



## Estufa autônoma para produção de hortaliças Autonomous greenhouse for vegetable production

Arthur Aurelio de Almeida<sup>1</sup>, Gustavo Frandsen Pereira<sup>2</sup>, Glauco Vieira Miranda<sup>3</sup>,  
Claudio Jose Biazus<sup>4</sup>

### RESUMO

Esse projeto consiste no desenvolvimento de uma estufa hidropônica para produção de alimentos indoor. O sistema projetado faz uso de diversas tecnologias de automação para fornecer e manter um ambiente adequado para a produção de hortaliças. Os métodos e materiais aplicados no desenvolvimento da estufa tornaram-a um sistema eficiente, autônomo e de fácil configuração, para o crescimento de diversos tipos de plantas. O sistema também apresenta e armazena os parâmetros do ambiente para estudos sobre o desenvolvimento das plantas, utilizando uma API desenvolvida na ferramenta Python. Para a validação desse trabalho foi escolhida a cultura de alface, por ser de custo baixo e de rápido crescimento da planta.

**PALAVRAS-CHAVE:** agronomia indoor; estufa autônoma; produção indoor.

### ABSTRACT

This project consists of developing a hydroponic greenhouse for indoor food production. The designed system makes use of various automation technologies to provide and maintain a suitable environment for vegetable production. The methods and materials applied in the development of the greenhouse made it an efficient, autonomous and easy to configure system for growing different types of plants. The system also presents and stores environmental parameters for studies on plant development, using an API developed in the Python tool. To validate this work, the lettuce crop was chosen, as it is low cost and the plant grows quickly.

**KEYWORDS:** indoor agronomy; autonomous greenhouse; indoor production.

### INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi inspirado no crescente interesse pelo desenvolvimento de novas tecnologias. Portanto, este projeto foi criado com a iniciativa de ser um sistema de agricultura indoor que tem se tornado cada vez mais popular para o desenvolvimento da agricultura de precisão (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHÉ-NETO, 2021).

O projeto consiste na criação e montagem de uma estufa autônoma para plantas em hidroponia, visando a produtividade e automação do sistema de produção. O trabalho também busca a captação e armazenamento dos dados, tais como: temperatura, umidade do ambiente, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) dissolvido no ar e condutividade elétrica da água. Dessa forma, foi criado o primeiro protótipo da estufa com o objetivo de plantar hortaliças em hidroponia.

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná, Brasil. E-mail: arthuralmeida@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 2279268104860667.

<sup>2</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná, Brasil. E-mail: gustavopereira.2019@alunos.edu.br. ID Lattes: 0548041103138639.

<sup>3</sup> Docente de Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná, Brasil. E-mail: glaucovmiranda@utfpr.edu.br. ID Lattes: 1581269691451530.

<sup>4</sup> Docente de Ciência da Computação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná, Brasil. E-mail: cbiazus@utfpr.edu.br. ID Lattes: 7931832708579799.



Como um primeiro experimento, foi escolhida a cultura de alface, por ser de custo baixo e de rápido crescimento da planta. Todos os parâmetros de produção foram controlados para tornar o ambiente o mais propício possível para o desenvolvimento da hortaliça e desta forma os dados foram coletados utilizando um conjunto de sensores posicionados estrategicamente na estufa autônoma.

Este artigo está estruturado da seguinte maneira. Após essa breve introdução, a seção II apresenta a modelagem da estufa com a descrição das peças utilizadas, a modelagem da estufa, montagem dos circuitos, lógica de programação e apresentação dos primeiros códigos. Já a seção III apresenta os resultados obtidos e finalmente na seção IV as conclusões.

## MONTAGEM DA ESTUFA

Para o desenvolvimento deste projeto utilizamos um método de divisão em etapas, onde na primeira etapa foram modelados e impressos em 3D as peças para a estrutura da estufa, na segunda foi selecionado os módulos e sensores que seriam utilizados no sistema seguido da montagem e programação da estufa. Para o pleno funcionamento do trabalho foi definido que o sistema deveria controlar os parâmetros do ambiente, água e iluminação através de um sistema autônomo.

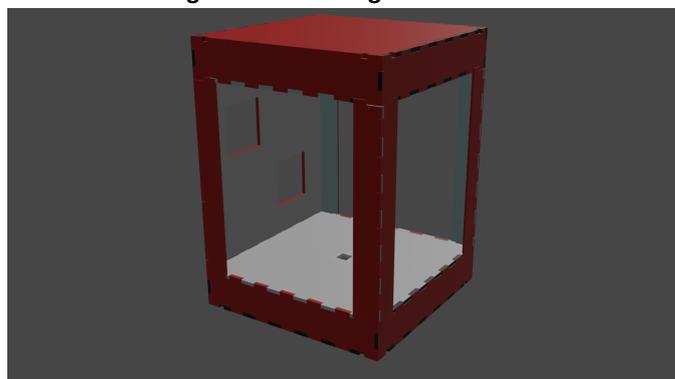
## PEÇAS UTILIZADAS

Na montagem da estufa foram utilizadas diversas peças projetadas e impressas em 3D, e a eletrônica. Para o corpo do projeto foram modeladas diversas peças que foram impressas utilizando o material PLA. Para o controle de todos os sistemas e sensores da estufa foi utilizado um Arduino Mega 2560. Os sensores utilizados são: um sensor de temperatura a prova d'água DS18B20; um sensor de condutividade elétrica TDS; um sensor de temperatura e umidade do ar DHT11; para saber as horas foi utilizado um módulo RTC; e para o dióxido de carbono um sensor de gás  $CO_2$  MG811. Os sensores foram escolhidos utilizando o trabalho "*Personal Food Computer*" como referência (CASTELLÓ FERRER et al., 2019). Para o sistema de resfriamento e controle do ar do ambiente foram utilizados 2 *coolers* 12v e para a iluminação foi utilizado um *cob led* para plantas. Também foram utilizados um relé de 4 canais para o controle dos *coolers* e luzes, um módulo conversor de voltagem, um oxigenador de água e uma fonte colmeia.

## MODELAGEM DA ESTUFA

A modelagem 3D foi realizada com a utilização do software Blender (<https://www.blender.org>). A Figura 1 apresenta a modelagem da estufa proposta. Esta modelagem está estruturada em três partes. Sendo que, a primeira delas é responsável pelo armazenamento da água. A segunda parte é destinada ao posicionamento da planta. Sendo que, nesta parte, foram deixados duas aberturas para ventilação e três para visualização do ambiente indoor. E finalmente a parte superior, responsável pelo armazenamento dos controladores e dispositivos eletrônicos.

Figura 1 – Modelagem da estufa



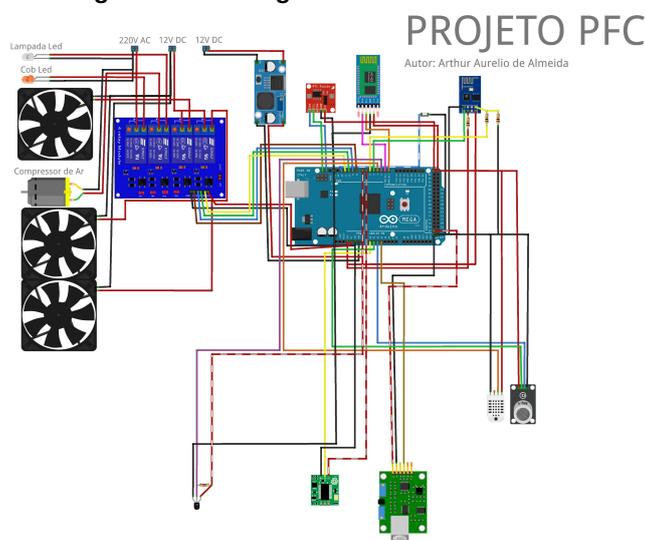
Fonte: Autoria própria (2023).

Para as cores da impressão, foi usado como modelo estufas indoor já presentes no mercado, onde na área interna das raízes e solução hidropônica, a cor ideal é a preta para não haver reflexão de luz. Na parte interior da estufa a cor selecionada foi branco, para haver o máximo de reflexão possível, para a planta fazer fotossíntese, como citado no livro “Smart plant factory” (KOZAI, 2018). A cor geral do projeto foi escolhida a de custo mais baixo para compra do material PLA.

## MONTAGEM DO CIRCUITO

A montagem do circuito foi projetada na parte superior da estufa, como haviam componentes de voltagens diferentes, variando de 220v até 3.5v, o espaço foi repartido para que a eletricidade estática das altas voltagens não interferisse nos dados dos sensores. O planejamento da montagem da estufa foi realizado utilizando o software Fritzing, onde foi criado o desenho das ligações dos sensores, para ser utilizado como referência durante a montagem. A Figura 2 apresenta a modelagem do circuito da estufa.

Figura 2 – Modelagem do circuito da estufa

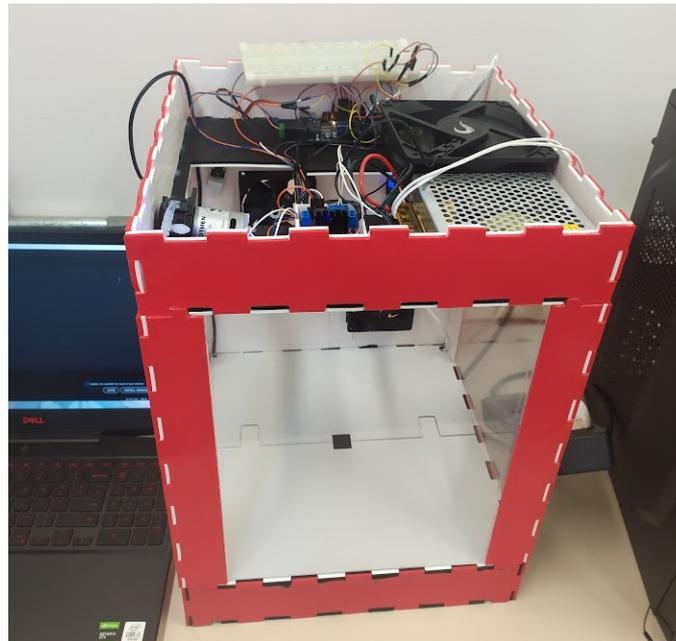


Fonte: Autoria própria (2023).



Todos os sensores e módulos foram posicionados no interior da estufa, sendo os sensores DS18B20 e TDS dentro da água, o sensor DHT11 e o MG811 dentro do ambiente da planta, as ventilações nas paredes da estufa e os demais módulos no compartimento superior da estufa, como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Estufa Idealizada



Fonte: Autoria própria (2023).

## LÓGICA DO CÓDIGO

Atualmente existem 2 códigos para o sistema, o primeiro deles foi desenvolvido em C++ para Arduino. Este código é responsável pelas leituras dos sensores e controle dos módulos, a umidade e temperatura são lidos pelo sensor DHT11 e controladas utilizando os *coolers*, que são ativados pelo Arduino quando o sistema detecta uma umidade ou temperatura elevada, metodologia semelhante à utilizada por Morimoto em seu trabalho “An intelligent control for greenhouse automation, oriented by the concepts of SPA and SFA” (MORIMOTO; HASHIMOTO, 2000). Os demais parâmetros não são controlados pelo sistema na atual versão da estufa, porém todos são lidos e armazenados para estudo.

Já o segundo código foi projetado utilizando a linguagem Python, ele é responsável por importar os dados coletados pelo Arduino para um computador pelo cabo Serial, gerar uma *dashboard* com todos os parâmetros do ar e água e estado dos módulos, também é responsável por armazenar todos os dados em um banco de dados criado em MySQL. A Figura 4 apresenta a interface da estufa criada.

Figura 4 – Interface da estufa



Fonte: Autoria própria (2023).

## PRIMEIROS TESTES

Durante a etapa de testes da estufa, foi utilizado a cultivar de alface para as primeiras análises. Os dados foram coletados e armazenados em um arquivo texto, para análise, e foi possível observar que a hortaliça cresceu de forma satisfatória, como mostra a Figura 5. Após essa breve análise diversas melhorias foram realizadas. Pode-se destacar, a integração ao sistema de banco de dados e a interface da aplicação.

Figura 5 – Alface desenvolvida na estufa



Fonte: Autoria própria (2023).



## RESULTADOS

Após finalizar o projeto e plantar as primeiras plantas observou-se que a estufa funcionava de forma satisfatória, regulando todos os parâmetros do ambiente para o melhor convívio da planta de forma bastante precisa. Também foram feitos testes posteriores onde utilizamos a planta herbácea penicilina. Nesses testes os parâmetros foram regulados para o novo cultivo e mais uma vez a estufa demonstrou um ótimo desempenho durante a fase de crescimento da planta.

## CONCLUSÃO

Concluimos com a finalização do projeto que a modelagem e impressão 3D oferece grande flexibilidade para o desenvolvimento da estrutura da estufa, permitindo o posicionamento de todos os módulos da melhor forma. Também foi concluído que é possível criar estufas configuráveis para diversos tipos de plantas com Arduino e Python, sem que seja necessário modificar o código do Arduino diretamente. Todas as plantas cultivadas na estufa tiveram êxito em seu desenvolvimento, atualmente mais testes estão sendo feitos em plantas diferentes. Para futuras melhorias, recomendamos a utilização de integração com um Raspberry Pi e criação de uma rede para o compartilhamento dos dados da estufa na internet.

## Agradecimentos

Nossos agradecimentos a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Santa Helena, por nos disponibilizar o Laboratório de Agentes Inteligentes (LAI) para o desenvolvimento do projeto.

## Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

- BORÉM, Aluzio; MIRANDA, Glauco V; FRITSCHÉ-NETO, Roberto. **Melhoramento de plantas**. [S.l.]: Oficina de Textos, 2021.
- CASTELLÓ FERRER, Eduardo et al. Personal Food Computer: A New Device for Controlled-Environment Agriculture. In: PROCEEDINGS of the Future Technologies Conference (FTC) 2018. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 1077–1096.
- KOZAI, Toyoki. **Smart Plant Factory**: The Next Generation Indoor Vertical Farms. 1. ed. São Paulo: Springer Singapore, 2018.
- MORIMOTO, Tetsuo; HASHIMOTO, Yasushi. An intelligent control for greenhouse automation, oriented by the concepts of SPA and SFA — an application to a post-harvest process. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 29, n. 1, p. 3–20, 2000.