistemas de automação avançada. Contudo, tais alternativas geralmente apresentam custos elevados ou requerem conhecimento técnico especializado, dificultando sua aplicação em hortas comunitárias e de pequeno porte (MELLIT et al., 2021; WANG et al., 2024). Nesse sentido, a principal questão que se coloca é: como tornar o monitoramento hidropônico mais acessível, confiável e socialmente viável, sem depender de equipamentos caros ou alta especialização técnica?

Diante desse desafio, este trabalho propõe o desenvolvimento e a implantação de um sistema de monitoramento acessível para cultivos hidropônicos na horta comunitária do bairro Serra Alta, em São Bento do Sul/SC. O sistema utiliza sensores de baixo custo para medir variáveis essenciais — pH, concentração de nutrientes (TDS – Sólidos Totais Dissolvidos) e nível da solução — com exibição em tempo real em um display intuitivo. A proposta busca não apenas melhorar a produtividade e sustentabilidade das hortas urbanas, mas também oferecer um modelo replicável, de baixo custo e alinhado à inovação tecnológica com responsabilidade social, aproximando a agricultura hidropônica das comunidades e fortalecendo práticas de produção de alimentos mais democráticas e sustentáveis.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste projeto envolveu o planejamento e a construção da infraestrutura do sistema hidropônico, bem como a implementação do monitoramento. A seguir será descrito o desenvolvimento deste projeto considerando os recursos utilizados na implementação da infraestrutura e monitoramento do sistema.

2.1 MATERIAIS UTILIZADOS

A escolha dos componentes foi orientada por critérios como custo, disponibilidade, compatibilidade com a plataforma Arduino e adequação às necessidades do sistema hidropônico. Os sensores foram selecionados para monitorar variáveis essenciais ao cultivo - como pH, condutividade elétrica (TDS) e nível da solução nutritiva, enquanto o controlador e os periféricos permitem a leitura, o processamento e a exibição dos dados em um display.

Quadro 1: Classificação e descrição dos materiais utilizados.

Tipografia	Exemplo
Softwares	Autodesk Fusion 360; CADe SIMU; IDE Arduino; Autodesk Inventor.
Estrutura Física	Calhas Hidropônicas; Vigas de Sustentação; Reservatório de 500 L.
Painel do sistema de bombeamento	1 DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surtos) Classe II, corrente máxima de 45 kA; 6 Disjuntores 220 V, 63 A 1 Disjuntor 220/440 V, 10 A; Interruptor Diferencial Residencial (IDR) 220/440 V 40 A; 2 Sinaleiros Luminosos 22 mm 220 V, 16 a 20 mA; 1 Sinal sonoro 22 mm 220 V, 16 a 20 mA; 1 Bomba periférica monofásica ½ CV; Chave Seletora; Temporizador Analógico 24 Horas 110/220V , 10 A; 2 Contator 220 V, 6 A; Tomada 2P + T 10 A 220 V.
Painel de monitoramento da solução nutritiva	Arduino Uno; Regulador de Tensão LM2596; Fonte Chaveada 24 V; Sensor TDS Analógico Meter V1.0; Relógio RTC DS3231; Sensor pH-4502C; Display LCD 20X4; Sensor Ultrassônico AJ-SROM; Placa de Fenolite.

Fonte: autoria própria (2025)

2.2 ESTRUTURA FÍSICA

Para a instalação da estrutura física, é realizado um levantamento do local com as devidas medições. Em seguida são instaladas as vigas de sustentação das calhas hidropônicas. Após essa etapa, são instalados os apoios e, conseqüentemente, as calhas do modelo Hortivynyl, próprias para a técnica NFT, conforme ilustrado na Figura 1.

São utilizadas 6 calhas hidropônicas, sendo 3 com 27 furos (perfil A) e 3 com 28 furos (perfil B), totalizando 165 pontos de cultivo. Esse modelo de calha foi escolhido em detrimento de canos de PVC convencionais, uma vez que seu formato e material proporcionam melhor escoamento da solução nutritiva, evitam acúmulo de umidade nos cantos (reduzindo a proliferação de fungos e algas) e facilitam a higienização e manutenção do sistema. Além disso, a estrutura modular das calhas Hortivynyl permite melhor distribuição das plantas e maior eficiência na circulação do filme nutritivo, atendendo às necessidades da técnica NFT.

2.3 PAINEL ELÉTRICO DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO

O painel elétrico do sistema de bombeamento tem como principal finalidade o acionamento temporizado da bomba periférica monofásica. A Figura 2 ilustra o diagrama elétrico para o acionamento da bomba a partir do temporizador. Para a elaboração do esquema elétrico, é utilizado o software CADSimu, seguindo os requisitos da norma NBR 5410.

Figura 1 – Calhas hidropônicas instaladas.

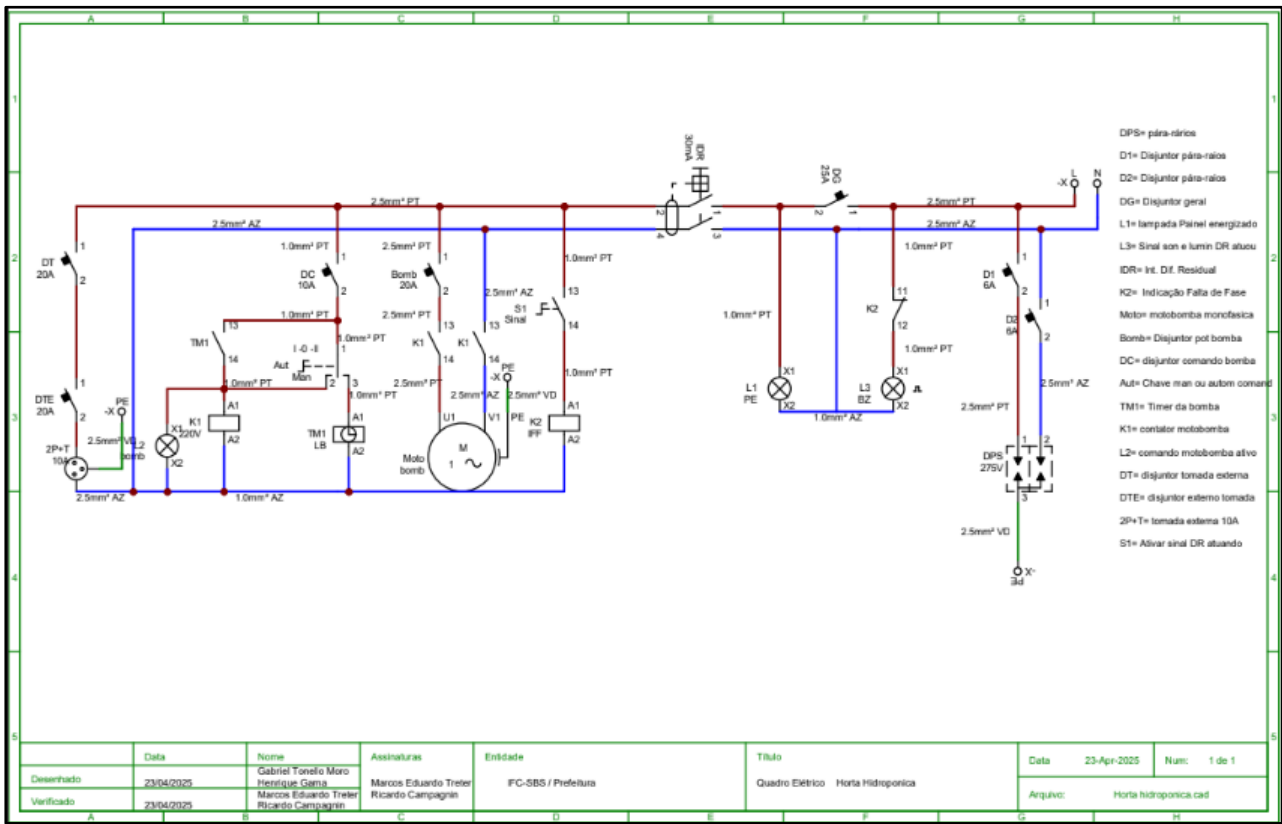


Fonte: autoria própria (2025).

O painel elétrico montado abriga os seguintes dispositivos: DPS para proteção contra surtos elétricos, disjuntores para proteger os circuitos contra sobrecarga e curto-circuito, e um IDR para desligamento em caso de corrente de fuga. Inclui dois sinaleiros luminosos para indicar o status de energização do painel e o funcionamento da bomba, além de um sinaleiro sonoro e luminoso que alerta quando o IDR estiver desligado. Também foram instalados uma chave seletora para ligar e desligar o painel, um temporizador analógico de 24 horas para programar os ciclos de acionamento da bomba, uma tomada para alimentação do temporizador e um contator para acionar a bomba. A Figura 3 apresenta o painel elétrico com os componentes já adicionados.

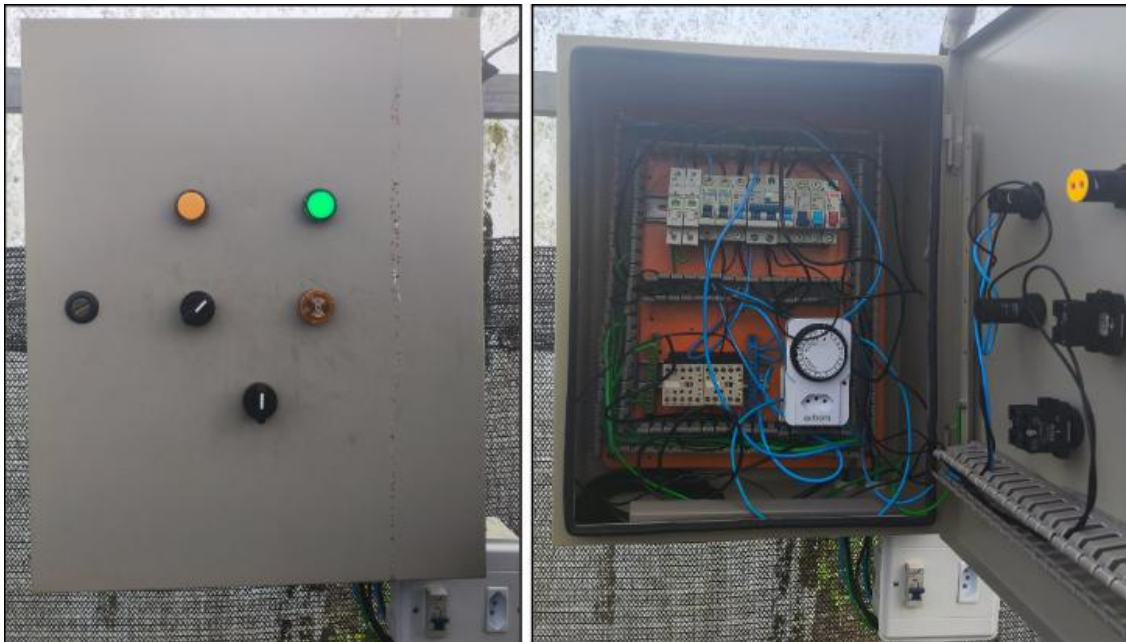
A escolha do temporizador analógico de 24 horas, apresentado na Figura 4, deve-se à sua facilidade de programação, onde no período entre 6h e 21h o temporizador irá acionar a cada 15 minutos favorecendo o equilíbrio ideal entre absorção de nutrientes e oxigenação, além de contribuir para o controle térmico da solução e redução do consumo energético.

Figura 2 – Diagrama elétrico.



Fonte: autoria própria (2025).

Figura 3 – Painel elétrico do sistema de bombeamento.



Fonte: autoria própria (2025).

Figura 4 – Temporizador analógico.

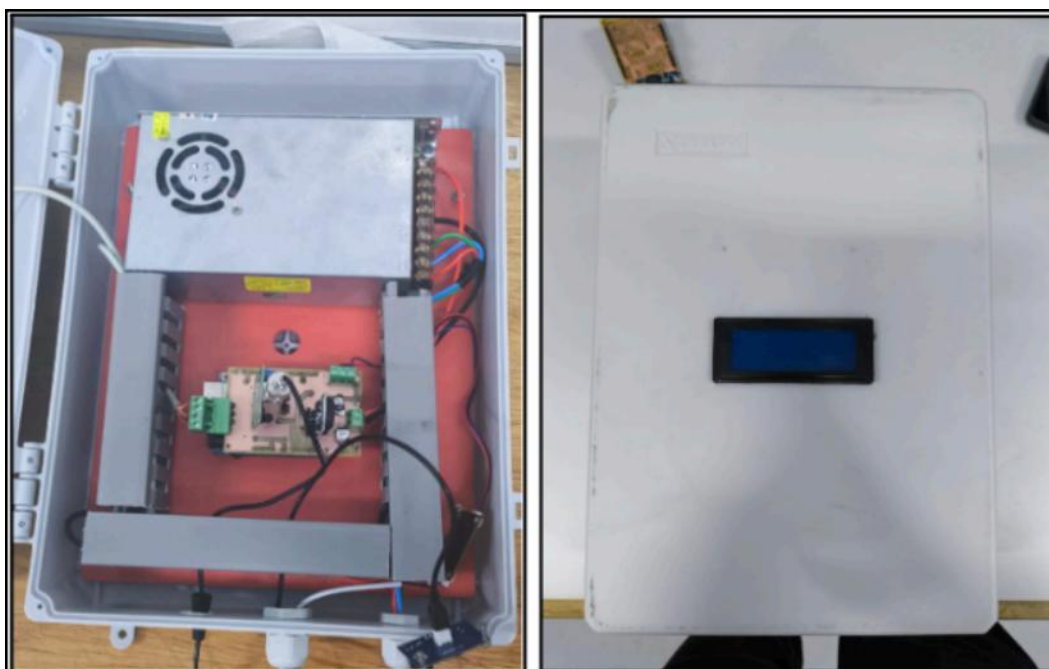


Fonte: autoria própria (2025).

2.4 PAINEL ELÉTRICO PARA MONITORAMENTO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

O painel elétrico para monitoramento da solução nutritiva, oferece ao usuário uma interface prática para acompanhar as principais variáveis do sistema hidropônico. Por meio dele, é possível visualizar informações fundamentais como o valor do pH, a concentração de nutrientes e o nível da solução no reservatório. A integração dos componentes eletrônicos é realizada no painel elétrico, conforme ilustrado na Figura 5.a, com dimensões de 500 mm x 400 mm x 200 mm, onde estão instalados: uma fonte de 24 V; um display LCD 20x4 para exibição das informações citadas, ao usuário; e uma placa controladora que acomoda todos os módulos dos sensores, o regulador de tensão e o Arduino Uno.

Figura 5 – (a) Painel elétrico do sistema de monitoramento. (b) Display LCD 20x4 instalado no painel.



Fonte: autoria própria (2025).

Para o monitoramento da solução, utilizam-se sensores de pH e condutividade conectados ao controlador Arduino UNO. O sensor de pH, opera por meio de um eletrodo que detecta a atividade dos íons hidrogênio (H^+) na solução, convertendo essa medida em um sinal elétrico interpretado pelo controlador. Essa informação é essencial para o equilíbrio da solução nutritiva, já que o pH afeta diretamente a disponibilidade dos nutrientes às plantas.

O sensor TDS mede a condutividade elétrica da água, que está diretamente relacionada à concentração de sais minerais dissolvidos. Apesar de ser uma forma indireta, essa medição constitui um método prático e eficiente de estimar a concentração de nutrientes, possibilitando ajustes precisos na composição da solução para evitar deficiências ou excessos que prejudiquem o cultivo.

Além dos sensores de pH e TDS, o projeto também utiliza um sensor ultrassônico AJ-SR04M, responsável por estimar a distância entre seu emissor e a superfície da solução nutritiva. Dessa forma, permite verificar se o nível está dentro dos parâmetros operacionais adequados para garantir o funcionamento contínuo e seguro do sistema.

Todas as variáveis monitoradas — pH, concentração de nutrientes (TDS) e nível do reservatório — são exibidas de forma sequencial em um display LCD 20x4, acoplado ao sistema, conforme ilustrado na Figura 5.b. A placa controladora é conectada ao display, permitindo que o usuário visualize informações como: concentração de sólidos dissolvidos, valor de pH e o nível do reservatório em tempo real. A visualização local e clara desses dados facilita o acompanhamento constante das condições do cultivo de forma prática e direta, o que contribui significativamente para a autonomia do sistema, facilita a intervenção na horta quando necessário e permite que pessoas sem conhecimentos técnicos realizem os ajustes necessários na solução nutritiva com maior segurança.

Figura 6 – Visualização dos dados monitorados.



Fonte: autoria própria (2025).

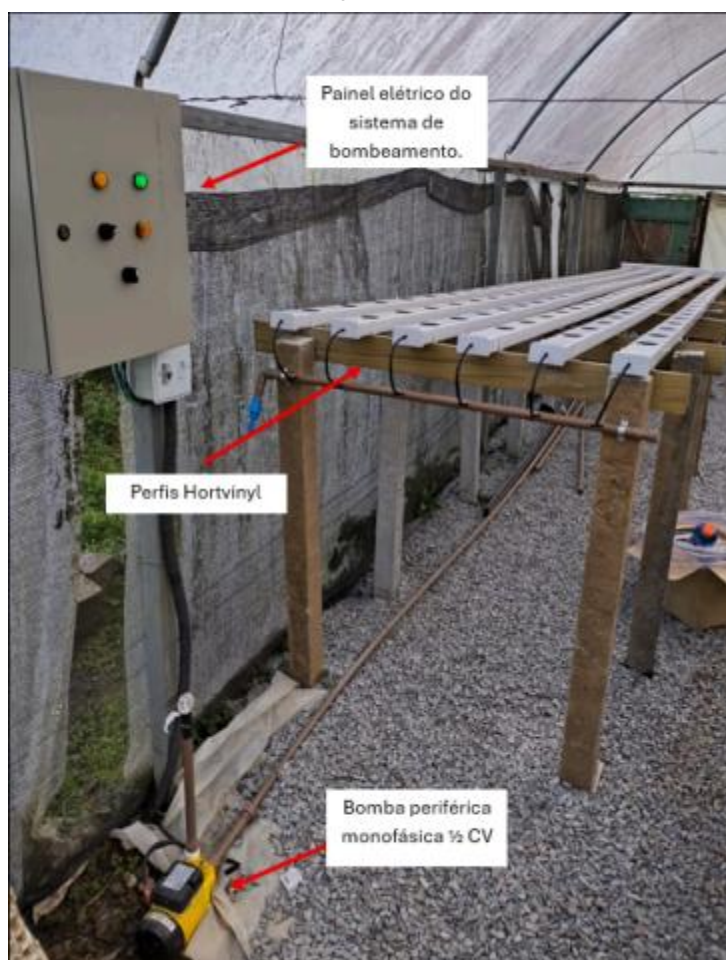
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os principais resultados obtidos com a instalação da estrutura física e a implementação do sistema de monitoramento hidropônico no local da estufa, conforme descrito na metodologia, incluindo a análise do desempenho inicial, as condições de operação e os ajustes realizados para otimizar o funcionamento geral do sistema.

3.1 INFRAESTRUTURA DO SISTEMA HIDROPÔNICO

A estrutura é projetada para viabilizar a circulação contínua da solução nutritiva, adotando o sistema NFT. O conjunto é composto por um reservatório, calhas hidropônicas, bomba hidráulica e suportes metálicos para sustentação adequada e nivelamento. Na Figura 7, é possível observar o painel elétrico de acionamento da bomba monofásica, a tubulação de retorno e os componentes de conexão. Já na Figura 1 pode-se visualizar com mais detalhe as calhas hidropônicas instaladas e o reservatório (caixa d'água) com capacidade de 500 L, evidenciando a integração entre os elementos do sistema.

Figura 7– Painel de controle da bomba, bomba monofásica e calhas hidropônicas.



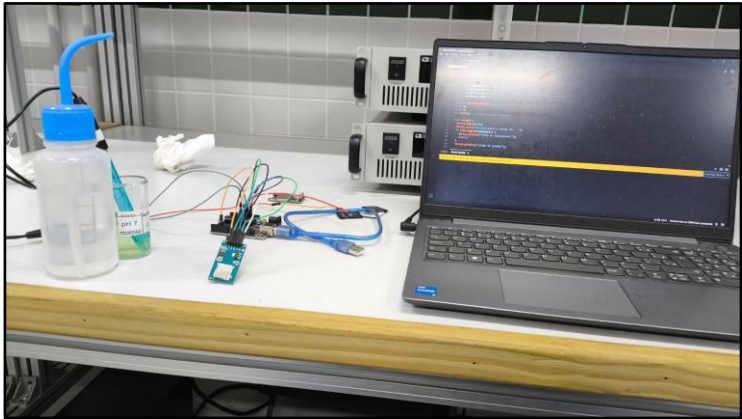
Fonte: autoria própria (2025).

Embora o dimensionamento e a modularidade da estrutura tenham se mostrado adequados para cultivos em pequena escala, é importante ressaltar que a escalabilidade do sistema pode enfrentar restrições. Sistemas NFT maiores demandam controle mais rigoroso da vazão, da uniformidade da solução nutritiva e da oxigenação, podendo exigir sensores de maior precisão e bombas de maior potência. Além disso, a dependência de energia elétrica é um ponto crítico, visto que falhas no fornecimento podem comprometer rapidamente a produção.

3.2 VALIDAÇÃO E CALIBRAÇÃO DOS SENSORES

Os testes iniciais são realizados em ambiente de laboratório, com o objetivo de validar o funcionamento dos sensores. Para garantir a confiabilidade das leituras, são utilizadas soluções padronizadas adequadas a cada tipo de sensor. A primeira etapa consiste na calibração do sensor de pH, utilizando soluções padrão de pH 4, pH 7 e pH 10, conforme ilustrado na Figura 8. Os valores reais dessas soluções, bem como os valores obtidos nas medições, estão apresentados na Tabela 2. Em seguida, é realizada a calibração do sensor de TDS por meio de uma solução padrão com condutividade de 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (706,5 ppm). O valor medido também está presente no Quadro 2.

Figura 8 – Calibração do sensor de pH



Fonte: autoria própria (2025).

A calibração apresentou resultados satisfatórios, com desvios inferiores a 0,2 unidades de pH e cerca de 1,5% para TDS, valores considerados aceitáveis na literatura para sensores de baixo custo. No entanto, observou-se que os sensores de pH e TDS não devem operar simultaneamente, pois a ativação conjunta causa interferências que comprometem a precisão das medições. A solução implementada — energização alternada — mitiga parcialmente esse problema, mas evidencia uma limitação tecnológica importante: em sistemas de maior complexidade ou produção comercial, sensores industriais com isolamento eletromagnético seriam recomendados.

Outro aspecto relevante é a durabilidade dos sensores em uso contínuo. Estudos recentes (MELLIT et al., 2021; SILVA, 2024) indicam que eletrodos de baixo custo podem apresentar deriva significativa em poucos meses, exigindo substituição frequente e aumentando os custos operacionais. Portanto, embora a solução seja eficaz para ambientes educacionais e hortas comunitárias, sua aplicação em larga escala exigiria maior robustez tecnológica.

Quadro 2: Parâmetros mensurados.

	pH			TDS
Soluções Padrões	pH 4	pH 7	pH 10	1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 706,5 ppm
Medições	pH 4,16	pH 7,15	pH 9,91	1424 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 712 ppm

Fonte: autoria própria (2025)

Com base em testes realizados, constata-se que os sensores de pH e TDS não devem operar simultaneamente, pois a ativação conjunta causa interferências que comprometem a precisão das medições. Para garantir leituras confiáveis, é implementado um controle digital que atua sobre o hardware do sistema, utilizando saídas digitais dedicadas para controlar a energização de cada sensor. Nesse esquema, os sensores são energizados de forma alternada: apenas um sensor é ligado por vez, permanecendo energizado por um curto período para estabilização antes da medição. Após a leitura, ele é desligado e o outro sensor é energizado para repetir o processo.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a implementação de um sistema de monitoramento para parâmetros essenciais em cultivo hidropônico, utilizando sensores de pH, TDS e nível da solução, integrados a um Arduino, com exibição local dos dados em um display. A estrutura inclui um sistema de recirculação da solução nutritiva, controlado por uma chave seletora e um temporizador analógico, o que proporciona maior flexibilidade no manejo da horta comunitária do bairro Serra Alta, em São Bento do Sul. Os testes realizados em bancada e em ambiente real demonstraram a funcionalidade e a confiabilidade do sistema, com leituras estáveis e compatíveis com os valores de referência. A modularidade do projeto e a utilização de componentes acessíveis reforçam seu potencial de replicação em outras iniciativas de agricultura urbana ou comunitária.

A adoção de sistemas como este pode gerar benefícios significativos, como a ampliação da segurança alimentar, o estímulo à agricultura urbana e comunitária, a redução do consumo de água em comparação ao cultivo convencional e a possibilidade de inclusão social de comunidades com acesso limitado a alimentos frescos. Além disso, projetos dessa natureza têm potencial educativo, aproximando a população de conceitos de sustentabilidade e inovação tecnológica.

Apesar dos resultados positivos, o sistema apresenta limitações, sobretudo relacionadas à durabilidade dos sensores, à necessidade de calibração frequente e à dependência de energia elétrica para operação contínua. A escalabilidade para cultivos comerciais em maior porte exigiria componentes mais robustos e integração com sistemas de automação avançados, como IoT e controle remoto via plataformas digitais. Dessa forma, a solução proposta é especialmente adequada a ambientes comunitários, escolares e experimentais, mas demanda ajustes tecnológicos para aplicações em larga escala.

Agradecimentos

Agradeço ao Instituto Federal Catarinense – Campus São Bento do Sul, à Pró-Reitoria de Extensão, Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PROEPPI), ao Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT) e à Prefeitura Municipal de São Bento do Sul, por meio da Secretaria de Assistência Social, pelo apoio institucional e pela viabilização deste projeto, realizado por meio do EDITAL Nº 135/2023 – Edital de Tecnologia e Ações de Inovação Social.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

RESH, H. M. **Produção de alimentos hidropônicos: um guia definitivo para o jardineiro doméstico avançado e o produtor hidropônico comercial**. 7º Ed. CRC Press, 2016.

SHEIKH, B. A. **Hidroponia: a chave para sustentar a agricultura em ambientes urbanos e com escassez de água**. Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineeri Sciences, v. 22, n. 2, p. 53-57, 2006.

RAJASEGER, G. et al. **Hydroponics: current trends in sustainable crop production**, v. 19(9), p. 925-938, 2023.

LAVARIA, E. F. et al., **"Protótipo de hidroponia comercial NFT de baixo custo,"** in **Anais do IV Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, Campo Grande, MS, Brazil, Oct. 2020.

ROVER, S. et al. **Viabilidade econômica da implantação de um sistema de cultivo de alface hidropônica em Tijucas-Santa Catarina**. XI ENCONTRO BRASILEIRO DE HIDROPONIA III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROPONIA, p. 101, 2016.

DA SILVA, E. T.; SCHWONKA, F. **Viabilidade econômica para a produção de alface no sistema hidropônico em Colombo, região metropolitana de Curitiba, PR**. Scientia Agraria, v. 2, n. 1, p. 111-116, 2001.

DOMINGUES, D. S. et al. **Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production**, v. 84, p. 53-61, 2012.

KORZHAKOV, A. V.; OSKIN, S. V.; KORZHAKOVA, S. A. **Acoustic and Magnetic Treatment Process Automatization in Hydroponic Solution Preparation System**. In: 2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). IEEE, 2019. p. 1-5.

MELLIT, A et al., **"Design of a novel remote monitoring system for smart greenhouses using the Internet of Things and deep convolutional neural networks,"** *Energies*, vol. 14, no. 16, p. 5045, 2021.

SILVA, I. C. C. **Monitoramento para automação de processos em cultivos hidropônicos: uma revisão bibliográfica sistemática**. 2024. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental) – Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2024.

CARLET, M. A, **Automação de horta hidropônica utilizando microcontrolador Arduino**, Medianeira: UTFPR, 2020.

LUZ, G. L., **Frequência de irrigação no cultivo hidropônico da alface**, M.Sc. dissertation, UFSM, Santa Maria, RS, 2008.

STRAUB, M. G. **Sensor de pH Arduino: Como calibrar e configurar?**. USINAINFO, Eletrônica & Robótica. 2022.

USINAINFO, E. & R. **Projeto Medidor de TDS Arduino para Condutividade da Água**. USINAINFO, Eletrônica & Robótica. 2022.

USINAINFO, E. & R. **Projeto Sensor JSN-SR04T 2.0 / AJ-SR04M Comunicação com Arduino**. USINAINFO, Eletrônica & Robótica. 2023.

KIM, H.; LEE, S.; PARK, J. **Smart hydroponics farm with IoT-based real-time monitoring and deep learning growth prediction**. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 193, p. 106642, 2022.

MARTINS, R. S.; SOARES, D. A. **Sustentabilidade e impacto social da hidroponia em áreas urbanas brasileiras: revisão sistemática**. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 17, n. 2, p. 45-59, 2022.

WANG, Y.; LI, J.; ZHANG, T. **Advances in low-cost sensors for hydroponic systems: performance, durability, and scalability**. *Sensors*, v. 24, n. 5, p. 1123, 2024.