

IFungi: Solução Econômica para Cultivo Indoor de Cogumelos

Vinicius Alexandre Merlak
IFPR - Instituto Federal do Paraná
Quedas do Iguaçu, Brasil
viniciusmerlak@gmail.com

Flavio Endrigo Cechim
IFPR - Instituto Federal do Paraná
Quedas do Iguaçu, Brasil
flavio.cechim@ifpr.edu.br

Abstract—This project develops a low-cost automated greenhouse for indoor mushroom cultivation (*Agaricus bisporus*). The system uses ESP32 microcontroller with DHT22, MQ-07, CCS811, and LDR sensors to control temperature, humidity, gas concentration, and light. Actuators include Peltier modules, ultrasonic humidifiers, fans, and LED bars. A React Native mobile app integrated with Firebase enables remote monitoring and adjustment. The solution targets small producers and enthusiasts who lack resources for laboratory-scale greenhouses, demonstrating an affordable compact system for efficient urban mushroom cultivation.

Keywords—automation; indoor cultivation; mushrooms; sensors; ESP32; IoT.

Resumo—Este projeto desenvolve uma estufa automatizada de baixo custo para cultivo indoor de cogumelos (*Agaricus bisporus*). O sistema utiliza microcontrolador ESP32 com sensores DHT22, MQ-07, CCS811 e LDR para controlar temperatura, umidade, concentração de gases e luminosidade. Atuadores incluem módulos Peltier, umidificadores ultrassônicos, ventiladores e barras de LED. Um aplicativo React Native integrado ao Firebase permite monitoramento e ajuste remoto. A solução visa pequenos produtores e entusiastas, demonstrando um sistema compacto e acessível para cultivo eficiente em ambientes urbanos.

Palavras-chave—automação; cultivo indoor; cogumelos; sensores; ESP32; IoT.

I. INTRODUÇÃO

O cultivo de cogumelos possui tradição milenar, com registros de uso nas civilizações asiáticas há mais de 3.000 anos para fins gastronômicos e medicinais [1]. Pertencentes ao reino *Fungi*, esses organismos despertam crescente interesse científico por sua relevância ecológica e potencial farmacológico. No Brasil, o *Agaricus bisporus* (champignon) popularizou-se através do estrogonofe [2], enquanto estudos indicam propriedades medicinais em diversas espécies, como ação antitumoral e antioxidante [3].

Apesar do crescimento desse mercado, o cultivo ainda enfrenta limitações técnicas e econômicas, especialmente entre pequenos produtores. O processo requer controle rigoroso de temperatura, umidade, ventilação e luminosidade — fatores

desafiadores em países tropicais. Estufas laboratoriais do tipo B.O.D. são amplamente empregadas para esse controle, mas seu custo elevado, entre R\$ 3.000 e R\$ 10.000, torna-as inviáveis para a agricultura familiar.

Com base nisso, foi realizado um levantamento de mercado em bases como Google Acadêmico, Mercado Livre e Easy Labs, utilizando as palavras-chave “cultivo de cogumelos” e “estufas B.O.D.”. As análises apontaram que a maioria das soluções emprega estufas B.O.D. ou geladeiras adaptadas com termostato, confirmando o alto custo e a necessidade de alternativas acessíveis.

Diante desse cenário, soluções baseadas em plataformas abertas e Internet das Coisas (IoT) surgem como alternativa viável para a automação agrícola. O presente trabalho apresenta o **IFungi**, um sistema automatizado e de baixo custo voltado ao cultivo indoor de cogumelos, que integra o microcontrolador ESP32, sensores ambientais, atuadores e um aplicativo móvel conectado ao Firebase para controle remoto do ambiente.

A. Trabalhos Relacionados

Diversos estudos aplicam IoT à agricultura, como Gonçalves, Diego, et al. [4], que automatizaram a irrigação com NodeMCU, e Gabriel Vieira DE Almeida [5], que propuseram uma estufa modular com ESP32 e controle móvel. O **IFungi** diferencia-se ao integrar controle simultâneo de temperatura, umidade, gases e luz em uma única plataforma acessível. Tendo estabelecido a relevância do cultivo controlado de cogumelos e as limitações econômicas das soluções existentes, parte-se agora para a descrição detalhada do desenvolvimento do sistema IFungi. Esta seção abordará desde a análise de viabilidade econômica até a implementação técnica dos componentes eletrônicos e de software que compõem a proposta.

II. DESENVOLVIMENTO

A. Viabilidade econômica e alternativas à automação comercial

Pesquisa de mercado de elaboração própria foi realizada em plataformas de venda online e fornecedores especializados, utilizando termos como "estufa B.O.D", "cultivo de cogumelos" e "equipamentos para micologia", identificou que as estufas laboratoriais do tipo B.O.D. ou D.B.O. (Demanda Bioquímica de Oxigênio) constituem as soluções mais referenciadas para controle ambiental em fungicultura. Esses equipamentos, com controle automatizado de temperatura e iluminação, apresentam valores entre R\$ 3.000 e R\$ 10.000, não existindo opções comerciais focadas em pequena escala abaixo de R\$ 1.000 quando considerados sistemas com controle climático integrado (Elaboração própria com base em pesquisa de mercado, 2025).

Diante desse cenário, desenvolve-se o sistema IFungi como uma estufa de baixo custo com controle integral de temperatura, umidade, iluminação e concentração de gases, utilizando componentes acessíveis e de fácil aquisição, mantendo ainda funcionalidades avançadas como integração com a internet e aplicativo móvel para monitoramento remoto. Superada a análise de viabilidade econômica que justificou o desenvolvimento de uma solução acessível, faz-se necessário o detalhamento da arquitetura tecnológica escolhida. Neste contexto, a seleção da plataforma IoT e seus componentes constitui etapa fundamental para o funcionamento do sistema.

B. Plataformas IOT aplicadas a estufa

Visando uma melhor obtenção e registros de dados, foi determinada a utilização do ESP32 como microcontrolador dos atuadores eletrônicos. A escolha do ESP32 justifica-se por suas funcionalidades integradas, como conectividade Wi-Fi e Bluetooth, baixo custo, múltiplas portas para leitura dos sensores e para enviar comandos aos atuadores, compatibilidade com ambientes de desenvolvimento acessíveis, como o Arduino IDE e o Visual Studio Code, que facilitam muito o desenvolvimento do firmware [6]. Além disso, sua capacidade de comunicação direta com bancos de dados na nuvem permite o envio e recebimento de informações em tempo real, facilitando a automação remota e a integração com plataformas móveis [6].

C. Sensores e atuadores

A escolha dos sensores foi realizada pensando em precisão e custos acessíveis. Dito isso, os seguintes sensores e suas especificações foram escolhidos em uma pesquisa de mercado realizada considerando critérios como faixa de operação, sensibilidade, compatibilidade com o microcontrolador ESP32 e custo-benefício; os sensores e especificações estão presentes na Tabela I.

TABELA I
SENSORES, ATUADORES E ESPECIFICAÇÕES

Sensores	Descrição	Faixa (V)	Preço (R\$)
DHT22	Temperatura e umidade (-40 a 80°C / 0-100% UR; $\pm 0,5^\circ\text{C}$)	3,3-5V	17,14
CCS811	CO ₂ e TVOCs (400-32768ppm e 0-32768ppb)	3,3V	27,79
MQ-7	Deteção de monóxido de carbono (20-2000 ppm)	3,3-5V	14,90
LDR	Sensor resistivo de luminosidade ambiente	3,3-320V	1,50
Atuadores	Descrição	Faixa (V)	Preço (R\$)
Módulo umidificador	Umidifica o ambiente interno da estufa	5V	35,93
Sistema Peltier	Resfria/Aquece o ambiente interno da estufa	12V	65,52
Ventoinha Cooler	Realiza troca gasosa do ambiente interno	120-220V	39,49
Barra de LEDs	Ilumina o ambiente interior da estufa	12V	25,00

Os atuadores eletrônicos também serão escolhidos com base no custo-benefício e nos parâmetros abióticos apresentados tabela I, visando permitir o controle eficiente da temperatura, umidade, ventilação e iluminação no interior da estufa. Para esse fim, serão utilizados componentes de acionamento simples e confiáveis, como relés eletromecânicos de 12V, capazes de controlar diretamente dispositivos de potência moderada.

Para o controle da temperatura, será empregada uma pastilha Peltier, acoplada a dissipadores de alumínio e ventiladores, de modo a possibilitar tanto o resfriamento quanto o aquecimento do ambiente interno, conforme a polaridade aplicada [7].

A umidificação do ar será feita por meio de um umidificador ultrassônico, composto por transdutores piezoelétricos, que será acionado automaticamente por um dos relés sempre que a umidade relativa cair abaixo do valor definido. O controle da troca gasosa será realizado com um micro ventilador exaustor, acionado nos momentos em que os níveis de CO ou CO₂ ultrapassarem os limites aceitáveis. Por fim, a iluminação controlada será provida por barras de LED conectadas a um circuito de modulação por largura de pulso (PWM), possibilitando o ajuste de intensidade luminosa com base nas leituras do sensor LDR. Com a viabilidade da conectividade à internet, vem a possibilidade de criar uma aplicação móvel para gestão dos dados e controle da estufa; para isso, a utilização do Firebase se torna trivial para o armazenamento e interface.

D. Armazenamento e Interface

O sistema utiliza o Firebase para armazenamento em tempo real dos dados dos sensores e controle remoto dos atuadores via aplicativo móvel em React Native [8]. A arquitetura emprega o Firebase Realtime Database para leitura/escrita dos dados ambientais e Firebase Authentication para segurança no acesso. Essa integração permite sincronização eficiente das variáveis abióticas, visualização remota e ajuste instantâneo de parâmetros, tornando o sistema acessível e escalável.

E. Projeto e construção do circuito eletrônico

A placa de circuito impresso (PCB) foi projetada no Proteus, integrando os componentes necessários: microcontrolador ESP32 para integração hardware/aplicação; regulador CI 7833 para fornecer 3.3 V; resistores de 470 Ω , 1 k Ω , 2 k Ω , 4.7 k Ω e 10 k Ω para segurança e divisão de tensão; transistores BC337 como drivers para relés de 12 V; transistores TIP31 e IRF730 para controle PWM das LEDs; diodos 1N4001 para proteção contra corrente reversa; LEDs indicadores e conectores TBBlock.

A imagem da trilha foi impressa em papel A4 e transferida para fenolite cobreada via transferência térmica com ferro de passar. Realizou-se então corrosão química com ácido Percloreto de Ferro, seguida de correções manuais nas trilhas com micro retífica, testes e soldagem dos componentes.

Testes com multímetro foram realizados em todas as etapas para garantir segurança e funcionamento adequado. A Figura 1 mostra as etapas de construção do circuito.

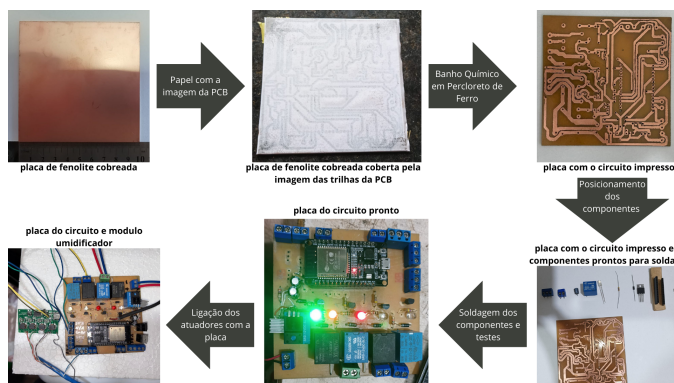


Fig. 1. Etapas para a construção do circuito eletrônico

F. Programação e ferramentas utilizadas

G. Programação e Ferramentas Utilizadas

O firmware foi desenvolvido para o ESP32 usando Arduino IDE e VS Code, monitorando variáveis ambientais e acionando atuadores conforme limites configurados. A depuração é realizada via comunicação serial. O aplicativo em React Native

(testado no Expo Go) oferece monitoramento em tempo real, controle manual, histórico gráfico e configuração personalizada dos parâmetros de cultivo. A interface foi projetada com base em princípios de UX, priorizando intuitividade e acesso rápido às funções principais. A Figura 2 mostra o protótipo não funcional desenvolvido no Canva.

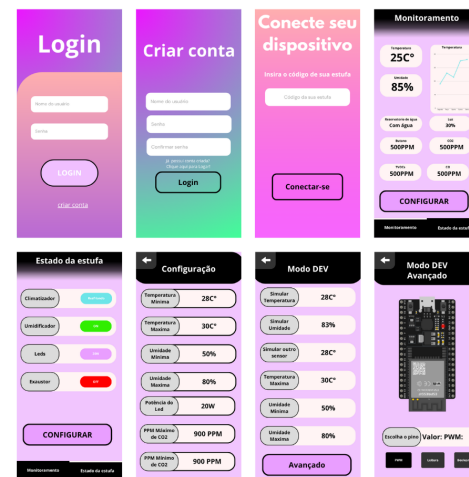


Fig. 2. Protótipo não funcional da aplicação móvel

O sistema utiliza o Firebase Realtime Database como plataforma de comunicação entre o aplicativo e o microcontrolador. Os dados são armazenados em uma estrutura hierárquica no formato JSON, composta por dois nós principais: *Usuarios* e *Estufas*. O nó *Usuarios* armazena os perfis autenticados, cada um identificado por um ID exclusivo, enquanto o nó *Estufas* contém as informações operacionais de cada unidade registrada. Cada estufa guarda dados dos sensores (temperatura, umidade, luminosidade, CO e CO₂), nível de água do reservatório, estado dos atuadores e valores de referência definidos pelo usuário. Essa organização permite que o ESP32 e o aplicativo mantenham sincronização contínua e segura em tempo real, garantindo a integridade e o controle dos dados do sistema.

No banco de dados, os dados são organizados em uma estrutura hierárquica composta por dois nós principais: *Usuarios* e *Estufas*. O nó *Usuarios* armazena os perfis autenticados, cada um identificado por um ID exclusivo, enquanto o nó *Estufas* contém as informações operacionais de cada unidade registrada. Cada estufa guarda dados de sensores (temperatura, umidade, luminosidade, CO e CO₂), níveis de reservatório, estado dos atuadores e valores de referência definidos pelo usuário. Essa organização em formato JSON permite que o ESP32 e o aplicativo mantenham sincronização contínua e

segura em tempo real, garantindo a integridade e o controle das informações do sistema.

III. CONCLUSÃO

Ao longo da evolução do projeto, definimos precisamente como e sob quais condições os experimentos com cogumelos acontecerão. Com essas definições claras, esperamos que a estufa automatizada consiga manter os elementos abióticos como temperatura, umidade, níveis de gases (CO , CO_2 , TVOCs) e luz nos níveis certos para o crescimento do micélio e para a produção do cogumelo *Agaricus bisporus*.

Espera-se que, durante o cultivo, o sistema identifique mudanças no ambiente em tempo real e acione os dispositivos eletrônicos por conta própria, assegurando a constância do microclima interno. Isso deve acelerar a colonização do substrato, diminuir o risco de contaminações e estimular uma produção de frutos mais homogênea e eficaz.

Ademais, planeja-se que o sistema de monitoramento conectado ao Firebase possibilite o acompanhamento remoto dos fatores ambientais pelo celular, oferecendo ao usuário um jeito fácil de ajustar os limites de controle, verificar o histórico e ver o status dos sensores e dispositivos.

O bom resultado da aplicação deverá provar que o IFUNGI é uma opção viável em relação às estufas laboratoriais caras, incentivando o cultivo de cogumelos dentro de casa, até em espaços urbanos ou domésticos com pouco dinheiro. No fim, os testes devem fornecer dados suficientes para confirmar a estabilidade, confiabilidade e utilidade da solução que propomos.

Atualmente os resultados parciais se mostram promissores na construção da estufa e prototipação da aplicação móvel. A estrutura física da estufa está completa contendo a estrutura proposta de MDF RUC tingida com tinta spray preta visível na Figura 3. O módulo da pastilha Peltier foi fixada no interior da estufa com êxito possuindo a vedação térmica congruente com a proposta; na Figura 3 é possível visualizar a pastilha Peltier fixada no topo do interior da estufa. O desenvolvimento do circuito principal está completo, testes realizados com multímetro e com o microcontrolador ESP32 mostraram que o circuito está pronto para operar; na Figura 1 é possível analisar a PCB antes e após a soldagem dos componentes. Já no desenvolvimento da aplicação móvel até agora foi possível desenvolver o protótipo não funcional, com cores baseadas no cogumelo *Pleurotus djamor* ou “shimeji rosa” visa ter um design diferente e moderno, visível na Figura 2. O sistema IFungi apresenta uma vantagem econômica substancial em relação às estufas B.O.D. comerciais, que custam entre R\$ 3.000 e R\$ 10.000. Com um custo total inferior a R\$ 900, nossa solução oferece todas as funcionalidades de controle ambiental necessárias para o cultivo de fungos a um preço bem abaixo que

os modelos comerciais mais econômicos, tornando a tecnologia de cultivo controlado acessível para um público amplo.



Fig. 3. Resultados da construção da estufa

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente minha família pelo apoio incondicional durante todo o desenvolvimento deste projeto. Meus sinceros agradecimentos também aos orientadores pela valiosa orientação e conhecimento compartilhado. Agradeço ainda aos colegas pelo suporte técnico e pelas contribuições construtivas ao longo do trabalho, bem como à instituição pela infraestrutura disponibilizada.

REFERÊNCIAS

- [1] A. F. URBEN, “Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada: biotecnologia e aplicações na agricultura e na saúde,” in *Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia*, 2017.
- [2] C. d. C. SARTOR, “Pizza sartor,” in *Trabalho de Conclusão de Curso em Gastronomia*, 2010.
- [3] S. LACERDA, “Cogumelos comestíveis: benefícios à saúde, mercado e aspectos a respeito da sua produção,” in *Agron Food Academy*, 2021.
- [4] D. Goncalves, J. Arlindo, R. Pereira, V. Moura, S. Juca, G. Bezerra, and J. Mota, “Sistema iot para monitoramento e controle de irrigação,” in *Anais do Congresso de Engenharia*, 2018, pp. 310–315.
- [5] G. V. d. Almeida, “Estufa automatizada para cultivo de fungos comestíveis em ambiente residencial,” in *Trabalho de Conclusão de Curso*, 2022.
- [6] V. O. Oner, *Developing IoT projects with ESP32: automate your home or business with inexpensive Wi-Fi devices*. Packt Publishing, 2021.
- [7] V. A. Drebuschak, “The peltier effect,” in *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2008.
- [8] W. C. S. d. Silva, “Aplicações móveis nativas com react native e firebase: um estudo de caso,” in *Anais do Congresso de Computação*, 2018.