

## 15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

### AUTOMAÇÃO DE UMA ESTUFA PARA PRODUÇÃO DE BAUNILHA

MARCELO A. G. GALLO<sup>1</sup>, MARCELO L. MURARI<sup>2</sup>, ANDRE L. G. PRIMO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Bacharelado em Sistemas de Informação, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Votuporanga, marcelo.godoi@ifsp.edu.br.

<sup>2</sup> Docente do IFSP, campus Votuporanga, murari@ifsp.edu.br.

<sup>3</sup> Docente do IFSP, campus Votuporanga, andre.gobbi@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.03.04-9 Sistemas de Informação

**RESUMO:** Este trabalho apresenta um projeto de baixo custo destinado a pequenos produtores agrícolas, visando proporcionar acesso a um investimento de longo prazo no cultivo da baunilha (*Vanilla Planifolia*). O foco é a automatização da irrigação em uma estufa utilizando conceitos de Internet das Coisas (IoT). O sistema utiliza o microcontrolador ESP32 em conjunto com sensores capacitivos para medir a umidade do solo e sensores DHT11 para quantificar a umidade do ar, fatores essenciais para o cultivo da baunilha. A automação permite economia de água e oferece maior liberdade ao produtor rural, eliminando a necessidade de vigilância constante. O estudo adapta tecnologias usadas no setor residencial para o ambiente agrícola, criando alternativas acessíveis para pequenos agricultores.

**PALAVRAS-CHAVE:** IOT; Estufa inteligente; Vanilla Planifolia; Automação; Irrigação

### IRRIGATION AUTOMATION IN VANILLA PRODUCTION

**ABSTRACT:** This work presents a low-cost project aimed at small agricultural producers, intending to provide access to a long-term investment in vanilla (*Vanilla Planifolia*) cultivation. The focus is on automating irrigation in a greenhouse using Internet of Things (IoT) concepts. The system uses the ESP32 microcontroller in conjunction with capacitive sensors to measure soil moisture and DHT11 sensors to quantify air humidity, both of which are essential factors for vanilla cultivation. Automation allows for water savings and offers greater freedom to the rural producer, eliminating the need for constant monitoring. The study adapts technologies used in the residential sector for the agricultural environment, creating affordable alternatives for small farmers.

**KEYWORDS:** IoT; Smart greenhouse; Vanilla; Vanilla Planifolia; Automation; Irrigation;

### INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT) é um conceito que vai além da simples conexão de dispositivos à internet. Segundo Oliveira (2021, p.17), a IoT envolve tornar dispositivos inteligentes, permitindo a coleta e o processamento de dados por meio de sensores. A irrigação, conforme descrita por Cardoso (1994), é uma prática agrícola que melhora a produção ao fornecer água de forma controlada. Esta prática pode se beneficiar significativamente da IoT.

No Brasil, a *Vanilla planifolia*, uma espécie de baunilha altamente valorizada, enfrenta desafios de cultivo que podem ser mitigados através da automação. As condições ideais de cultivo, semelhantes às de Madagascar, exigem umidade do ar em torno de 80% e temperaturas entre 21 e 32 °C (Medina et al., 2009, p.4). Este estudo propõe a implementação de um sistema automatizado de irrigação utilizando aspersores, com o objetivo de otimizar as condições de cultivo da baunilha no noroeste paulista.

A automação proporciona não apenas economia de água, mas também maior liberdade ao produtor rural, eliminando a necessidade de vigilância constante. Além disso, o estudo adapta tecnologias usadas em residências para o ambiente agrícola, criando alternativas acessíveis para pequenos agricultores. A aplicação de tecnologias como o microcontrolador ESP32, sensores capacitivos de umidade do solo e sensores DHT11 para umidade do ar exemplifica a integração de IoT no campo, destacando a viabilidade e eficiência da automação.

Este projeto visa não apenas aumentar a eficiência da irrigação e reduzir o desperdício de recursos, mas também apoiar a sustentabilidade e a economia dos pequenos produtores

## MATERIAL E MÉTODOS

De início, é importante pontuar que a baunilha é da mesma família das orquídeas, a chamada Orchidaceae, possuindo hábitos semelhantes. O crescimento e desenvolvimento da baunilha *Vanilla Planifolia* é denominado semiepipítico ou hemiepipítico, termos botânicos que se referem a um hábito de crescimento considerado híbrido. Este hábito, se dá pela germinação das sementes no solo (hábito terrestre) e pelo crescimento e desenvolvimento da planta aderida sobre outras plantas ou plataformas (hábito epifítico) resultando no chamado hábito semiepipítico (Zotz et al., 2021).

O ESP32, citado anteriormente, é um microcontrolador de baixo custo e alta eficiência. (Oliveira, 2021, p.59). Foi escolhido por sua capacidade de processamento e conectividade Wi-Fi e Bluetooth.

Para atingir as condições ideais de cultivo, é utilizado um sistema de irrigação por aspersores que divide um ou mais jatos de água em pequenas gotas no ar que caem sobre o solo como chuva artificial (Biscaro, 2009). Os sensores capacitivos foram calibrados para medir a umidade do solo, e os sensores DHT11 foram utilizados para quantificar a umidade do ar e a temperatura. O sistema foi programado para coletar dados dos sensores a cada hora e enviá-los a um banco de dados. Quando a umidade do solo fica abaixo de 60%, a irrigação é acionada por cinco minutos, com uma nova leitura sendo realizada em seguida para garantir a eficácia do processo. Analogamente, o sistema de microaspersão é ativado quando a umidade do ar fica abaixo de 65%, mantendo um ambiente ideal para o cultivo da baunilha.

Os sensores capacitivos possuem seu funcionamento baseado no princípio da capacitância, que é a capacidade de armazenar carga elétrica que um determinado objeto possui, neste caso a terra. Eles são formados por duas placas condutoras que juntas formam um capacitor e com isso a dielétrica, nome da capacidade de armazenar energia, entre as placas varia conforme a presença de água no solo (Braga, 2007). Vale ressaltar que, por não haver parâmetros previamente definidos, cabe a quem for utilizar fazer os testes para descobrir os valores que indicam umidade 0 e 100%. O modo mais fácil de realizá-los é aferindo a umidade com o sensor em contato com o ar, segurando-o pelo cabo e depois aferindo a umidade submergindo-o até a marca indicada na placa na água. Desta forma, obtêm-se 0 e 100% de umidade, sendo os outros valores em função destes.

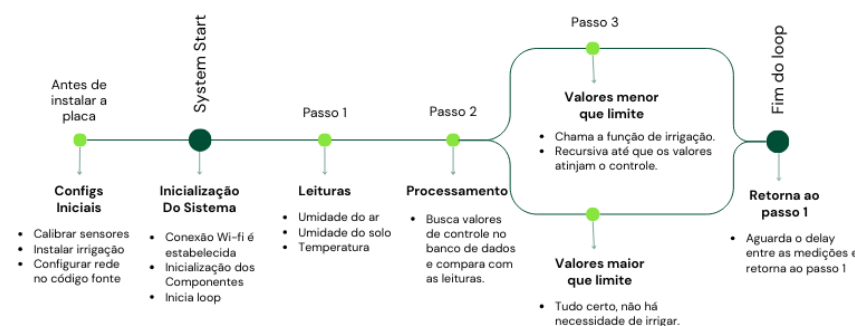
Já o sensor DHT11, atua aferindo a umidade e temperatura do ar e possui bibliotecas com funções próprias para recuperar esses valores, tornando-o de fácil instalação e manejo. Além disso, possui condições de efetuar leituras de temperatura entre 0 e 50 °C com precisão de 2°C e leituras de umidade entre 20% e 80% com 5% de precisão (Oliveira, 2021).

Por fim, uma combinação entre módulos relés e válvulas solenoides é o que faz a irrigação ser ligada ou desligada. A válvula solenoide é ligada à saída do relé para que, quando ele for acionado, passe a receber energia abrindo o fluxo de água (Oliveira, 2021). Ressalta-se que o tipo de válvula

utilizada neste exemplo é NC (Normal Fechada), ou seja, a energia recebida em seu terminal através do relé ativado pela lógica do ESP32 abre o fluxo de água que chegará aos microaspersores.

Desta forma, conforme ilustrado na Figura 1, o sistema embarcado de irrigação é dividido em três partes principais: configurações iniciais, inicialização do sistema e processamento contínuo.

## Fluxo do sistema de irrigação



O funcionamento do sistema é baseado em três partes: As configurações pré-instalação, o loop e a inicialização da irrigação.

- As configurações pré-instalação são fundamentalmente testes e calibragem dos sensores para os diversos cenários de aplicação
- O loop é responsável por verificar quando a irrigação será ligada e também por submeter as leituras para o banco de dados.
- A irrigação funciona de forma recursiva, para garantir que seja suficiente. Em outras palavras, irriga, verifica se foi suficiente e, caso não seja suficiente, inicia outro processo de irrigação.

Figura 1. Fluxograma do sistema de irrigação automatizada.

Para que essas atividades sejam realizadas, o banco de dados deverá possuir, além de tabelas responsáveis por armazenar os dados referentes à lógica de login do sistema, uma tabela dedicada ao armazenamento de dados chamados “triggers” que são os parâmetros utilizados como limite na irrigação, ou seja, quando um valor abaixo destes for lido pelo sensor, o processo de rega será iniciado.

Direcionando o foco para a aplicação responsável pelo controle, ela é dividida em três partes: O sistema embarcado no ESP32, o sistema web e o banco de dados. O sistema embarcado é uma lógica que coleta os dados dos sensores, envia para o banco de dados para registrar um histórico e ao mesmo tempo compara com dados vindos do banco, os valores “triggers”, definidos pelo agricultor na interface web, para ligar ou não a irrigação. O conceito de aplicação embarcada segundo Denardin (2015) é caracterizado por um sistema eletrônico que na maioria das vezes possui uma Unidade Central de Processamento (CPU), memórias, elementos para entradas e saídas de dados. Os dados de entradas são fornecidos por sensores ou outros dispositivos de leitura. Normalmente, as saídas são geradas por sinais digitais, que acionam diversos dispositivos, como lâmpadas, válvulas e outros atuadores. O descrito por ele é seguido fielmente para o projeto, onde a lógica é encapsulada em um microcontrolador que atua como CPU e possui os demais elementos citados em sua placa.

A criação de uma aplicação web envolve a integração de diversas linguagens de marcação, estilização e programação. A principal linguagem de marcação utilizada na criação de páginas web, especialmente as estáticas, é chamada de HTML. Segundo as especificações oficiais da HTML 5, disponíveis no site do World Wide Web Consortium, a HTML é uma linguagem de marcação com o objetivo de definir de forma semântica a estrutura de documentos. O que significa que através das chamadas tags, ela indica o que cada uma das partes do documento representa, não sendo mais recomendada para definir a apresentação de uma página (HTML5, 2024).

A W3C desenvolveu a CSS (Cascading Style Sheets) para a apresentação de páginas web. A CSS é utilizada em conjunto com a HTML, onde a HTML define semanticamente a estrutura das páginas, enquanto a CSS seleciona os elementos e modifica sua aparência (Wyke-Smith, 2013, p. 1).

O JavaScript é outra tecnologia importante para o desenvolvimento de aplicações web. Sua principal função é criar códigos que rodam no navegador, permitindo que páginas até então estáticas se tornem interativas, respondendo às ações do usuário. (Morrison, 2008, p. 4).

Ademais, para o CRUD, sigla ligada as ações de Criar, Ler, Atualizar e Excluir (Create, Read, Update e Delete) dados de uma aplicação, foi utilizada a linguagem PHP. Segundo o site do PHP, é uma linguagem “focada em fazer qualquer coisa. Sendo focada principalmente nos scripts do lado do servidor, portanto, possibilitando coletar dados de formulários, gerar páginas com conteúdo dinâmico ou enviar e receber cookies dentre outras muitas funções.” (PHP, 2024).

Todos os itens descritos para a parte lógica do funcionamento precisam de um ponto de intersecção para compartilhar dados, já que são dois modelos de funcionamento diferentes: web e embarcado. Para tal, utiliza-se os bancos de dados.

Mas, antes de entender o que é um banco de dados, é preciso entender como manipulá-lo. Para tal existem os SGBD's ou Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados. Segundo Oliveira (2021, pág. 93) Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados são softwares especiais utilizados para gerenciar o armazenamento de dados que são comumente organizados em tabelas que possuem relacionamentos de acordo com a lógica de organização dos dados.

O primeiro passo para trabalhar com banco de dados, segundo Oliveira (2021, pág. 93) é a modelagem entidade-relacionamento. Essa fase permite identificar quais aglomerados de informações serão armazenadas juntas e como elas se relacionam, além de identificar sua cardinalidade e quais caracterizam unicamente um elemento. Vale ressaltar a importância desta etapa, que previne o retrabalho do banco e redundâncias de dados.

Os bancos de dados utilizam uma linguagem própria chamada SQL. Para Damas (2007, pág. 131) SQL não é uma linguagem com vários propósitos como estamos acostumados. Ela é caracterizada como “linguagem declarativa”, se divergindo do caráter “procedimental” das linguagens usuais. Isso implica que sua principal função é descrever o que deverá ser feito, permitindo assim a manipulação de dados com maior facilidade.

Damas (2007, pág. 3) pontua algumas funções importantes da linguagem SQL: “Criar, alterar e remover” elementos de um banco de dados, “Inserir, alterar e apagar dados”, fazer consultas ao banco, controlar acesso aos dados e operações, garantindo a consistência e integridade dos dados.

O SGBD a ser escolhido depende do banco a ser utilizado. Existem diversos bancos de dados no mercado como, por exemplo: MySQL, PostgreSQL, Oracle DB, Microsoft SQL Server e SQL Lite. Cada um destes possuindo no mínimo um SGBD. Nesta pesquisa o escolhido foi MySQL, utilizado em pelo XAMPP, um pacote com servidores de código aberto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A base da automação foi o ESP32, nele foi embarcado toda a lógica que afere a umidade do solo, do ar e a temperatura, submetendo-as ao banco de dados, criando registros com data e hora da submissão. A Tabela 1 apresenta os valores para os componentes em agosto de 2024, evidenciando a viabilidade econômica do projeto. Os sensores calibrados garantiram a precisão das medições, e a automação da irrigação resultou em economia significativa de água e maior liberdade para o produtor.

Na tabela 1, apresenta-se os valores para os componentes em agosto de 2024:

TABELA 1. Relação de preços dos componentes da estufa.

Item	Valor	Loja
ESP32	R\$40,00	Makerhero
Sensor DHT11	R\$10,70	Makerhero
Sensor Capacitivo	R\$9,40	Makerhero
Modulo Relé 12V AC	R\$7,50	Makerhero
Válvula solenoide 12V DC	R\$37,90	Makerhero
Fonte 5V p/ Esp	R\$ 28,40	Makerhero
Fonte 12V p/ Valvula	R\$26,50	Makerhero
Aspersor kit 25 un. completo	R\$129,00	Mercado Livre

Fonte: Do autor, 2024.

Dentre os itens da tabela, os únicos não detalhados diretamente são as fontes, responsáveis pela alimentação dos equipamentos, e os aspersores, responsáveis por irrigar as plantas.

Os sensores apenas demandam uma regulação fina, com alguns testes, mas logo após isso o sistema funciona perfeitamente, fazendo a verificação da umidade do solo, umidade do ar e temperatura interna a cada uma hora. A temperatura serve apenas para verificar a eficiência do sombrite em diminuir a incidência solar. Quando é verificado que a umidade do solo está abaixo de 60% ou a umidade do ar está abaixo de 65%, o sistema de irrigação é acionado por cinco minutos e logo após é feita outra leitura para garantir que o tempo de irrigação foi suficiente e, caso não tenha sido, o sistema de irrigação é acionado novamente, não havendo perdas.

Testes em campo revelaram que estes valores são suficientes, existindo outras variáveis a serem consideradas a depender de onde for instalado. Por exemplo, se uma estufa usar uma cobertura de sombrite com um percentual muito baixo, a umidade irá se esvaír rapidamente, demandando mais tempo de irrigação. Uma solução para este exemplo seria direcionar os microaspersores para as plantas, possibilitando que elas adquiram umidade diretamente das gotículas de água.

O ambiente ideal para a baunilha considerando a cultura da região, seria uma estufa de sombrite no maior percentual possível (80%, por exemplo) para garantir que a perda de umidade seja lenta e demande menos tempo de irrigação.

O software consiste em um CRUD simples que recupera informações do banco de dados e exibe na tela. Também há uma página de controle que só pode ser acessada por administradores do sistema, servindo para definir qual o valor de “trigger” para a irrigação.

O projeto demonstrou ser uma alternativa viável e de baixo custo para pequenos produtores, proporcionando maior autonomia e eficiência no cultivo da baunilha. A análise custo/benefício mostra que a implementação do sistema automatizado resulta em economia de água e redução na necessidade de supervisão constante, o que pode ser um diferencial significativo para pequenos agricultores.

Além disso, o sistema pode ser adaptado para outras culturas que requerem condições específicas de umidade do solo e do ar. Soluções comerciais já existentes para monitoramento agrícola, como sistemas baseados em IoT, tendem a ser mais caras, o que torna este projeto uma alternativa acessível. Outras grandezas físicas, como a condutividade elétrica e a temperatura do solo, também poderiam ser medidas para inferir a umidade do solo, utilizando sensores comerciais específicos.

Questões de metrologia, como a calibração e a precisão dos sensores, são cruciais para garantir a confiabilidade das medidas realizadas.

## **CONCLUSÕES**

O noroeste paulista apresenta um clima favorável ao cultivo de baunilha, e a automação proposta mostrou-se viável e eficiente. O sistema automatizado de irrigação utilizando o ESP32, sensores capacitivos e sensores DHT11 proporcionou um ambiente controlado ideal para o crescimento da *Vanilla Planifolia*. A automação resultou em uma economia significativa de água e maior liberdade para o produtor rural, eliminando a necessidade de supervisão constante.

O projeto demonstra ser uma alternativa acessível para pequenos agricultores, com um custo-benefício favorável quando comparado a soluções comerciais existentes. A modularidade do sistema permite sua adaptação para outras culturas que necessitam de condições específicas de umidade do solo e do ar, ampliando suas aplicações no setor agrícola.

Uma melhoria potencial para o sistema seria a integração de um sistema de energia off-grid, utilizando uma pequena placa fotovoltaica para alimentar os componentes de baixo consumo energético. Estima-se que uma placa de 10W seria suficiente para essa finalidade, aumentando a sustentabilidade do projeto.

Além disso, futuras implementações poderiam incluir a medição de outras grandezas físicas, como a condutividade elétrica e a temperatura do solo, para inferir a umidade do solo com maior precisão. A calibração periódica dos sensores é recomendada para garantir a confiabilidade das medidas realizadas.

Em resumo, o sistema desenvolvido é uma solução prática e viável para a automação de estufas, oferecendo benefícios significativos em termos de economia de água e autonomia para os pequenos produtores rurais. A continuidade desse projeto e a incorporação das melhorias sugeridas podem ampliar ainda mais suas aplicações e benefícios.

## **CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES**

Todos os participantes revisaram cuidadosamente este trabalho e aprovaram a redação do manuscrito final. A contribuição destes na revisão assegura que o trabalho reflete com precisão as ideias desenvolvidas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus orientadores que me proporcionaram-me a aquisição de conhecimento através desta pesquisa, contatos e incentivo, agradeço à biblioteca do campus que prontamente me ajudou com a pesquisa de material, como também agradeço ao Instituto federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP, campus Votuporanga, pelo apoio e desenvolvimento do projeto.

## **REFERÊNCIAS**

BIANCHETTI, Luciano de Bem; et al. Cultivo de baunilha: práticas básicas. Brasília, DF: Embrapa, 2023.

BISCARO, G. A. Sistemas de irrigação por aspersão. Dourados: UFGD, 2009.

BRAGA, N. C. Como funcionam os sensores capacitivos. Disponível em: <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/5849-como-funcionam-os-sensores-capacitivos-art761>. Acesso em: 16 ago. 2024.

CARDOSO, F. H. Sensor térmico para medição da tensão de água no solo. 1994. 156 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

DAMAS, Luís. SQL: structured query language. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

MEDINA, J. D. L. C.; JIMÉNES, C. G. R.; GARCÍA, H. S.; ZARRABAL, T. L. R.; ALVARADO, M. A. G.; OLVERA, V. J. R. Vanilla: post-harvest operations. FAO, 2009. 50 p. (INPhO – Postharvest Compendium).

DENARDIN, G. W. Microcontroladores. Joinville: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2015. (Apostila técnica, Centro de Ciências Tecnológicas).

HTML5. Disponível em: <http://www.w3.org/TR/html5/>. Acesso em: 20 ago. 2024.

MORRISON, Michael. Head first JavaScript. Sebastopol: O'Reilly, 2008.

OLIVEIRA, Sérgio de. Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2021.

PHP 8.3. Disponível em: <https://www.php.net>. Acesso em: 20 ago. 2024.

WYKE-SMITH, Charles. Stylin' with CSS: a designer's guide. 3. ed. San Francisco: New Riders, 2013.

ZOTZ, G.; ALMEDA, F.; ARIAS, S.; HAMMEL, B.; PANSARIN, E. Do secondary hemiepiphytes exist? Journal of Tropical Ecology, v. 37, n. 6, p. 286-290, Nov. 2021.