UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Ciência e Tecnologia
Câmpus de Sorocaba

LEVI PALOMO POIANI

Vaso para agricultura residencial utilizando tecnologia 3d de impressão com controle automático de umidade através Internet das coisas: Blynk IoT

Sorocaba

2022

LEVI PALOMO POIANI

Vaso para agricultura residencial utilizando tecnologia 3d de impressão com controle automático de umidade através internet das coisas: Blynk IoT

Projeto final de curso apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Campus Sorocaba, como parte dos requisitos para obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Ivando Severino Diniz

Sorocaba

2022

P749v

Poiani, Levi Palomo

Vaso para agricultura residencial utilizando tecnologia 3d de impressão com controle automático de umidade através internet das coisas: Blynk IoT / Levi Palomo Poiani. -- Sorocaba, 2022

90 f.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba

Orientador: Ivando Severino Diniz

1. Microcontroladores. 2. Blynk IoT. 3. Monitoramento e controle remoto. 4. Automação residencial. 5. Impressão 3D. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba.

Dados fornecidos pelo autor(a). Essa

ficha não pode ser modificada.

LEVI PALOMO POIANI

Vaso para agricultura residencial utilizando tecnologia 3d de impressão com controle automático de umidade através internet das coisas: Blynk IoT

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO

COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE

BACHAREL EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Prof. Dr. Everson Martins

Coordenador de Curso

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Ivando Severino Diniz

Orientador/UNESP-Campus de Sorocaba

Prof. Dr. Admilson Irio Ribeiro

UNESP-Campus de Sorocaba

Prof. Danilo Ruy Gomes

Mestrando/UNESP-Campus de Sorocaba e Professor/FATEC – Sorocaba

Dezembro de 2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me proporcionar a vida e iluminar meu caminho até aqui. Agradeço toda minha família, pela força e suporte que me deram durante toda jornada de meus estudos, principalmente durante a faculdade. Agradeço aos meus colegas de trabalho da EMICOL por todo apoio e ensinamentos durante meu estágio. Agradeço meus atuais colegas de trabalho da FILIPEFLOP pelo apoio, pelos ensinamentos em eletrônica e também por oferecer o FabLab e as ferramentas necessárias para realização desse projeto. Agradeço meus colegas da faculdade e da república pelo apoio que recebi durante a graduação. Agradeço também aos meus amigos e amigas de Itu, Sorocaba e Florianópolis, que sempre estiveram comigo me motivando nessa jornada. Finalmente, agradeço ao professor Ivando pelo apoio recebido durante toda a faculdade e pela ajuda especial na realização desse trabalho.

“Há duas formas para viver a sua vida. Uma é acreditar que não existe milagre. A outra é acreditar que todas as coisas são um milagre.” – Albert Einstein

RESUMO

POIANI, L.P. **Sistema de monitoramento e controle de** hortifrúti **via protocolo IoT.** Trabalho de Graduação – Instituto de Ciência e Tecnologia do Campus de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Sorocaba, 2022.

Este projeto final de curso apresenta o desenvolvimento de um sistema autônomo de controle e monitoramento remoto de um vaso para agricultura residencial. O vaso inteligente para plantio consiste em um pequeno recipiente projetado para cultivo de pequenas plantas que, neste caso, também apresenta um reservatório de água em seu entorno. É comum encontrar vasos hortifrúti em residências pois são de extrema importância para saúde e para o bem-estar, pois fortalecem o contato do homem com a natureza, promovendo uma alimentação orgânica saudável, assim como economia de recursos que seriam investidos no mercado na compra de hortifrútis. Os avanços tecnológicos nos últimos anos, principalmente na área da eletrônica e T.I., ocasionaram o barateamento dos custos dos componentes eletrônicos cada vez mais populares nas aplicações de sistemas microcontrolados, como placas microcontroladas, sensores e atuadores. O sistema desenvolvido pode ser dividido em três partes: a parte de controle, referente a coleta e transmissão de dados via placa microcontrolada com Módulo Wi-fi Esp8266, juntamente com dois sensores e um atuador, sendo um sensor de umidade de solo, um sensor de nível de água, além do atuador, sendo esse uma mini bomba d'água para irrigação; a segunda parte trata-se da integração do sistema de controle com a rede Internet, via Wi-fi, sendo o monitoramento realizado através de um servidor da aplicação Blynk IoT, o qual promove um controle e monitoramento remoto; e a terceira e última parte, a qual se refere à modelagem, manufatura aditiva e montagem do protótipo com as *cases* impressas com tecnologia 3D FDM em bioplástico PLA. Assim, o projeto se deu pelo desenvolvimento e integração dos softwares e hardwares que juntamente possibilitam um controle e monitoramento remoto.

Palavras-chave: Microcontroladores; Blynk IoT; Monitoramento e controle remoto; Automação residencial; Impressão 3D FDM;

ABSTRACT

POIANI, L.P. **Sistema de monitoramento e controle de** hortifrúti **via protocolo IoT.** Trabalho de Graduação – Instituto de Ciência e Tecnologia do Campus de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Sorocaba, 2022.

This final course project presents the development of an autonomous system for remote control and monitoring of a pot for residential agriculture. The smart pot for planting consists of a small container designed for growing small plants that, in this case, also has a water reservoir around it. It is common to find horticultural pots in homes because they are of extreme importance for health and well-being, as they strengthen the contact between man and nature, promoting healthy organic food, as well as saving resources that would be invested in the market to buy horticultural products. The technological advances in recent years, especially in the area of electronics and I.T., have caused the cheapening of the costs of electronic components that are increasingly popular in microcontrolled systems applications, such as microcontrolled boards, sensors and actuators. The system developed can be divided in three parts: the control part, referring to the collection and transmission of data via microcontrolled board with Esp8266 Wi-Fi Module, along with two sensors and an actuator, being a soil moisture sensor, a water level sensor, and the actuator, being a mini water pump for irrigation; The second part is the integration of the control system with the Internet network, via Wi-Fi, and the monitoring is done through a server of the Blynk IoT application, which promotes a remote control and monitoring; and the third and last part, which refers to the modeling, additive manufacturing and assembly of the prototype with cases printed with 3D FDM technology in PLA bioplastic. Thus, the project was given by the development and integration of software and hardware that together enable a remote control and monitoring.

Keywords: Microcontroller; Blynk IoT; Remote monitoring and control; Home automation; 3D FDM printing;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Revoluções industriais em ordem cronológica. 20
Figura 2 - Tecnologias envolvidas no conceito de Indústria 4.0. 21
Figura 3- Placas microcontroladas do fabricante Espressif. 23
Figura 4- Linha do tempo da evolução das placas microcontroladas Arduino 23
Figura 5- Placas microcontroladas Raspberry Pi Pico, um dos modelos lançados nos últimos anos ao mercado. 24
Figura 6- Pinagem do Módulo Wi-fi ESP8266 que compõe a placa microcontrolada. 25
Figura 7- Representação da integração dos dispositivos e usuários da plataforma Blynk IoT 27
Figura 8 - Imagem de uma impressão SLA em operação. 29
Figura 9 - Imagem de uma impressão SLS finalizada. 30
Figura 10 - Imagem de uma impressão FDM em operação. 30
Figura 11 - Plantações controladas em meio urbano. 32
Figura 12 - Horta inteligente desenvolvida por uma Start-up em 2020. 33
Figura 13 - Vaso Inteligente desenvolvido pela empresa Brota. 33
Figura 14 - Diagrama de conexão entre os dispositivos propostos. 36
Figura 15 - Imagem referente a pinagem da placa Wemos D1 Mini. 37
Figura 16 - Fotos da placa utilizada no protótipo. À esquerda tem-se a vista frontal e a direita a vista inferior nos pinos 39
Figura 17 - Foto da mini bomba submersível. 39
Figura 18 - Foto da mini bomba com a mangueira de 40 cm e 7 cm de diâmetro inclusa na compra. 40
Figura 19 - Sensor de nível horizontal 90° 41
Figura 20 - Componentes do sensor de nível 41
Figura 21 - Sensor de umidade de solo capacitivo 42
Figura 22 - Módulo relé 3,3V-5V 43
Figura 23 - Plug-In P4 Fêmea à esquerda e fonte 5V/2A Plug P4 Macho à direita 43
Figura 24 - Bibliotecas utilizadas no código. 44
Figura 25 - Plataforma Fritzing. Exemplo de circuito utilizando uma placa Arduino 45

Figura 26 - Tela inicial para realização do cadastro na plataforma Blynk IoT. 46
Figura 27 - Imagem da tela inicial o software CAD Creo Parametric. 46
Figura 28 - Imagem da área de trabalho do software Creo Parametric, demonstrando os planos cartesianos x, y e z.. 47
Figura 29 - Imagem ilustrativa da impressora 3D Ender 3-Pro. 48
Figura 30 - Imagem da área de trabalho do software Ulti*maker* Cura Slicer 5.0. 48
Figura 31- Ferramenta para desencapar os jumpers à esquerda. A direita, alicate de corte, chave Phillips, parafusos M3 tipo Phillips, chave tipo fenda e paquímetro digital. 50
Figura 32 - Ferramentas utilizadas para solda: fonte ajustável, pinça, esponja metálica, carretel de estanho e ferro de solda. 50
Figura 33 - Tubos termo retrátil a esquerda e jumpers a direita. 50
Figura 34 - Divisão do desenvolvimento do projeto. 51
Figura 35 - Seleção da aba “VirtualPinWrite” para acesso do código de exemplo. 53
Figura 36 – Início do código com título do projeto e declaração das informações do placa dentro da plataforma Blynk nas linhas 5 a 8 da programação 54
Figura 37- A segunda parte da declaração foi dedicada as bibliotecas. 55
Figura 38 - Linhas de código referentes às variáveis e constantes. 55
Figura 39 - Declaração da função que envia dados a bomba d’água. 56
Figura 40 - Funções responsáveis por receber dados dos sensores e disponibilizá-los na plataforma Blynk. 56
Figura 41 - Função Setup e relógio 57
Figura 42 - Função Setup e função loop 57
Figura 43 - Esquemático eletrônico do projeto. 59
Figura 44 - Tela de início dentro da plataforma Blynk IoT. 59
Figura 45 - Criação do template para placa escolhida dentro da plataforma Blynk IoT. 60
Figura 46 - Escolha da placa dentro da plataforma Blynk IoT. 60
Figura 47 - Outras placas disponíveis para uso dentro da plataforma Blynk IoT. 61
Figura 48 - Template criado e disponível para uso dentro da plataforma Blynk IoT. 61
Figura 49 - Uso do template para o dispositivo dentro da plataforma Blynk IoT. 61
Figura 50 - Informações do novo dispositivo essenciais para comunicação do servidor Blynk com a placa, via IDE Arduino. 62
Figura 51 - Informações do novo dispositivo. 62

Figura 52 - Campo “Datastreams” é responsável pela criação e edição das variáveis do programa. 63
Figura 53 - Definição do formato dos dados que cada pino virtual ou variável interpretará. 63
Figura 54 - Variável “Umidade” atrelada ao display gráfico. 64
Figura 55 - Variável “Umidade” atrelada ao display do tipo Gauge. 64
Figura 56 - Variável “Nível de água” atrelada ao display LED. 65
Figura 57 - Variável “Bomba d’água” atrelada ao botão tipo switch 65
Figura 58 - Interface programada para receber e enviar todos os dados do vaso IoT. 66
Figura 59- Placa microcontrolada conectada ao servidor da plataforma Blynk IoT. 66
Figura 60 - Placa microcontrolada mostrando os estados das variáveis e valores do programa. 67
Figura 61 - Dispositivo já existente na versão mobile dentro da conta criada na Blynk IoT. 67
Figura 62 - Configuração dos elementos visuais da interface versão mobile da plataforma Blynk IoT. À esquerda tem-se a tela de desenvolvimento e à direita a tela de visualização do dispositivo 68
Figura 63 - Programação da automação via mobile da plataforma Blynk IoT App. 69
Figura 64 - Configuração da automação “Alarme Bomba” relacionado a bomba d’água. . 70
Figura 65 - Programação do alarme da bomba d’água via mobile dentro da plataforma Blynk IoT. 71
Figura 66 - Programação da ação tomada após o acionamento da saída dentro da plataforma Blynk IoT. 71
Figura 67 - Observa-se os modelos 3D do sensor de nível de água à direita e da mini bomba d’água à esquerda. 72
Figura 68 - Modelo 3D do sensor de umidade de solo retirado da internet. 73
Figura 69 - Desenho 3D do recipiente do vaso, juntamente com as cotas principais. 74
Figura 70 - Desenho 3D do recipiente do vaso, juntamente com as cotas principais. 74
Figura 71 - Design da montagem do dispositivo elaborado no software Creo Parametric. 75
Figura 72 - Pré-visualização do dispositivo elaborado no software Creo Parametric, com total de 583 camadas 76
Figura 73 - Impressão da primeira camada da parte do recipiente do vaso, sendo pré-manufaturado no software Creo Parametric. 76

Figura 74 - Pré-visualização da manufatura do recipiente do vaso na camada 279ª. 76
Figura 75 - Pré-visualização da case que abriga os eletrônicos do sistema de controle do dispositivo, elaborado no software Creo Parametric. 77
Figura 76 - Pré-visualização da tampa da case que abriga os eletrônicos do sistema de controle do dispositivo, elaborado no software Creo Parametric. 77
Figura 77 - Parte do recipiente e do reservatório do vaso hortifrúti. 78
Figura 78 - Foto das partes impressas: parte branca refere-se ao recipiente e ao reservatório, enquanto a parte transparente é elaborada para abrigar os componentes eletrônicos. 78
Figura 79 - Foto do acabamento com tubo termo retrátil na solda feita em um jumper do sensor de nível, a fim de soldar um conector fêmea em sua extremidade. 79
Figura 80 - Demonstração da conexão bem sucedida entre placa microcontroladora e o servidor Blynk. 80
Figura 81 - Dashboard da interface de controle e monitoramento em funcionamento via aplicação web. 81
Figura 82 - Dashboard da interface de controle e monitoramento em funcionamento, via aplicação mobile. 81
Figura 83 - Protótipo com água no reservatório e com substrato no recipiente para testes de vedação. 82
Figura 84 – Vistas do protótipo final montado com todos os componentes. 82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações técnicas da placa microcontrolada WEMOS D1 MINI. 38
Tabela 2 - Especificações sobre a pinagem da placa em questão e suas funcionalidades... 38
Tabela 3 - Cálculo do custo final do projeto 52

LISTA DE SILGAS

IoT	–	*Internet of Things*
Wi–Fi	–	W*ireless Fidelity*
UNESP	–	Universidade Estadual Paulista
PFC	–	Projeto Final de Curso
TI	–	Tecnologias da informação
IP	–	*Internet Protocol*
URL	–	*Uniform Resource Locator*
ID	–	*Identity*
TCP	–	*Transmission Control Protocol*
HTTPS	–	*Hypertext Transfer Protocol Secure*
PLC	–	*Programmable Logic Controller*
CNC	–	*Computer Numeric Control*
RFID	–	*Radio-Frequency Identification*
IDE	–	*Integrated Development Environment*
PWM	–	*Pulse Width Modulation*
API	–	*Application Programming Interface*
PLA	–	Ácido Polilático
CAD	–	*Computer Aided Design*
FDM	–	*Fused Deposition Modeling*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16

1.1 Justificativa 16

1.2 Objetivo 17

1.3 Estrutura 17

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 19

2.1 Indústria 4.0 e Automação residencial 19

2.2 IoT 21

2.2.1 Microcontroladores 22

2.2.2 Programação 25

2.2.3 Rede Ethernet TCP/IP 26

2.3 Blynk IoT 26

2.4 Manufatura Aditiva e CAD 27

2.5 Cultura *Maker* 31

2.6 Horta orgânica controlada 32

2.6.1 Otimização do crescimento de hortaliças 34

2.6.2 Condições ideais para crescimento de hortaliças 34

2.6.3 Irrigação 34

2.6.4 Luz 34

2.6.5 Nutrição de hortaliças 35

3 INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO 36

3.1 Proposta do trabalho 36

3.2 Hardware e Software 37

3.2.1 Placa Wemos D1 Mini Pro- Módulo Wifi ESP8266 37

3.2.2 Mini bomba de água submersível 39

3.2.3 Sensor de nível de água 90° 40

3.2.4 Sensor de umidade capacitivo 41

3.2.5 Módulo Relé 5V 42

3.2.6 Plug-in P4 e Fonte 5V 43

3.2.7 Bibliotecas e placas na IDE Arduino 43

3.2.8 Fritzing - Esquemático Eletrônico 44

3.2.9 Acesso a plataforma Blynk IoT 45
3.2.10 CREO Parametric - Software CAD (versão estudante) 46
3.2.11 Impressora 3D e Software Ulti*maker* Cura 5.0 47
3.2.12 Ferramentas 49
3.2.13 Jumpers e tubo termo retrátil 50

4 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA 51

4.1 Etapas do desenvolvimento do dispositivo IoT 51

4.2 Configuração do código na IDE Arduino 52

4.3 Configuração do esquemático eletrônico 58

4.4 Configuração da plataforma Blynk IoT 59

4.4.1 Configurações das entradas e saídas do sistema (sensores) 62
4.4.2 Configuração do display para umidade (entrada) 63
4.4.3 Configuração do gauge para umidade 64
4.4.4 Configuração do LED virtual para o sensor de nível 64
4.4.5 Configuração do switch ON/OFF para mini bomba do dispositivo 65

4.5 Acesso à Interface de controle no Blynk IoT 66

4.6 Acesso à Automação no Blynk IoT 68

4.7 Modelagem 3D e Impressão 3D FDM 72

4.8 Soldagem dos jumpers e montagem do circuito 79

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 80

6 CONCLUSÃO 83

REFERÊNCIAS 84

APÊNDICE 87

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

Com os avanços tecnológicos em constante aceleração no ambiente industrial em áreas como eletrônica, programação e tecnologia da informação tornou-se possível realizar automações residenciais de baixo custo. Conceitos como “Domótica”, “Casas Inteligentes”, “Impressão 3D”, “Internet das Coisas” vem se popularizando cada vez mais quando o assunto é tecnologia. Tarefas que exigem dispositivos conectados a todo instante, como o monitoramento da segurança de uma casa por exemplo, estão se tornando comuns no mercado tecnológico atual, sendo de fácil instalação, baixo nível de complexidade e baixo investimento.

Dentro deste cenário, muitos fabricantes de tecnologia industrial partiram para o ambiente residencial e para o mercado hobbista, a fim de atender as necessidades dos dispositivos inteligentes para o dia a dia das pessoas. Protocolos de comunicação surgiram, e a integração e conectividade dentre estes dispositivos era impossibilitada devido a incompatibilidade dos sistemas. Com isso, diversas empresas começaram a desenvolver servidores, baseados em protocolos de comunicação, que permitissem uma comunicação de fácil configuração.

A fim de minimizar a incompatibilidade de comunicação entre dispositivos IoT e simplificar automações para tais dispositivos, cada vez mais os microcontroladores programáveis são usados para integração de sistemas de controle e monitoramento.

Os produtos vendidos no mercado atual são produtos de alto investimento, e não suportam um tamanho de plantas hortifrúti próximas dos 20 cm de altura. Os dispositivos irrigadores disponíveis no mercado não permitem o usuário personalizar as automações de controle e monitoramento remoto. Esses dispositivos apresentam muitas vezes alto custo de operação e manutenção, obsolescência de tecnologia (muitas vezes não permitindo manutenção, dificultando ou impossibilitando a comunicação com outras placas microcontroladas, ou microprocessadores como a *Raspberry Pi*, ou dispositivos inteligentes como a *Alexa*.

A partir dessa análise, não é complexo notar a necessidade de integrar os dispositivos eletrônicos de forma que seja possível unir esses sistemas elementos da Indústria 4.0, como a comunicação pela rede internet. Assim, até mesmo diferentes protocolos de rede podem proporcionar um controle e supervisão de dados eficiente, de baixo custo e *Open Source*.

Devido a admiração pelos avanços da tecnologia durante toda história humana, e pelo olhar criativo e planejador necessário para um engenheiro de controle e automação, este trabalho foi construído, englobando conhecimentos fundamentais de redes de comunicação, sistemas microcontrolados, protocolo de comunicação TCP/IP, manufatura aditiva e procedimentos necessários para implementar um dispositivo de vaso para plantio residencial IoT.

1.2 Objetivo

O objetivo deste Projeto Final de Curso (PFC) consiste em trazer conceitos da Indústria 4.0 ou da 4ª revolução industrial, como Internet das Coisas, Impressão 3D e Computação em Nuvem, para a realidade de sistemas de monitoramento residencial, através da integração de uma placa microcontrolada e um servidor web integrando protocolos de rede, envolvendo também manufatura aditiva com o intuito de obter o controle e monitoramento de informações de forma personalizada do vaso hortifrúti através de qualquer dispositivo conectado à rede.

1.3 Estrutura

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

- Fundamentação teórica: neste capítulo será desenvolvido todo os conceitos necessários para a compreensão deste projeto final de graduação. O embasamento teórico é a parte que permite abordar, ainda que de maneira superficial, os conhecimentos que formam a base para o entendimento do conteúdo.
- Integração de sistemas de automação: neste capítulo será detalhada a proposta do trabalho, de forma a exibir todas as integrações projetadas, quais dispositivos e recursos foram necessários e através de quais softwares foi possível desenvolver a proposta.

- Desenvolvimento do sistema: neste capítulo será detalhado como foi executada a programação da placa microcontrolada e os detalhes da integração entre a placa, servidor Blynk IoT e a rede Internet.
- Resultados e discussões: neste capítulo serão compilados os testes de comunicação, as validações do sistema, a exibição de cada interface desenvolvida e explicações finais.
- Conclusão: neste capítulo será exposto o que pôde ser concluído com o desenvolvimento do projeto, vantagens, desvantagens e aplicabilidade real.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para melhor entendimento deste projeto final de curso, serão abordados neste capítulo, os conceitos teóricos necessários envolvidos na pesquisa e desenvolvimento do projeto.

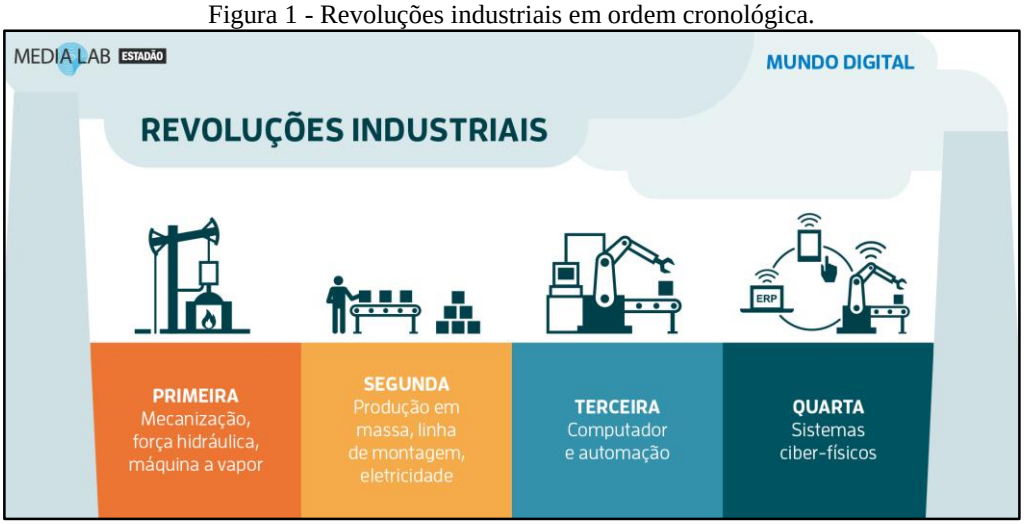
2.1 Indústria 4.0 e Automação residencial

A evolução industrial durante o decorrer da história sempre esteve atrelada com o desenvolvimento socioeconômico mundial, promovendo assim, facilidades, controle e segurança no dia a dia das pessoas. Desde o final do séc. XVIII, a indústria vem se transformando devido ao rápido desenvolvimento tecnológico da humanidade, fato que alterou a maneira como os produtos são fabricados, como as máquinas se relacionam com as pessoas e cada vez mais, fortaleceu a relação da economia com o setor industrial.

Segundo Bitkom (2016 apud SANTOS; ALBERTO; LIMA; CHARRUA-SANTOS, 2018, p. 114), a primeira Revolução industrial ocorreu devido à transição do trabalho manual para máquinas alimentadas a vapor. No começo do séc. XX, a chegada da eletricidade nos sistemas produtivos marca o início da Segunda Revolução Industrial, definida também pela produção em massa e divisão do trabalho. Da década de 1970 até os dias atuais, a chamada terceira revolução industrial ainda é caracterizada pelo uso da eletrônica e tecnologia da informação (TI), com o objetivo de aprimorar a automação na produção.

Nos últimos 20 anos, a combinação de tecnologias avançadas em conjunto com a rede Internet, transformou o panorama industrial, assim como o panorama residencial. A figura 1 apresenta um resumo das quatro Revoluções Industriais.

Figura 1 - Revoluções industriais em ordem cronológica.



Fonte: Jornal Estadão.

É inevitável dizer que o desenvolvimento de dispositivos automatizados nas indústrias apresentaram um imenso salto tecnológico. Com o passar dos anos esses avanços advindos da evolução da tecnologia no ambiente industrial, a qual visava primordialmente trazer mais eficiência produtiva no setor da indústria com controle e monitoramento remoto, foi direcionada para o consumo dos grandes mercados criados pela globalização, o qual atualmente tem por objetivo gerar cada vez mais conforto à vida cotidiana.

Uma boa definição para automação é um conjunto de técnicas destinadas a tornar automáticas a realização de tarefas, substituindo o gasto de bioenergia humana, com esforço muscular e mental, por elementos eletromecânicos computacionais. Portanto, observa-se que este amplo conceito se estende a diversos cenários, como, por exemplo, a máquina de lavar roupa para a lavadeira, a xerox para o escrivão, ou o robô para o operário industrial. Os benefícios para qualquer processo de automação são nítidos: eficiência, segurança, conforto, redução de custo e maior produtividade. (LIMA; SILVEIRA, 2003).

A Indústria 4.0 permite uma maior capacidade de integração e conectividade entre pessoas, máquinas, e fábricas, devido ao surgimento de materiais avançados, que permitem o desenvolvimento de novos sensores, tecnologia de processamento mais rápido, redes de produção avançadas, de dispositivos de fabricação controlados por computadores e em alguns casos já automatizados com robôs autônomos, permitindo uma interação entre o real e o virtual, através das tecnologias tais como: inteligência artificial (IA), robótica avançada, internet das coisas (IoT), veículos autônomos, big data, armazenamento em nuvem, realidade aumentada, sistemas cyber físicos, segurança digital, impressão 3D. A definição de Industria

4.0 encontra-se em aberto, pois a mesma está surgindo e se expandindo, tornando o futuro imprevisível. (CHMIELEWSKI; DA SILVA, LEITE, 2020).

Figura 2 - Tecnologias envolvidas no conceito de Indústria 4.0.



Fonte: Autor desconhecido

2.2 IoT

A Internet popularizou-se como sendo uma “Rede de Redes” e uma ferramenta de comunicação globalizada, inicialmente possibilitando a ligação entre pessoas e entre pessoas e computadores (máquinas). Foi criada nos anos 60 com o objetivo de interligar os ambientes acadêmicos e de pesquisas; com seu crescimento, a Internet foi expandida para a área comercial, aumentando ainda mais o seu uso com o surgimento da forma de busca WEB (WWW) e das redes sociais. (CHMIELEWSKI; DA SILVA, LEITE, 2020)

No cenário atual, é quase impossível se pensar na vida cotidiana sem o uso da Internet, das redes sociais e comerciais, devido ao fato que a Internet remodelou a forma do ser humano viver e se comunicar uns com os outros. O barateamento e a compactação do dimensional dos componentes eletrônicos com acesso à Internet possibilitaram que equipamentos e aparelhos mais simples como TV, geladeira, fogão, ar-condicionado, alarmes residenciais, lâmpadas, automóveis, aparelhos hospitalares, também pudessem acessar a rede global. Então, surgiu então o termo “Internet das Coisas (IoT)”. Tal forma de utilização da Internet objetiva interligar e integrar aparelhos de uso cotidiano, realizando assim uma comunicação e controle entre objetos/aparelhos, promovendo uma maior

automatização das tarefas cotidianas, por meio do uso do acesso celular. Com isso, diversos setores da economia podem ser integrados como *Smart Grid* (Setor Elétrico Inteligente), Cidade e Casas Inteligentes, Indústria, Saúde, Lazer e Automatização Comercial, entre outros.

No cenário das Casas Inteligentes, o custo de uma automação residencial, apesar dos grandes avanços tecnológicos terem proporcionado uma redução de preço dos componentes, em especifico na automatização sem fio, ainda continua tendo um custo elevado, sendo que para se desenvolver um sistema de domótica integrando os principais circuitos e acionamentos elétricos de uma casa, para realizar apenas o controle e monitoramento remoto em um portão elétrico e iluminação de uma residência por exemplo, o valor inicial fica em torno de R$ 900,00 reais, podendo chegar a valores maiores que R$ 5.700,00 (GOMES; SILVA; GELACKI, 2016).

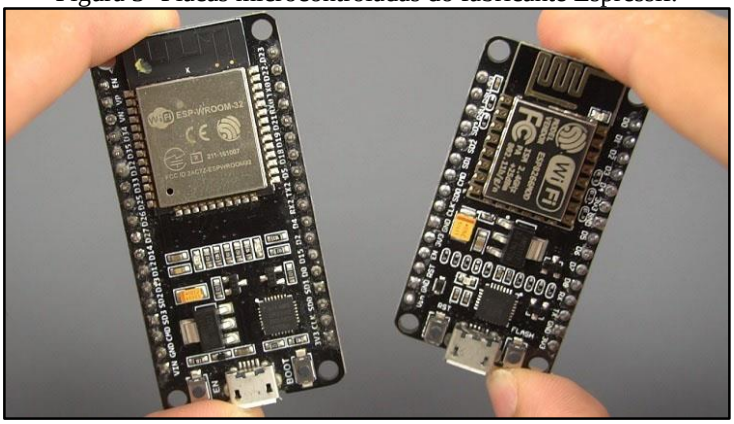
2.2.1 Microcontroladores

Os microcontroladores ou placas microcontroladas consistem dispositivos que apresentam um circuito integrado programável que contém a estrutura básica de um microcomputador, isto é, há uma Unidade Central de Processamento, memórias RAM e EEPROM (Memórias de leitura e escrita volátil e não volátil, respectivamente), portas de entrada/saída. Há a possibilidade de alguns modelos de microcontroladores incorporarem diferentes módulos complementares, como conversores analógico/digital (A/D), módulos PWM (em inglês, Pulse Width Modulation), módulos de comunicação serial entre outros.

Devido a esse sistema microcontrolado possuir diversos componentes dispostos em unidades diferentes, há a necessidade de interligá-los por meio de condutores paralelos constituindo um barramento para condução das informações através dos circuitos, como por exemplo a disposição de componentes em uma placa PCB (*Printed Circuit Board*, ou Placa de Circuito Impresso). Os dispositivos que utilizam microcontroladores em seu sistema visam gerar e processar dados melhorando sua confiabilidade e conectividade além de diminuir seu tamanho, custo e consumo de energia. Alguns dos fabricantes de microcontroladores atuais são a *Intel*, *Espressif Systems*, Microchip, Atmel, Motorola, além da fundação *Raspberry Pi*, reconhecida mundialmente pelos microprocessadores *Raspberry Pi*.

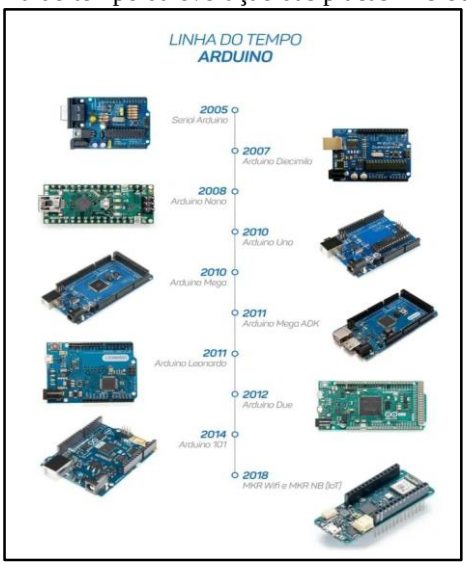
O módulo ESP8266, da empresa chinesa *Espressif Systems*, é um módulo microcontrolador capaz de se conectar a redes Wi-Fi de 2.4 GHz e que pode ser utilizado tanto em uma aplicação stand-alone, onde ele não precisa de nenhum outro dispositivo para funcionar, como em uma aplicação de servidor/cliente de outro microcontrolador. Assim, na condição de cliente, o ESP8266 funciona como um adaptador possibilitando a conexão Wi-Fi para outros microcontroladores, como, por exemplo, o modelo ESP-32 do mesmo fabricante e as placas da família Arduino (OLIVEIRA, 2017).

Figura 3- Placas microcontroladas do fabricante Espressif.



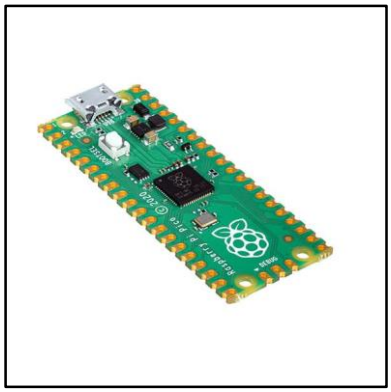
Fonte: Autor desconhecido

Figura 4- Linha do tempo da evolução das placas microcontroladas Arduino



Fonte: filipeflop.com.br

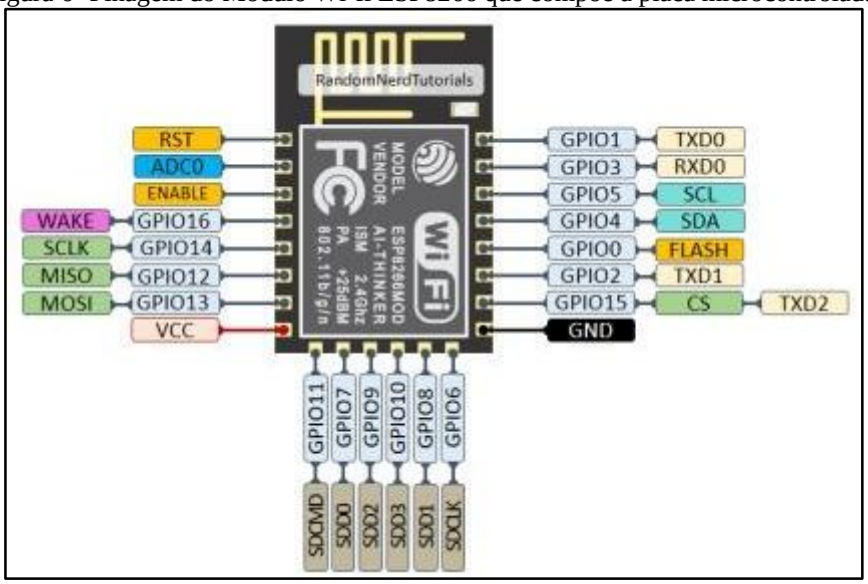
Figura 5- Placas microcontroladas Raspberry Pi Pico, um dos modelos lançados nos últimos anos ao mercado.



Fonte: filipeflop.com.br

O ESP8266 pode operar em duas configurações, sendo ponto de acesso ou cliente. Na configuração ponto de acesso, o comportamento do módulo será semelhante ao de um roteador, possibilitando a criação de uma rede Wi-Fi restrita protegida por login e senha. Neste modo, é criado um servidor, com IP aleatório ou predefinido, que pode conter uma página web com informações dos componentes eletrônicos conectados ao ESP8266. Já no modo cliente, o microcontrolador se conecta a uma rede Wi-Fi já existente, criando um servidor onde todos os dispositivos conectados nesta mesma rede Wi-Fi têm acesso a este servidor através do endereço IP. Ainda é possível mesclar os dois modos de operação, resultando em uma terceira configuração onde o ESP8266 atua simultaneamente como ponto de acesso e cliente (ŁKRABA, 2016).

Figura 6- Pinagem do Módulo Wi-fi ESP8266 que compõe a placa microcontrolada.



Fonte: Autor desconhecido.

2.2.2 Programação

A programação pode ser entendida como uma ferramenta computacional que expresse uma lógica, sendo dividida em várias ascendências sequenciais que possam ser aplicadas a um equipamento ou máquina. Para a transformação de um problema em programação é preciso investigar as causas, para então buscar as resolver de maneira concisa, organizando as causas e soluções de forma objetiva, enxuta, por fim traduzir todas as chaves encontradas para uma linguagem que seja compreendida pela máquina onde se vai atuar. A programação é fragmentada em diversos tipos de linguagens que possuem suas peculiaridades, bem como vantagens e dispêndios, a percursor da programação foi o Assembly, atualmente existem variadas línguas programáticas, como por exemplo: Javascript, Java, Python, C/C++ entre outras, através disso Sebesta, (2011) destaca que é importante buscar a melhor forma para expressar de maneira concisa e bem concebida as ideias de resolução, sendo necessário para isso o amplo conhecimento dos ramos da programação, o que fará com que se poupe tempo, memória e processamento dos controladores.

2.2.3 Rede Ethernet TCP/IP

Ethernet TCP/IP é uma arquitetura de interconexão para redes locais - Rede de Área Local (LAN) - baseada no envio de pacotes. Ela define cabeamento e sinais elétricos para a camada física, em formato de pacotes e protocolos para a subcamada de controle de acesso ao meio (*Media Access Control* - MAC) do modelo OSI (VENTURELLI, 2016). Trata-se de uma tecnologia de rede capaz de agregar novas tecnologias em uma comunicação compartilhada por um único cabo para todos os dispositivos da rede. Isso permite que a rede se expanda para acomodar novos dispositivos sem ter de modificar os dispositivos antigos.

As Redes Ethernet TCP/IP oferecem diversos benefícios em suas aplicações;

- Rede simples de projetar e implantar;
- Componentes de baixo custo, comparados a outras redes;
- Permite diversos Protocolos dentro do Padrão;
- Rede padronizada por normas em constante evolução;
- Diversidade de aplicações;
- Rede interoperável e escalar.

O padrão Ethernet possui alguns Protocolos Industriais para que são utilizados no Controle e Automação Industrial, mas pensando no que tange o sistema desenvolvido o protocolo TCP/IP se destaca. Na verdade, trata-se de um conjunto de protocolos de comunicação entre computadores em rede TCP (*Transmission Control Protocol* – Protocolo de Controle de Transmissão) e IP (*Internet Protocol* – Protocolo de Internet), tendo como principais vantagens a padronização, interconectividade, roteamento, robustez e internet.

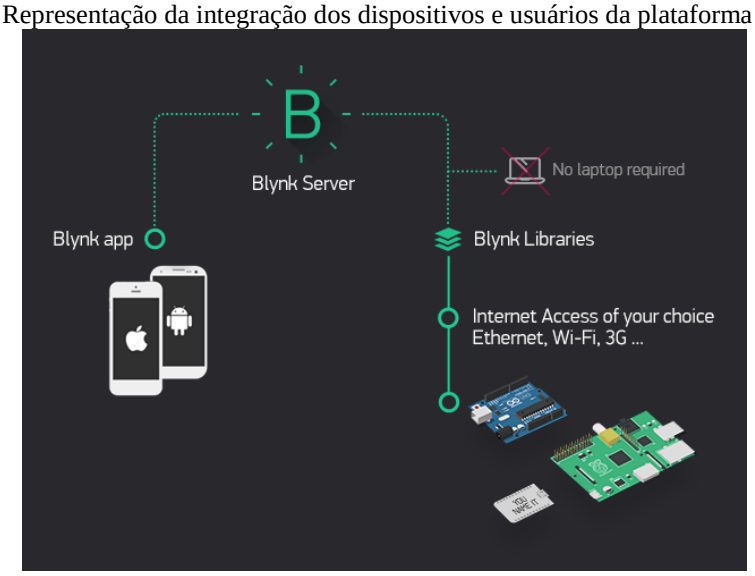
2.3 Blynk IoT

O aplicativo Blynk surge como proposta integradora de plataformas a serem conectadas entre o mundo físico e o digital. O Blynk é uma plataforma que integra um aplicativo (iOS e Android) com o hardwares, como as placas ESP8266, Arduino, Raspberry Pi, Intel Edison, entre outras plataformas de desenvolvimento. Dentro dessa perspectiva e considerando a questão problema das “API’s” (Interface de Programação de Aplicativos),

considerando ainda o objetivo geral da pesquisa que se constitui em estudar a IoT no sentido de elucidar a questão, a partir da análise de um possível sistema

Em relação a plataforma Blynk IoT, essa é, portanto, ativada através de sinal TCP/IP, que se trata de um conjunto de protocolos de comunicação entre computadores em rede, sinal esse, enviado de um servidor criado na aplicação Blynk IoT às placas microcontroladas. Os usuários da API tem acesso diretamente ao servidor da plataforma, de forma que seja descartada a criação de qualquer servidor local em outro dispositivo. Dentro da plataforma, os usuários tem acesso a criação de interfaces de controle e monitoramento, através do uso de elementos como displays, botões, gráficos, e outros tipos de entradas e saídas virtuais. Com isso, as placas microcontroladas podem ser conectadas a essas API's dentro da plataforma Blynk, possibilitando o controle e monitoramento remoto dos usuários.

Figura 7- Representação da integração dos dispositivos e usuários da plataforma Blynk IoT



Fonte: site Blynk IoT

2.4 Manufatura Aditiva e CAD

Ao longo das três últimas décadas, a tecnologia de impressão 3D evoluiu consideravelmente e passou a fazer parte de diversos setores da indústria, da ciência e da vida de milhares de indivíduos. Há um enorme potencial para o uso desta tecnologia,

cujos produtos ou objetos resultantes são cada vez mais geometricamente complexos, baratos e rápidos de serem produzidos.

Toda estrutura impressa tridimensionalmente possui uma representação geométrica computacional, que é o objeto ou modelo a ser construído. Existem vários softwares que podem ser usados para a modelagem CAD (Computer-Aided Design), softwares como o Autodesk AutoCAD ou o Autodesk Inventor, ou ainda por softwares como o Creo Parametric, SolidWorks, Fusion 360, Blender, entre muitos outros.

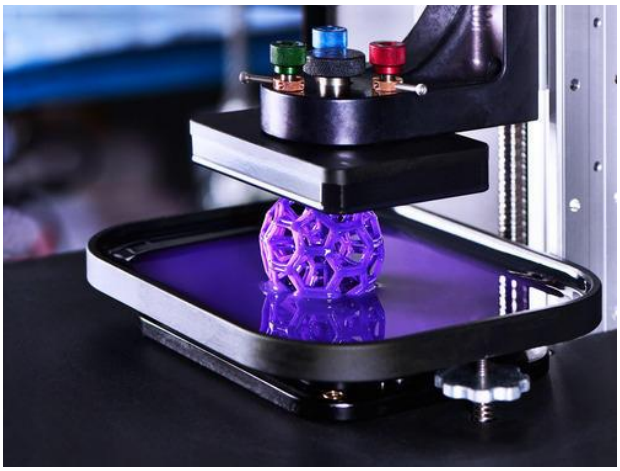
Por meio de um modelo 3D previamente modelado e estruturado, pode-se iniciar o processo de impressão. Para isso, um software especializado, como o Ulti*maker* Cura da *Maker*Bot, assim como Prusa Slicer e Idea*Maker*, divide o objeto em camadas ou fatias, cuja quantidade depende de suas dimensões, materiais a serem utilizados complexidade do modelo(cada uma das camadas, aliás, pode apresentar diferenças de tamanho e quantidade de material). As camadas são impressas em sequência, uma a uma, até formar o objeto por completo, sendo que esse processo sequencial pode levar horas até ser finalizado. É pertinente observar que os cuidados com a impressão 3D não se limitam apenas à modelagem do objeto. É também preciso dar atenção ao preparo da impressora, isto é, calibrá-la adequadamente para a realização do trabalho, abastecê-la com o material adequado a ser utilizado no protótipo e, por fim, garantir a sincronização entre hardware (impressora) e software (programa com a modelagem) para obter os resultados esperados. Com todos esses cuidados, a impressão do produto pode ser bem sucedida.

Em resumo, as camadas geradas pelo software, a impressora consegue se guiar durante o processo. Camada a camada, ela deposita a quantidade de material necessária sobre o objeto; como o modelo é cortado em micro pedaços, a impressora pode calcular a “curva de nível”, ou seja, como, quando e qual a quantidade de material que deve ser usado na manufatura do objeto 3D. Por fim, existe ainda a etapa de pós-processamento, em que os profissionais realizam a limpeza do objeto impresso, a fim de retirar sobras de materiais indesejados. Vale notar que, além da limpeza, muitas impressoras acrescentam um acabamento adicional às peças, semelhante aos processos tradicionais de usinagem por remoção. A partir do breve resgate temporal realizado anteriormente,é possível observar que o primeiro tipo de impressão tridimensional concebido na história foi a estereolitografia. No entanto, além dele, hoje existem vários outros tipos de manufaturas aditivas, cada qual com

um propósito ou técnica específica. Não existe um tipo de impressora 3D que abranja todos os usos possíveis; logo, cada tipo busca atingir um objetivo. É desta concepção, isto é, da divisão em um certo número de camadas e impressão sequencial, que provém o termo "manufatura aditiva". Trata-se, afinal, de diversos cortes finos, os quais são calculados pelo software e transferidos à impressora, para que a impressão seja realizada e gradualmente formar o objeto desejado.

Atualmente, existem três principais métodos de impressão 3D. A Estereolitografia (SLA) consiste no primeiro tipo de impressão 3D, apresentado por Charles Hull em 1983. Esse tipo é capaz de gerar peças ou objetos, camada a camada, por meio da orientação de um canhão à laser sobre a superfície de um tanque, que é envolto por fotopolímero líquido (TROTT, 2012). Ou seja, assim que o mapeamento e o fatiamento do modelo são realizados, o objeto começa a ser impresso. Fisicamente, a impressora deposita o fotopolímero, camada a camada, seguindo o molde previamente gerado via software. De acordo com Trott (2012), esse tipo de processo pode produzir qualquer formato de objeto em três dimensões: basta conceber o molde usando um software CAD, e enviá-lo à impressão.

Figura 8 - Imagem de uma impressão SLA em operação.



Fonte: https://www.produtecalab.com.br/impressao-3d-em-resina/

A Sinterização seletiva a laser (SLS). A sintetização seletiva a laser (SLS), tendo por base um modelo 3D, utiliza um tipo de laser de dióxido de carbono, capaz de fundir pequenas partículas de material em pó para criar as peças. O pó utilizado não é necessariamente raro ou especial; na prática, qualquer tipo de material que possa ser transformado em pó pode virar matéria-prima para esse tipo de impressão (VOLPATO, 2006). Esse é, aliás, um tipo

de manufatura aditiva de baixo custo, mas que pode se mostrar bastante produtivo na indústria em geral.

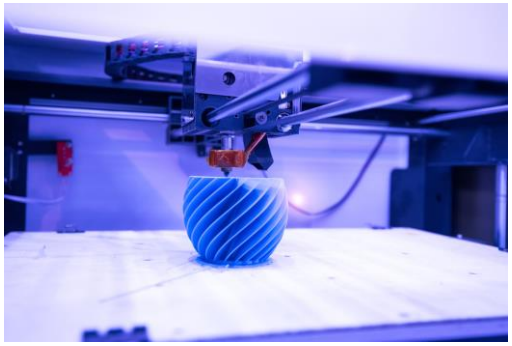
Figura 9 - Imagem de uma impressão SLS finalizada.



Fonte: https://www.compras3d.com.br/blog/tag/como-funciona-uma-impressao-3d/

A modelagem por deposição fundida ou FDM é um processo que distribui, durante a impressão, material derretido pelas camadas definidas previamente via software. Na maior parte dos casos, o material utilizado é o plástico. Nesse processo, a impressora opera por filamentos do material: ao iniciar, tais filamentos são desenrolados e, ao passar pelo bocal da impressora, aquece e derrete. Em estado derretido, a impressora utiliza o mapeamento realizado pelo software, liberando o material gradualmente onde for necessário. Repete, por conseguinte, esta ação camada a camada, até formar o objeto.

Figura 10 - Imagem de uma impressão FDM em operação.



Fonte: Autor desconhecido.

2.5 Cultura *Maker*

Fundamentada da filosofia do “Do it Yourself” (DiY) e popularizada por Dale Dougherty a cultura *maker* é conhecida, também, como movimento *maker*. O movimento *maker* é a filosofia do “aprender fazendo”, que vem do inglês to make que quer dizer “fazer”. É uma pessoa que faz algo, ou seja, um fazedor. Esse movimento tem várias características e emprega a criatividade (ter a capacidade de inventar), sustentabilidade (consumir menos, evitar o desperdício e valoriza o uso de recursos que estão disponíveis), originalidade (ser capaz de inovar, o que implica em ter uma ideia e “pôr a mão na massa”), colaboração (aproveitamento de ideias e coisas já criadas, portanto tudo é feito em colaboração, isto é, todo mundo trabalha junto “mesmo que seja em rede”), escalabilidade (tudo que é criado pode ser replicado e adaptado), democratização da informação (compartilhamento do que é criado) e empoderamento (com uso das tecnologias).

O Movimento *maker* é fundamentado filosofia do “Do it Yourself” (DiY) e do “Do it with Others” (DiwO) e tem em sua base a ideia de que pessoas comuns podem construir, consertar, modificar e fabricar os mais diversos tipos de objetos e projetos com suas próprias mãos. O principal elemento do movimento *maker* são os “*maker*s” ou criadores, aqueles que transformam as ideias em realidade, ou seja; construir, reformar, adaptar, consertar ou fabricar. Esses fazedores não estão vinculados somente ao uso de laboratório específico. A cultura *maker* abrange diversas possibilidades e valoriza o uso de recursos próprios ou de fácil acesso.

De acordo com Anderson (2014), “os *maker*s têm em comum o uso de ferramentas digitais para criar produtos e o compartilhamento de informações e colaboração em comunidades online”. Portanto, os *maker*s além de criar, adaptar ou transformar um determinado artefato, eles fazem o compartilhamento de suas ideias para colaborar com novos projetos. Os elementos da cultura *maker* são decisivos para o desenvolvimento de projetos que buscam encontrar soluções e perspectivas inovadoras para o 20 processo de ensino aprendizagem dentro da escola e fora dela. (CARVALHO; BLEY, 2018). O movimento *maker*, contribui para a aprendizagem e auxilia o aluno no processo de ensino. Para compreender essas contribuições é coerente definir o que é esse movimento.

A cultura *maker* traz uma inovação para o modelo tradicional de ensino ao criar espaços de aprendizagem pedagógicos que dar autonomia para o aluno aprender, construindo ou transformando. Esses espaços trazem para a educação várias possibilidades no qual

desprende o aluno do modelo habitual e o insere no ambiente de construção (a tabela 1 mostra a diferença entres esses ambientes de ensino), possibilitando uma aprendizagem ampla. Ao analisarmos as propriedades da cultura *maker* é possível construir espaços *maker* gastando pouco, pois, a cultura *maker* prega a sustentabilidade, incentiva o baixo consumo, evita o desperdício e valoriza o uso de recursos que estão disponíveis.

2.6 Horta orgânica controlada

É fundamental para os seres humanos que os alimentos estejam livres de animais e insetos indesejados em seus alimentos. Da mesma forma, é imprescindível que os alimentos provenientes da terra sejam controlados de forma que a quantidade de água para irrigação seja específica para uma determinada espécie de planta ou hortifrúti.

Com o avanço da tecnologia, foi possível notar uma grande mudança no setor do agronegócio nos últimos anos. Grandes plantações podem ser controladas remotamente; o planejamento pode ser melhorado através de dados obtidos pela automação em campo; recursos podem ser economizados devido ao abastecimento inteligente de água e insumos. Entre outros aspectos, pode-se dizer que o campo está conectado com as grandes cidades através dos dispositivos inteligentes que surgiram para controle do ambiente rural.

Figura 11 - Plantações controladas em meio urbano.



Fonte: https://revistagalileu.globo.com/Revista/noticia/2016/04/no-futuro-plantacoes-estarao-dentro-das-grandes-cidades.html

Nesse sentido, a criação de uma horta inteligente para plantio em casa foi ganhando força no universo *Maker* e também no mercado, e atualmente, é possível observar diversos projetos de plantas automatizadas pela Internet.

Figura 12 - Horta inteligente desenvolvida por uma Start-up em 2020.



Fonte: https://revistapegn.globo.com/Tecnologia/noticia/2020/09/startup-cria-horta-inteligente-que-pode-ser-monitorada-por-aplicativo.html

Figura 13 - Vaso Inteligente desenvolvido pela empresa Brota.



Fonte: https://brotacompany.com.br/

2.6.1 Otimização do crescimento de hortaliças

A vida cotidiana no meio urbano tornou o acesso à hortaliças, plantas medicinais e condimentos mais difícil, ainda mais quando se opta por alimentos orgânicos, sem adição de herbicidas, fungicidas e inseticidas (EMBRAPA, 2014) que são aplicados para controle de para culturas indesejadas. Devido a isso, uma alternativa é o cultivo doméstico desses alimentos. (EMBRAPA, 2017).

2.6.2 Condições ideais para crescimento de hortaliças

Alguns desses fatores podem ser controlados como a luz, temperatura, umidade do ar, irrigação e adubação. A luz por pode ser artificial e um ventilador pode controlar a temperatura de uma estufa. A irrigação, rega artificial, é necessariamente controlada.

2.6.3 Irrigação

A quantidade correta de água no solo é essencial para que tenhamos um bom desenvolvimento das plantas. A água, nas plantas herbáceas, representa cerca de 80% de seu peso. Algumas funções são dependentes de água, como o transporte de nutrientes. A água é em sua maior parte absorvida pelas raízes e por isso o solo não deve nunca estar encharcado pois isso diminui a oferta de oxigênio no solo e prejudica o processo de produção de energia utilizada na absorção de nutrientes. Quando as temperaturas estão mais baixas as plantas precisam de menos água e quando estão mais elevadas as plantas precisam de mais água.

Para hortaliças a necessidade de irrigação é constante e deve também variar conforme a idade, quando mudas, novas, deve ser realizada três vezes ao dia e em menores quantidades, quando jovens deve ser uma vez ao dia em quantidade um pouco maior e quando adultas de três a quatro vezes por semana com bastante água.

2.6.4 Luz

A luz e a temperatura são os fatores mais importantes na adaptação das culturas e a luz a que mais interfere no crescimento, na produção e floração das plantas. Isso porque o

desenvolvimento das plantas se dá pelo processo de fotossíntese, baseado naturalmente na luz solar.

Para o cultivo de plantas em ambientes indoor ou com pouca disponibilidade de luz natural é possível utilizarmos alguns tipos específicos de LED que emitem nas frequências necessárias para realização da fotossíntese. Essas frequências vão da ordem de 400 nm até 840 nm.

2.6.5 Nutrição de hortaliças

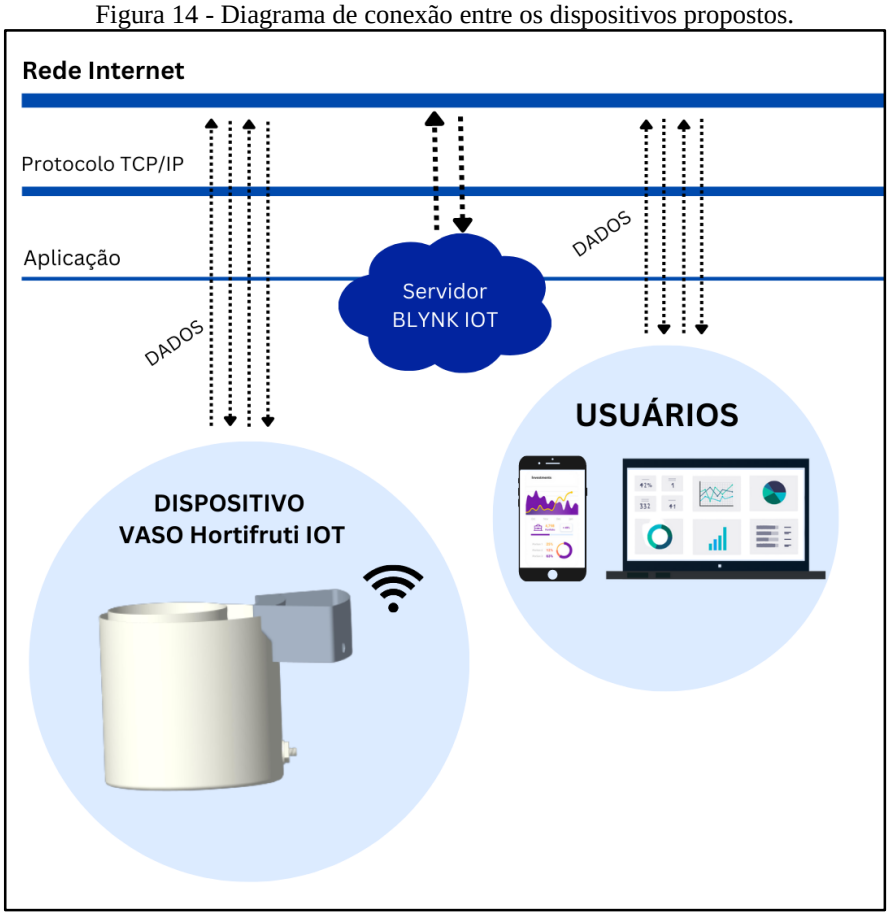
Os nutrientes que são presentes no solo podem ser considerados indispensáveis à vida vegetal, e a falta deles acarreta atraso no desenvolvimento ou mesmo falha no ciclo de vida. Esses nutrientes podem ser divididos em macro nutrientes, como o nitrogênio (N), fósforo (F), potássio (K), cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e enxofre (S) e em micronutrientes, necessários em menores quantidades, como o boro (B), cobre (Cu), cloro (Cl), manganês (Mn), Zinco (Zn) e ferro (Fe). (EMBRAPA, 2014)

3 INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

3.1 Proposta do trabalho

Após determinar o objetivo e a justificativa deste trabalho, torna-se claro a necessidade de um sistema de monitoramento e controle que tenha uma conexão simples e eficaz com a rede Internet. Dada a escolha da uma placa microcontrolada de baixo custo, porém um dos itens de maior valor do projeto, optou-se pela utilização de um servidor gratuito na Internet. A partir da escolha deste projeto, com serviços web gratuitos, torna-se possível monitorar e controlar entradas e saídas do dispositivo vaso para hortifrúti de forma que não se tenha custos elevados.

Figura 14 - Diagrama de conexão entre os dispositivos propostos.



Fonte: Autoria própria.

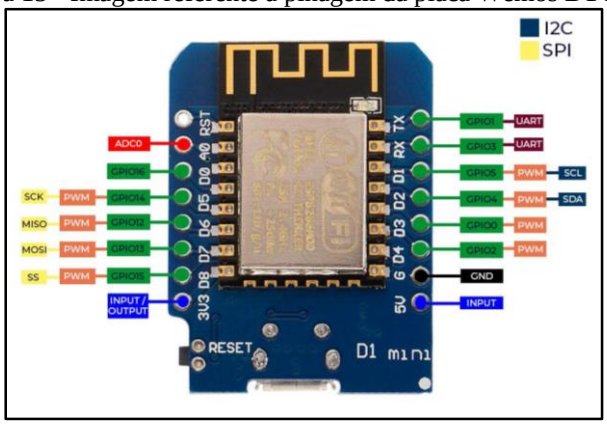
3.2 Hardware e Software

3.2.1 Placa Wemos D1 Mini Pro- Módulo Wifi ESP8266

A escolha da placa microcontrolada para o projeto teve enorme compromisso com as características e escopo do projeto, como seu custo e suas dimensões. Assim, foi determinante para o projeto o tipo da placa escolhida, sendo o componente de custo mais elevado. A compatibilidade com os outros componentes eletrônicos do projeto foi constatada inicialmente com grande facilidade, afim de garantir que tal dispositivo não apresentará problemas futuros com possíveis atualizações de softwares, e portanto, poderá continuar se comunicando sem maiores problemas com a rede.

Sendo assim, devido garantir uma conexão segura, eficaz e de baixo nível de complexidade de programação, a placa Wemos Mini Pro D1 com módulo Wifi ESP8266 atendeu todos os requisitos para o projeto, além de tratar-se de uma das placas microcontroladas com Wifi de custo mais baixo encontrada no mercado nacional e internacional, tendo seu custo por volta entre R$ 40,00 e R$ 50,00.

Figura 15 - Imagem referente a pinagem da placa Wemos D1 Mini.



Fonte: site Wemos.cc

Segundo o seu datasheet, a placa em questão apresenta 11 pinos digitais de entrada e saída, sendo 8 deles pinos digitais PWM. Pinos com funções específicas como SCL, SDA, SCK, MISO, MOSI, TX, RX, além de um pino A0 analógico/digital, promovem muitas possibilidades de dispositivos com o uso desta placa. Sensores, atuadores, displays e outros componentes eletrônicos podem servir como periféricos para um sistema controlado por esse

microcontrolador. Apesar de apresentar apenas uma entrada analógica/digital, para o projeto em questão não se fez necessário o uso de mais portas. Portanto, a pinagem da placa atendeu todas as premissas do escopo do projeto. As principais informações da placa foram retiradas do site do fabricante, como se pode observar as duas figuras abaixo. A **figura X** apresenta as especificações técnicas de operação da placa. A **figura X apresenta** todas as funções dos pinos da placa.

Tabela 1 - Especificações técnicas da placa microcontrolada WEMOS D1 MINI.

Especificações	Detalhes
Tensão de operação	3,3V
Nº de pinos I/O Digitais	11
Pinos de entrada analógica	A0
Velocidade do clock	80/160 MHz
Memória Flash	4 MB
Dimensões	32,2 x 25,6 mm
Peso	~3g

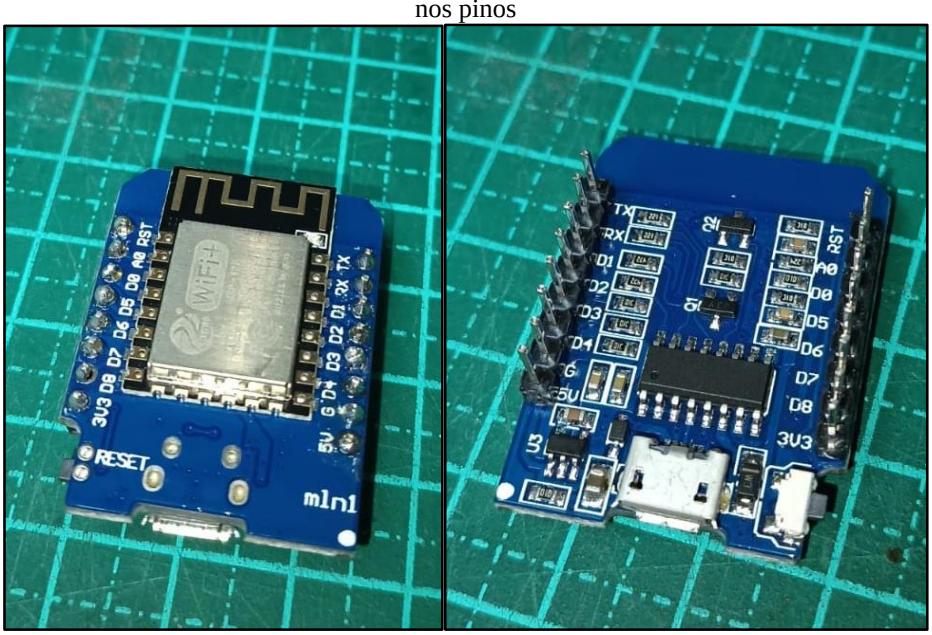
Fonte: https://www.wemos.cc/en/latest/d1/d1_mini_3.1.0.html

Tabela 2 - Especificações sobre a pinagem da placa em questão e suas funcionalidades.

Pinos	Função	Pino Mód. ESP-8266
TX	TXD	TX
RX	RXD	RX
A0	Entrada analógica (máx 3,2V)	A0
D0	IO	GPIO 16
D1	IO, SCL	GPIO 5
D2	IO, SDA	GPIO 4
D3	IO, Resistor 10k PULL-UP	GPIO 0
D4	IO, Resistor 10k PULL-UP, BULTIN_LED	GPIO 2
D5	IO, SCK	GPIO 14
D6	IO, MISO	GPIO 12
D7	IO, MOSI	GPIO 13
D8	IO, Resistor 10k PULL-DOWN, SS	GPIO 15
G	Pino terra	GND
5V	5,0 V	5V INPUT
3V3	3,3 V	3V3
RST	Botão reset	RST

Fonte: https://www.wemos.cc/en/latest/d1/d1_mini_3.1.0.html

Figura 16 - Fotos da placa utilizada no protótipo. À esquerda tem-se a vista frontal e a direita a vista inferior nos pinos



Fonte: Autoria própria.

3.2.2 Mini bomba de água submersível

Para determinar o dispositivo que realizasse a irrigação do vaso hortifrúti era necessário ser um componente de baixo custo e dimensões compatíveis com o escopo do projeto, portanto, um componente pequeno, submersível e com capacidade de realizar a irrigação de forma segura e eficaz.

Figura 17 - Foto da mini bomba submersível.



Fonte: Mercado Livre

O primeiro requisito deste componente foi de que sua alimentação elétrica não poderia ser superior a 5,0 Volts, pois essa foi a tensão elétrica de máximo valor escolhido devido a operação da placa microcontrolada.

Figura 18 - Foto da mini bomba com a mangueira de 40 cm e 7 cm de diâmetro inclusa na compra.



Fonte: Autoria própria

3.2.3 Sensor de nível de água 90°

O sensor de nível de água para o projeto trata-se de um sensor horizontal do tipo bóia, cuja orientação faz 90° com o nível de água. Suas características são compatíveis com a placa microcontroladora escolhida, sendo assim, um componente de baixo custo, eficiente e que atende todas as premissas do escopo.

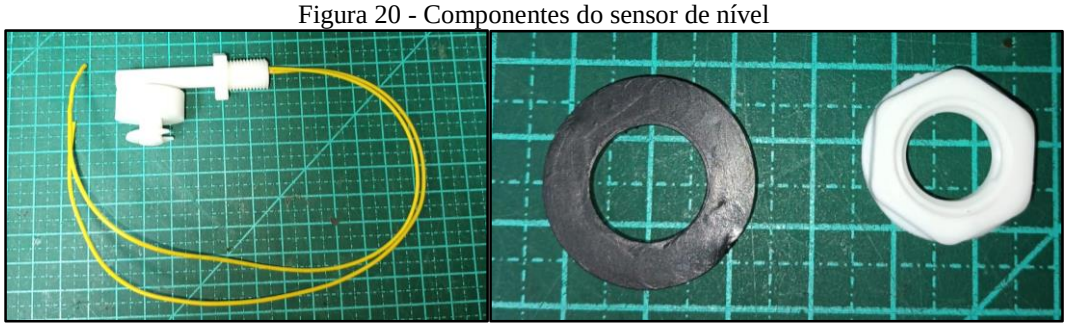
Tem sua operação assim como uma chave de contato, o qual seu estado alterna entre LIGADO/DESLIGADO. Possui uma elevada resistência para o contato aberto, de 100M Ohms, e suporta uma alimentação de até 100 Volts e 1 Amper (AC) e 0,5 Amper (DC). Possui uma rosca de 11,5 mm, contando com um anel vedação e uma porca inclusa na aquisição. Tal componente é frequentemente usado em projetos de pequeno porte envolvendo robótica, e trata-se de um objeto de baixo investimento.

Figura 19 - Sensor de nível horizontal 90°



Fonte: filipeflop.com.br

Figura 20 - Componentes do sensor de nível

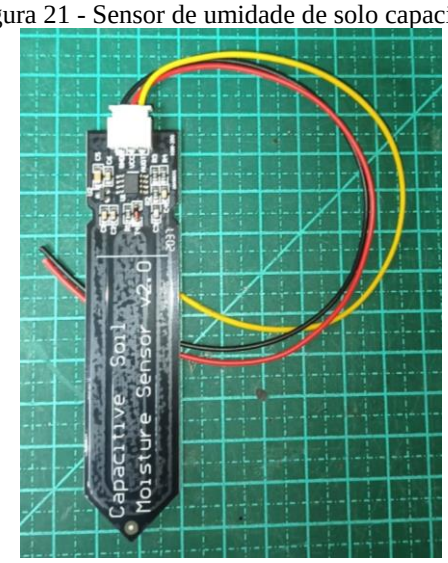


Fonte: Autoria própria.

3.2.4 Sensor de umidade capacitivo

O sensor de umidade de solo capacitivo foi escolhido para este projeto devido seu baixo custo e devido a longa vida útil deste componente em meio úmido. Diferentemente dos outros sensores de umidade de solo, este sensor conta com sua capacitância para enviar dados a placa, e não se trata de um componente resistivo que sofrerá oxidação com o tempo. Por isso, este sensor poderá ser mais adequado para projetos que envolvam umidade. Tal componente conta com dois pinos de alimentação, positivo e negativo, além de um pino analógico responsável por enviar sinais a placa.

Figura 21 - Sensor de umidade de solo capacitivo



Fonte: Autoria própria.

3.2.5 Módulo Relé 5V

O módulo relé selecionado para o projeto foi o módulo 3,3V/5V, necessário para o acionamento da mini bomba submersível. Seu uso tornou-se necessário pois a placa fornece apenas 3,3V em todos os pinos, exceto no pino 5V. Dessa forma, para que fosse possível acionar a mini bomba com uma das GPIO’s, esse relé foi utilizado no projeto.

Esse componente conta com 3 pinos de um lado, referente às entradas conectadas a placa. De outro lado, tem-se os parafusos que prenderam os cabos da alimentação de 5V.

Figura 22 - Módulo relé 3,3V-5V



Fonte: Autoria própria.

3.2.6 Plug-in P4 e Fonte 5V

Para alimentar eletricamente todo o circuito, foi usada uma fonte de alimentação DC 5V-2A. Tal fonte foi escolhida devido a tensão oferecida ser exatamente a escolhida para o funcionamento de todos os componentes do projeto. Esse componente conta com um conector do tipo p4 macho em sua extremidade, e pode ser conectado a uma tomada 110V ou 220v.

Para uma fonte que seja removível facilmente, foi escolhido a utilização do conector p4 tipo fêmea para distribuir toda alimentação elétrica provinda da rede elétrica aos componentes eletrônicos do projeto.

Figura 23 - Plug-In P4 Fêmea à esquerda e fonte 5V/2A Plug P4 Macho à direita



Fonte: Autoria própria.

3.2.7 Bibliotecas e placas na IDE Arduino

Para desenvolvimento do código do programa que será responsável por todos os controles da placa sobre os sensores e atuadores, assim como sua conexão com o servidor

Blynk IoT, utilizou-se a plataforma IDE Arduino. Nessa plataforma é possível usar diversos tipos de placa microcontroladora, dos mais variados tipos e tamanhos. As diferentes bibliotecas que podem ser instaladas nesse software permitem usar inúmeras placas com funcionalidades diferentes.

Para este projeto, a necessidade do uso de determinadas bibliotecas tornou-se óbvia pois definido o escopo do projeto, se fez necessário realizar comunicações de diferentes bibliotecas com a placa escolhida. Como se pode observar na figura abaixo, foram escolhidas as bibliotecas “SPI.h”, “Ethernet.h”, “ESP8266Wifi.h” e “BlynkSimpleEsp8266.h” para que a placa microcontroladora Wemos D1 Mini tenha a comunicação serial estabelecida e conectada com a rede Internet, e também para que a placa se conecte com o servidor Blynk IoT.

As demais bibliotecas “TimeLib.h” e “Widget.RTC” são responsáveis por estabelecer uma conexão da placa com informações do relógio mundial. Assim, foi possível receber dados de data e hora, enviados para a tela de monitoramento na plataforma Blynk IoT.

Figura 24 - Bibliotecas utilizadas no código.

```
9
10 //---Declaração das Bibliotecas:
11 #include <SPI.h>
12 #include <Ethernet.h>
13 #include <ESP8266WiFi.h>
14 #include <BlynkSimpleEsp8266.h>
15 #include <TimeLib.h>
16 #include <WidgetRTC.h>
```

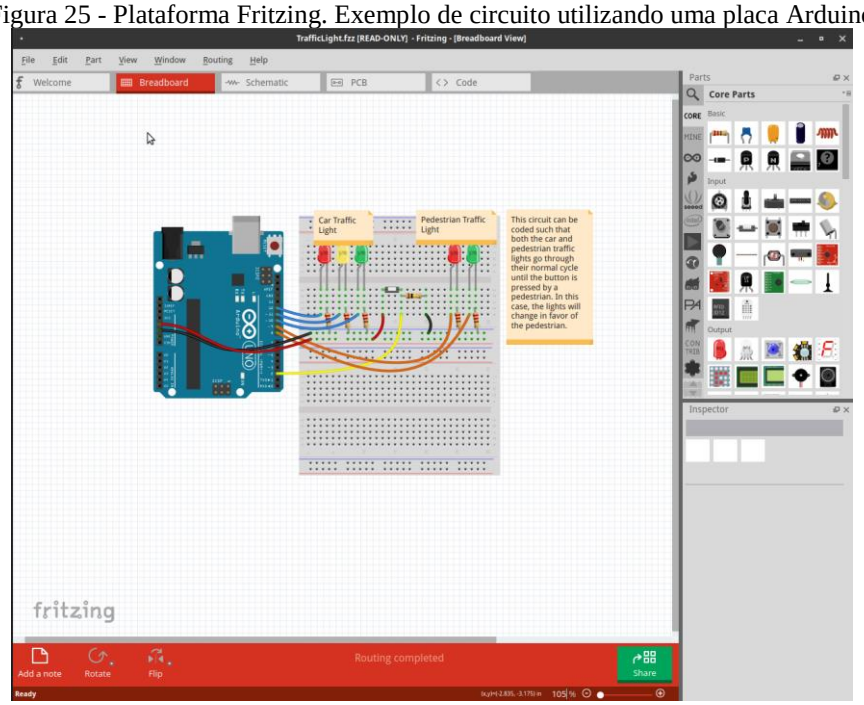
Fonte: Autoria própria.

3.2.8 Fritzing - Esquemático Eletrônico

Para o desenvolvimento do circuito eletrônico, antes da aquisição dos componentes, foi projetado na plataforma Fritzing o esquemático eletrônico, envolvendo todos os componentes do projeto. A plataforma conta com inúmeros componentes que podem ser facilmente adicionados. Não é possível simular o circuito, entretanto, tal ferramenta permitiu projetar os fios necessários para realizar a soldagem e conexão de todo o projeto. Sendo uma ferramenta de caráter aberto, torna-se possível a criação de componentes que ainda não existem no acervo. Para este projeto, não se fez necessário a criação de novos componentes,

devido todos os componentes utilizados terem sua representação gráfica existente dentro do software.

Figura 25 - Plataforma Fritzing. Exemplo de circuito utilizando uma placa Arduino



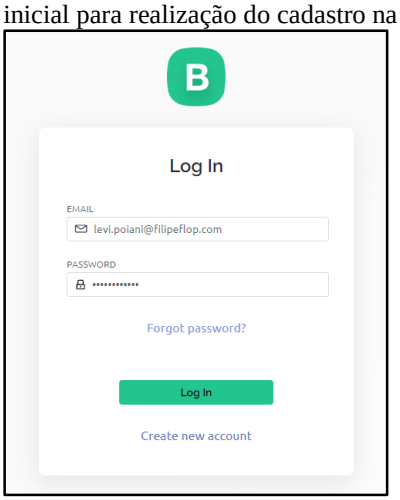
Fonte: Autor desconhecido.

3.2.9 Acesso a plataforma Blynk IoT

Para acessar a plataforma Blynk IoT, responsável por prover o servidor que realizará todo tráfego de dados e possibilitar a comunicação de forma efetiva com a placa microcontroladora via Internet, tornou-se necessário o realizar o cadastro na plataforma Blynk IoT. Tal cadastro pode ser feito através do site na Web ou do aplicativo via mobile. Com apenas o pré-requisito de se ter um e-mail, qualquer pessoa pode se cadastrar de forma gratuita, e assim, pode obter alguns serviços gratuitos oferecidos pela plataforma.

Para o plano gratuito estão limitadas os números de dispositivos controladores (placas) e também o número de periféricos (sensores e atuadores). Para este projeto, não foi necessário adquirir o plano pago, devido o plano gratuito oferecer todas as ferramentas necessárias para a automação do vaso hortifrúti IoT.

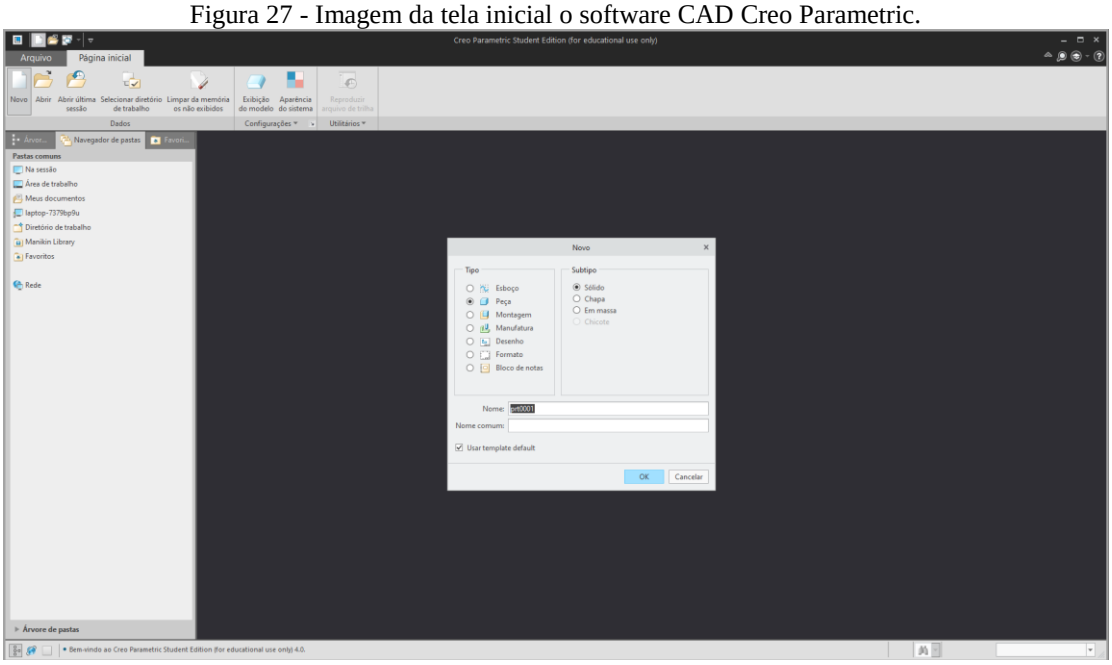
Figura 26 - Tela inicial para realização do cadastro na plataforma Blynk IoT.



Fonte: Autor desconhecido.

3.2.10 CREO Parametric - Software CAD (versão estudante)

Figura 27 - Imagem da tela inicial o software CAD Creo Parametric.



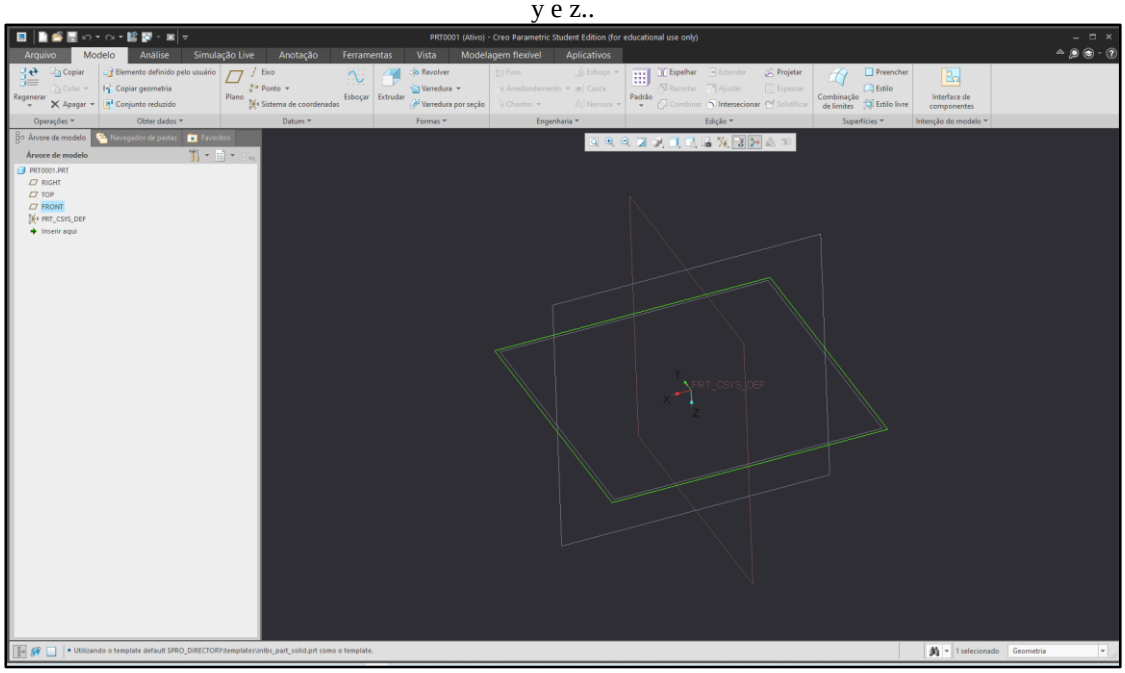
Fonte: Autoria própria.

Ao finalizar os testes do circuito eletrônico, deu-se início a projeção do design do vaso hortifrúti IoT. Para realização dessa tarefa, foi necessário a instalação de um software CAD, que possibilitasse uma construção de um objeto 3D com facilidade e também oferecesse a ferramenta de montagem das todas peças do projeto, incluindo os componentes eletrônicos.

Para isso, foi instalado o software Creo Parametric 4.0 (Versão estudante). Trata-se de um software CAD/CAE/CAM, que possibilita realizar projetos de pequena e larga escala, podendo atingir um público usuário das mais diversas faixas etárias.

A versão estudante conta com recursos suficientes para modelagem e renderização de projetos. Para efetuar as simulações CAE e CAM é necessário adquirir a versão paga do software.

Figura 28 - Imagem da área de trabalho do software Creo Parametric, demonstrando os planos cartesianos x, y e z..



Fonte: Autoria própria.

3.2.11 Impressora 3D e Software Ulti*maker* Cura 5.0

As impressões 3D possibilitaram a manufatura das cases do vaso hortifrúti IoT. Tais impressões utilizaram uma mesma impressora 3D, do tipo FDM, modelo Ender 3 da fabricante chinesa Creality. Todas as cases impressas são constituídas do plástico biodegradável PLA. O plástico PLA (também chamado de PDLA, PLLA), ou melhor dizendo, poliácido láctico, é um polímero sintético termoplástico que vem substituindo os plásticos convencionais em diversas aplicações. Tornou-se mundialmente reconhecido pela facilidade de uso com impressoras 3D. É um material que não possui uma temperatura de fusão elevada, diferentemente dos plásticos de origem petrolífera, por isso não é recomendado para uso extremos de esforços mecânicos e térmicos. Seu uso pode ser

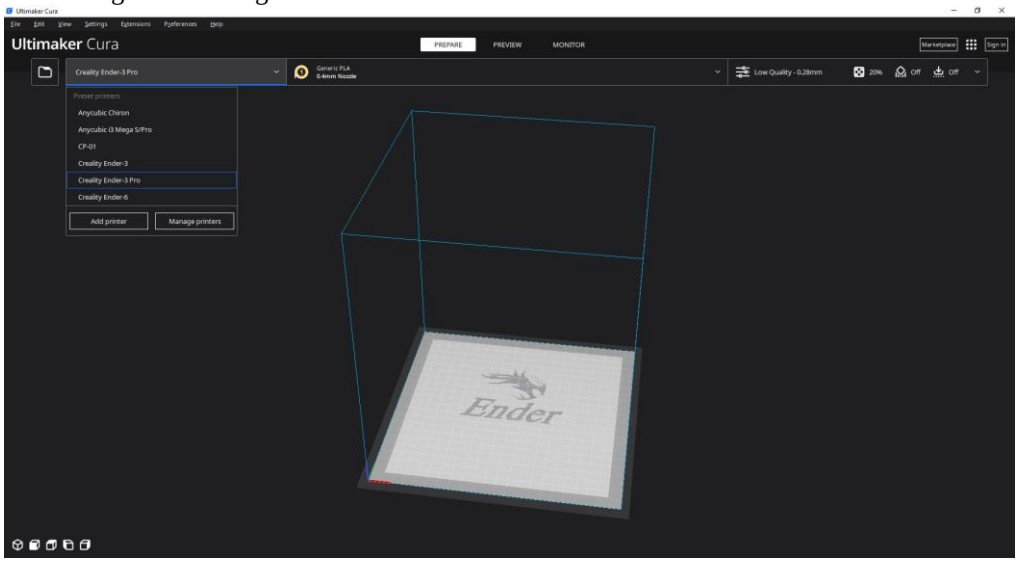
facilmente empregado em projetos que possam ficar expostos a meios aquáticos e a luz solar, porém deve conter certas características estruturais rígidas para resistir sem danos em ambientes abertos. O mais aconselhável uso seria para peças decorativas, que não fiquem expostas ao ambiente aberto.

Figura 29 - Imagem ilustrativa da impressora 3D Ender 3-Pro.



Fonte: filipeflop.com.br

Figura 30 - Imagem da área de trabalho do software Ulti*maker* Cura Slicer 5.0.



Fonte: Autoria própria.

A imagem acima mostra a área de trabalho do software Ulti*maker* Cura 5.0, o qual possibilita a preparação e visualização completa de uma impressão 3D, com os mais diversos modelos de impressoras, de diferentes fabricantes. Neste software é possível alterar as características estruturais da peça 3D, alterando parâmetros como preenchimento da peça,

espessura de parede, espessura de camada, suporte, velocidade de impressão, temperatura(s) de impressão, entre muitos outros. Tal software foi criado pela empresa *Maker*Bot, uma das empresas pioneiras no mercado de impressão 3D do tipo Desktop, em nível de hardware e software. Trata-se de um software de código aberto, portanto torna-se possível a alteração de comandos já existentes e a criação de novos comandos à impressora.

A impressora escolhida trata-se de um modelo extremamente popularizado na comunidade da impressão 3D. A empresa chinesa Creality revolucionou o mercado da impressão 3D com este modelo desktop de baixo custo. A grande parte das impressoras antes do surgimento do modelo Ender 3, eram impressoras de alto nível profissional e que exigia um elevado investimento para a aquisição. Além disso, as impressoras eram objetos compostos por peças complexas, que exigiam um nível de suporte técnico avançado. Atualmente, o cenário está completamente alterado devido a popularização das impressoras da Creality e algumas outras marcas. Diferentemente das impressoras profissionais, o modelo Ender 3 tem um custo de aproximadamente 2 mil reais, menos de 10% dos valores das impressoras profissionais convencionais. É importante ressaltar que os modelos da Creality de menor investimento são impressoras a nível de hobbistas, portanto, não entregam peças no mesmo nível de qualidade que impressoras profissionais. É preciso muita atenção a calibragem e a manutenção dessa impressoras desktop mais simples para que se obtenha peças de boa qualidade, exigindo estudo e muita prática dos usuários hobbistas.

3.2.12 Ferramentas

Para o desenvolvimento do projeto, ferramentas de corte, de parafusamento e de medição foram indispensáveis. Como foram utilizados jumpers para interligar eletricamente os componentes eletrônicos, tornou-se necessário soldar os jumpers de acordo com o circuito esquemático eletrônico, realizando ligações em Y e também ligações em paralelo. Além disso, para todas as modelagens 3D e fixação dos componentes do projeto foi imprescindível o uso de um paquímetro e de chaves Philips e do tipo fenda, respectivamente.

Figura 31- Ferramenta para desencapar os jumpers à esquerda. A direita, alicate de corte, chave Phillips, parafusos M3 tipo Phillips, chave tipo fenda e paquímetro digital.



Fonte: Autoria própria.

Figura 32 - Ferramentas utilizadas para solda: fonte ajustável, pinça, esponja metálica, carretel de estanho e ferro de solda.



Fonte: Autoria própria.

3.2.13 Jumpers e tubo termo retrátil

Como dito anteriormente, fez-se necessário o uso de jumpers, ou cabos, para interligar o circuito eletrônico. Depois de realizada a solda, para os cabos não se manterem desencapados, foram usados tubos termo retráteis para o acabamento nos jumpers. Tal acabamento, promove durabilidade à solda e também mais eficácia na transmissão de corrente elétrica.

Figura 33 - Tubos termo retrátil a esquerda e jumpers a direita.



Fonte: Autoria própria.

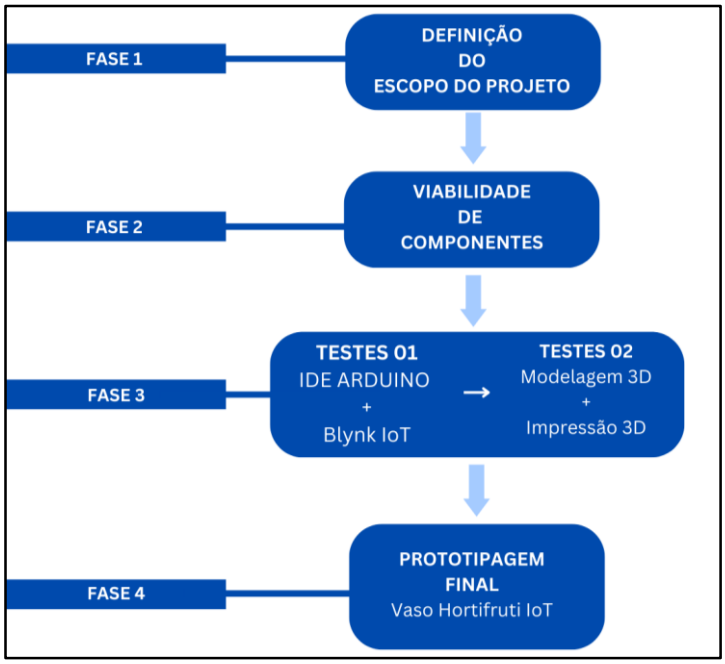
4 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Como explicado em capítulos anteriores, a plataforma Blynk IoT trata-se de uma ferramenta de programação. Para conseguir utilizá-la, faz-se necessário realizar a programação da placa via IDE Arduino, que efetuará o processamento e controle das informações provindas dos sensores e as enviará e também receberá dados do servidor Blynk IoT. Para um melhor funcionamento, dentro da configuração da programação da placa Wemos D1 Mini, foi feita uma configuração para que sempre que a placa for ligada a rede elétrica, o aplicativo inicia automaticamente, permitindo que o vaso hortifrúti entre em comunicação instantaneamente com o usuário. Mais adiante serão detalhadas todas as formas de acesso à interface de controle e monitoramento.

4.1 Etapas do desenvolvimento do dispositivo IoT

Para efetuar a integração de todo sistema de controle do dispositivo IoT, dividiu-se o desenvolvimento do projeto em quatro fases distintas. A primeira fase foi dedicada à elaboração do escopo do projeto, o qual pode-se determinar os principais requisitos, objetivos e duração do projeto. A segunda fase foi destinada a calcular os custos do projeto em paralelo com realização da viabilidade dos componentes eletrônicos do projeto, comparar os diversos componentes do mercado nacional e internacional, e em paralelo, a analisar a compatibilidade técnica de cada componente com a placa microcontroladora escolhida. A terceira fase foi dedicada à realização dos testes com circuito eletrônico, juntamente da programação da placa microcontroladora Wemos D1 Mini. Após feito esse teste, partiu-se para o teste com a modelagem e impressões 3D das cases do projeto. Finalizada a parte dos testes, dedicou-se a quarta fase do projeto com a montagem de todo dispositivo IoT, integrando a parte eletrônica com as cases impressas em plástico PLA e, portanto, obteve-se o protótipo final do vaso hortifrúti IoT.

Figura 34 - Divisão do desenvolvimento do projeto.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 3 - Cálculo do custo final do projeto

Componente	Quantidade	Unidade	Custo total	
Peça 1 - impressão 3D em PLA (recipiente + reservatório)	0,311	kg	R$	40,43
Peça 2 - impressão 3D em PLA (case eletrônica)	0,124	kg	R$	16,12
Peça 3 - impressão 3D em PLA (tampa do vaso)	0,038	kg	R$	4,94
Placa Lolin Wemos D1 Mini Modulo Wi-fi ESP8266	1	PÇ	R$	40,00
Módulo Relé 1-Canal - 3,3V-5V	1	PÇ	R$	10,00
Mini Bomba de Água Aquário (Mini Bomba Sapo)	1	PÇ	R$	20,00
Sensor de nível de água horizontal	1	PÇ	R$	20,00
Sensor de umidade de solo capacitivo	1	PÇ	R$	15,00
Fonte DC 5V-2A Plug P4 Macho	1	PÇ	R$	12,00
Cabo Micro USB	1	PÇ	R$	10,00
Parafusos Phillips M3 8mm	2	PÇ	R$	1,00
Plug-In P4 Conector Fêmea 5V	1	PÇ	R$	5,00
Jumpers	10	PÇ	R$	5,00
Anel Borracha p/ vedação (Cj. Sensor Nível)	1	PÇ	R$	-
Rosca M12 - (Cj. Sensor Nível)	1	PÇ	R$	-
		Custo final :	**R$**	**199,49**

Fonte: Autoria própria.

4.2 Configuração do código na IDE Arduino

Como dito nos capítulos anteriores, o desenvolvimento da programação da placa foi realizada via software IDE Arduino, elaborando assim o código em linguagem C responsável

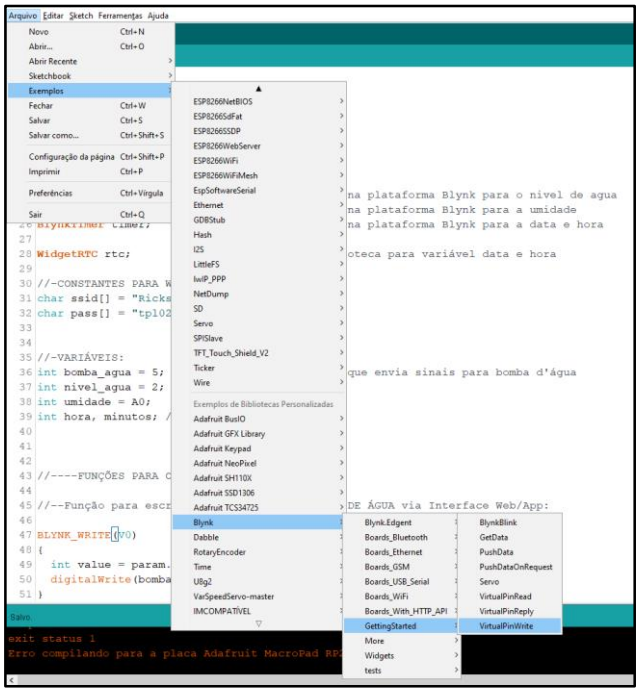
por todo algoritmo de comandos à placa microcontrolada Wemos D1 Mini e pela comunicação com o servidor Blynk IoT.

Inicialmente, foi necessário instalar as bibliotecas na plataforma IDE Arduino, para que tivesse comunicação com a rede Internet e também com o servidor Blynk IoT. Para isso, foi acessado a aba “Ferramentas”, logo depois a aba “Gerenciar Bibliotecas”, e então procurou-se por “Blynk”. Como mostra a imagem abaixo, foi instalada a biblioteca Blynk para realizar a comunicação da placa com o servidor, dessa forma tornou-se possível receber e enviar dados da placa microcontroladora ao servidor na rede Internet.

Foi instalada também a placa Wemos D1 Mini Modulo ESP8266 dentro da IDE Arduino para que o computador reconhecesse e gravasse o código de programação na placa microcontroladora. Para isso, foi acessado a aba “Ferramentas”, em seguida selecionou-se “Placa”, depois “Gerenciador de Placas”, e então procurou-se por “esp8266”. Instalou-se o conjunto de placas denominado “esp8266”, que inclui a placa utilizada nesse projeto (placa Wemos D1 Mini).

Após instalar todos os recursos necessários para a comunicação do sistema na IDE Arduino, foi possível observar exemplos de código oferecidos pelo software após a instalação das bibliotecas. Assim, obteve-se o conhecimento de como receber e enviar dados para o servidor Blynk. Foi acessado no menu principal a aba “Arquivo”, em seguida rolou-se a página para baixo, e foi acessado a aba “Blynk”.

Figura 35 - Seleção da aba “VirtualPinWrite” para acesso do código de exemplo.

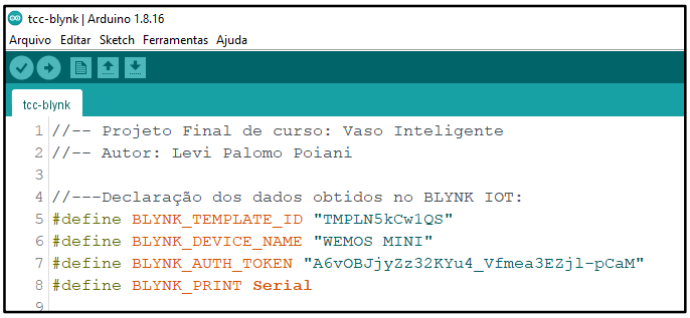


Fonte: Autoria própria.

Nessa aba, foi possível encontrar exemplos de códigos que representassem os pinos da placa no servidor Blynk como pinos virtuais. A criação desses pinos virtuais ou "*Virtual Pin*", permite utilizar poucas linhas de programação para comunicação com os pinos da placa, o que torna um código fácil de compreender e rápido de ser processado. Não é necessário o servidor obter informações contidas sobre a pinagem completa da placa microcontroladora, pois os pinos virtuais estarão diretamente conectados via linhas de programação. Então ficará ao critério do programador estabelecer qual pino da placa se comunicará com os pinos virtuais criados dentro do servidor Blynk.

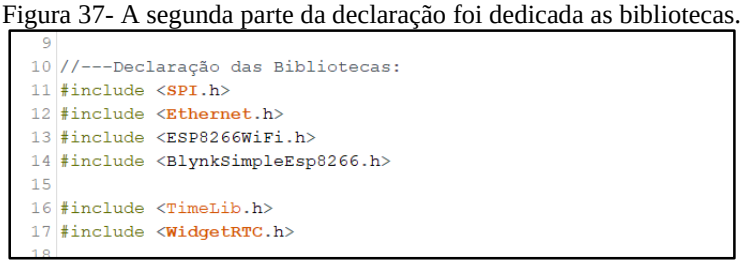
Antes de iniciar a declaração de variáveis do programa, além de instalar bibliotecas das placas e dos recursos, foi preciso buscar os dados de identificação do servidor Blynk. Para tal feito, o cadastro na plataforma Blynk permitiu acessar a criação de um *token* gerado pela plataforma. Assim, obteve-se os dados de identificação da placa microcontroladora dentro do Blynk, como mostra a figura abaixo, com as linhas do código comentadas.

Figura 36 – Início do código com título do projeto e declaração das informações do placa dentro da plataforma Blynk nas linhas 5 a 8 da programação



Fonte: Autoria própria.

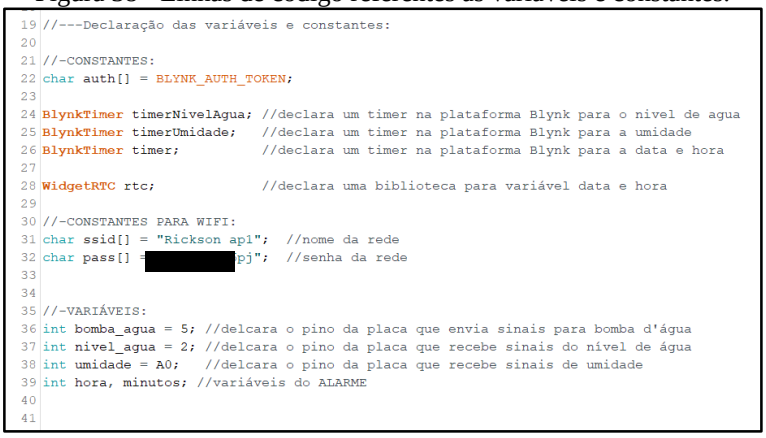
Figura 37- A segunda parte da declaração foi dedicada as bibliotecas.



Fonte: Autoria própria.

Então, iniciou-se a declaração das variáveis e constantes do código, como demonstra a figura baixo.

Figura 38 - Linhas de código referentes às variáveis e constantes.



Fonte: Autoria própria.

A declaração das funções ou chamadas para os pinos virtuais, foi iniciada logo após a declaração das variáveis e constantes. Como demonstrado na figura abaixo, a linha 49 corresponde a declaração do tipo da variável, como número inteiro (int), e a linha 50 corresponde a função de escrever um determinado valor (value) na variável bomba d'água (bomba_agua). A variável value é determinada dentro da plataforma Blynk. Esta função de escrita deve ser inciada por "BLYNK_WRITE" seguida no nome do pino virtual, no caso da bomba consiste em "V0". Para chamar essa função, é indispensável a instalação da biblioteca Blynk dentro da IDE Arduino.

Figura 39 - Declaração da função que envia dados a bomba d'água.

```
42
43 //----FUNÇÕES PARA OS SENSORES e ATUADORES:
44
45 //--Função para enviar dados a variável da BOMBA DE ÁGUA via Blynk Web/App:
46
47 BLYNK_WRITE(V0)
48 {
49   int value = param.asInt();
50   digitalWrite(bomba_agua, value);
51 }
52
53
```

Fonte: Autoria própria.

As funções de leitura, referentes ao sensor de nível de água e ao sensor de umidade de solo, devem ser declaradas por meio do termo "void", como uma função genérica. Dentro dessas funções, "lerSensorNivelAgua" e "lerSensorUmidade" foram declaradas as variáveis "nivel" e "umid"como número inteiro para o sensor de nível e para o sensor de umidade de solo, respectivamente. A função que coleta dados dos sensores trata-se da função "Blynk.virtualWrite", seguida do pino virtual e da variável, como demonstra a figura Xbaixo. Essa função coleta os valores armazenados nas variáveis "nivel" e "bomba" para os pinos virtuais correspondentes (V1 e V2), e disponibiliza-os na interface do Blynk IoT, via dashboard ou interface de controle.

Figura 40 - Funções responsáveis por receber dados dos sensores e disponibilizá-los na plataforma Blynk.

```
53
54
55 //--Função para receber os dados do sensor de NÍVEL DE ÁGUA via Interface Web/App:
56
57 void lerSensorNivelAgua()
58 {
59   int nivel = digitalRead(nivel_agua);
60   if(isnan(nivel))
61   {
62     return;
63   }
64   Blynk.virtualWrite(V1, nivel);
65 }
66
67
68
69 //--Função para receber os dados do sensor de UMIDADE via Interface Web/App:
70
71 void lerSensorUmidade()
72 {
73
74   int umid = analogRead(umidade);
75
76   if(isnan(umid))
77   {
78     return;
79   }
80   Blynk.virtualWrite(V2, umid);
81 }
82
```

Fonte: Autoria própria.

Na figura Xcima é possível observar que as linhas 60 e 76 iniciam um laço do tipo "if" para averiguar se os dados contidos nas variáveis são números compatíveis com a

declaração das variáveis. Caso não sejam compatíveis, entrará num comando “return” para retomar o início da varredura do código.

Figura 41 - Função Setup e relógio

```
82
83 //---Função do Relógio Digital para interface web/app
84
85 void clockDisplay()
86 {
87   String currentTime = String(hour()) + ":" + minute() + ":" + second(); // variáveis do relógio online
88   String currentDate = String(day()) + " / " + month() + " / " + year(); // variáveis da data
89
90   Blynk.virtualWrite(V3, currentTime); // envia dados do horário atualizado para inteface no Blynk IoT
91   Blynk.virtualWrite(V4, currentDate); // envia dados da data atualizada para inteface no Blynk IoT
92
93 }
94
95 //--Função que inicia a conexão do relógio:
96
97 BLYNK_CONNECTED()
98 {
99   rtc.begin();
100 }
101
```

Fonte: Autoria própria.

A declaração dos funções responsáveis pela coleta de dados de data e hora é realizada pela chama da função “clockDisplay()”, antecedida pelo comando “void”. Trata-se de uma função que é atualizada com um timer dentro da plataforma Blynk. A data e hora são atualizados com informações da biblioteca “WidgetRTC”, portanto, não são dados provindos da servidor ou plataforma Blynk, que por sua vez só realiza a chamada da função. Nas linhas 97 a 100 é iniciada a conexão do relógio com o servidor Blynk pelo comando “rtc.begin()”.

Por fim, as funções “void setup()” “void loop()” consistem nas funções que irão processar todas as chamadas das funções anteriormente declaradas. A função “setup” é responsável por definir as entradas (INPUT) e saídas digitais (OUTPUT) de todo programa, declarando a funcionalidade de cada pino nos comandos “pinMode” como INPUT ou OUTPUT. Os pinos referentes aos sensores serão definidos como INPUT, e a bomba d’água por ser um atuador, será definida como OUTPUT.

Nessa função também será definido um timer para cada sinal a ser recebido, pelos sensores, e pelo relógio. Assim, as linhas 113 a 115 foram dedicadas aos timers das variáveis de entrada, os quais chamam as funções declaradas anteriormente para cada sensor e para relógio.

E com isso, o desenvolvimento do código foi finalizado.

Figura 42 - Função Setup e função loop

```
//--FUNÇÃO PRINCIPAL QUE DEFINE AS FUNCIONALIDADES DE CADA VARIÁVEL

void setup()
{
  Serial.begin(115200);

  pinMode(bomba_agua, OUTPUT); //declara a variável bomba d'água como OUNPUT(SAÍDA/envia dados)
  pinMode(nivel_agua, INPUT);  //declara a variável nível de água como INPUT(ENTRADA/recebe dados)
  pinMode(umidade, INPUT);     //declara a variável umidade como INPUT(ENTRADA/recebe dados)

  Blynk.begin(auth, ssid, pass); //incia a comunicação via Wifi do servior com a placa
  timerNivelAgua.setInterval(1000L, lerSensorNivelAgua); //define o intervalo para função de leitura do nivel de agua
  timerUmidade.setInterval(1000L, lerSensorUmidade);     //define o intervalo para função de leitura da umidade
  timer.setInterval(1000L, clockDisplay);                //define o intervalo para função de leitura do relógio

}

//--FUNÇÃO LOOP

void loop()
{
  Blynk.run();   //inicia a varredura das funções dentro do servidor Blynk
  timerNivelAgua.run(); // inicia o timer do sensor nivel de agua
  timerUmidade.run();   // inicia o timer do sensor de umidade
  timer.run();          // inicia o timer do relógio

}
//--FIM DO CÓDIGO
```

Fonte: Autoria própria.

4.3 Configuração do esquemático eletrônico

Como relatado anteriormente, a plataforma Fritzing pode oferecer todos os componentes de forma esquemática. Não foi possível simular o circuito pois a plataforma não oferece tal recurso. A esquematização do circuito eletrônico iniciou-se com a procura da representação virtual dos 6 componentes eletrônicos na Internet, pelo arquivo .fzpz correspondente. Assim, obteve-se todos os componentes representados de forma virtual dentro da plataforma Fritzing. A figura abaixo mostra os componentes conectados a placa microcontroladora Wemos D1 Mini.

Os requisitos para a montagem do circuito virtual foi um pino com função “Pull-Up” dedicado ao sensor de nível, para que não houvesse variação na coleta de dados pelo sensor, conhecido efeito “*debounce*”, também presente no uso de botões “Push-button”. Outro requisito existente na escolha das portas foi um pino com função analógica para o sensor de umidade de solo, o qual não conta com um pino digital de saída. Para o acionamento da bomba d’água, o pino escolhido é um pino digital PWM, portanto, existem outras 7 opções de pino iguais a esse para ser utilizado para outras saídas ou entradas.

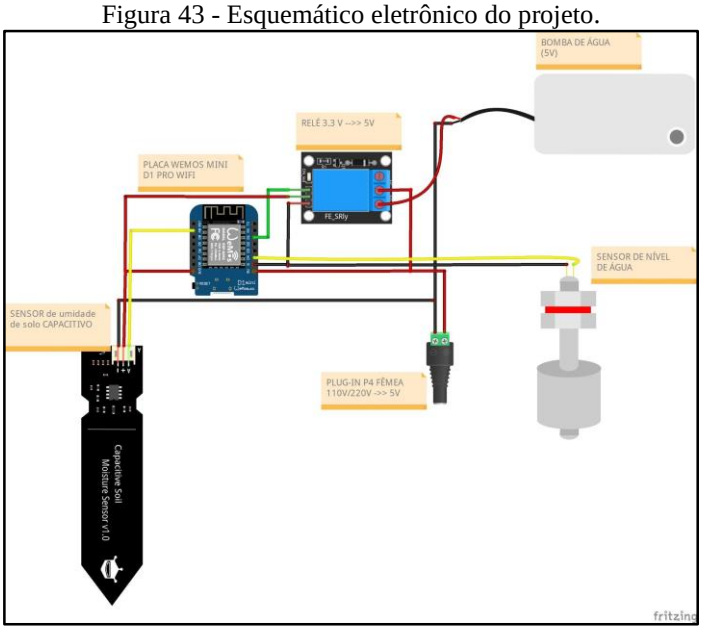
Os pinos conectados a bomba d’água, ao sensor de nível e ao sensor de umidade foram os pinos da placa: D1 (PWM), D4 (tipo pull-up) e A0 (analógico), respectivamente.

Para o acionamento da bomba d’água utilizou-se o relé 3,3V/5V, de forma que intermediasse a conexão entre a placa microcontrolada e a bomba. Assim, a pinagem do relé, a qual consta de pinos de entrada: NC(contato normalmente fechado), Comum e NO(contato

normalmente fechado), foi conectada a placa de forma que o pino Comum foi conectado ao terminal positivo da fonte (+5V), e o NC conectado ao terminal positivo da bomba.

Para a alimentação do circuito, foi conectado ao Plug-In tipo P4 Fêmea os terminais positivo e negativo, de forma que também fosse interligado o positivo e o negativo com cada sensor e atuador.

Figura 43 - Esquemático eletrônico do projeto.

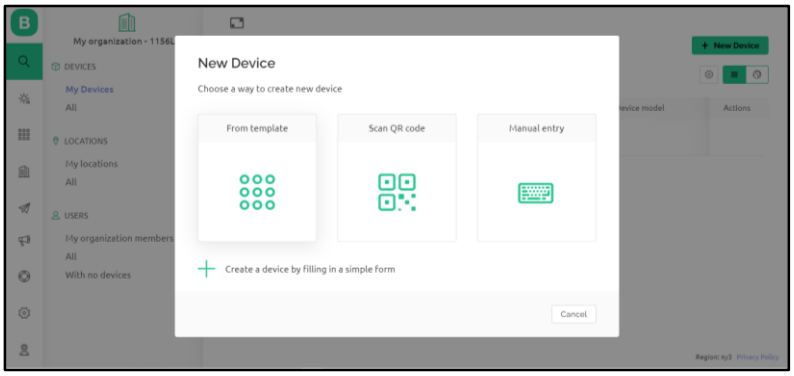


Fonte: Autoria própria.

4.4 Configuração da plataforma Blynk IoT

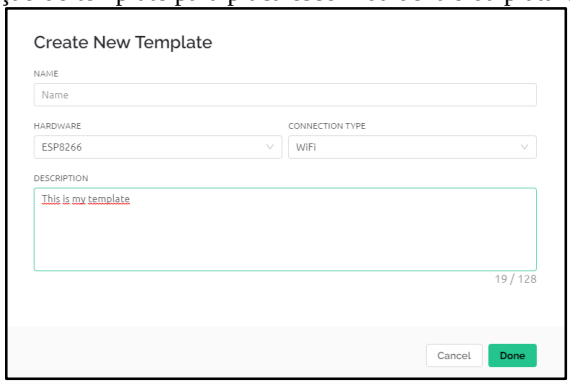
****A configuração da plataforma Blynk se deu inicialmente pela configuração das informações da conta cadastrada, assim como pelo token gerado pela criação do dispositivo. Após finalizada essa parte de criação do template, onde foram disponibilizados as informações usadas na IDE Arduino, partiu-se para criação das variáveis dentro da conta da plataforma Blynk IoT.

Figura 44 - Tela de início dentro da plataforma Blynk IoT.



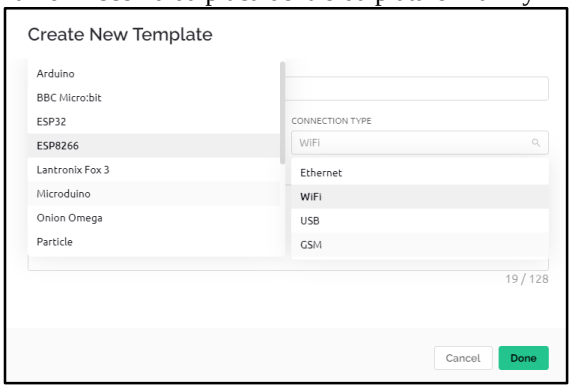
Fonte: Autoria própria.

Figura 45 - Criação do template para placa escolhida dentro da plataforma Blynk IoT.



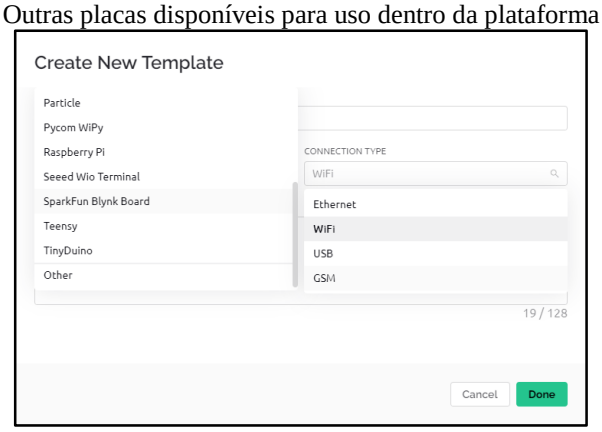
Fonte: Autoria própria.

Figura 46 - Escolha da placa dentro da plataforma Blynk IoT.



Fonte: Autoria própria.

Figura 47 - Outras placas disponíveis para uso dentro da plataforma Blynk IoT.



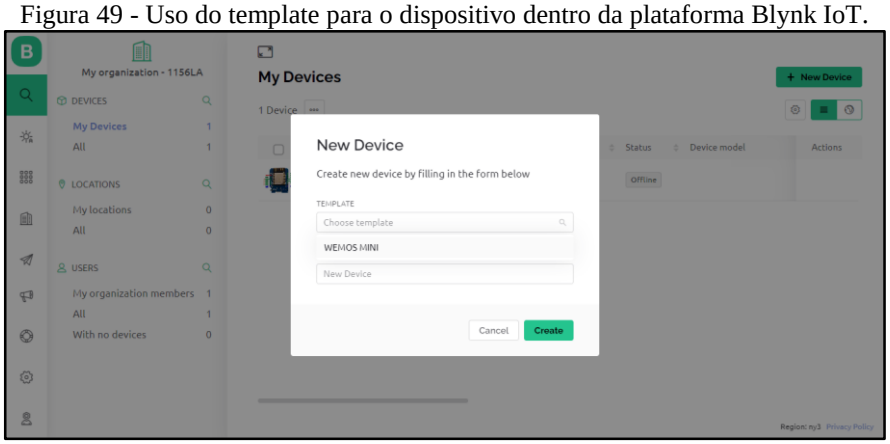
Fonte: Autoria própria.

Figura 48 - Template criado e disponível para uso dentro da plataforma Blynk IoT.



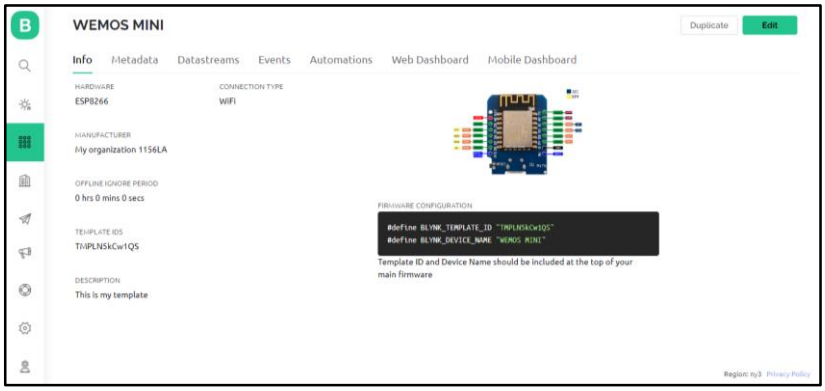
Fonte: Autoria própria.

Figura 49 - Uso do template para o dispositivo dentro da plataforma Blynk IoT.



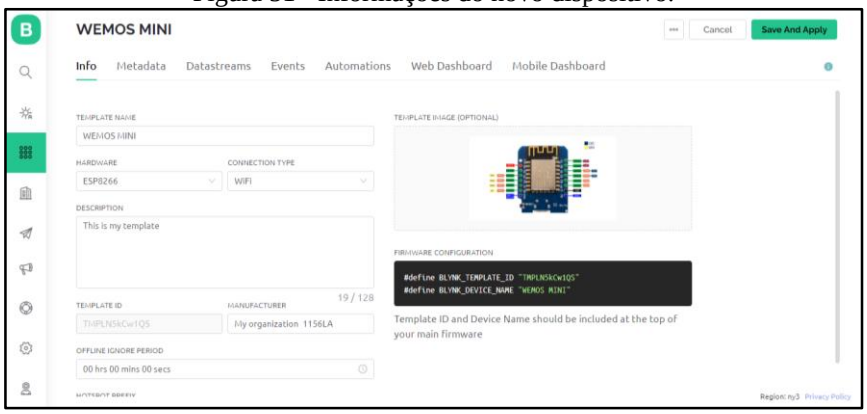
Fonte: Autoria própria.

Figura 50 - Informações do novo dispositivo essenciais para comunicação do servidor Blynk com a placa, via IDE Arduino.



Fonte: Autoria própria.

Figura 51 - Informações do novo dispositivo.



Fonte: Autoria própria.

4.4.1 Configurações das entradas e saídas do sistema (sensores)

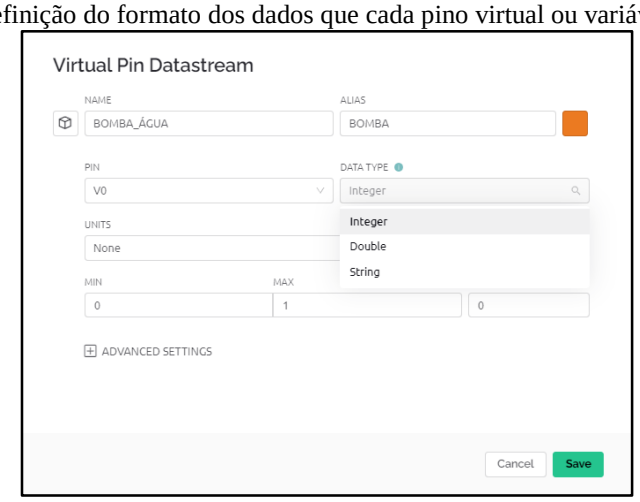
Para integrar a comunicação das variáveis criadas no código na IDE Arduino com os pinos da placa e também com a interface de controle no Blynk, foram criadas todas as variáveis dentro da plataforma Blynk IoT, na aba “DataStreams”. Como demonstrado na figura abaixo, as variáveis possuem um número referente ao pino virtual criado (V0,V1,V2,V3 e V4). As variáveis V0, V1 e V2 correspondem à bomba d’água, ao sensor de nível de água e ao sensor de umidade de solo, respectivamente. Já os pinos virtuais V3 e V4 correspondem às variáveis de data e hora, respectivamente. Cada pino virtual foi criado dentro do Blynk com seus devidos formatos. Nesse projeto, todas as variáveis recebem ou enviam números inteiros (Integer), entretanto a plataforma Blynk permite programar os pinos virtuais para serem formatados também como números decimais (Double) ou texto (String).

Figura 52 - Campo “Datastreams” é responsável pela criação e edição das variáveis do programa.



Fonte: Autoria própria.

Figura 53 - Definição do formato dos dados que cada pino virtual ou variável interpretará.



Fonte: Autoria própria.

Após criar todas as variáveis como pinos virtuais, partiu-se para criação da tela de monitoramento e controle dentro da plataforma Blynk.

4.4.2 Configuração do display para umidade (entrada)

Para tal configuração da *dashboard* ou da interface de monitoramento e controle, foi acessada a aba *“Web Dashboard”*. No canto esquerdo da tela, é apresentado diversos tipos de elementos que podem compor a dashboard, como displays, botões e outros indicadores gráficos, numéricos e textuais. Para os dados de umidade, foram escolhidos o display do tipo

gráfico cartesiano, onde o eixo x representa o valor da umidade de solo detectada, e o eixo y representa o horário de leitura do sensor.

Figura 54 - Variável “Umidade” atrelada ao display gráfico.

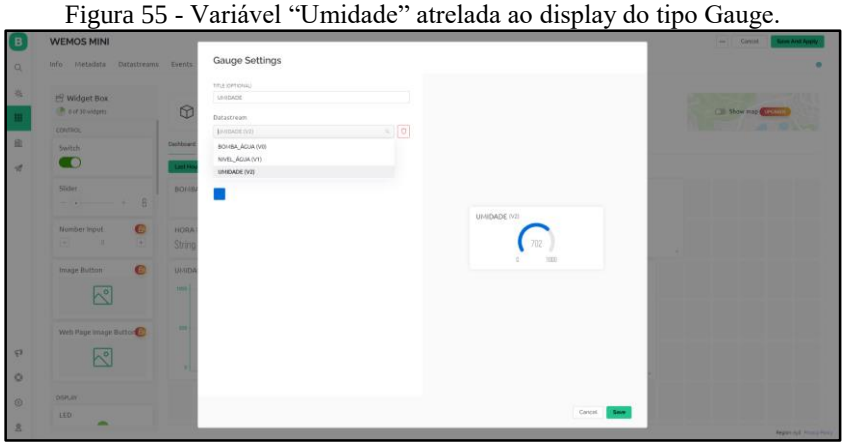


Fonte: Autoria própria.

4.4.3 Configuração do gauge para umidade

Outro display utilizado para mostrar o valor do sensor de umidade de solo foi o display tipo Gauge, onde é definido um valor mínimo, de zero, e um valor máximo de 1000. Então, os valores de umidade serão mostrados entre os limites definidos.

Figura 55 - Variável “Umidade” atrelada ao display do tipo Gauge.



Fonte: Autoria própria.

4.4.4 Configuração do LED virtual para o sensor de nível

Para o indicador do sensor de nível de água da tela de monitoramento foi escolhido um LED na cor vermelha para indicar a falta de água, ou seja, o contato fechado entre a bóia

do sensor e a parte inferior. Quando a água estiver presente no reservatório, a luz do LED apagará, indicando um contato aberto entre a bóia e a parte inferior do sensor.

Figura 56 - Variável “Nível de água” atrelada ao display LED.



Fonte: Autoria própria.

4.4.5 Configuração do switch ON/OFF para mini bomba do dispositivo

Para o acionamento da mini bomba submersível, foi inserido um botão do tipo Swtich na tela de monitoramento do dispositivo. Esse botão ou chave Swtich será o elemento responsável por acionar e desativar a bomba de água.

Figura 57 - Variável “Bomba d’água” atrelada ao botão tipo switch



Fonte: Autoria própria.

4.5 Acesso à Interface de controle no Blynk IoT

Realizada a criação e edição dos elementos visuais da tela de monitoramento e controle, foram salvas as alterações e testada a conexão com a placa microcontroladora.

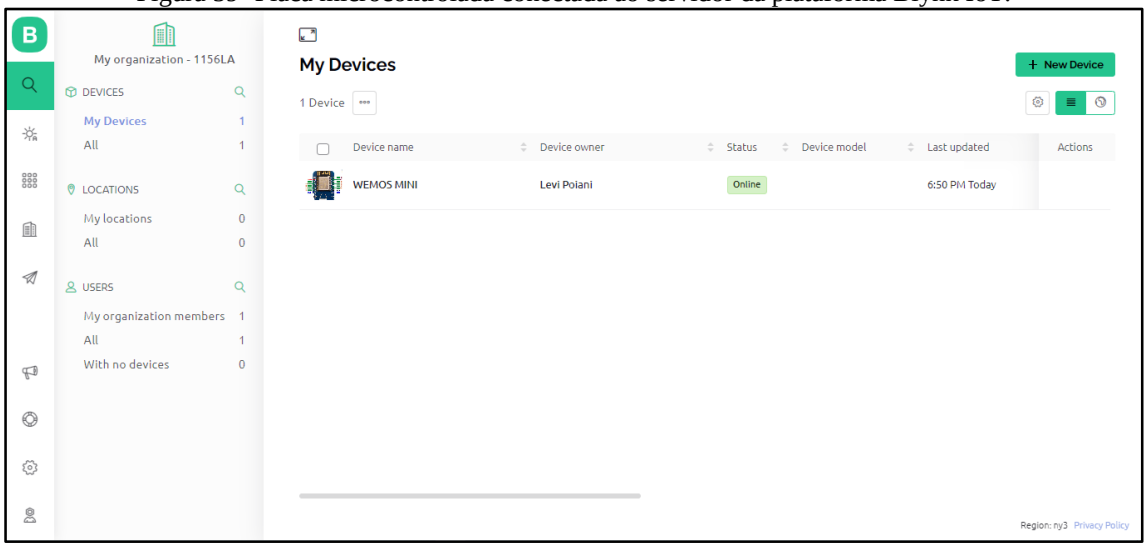
Figura 58 - Interface programada para receber e enviar todos os dados do vaso IoT.



Fonte: Autoria própria.

Após compilar e executar o código na IDE Arduino, foi possível notar que o dispositivo microcontrolador alterou seu status na plataforma Blynk para “online”, demonstrando uma conexão efetiva e rápida com a internet.

Figura 59- Placa microcontrolada conectada ao servidor da plataforma Blynk IoT.



Fonte: Autoria própria.

Após realizada a conexão, foi possível observar os valores coletados pelos sensores e também foi possível enviar sinal à bomba de água.

Figura 60 - Placa microcontrolada mostrando os estados das variáveis e valores do programa.

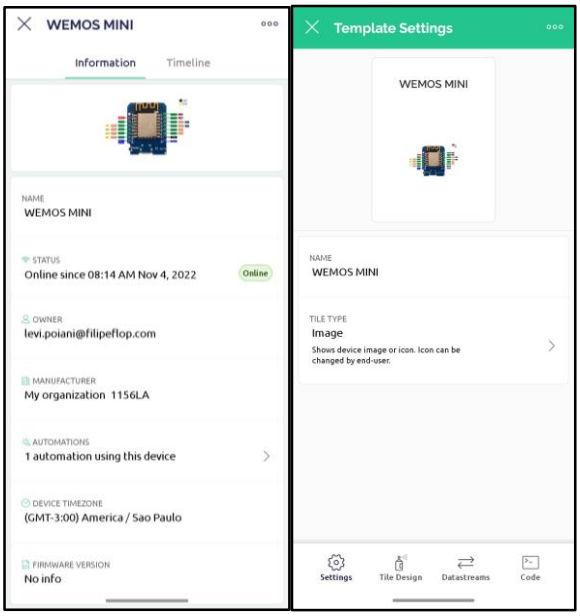


Fonte: Autoria própria.

Para a configuração da tela de monitoramento na versão mobile, foi necessário instalar o aplicativo “Blynk IoT” encontrado gratuitamente na PlayStore para celulares Androids ou na AppleStore para celulares iOS.

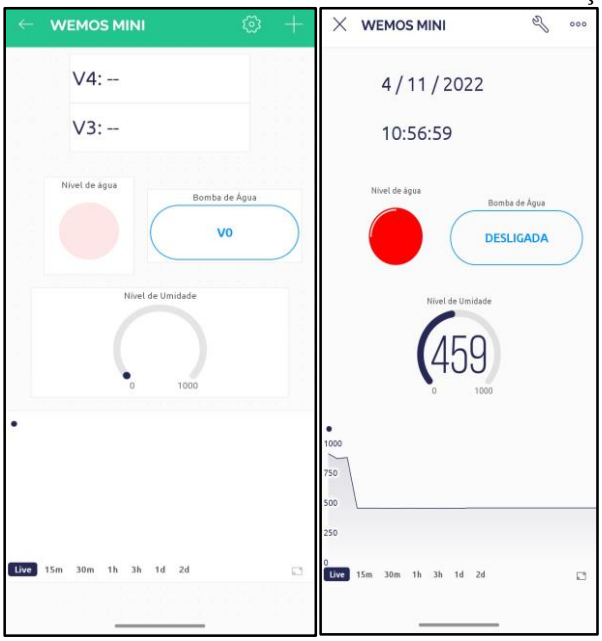
Da mesma forma que foram criados os elementos visuais da tela de monitoramento ou dashboard Web, foi realizado para a versão Mobile. Todos os elementos criados na primeira versão (web), foram representados na versão mobile. Desta vez, o dispositivo “Wemos Mini” não foi preciso ser recriado na versão mobile, pois já foi criado anteriormente um template dentro da conta do Blynk.

Figura 61 - Dispositivo já existente na versão mobile dentro da conta criada na Blynk IoT.



Fonte: Autoria própria.

Figura 62 - Configuração dos elementos visuais da interface versão mobile da plataforma Blynk IoT. À esquerda tem-se a tela de desenvolvimento e à direita a tela de visualização do dispositivo.



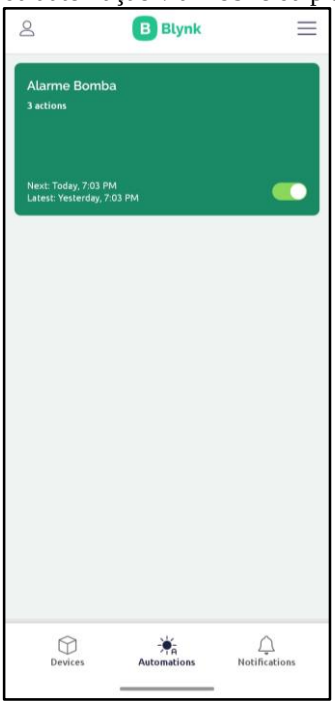
Fonte: Autoria própria.

4.6 Acesso à Automação no Blynk IoT

A automação do projeto se deu pela integração dos componentes eletrônicos da placa microcontroladora com o servidor Blynk IoT. O controle personalizado do projeto foi feito via aplicativo Blynk IoT, como o alarme da mini bomba de água. O recurso utilizado para efetuar um determinado controle que pode relacionar entradas e/ou saídas, como sensores e atuadores, foi o recurso “Automations” dentro da plataforma do aplicativo Blynk. Com essa ferramenta, tornou-se possível programar a saída digital referente da bomba d’água de forma

muito simples, e que não utilizou-se linhas de programação. Na foto abaixo, é possível visualizar o recurso do aplicativo responsável pela configuração da automação.

Figura 63 - Programação da automação via mobile da plataforma Blynk IoT App.



Fonte: Autoria própria.

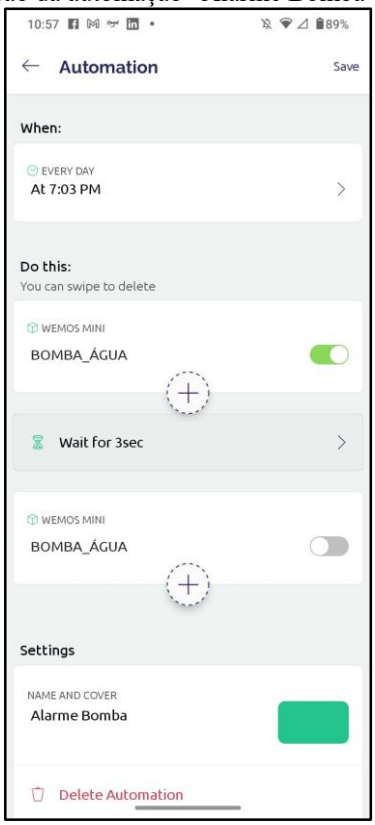
Foi criado um item “Alarme Bomba”, referente a automação da bomba d’água. Este item pode ser configurado da maneira que usuário preferir via aplicativo mobile, sem que haja necessidade de novas linhas de programação.

Conforme mostra a figura abaixo, o campo “*Do this*” trata-se do local onde o usuário poderá configurar os comandos dados a uma determinada saída. É possível relacionar entradas com saídas, como por exemplo programar o acionamento de água para quando o

solo estiver seco. Assim, pode ser utilizado mais de uma variável por automação, porém, o acionamento será somente possível para as saídas digitais.

No caso deste projeto, foi configurado os comandos para bomba ligar quando o alarme foi acionado, às 07:03 p.m. ou 19:03. Depois, ainda acionada, a bomba aguardará por 3 segundos, e em seguida será desativada. Tais comandos foram adicionados de forma simples, clicando no símbolo (+) da figura abaixo.

Figura 64 - Configuração da automação “Alarme Bomba” relacionado a bomba d’água.

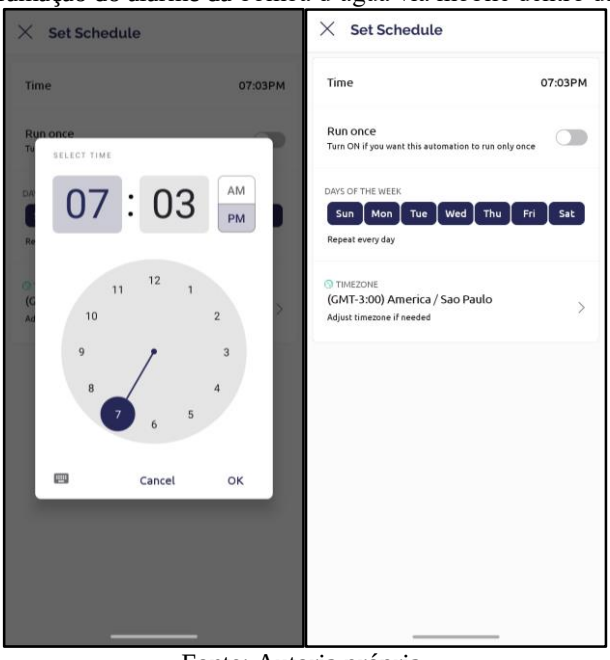


Fonte: Autoria própria.

O aplicativo já conta com ferramentas de alarme, como existem nos dispositivos mobile, tornando possível automatizar diversas saídas com o próprio dispositivo mobile, de

forma muito simples. É possível selecionar os dias da semana que será programado o acionamento da saída, como também acionar somente uma vez.

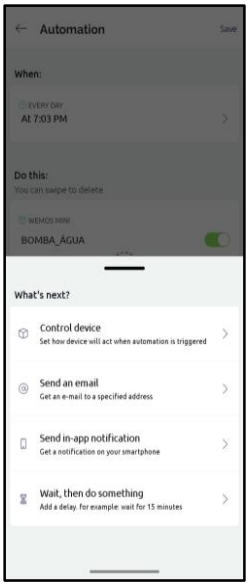
Figura 65 - Programação do alarme da bomba d'água via mobile dentro da plataforma Blynk IoT.



Fonte: Autoria própria.

Para outros controles da ferramenta "Automation", é possível utilizar outros recursos que a plataforma Blynk oferece de maneira gratuita, por exemplo enviar e-mail, mensagens para dispositivos mobile, ativar outras saídas ou aguardar um intervalo de tempo.

Figura 66 - Programação da ação tomada após o acionamento da saída dentro da plataforma Blynk IoT.



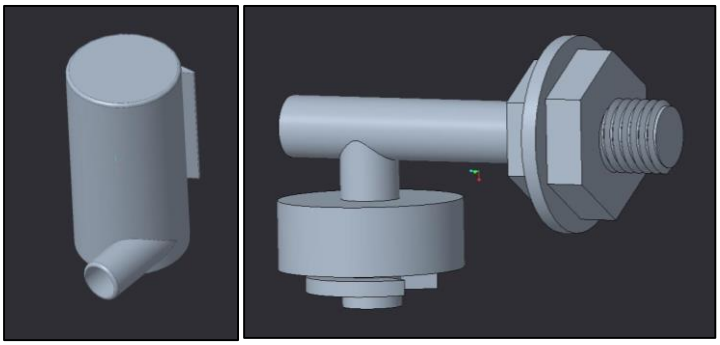
Fonte: Autoria própria.

4.7 Modelagem 3D e Impressão 3D FDM

A modelagem do recipiente (parte 1), da case do circuito eletrônico (parte 2) e da tampa da case (parte 3) foram elaborados no software Creo Parametric. A modelagem dos componentes eletrônicos tornou-se necessária devido ao encaixe de alta precisão desses componentes no recipiente do vaso hortifrúti. Os componentes foram modelados a partir da medição com um paquímetro digital, após a aquisição de cada componente. Antes de realizar a aquisição dos componentes, foi observado qual seria as dimensões de cada peça, sendo a medição com o paquímetro uma medição mais específica que a prévia análise dos desenhos técnicos encontrados antes da aquisição.

Os componentes eletrônicos abaixo foram desenhados no programa Creo Parametric com o auxílio de um paquímetro digital. Assim, foi possível elaborar com medidas reais os modelos 3D abaixo.

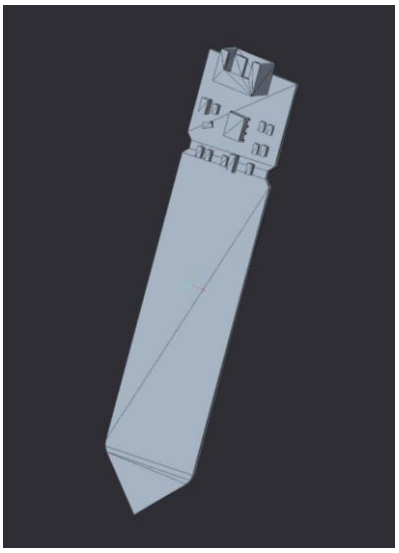
Figura 67 - Observa-se os modelos 3D do sensor de nível de água à direita e da mini bomba d’água à esquerda.



Fonte: Autoria própria.

O modelo 3D referente ao sensor de umidade de solo capacitivo foi retirado do site *grabcad.com*, site amplamente utilizado por modeladores e projetistas. O site ferece modelos 3D gratuitos e confiáveis dos mais diversos objetos, incluindo componentes eletrônicos, como placas e sensores.

Figura 68 - Modelo 3D do sensor de umidade de solo retirado da internet.

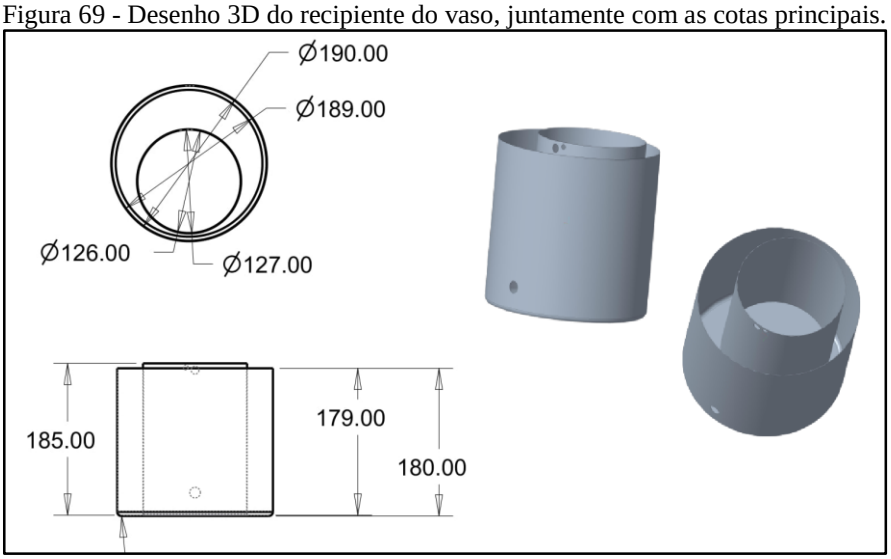


Fonte: *grabcad.com*.

Depois de concluir a modelagem dos componentes eletrônicos do projeto, iniciou-se a modelagem de todo o vaso hortifrúti. Primeiramente, a parte modelada foi o recipiente do vaso juntamente com o reservatório de água. Tal vaso foi projetado para abrigar os

sensores, o atuador, água e o substrato de forma estratégica, para executar as funcionalidades de cada um sem qualquer imprevisto, no devido local.

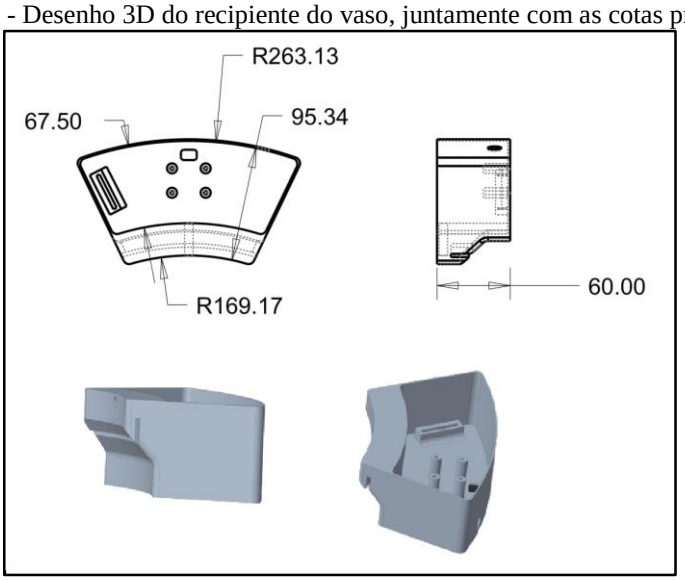
Figura 69 - Desenho 3D do recipiente do vaso, juntamente com as cotas principais.



Fonte: Autoria própria

A segunda parte da modelagem do vaso foi dedicada a elaboração a case para abrigar os componentes eletrônicos referentes ao controle e a alimentação do circuito, sendo eles a placa microcontroladora, o módulo relé, os jumpers e o conector P4 tipo fêmea, sendo esta case tampada.

Figura 70 - Desenho 3D do recipiente do vaso, juntamente com as cotas principais.



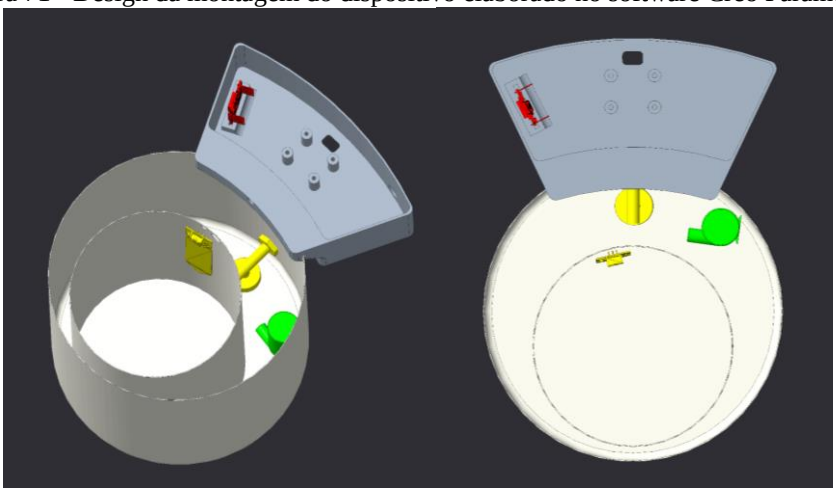
Fonte: Autoria própria.

Depois de concluir todas as modelagem 3D do projeto, iniciou-se a montagem 3D pelo mesmo software, Creo Parametric. Conhecido como arquivo “Assembly”, a montagem 3D pode ser realizada somente após a finalização das demais modelagens.

Na montagem 3D, cada componente foi devidamente inserido, a fim de representar com fidelidade os encaixes e a disposição dos objetos dentro do dispositivo do vaso hortifrúti IoT.

Como pode ser observado, em vermelho, tem-se a placa microcontroladora Wemos D1 Mini; em amarelo tem-se os componentes de entradas, ou sensores; em amarelo tem-se único atuador, que consiste na mini bomba d’água submersível. Em cinza, está representada a case dos eletrônicos do sistema de controle e em branco tem-se o recipiente do vaso e também reservatório d’água.

Figura 71 - Design da montagem do dispositivo elaborado no software Creo Parametric.

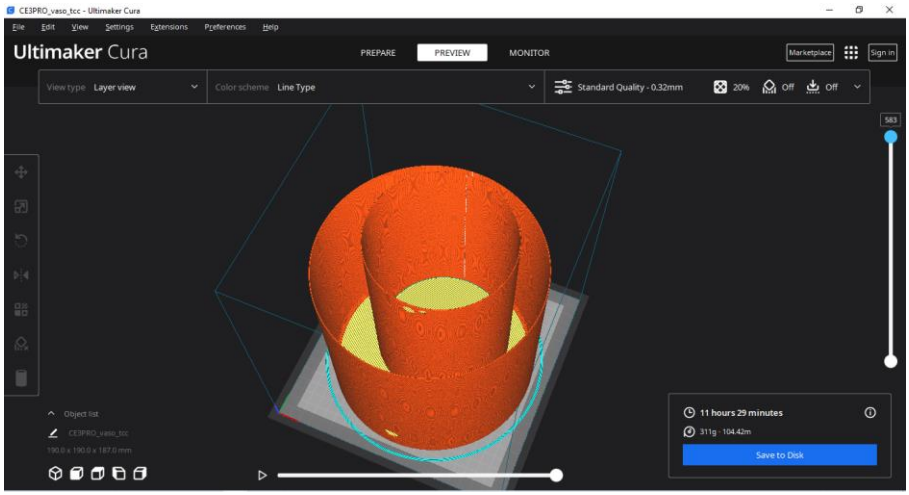


Fonte: Autoria própria.

Iniciou-se o processo de impressão 3D após finalizada a montagem 3D. Para tal tarefa, foi utilizado o software Ulti*maker* Cura, amplamente reconhecido pelos usuários de impressoras 3D. O software permite alterar todos os parâmetros de impressão 3D. Para a manufatura de todas as 3 peças impressas, foi utilizado o modelo Ender 3. A manufatura

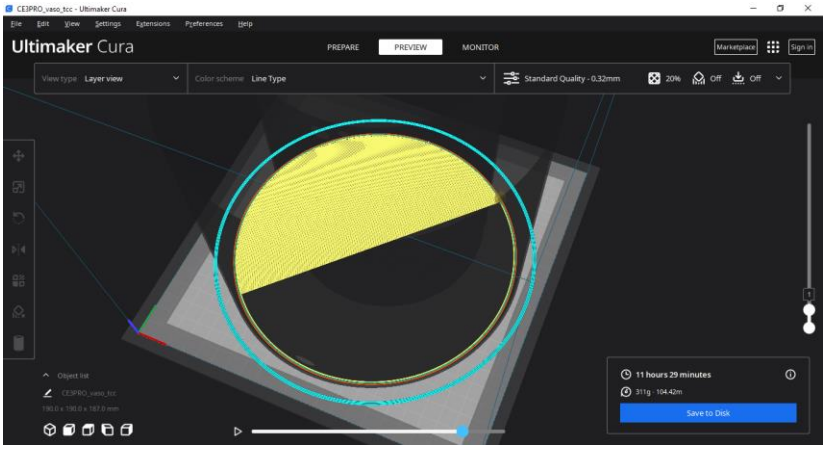
teve início com a parte do recipiente do vaso, sendo a parte de mais longa impressão, levando 11 horas e 29 minutos para ser impressa. A pré-visualização da manufatura foi possível de ser observada pelo software Ulti*maker* Cura, o qual permite visualizar o caminho percorrido pelo bico do início ao fim de todas as camadas, como pode-se notar nas figuras XXX abaixo.

Figura 72 - Pré-visualização do dispositivo elaborado no software Creo Parametric, com total de 583 camadas.



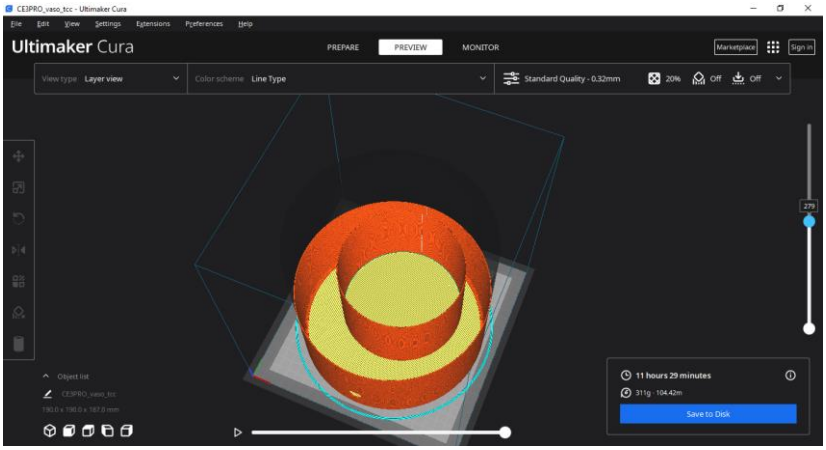
Fonte: Autoria própria.

Figura 73 - Impressão da primeira camada da parte do recipiente do vaso, sendo pré-manufaturado no software Creo Parametric.



Fonte: Autoria própria.

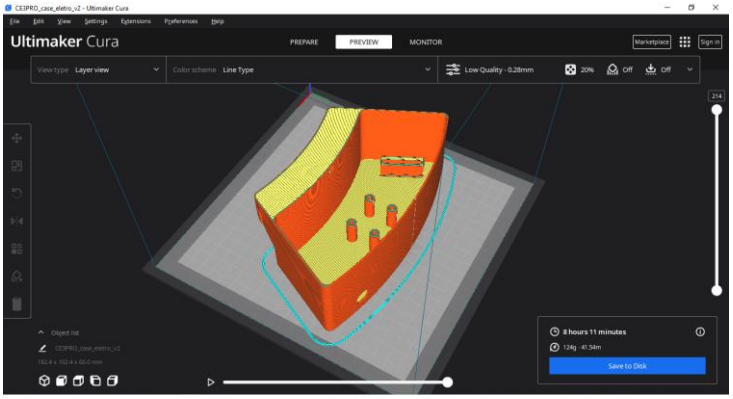
Figura 74 - Pré-visualização da manufatura do recipiente do vaso na camada 279ª.



Fonte: Autoria própria.

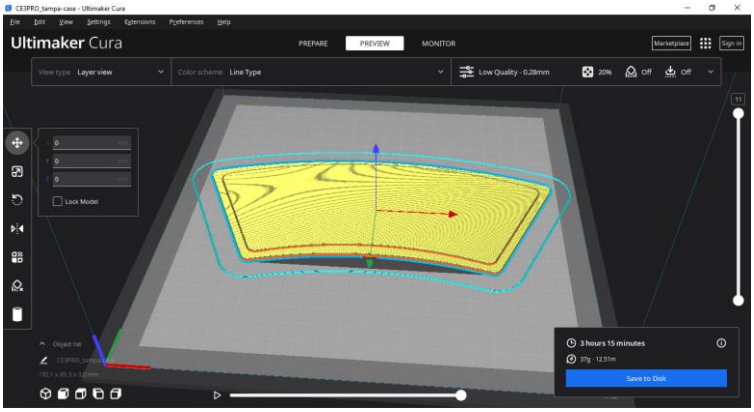
Da mesma forma que foi simulada a manufatura da parte do recipiente do vaso, foi realizado para a *case* dos eletrônicos do sistema de controle, e para a tampa dessa case. Assim, obteve-se a *case* dos eletrônicos impressa em 8 horas e 11 minutos e a tampa dessa case em 3 horas e 15 minutos de impressão.

Figura 75 - Pré-visualização da case que abriga os eletrônicos do sistema de controle do dispositivo, elaborado no software Creo Parametric.



Fonte: Autoria própria.

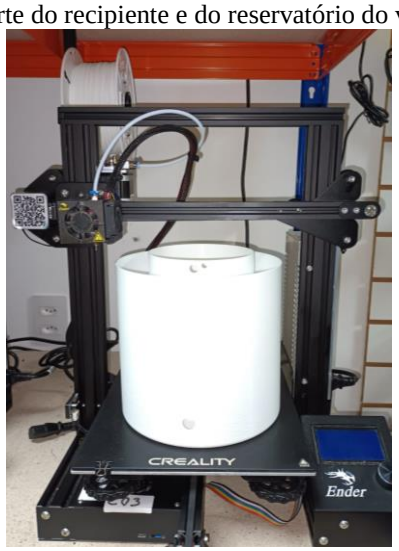
Figura 76 - Pré-visualização da tampa da case que abriga os eletrônicos do sistema de controle do dispositivo, elaborado no software Creo Parametric.



Fonte: Autoria própria.

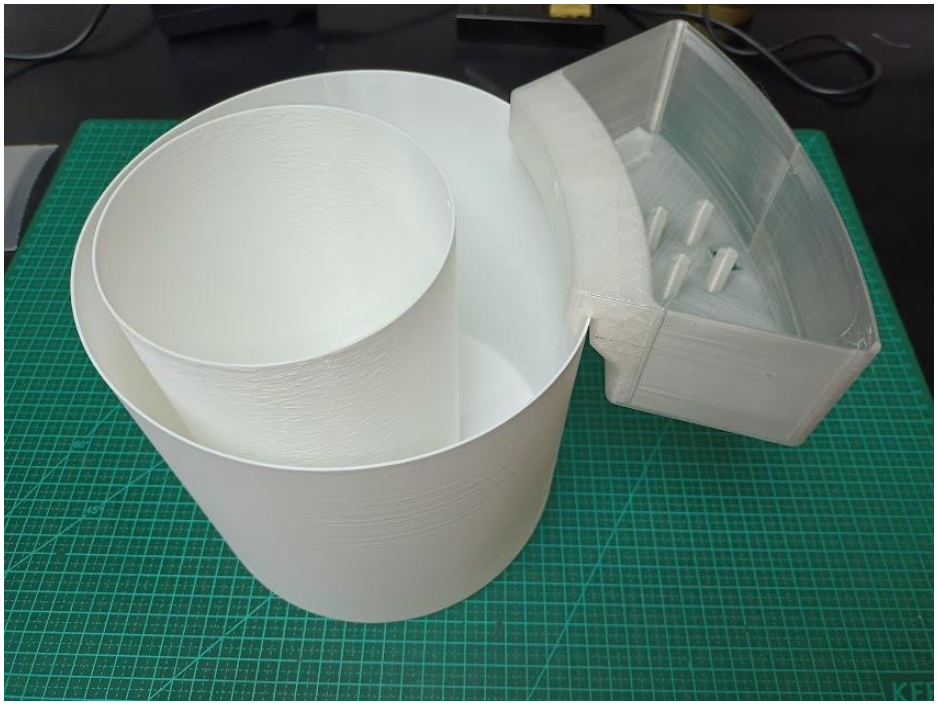
Por fim, obteve-se os objetos impressos, como pode ser observado nas figuras abaixo:

Figura 77 - Parte do recipiente e do reservatório do vaso hortifrúti.



Fonte: Autoria própria.

Figura 78 - Foto das partes impressas: parte branca refere-se ao recipiente e ao reservatório, enquanto a parte transparente é elaborada para abrigar os componentes eletrônicos.



Fonte: Autoria própria.

4.8 Soldagem dos jumpers e montagem do circuito

A soldagem do circuito foi elaborada a partir do esquemático eletrônico. As conexões em paralelo dos jumpers referentes a alimentação de energia elétrica foram soldadas entre si, gerando conexões em “Y”. Para o acabamento da solda, foi usado 20 milímetros de tubos termo retráteis para cada emenda, de forma a isolar a solda, para garantir durabilidade e eficácia na transmissão de corrente elétrica.

Figura 79 - Foto do acabamento com tubo termo retrátil na solda feita em um jumper do sensor de nível, a fim de soldar um conector fêmea em sua extremidade.

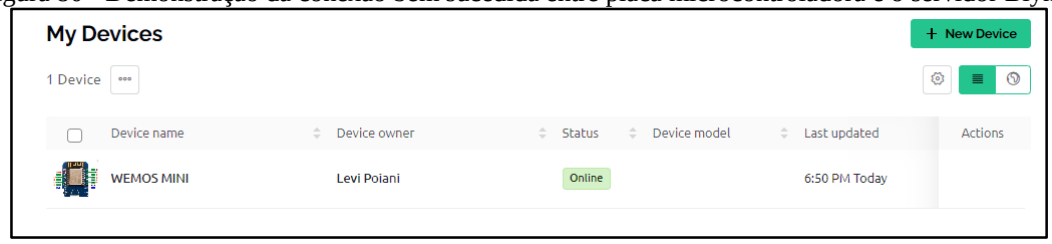


Fonte: Autoria própria.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Concluídas as etapas de desenvolvimento, deu-se início aos testes do funcionamento do sistema do vaso IoT. Para verificar os sinais enviados da placa microcontroladora para o servidor, foi observado o status do dispositivo dentro da plataforma Blynk. Após o status da placa alterar para “Online”, as variáveis tiveram seus valores alterados como observado pela interface de monitoramento na página web na plataforma Blynk IoT. Na figura a seguir, pode-se notar o status da placa como “Online”.

Figura 80 - Demonstração da conexão bem sucedida entre placa microcontroladora e o servidor Blynk.



Fonte: Autoria própria.

Os primeiros testes foram feitos utilizando a tela de monitoramento via web. Tal aplicação demonstrou-se certamente conectada a internet e altamente responsiva. Os valores de umidade são mostrados em dois displays, o LED é acionado caso o nível de água não detecte a presença de água, e a bomba pode ser acionada ou desativada conforme a mudança de estado do botão da interface. Por fim, o relógio demonstrou uma conexão bem sucedida entre a biblioteca instalada dentro da placa, a qual fornece dados de data e hora, e o servidor Blynk.

Figura 81 - Dashboard da interface de controle e monitoramento em funcionamento via aplicação web.



Fonte: Autoria própria

Figura 82 - Dashboard da interface de controle e monitoramento em funcionamento, via aplicação mobile.



Fonte: Autoria própria.

Com relação à performance do sistema de controle, ao observar a resposta da interface de controle e monitoramento, fica evidente a eficiente conexão entre os dispositivos IoT envolvidos no projeto. Com o intuito de tornar o controle mais prático, foi criada também a aplicação na versão *mobile*, a qual demonstrou-se altamente responsiva e eficiente, mesmo quando conectada na rede 4G. A utilização do servidor da Blynk, torna possível o acesso remoto a placa microcontrolada, ou seja, não é necessário os usuários estarem conectados na mesma rede que os dispositivos.

O circuito de alimentação desse dispositivo consome poucos Watts de energia, não ultrapassando 10W. Em ambientes de condições térmicas extremas, tanto o recipiente assim como as cases eletrônicas não suportam temperaturas acima dos 60ºC.

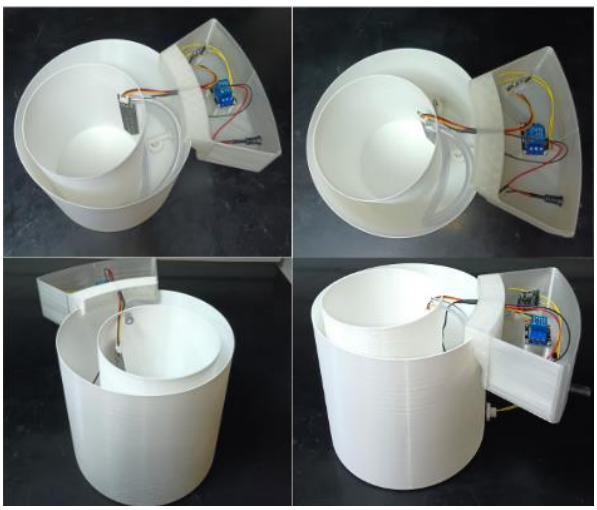
Portanto, para o uso do dispositivo IoT em ambientes abertos, se faz necessário o uso de plástico para impressão 3D que garantam a integridade do recipiente e das cases eletrônicas. Um plástico que atende as premissas para um ambiente externo seria o PETG, comumente utilizado pelos usuários da impressão 3D, material mais resistente térmica e mecanicamente.

Figura 83 - Protótipo com água no reservatório e com substrato no recipiente para testes de vedação.



Fonte: Autoria própria.

Figura 84 – Vistas do protótipo final montado com todos os componentes.



Fonte: Autoria própria.

6 CONCLUSÃO

A solução desenvolvida para a criação de um sistema de controle e monitoramento, de baixo custo, que soluciona também o problema da complexidade da integração de sistemas de automação, se mostrou eficaz dentro da aplicação proposta do protótipo em questão. Considerando os testes realizados, devido ao curto tempo de resposta, à alta efetividade da conexão da placa microcontrolada com o servidor Blynk, pode-se dizer que a mesma solução teria sucesso em aplicações de maior escala, ainda que para projetos de maior investimento sejam necessários testes mais específicos.

Além da eficácia da solução, a aplicação em ambiente tecnológico residencial traria praticidade e economia de recursos. Os métodos utilizados neste trabalho poderiam possibilitar muito aprendizado para jovens estudantes, iniciantes na área da eletrônica, programação e engenharia, devido a utilização de conceitos de física elétrica, eletrônica, ferramentas como impressão 3D, microcontroladores, além dos softwares envolvidos no desenvolvimento do projeto.

Com relação ao equipamento utilizado para controlar as entradas e saídas, o Wemos D1 Mini demonstrou-se uma ótima opção quanto a economia de espaço e de recursos financeiros, já que se trata de uma solução de dimensões reduzidas e baixo custo.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, C. ***Makers*: a nova revolução digital**. Rio de Janeiro: Editora Campus-Elsevier, 2014.
Disponível em: < https://artciencia.com/article/download/11648/8879/34049 > Acesso em: 28/04/2022

BARROS, E. T. G. D; ARARIPE, J. P. G. de A; LIMA, A. G. da C. **Vaso Inteligente: um Projeto *Maker* para Automação e Manutenção das Plantas.** III Congresso sobre tecnologias na Educação: Cultura *Maker* na Escola. CESAR (Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife) – Recife – PE – Brasil; Prefeitura Municipal de Vitória de Santo Antão (Secretaria de Educação) – Vitória de Santo Antão - PE – Brasil. Junho de 2018. Disponível em: <http://ceur-ws.org/Vol-2185/CtrlE_2018_paper_35.pdf> Acesso em: 21/05/2022

BESKO, M.; BILYK, C.; SIEBEN, P.G.. **Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D**. Revista eletrônica dos cursos de engenharia. Gest. Tecnol. Inov. Vol.01 n.3, 2017 Setembro – Dezembro Artigo 2 Página 9.
Disponível em: https://www.opet.com.br/faculdade/revista-engenharias/pdf/n3/Artigo2-n3-Bilyk.pdf. Acesso em: 10/02/2022

BITKOM; VDMA; ZVI. ***Implementation strategy industrie 4.0: report on the results of the industrie 4.0 platform***. Frankfurt, Alemanha,2016. Disponível em: < https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2016/januar/Implementation_Strategy_Industrie_4.0_-_Report_on_the_results_of_Industrie_4.0_Platform/Implementation-Strategy-Industrie-40-ENG.pdf> Acesso em: 01/05/2022

CARVALHO, A. B. G.; BLEY, D. P. **Cultura *Maker* e o uso das tecnologias digitais na educação: construindo pontes entre as teorias e práticas no Brasil e na Alemanha**. Revista Tecnologias na Educação, Ceará, v.26, n.10, p. 21 – 40, set. 2018. Disponível em:https://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2018/09/Art2-vol.26-EdicaoTematicaVIII-Setembro2018.pdf. Acesso em: 05/03/2022

CHMIELEWSKI A. M. M, DA SILVA A. J. D. LEITE J. R. E., **Indústria 4.0: revolução e impacto no mundo moderno**. Portal de Revistas Unisuam. Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2020. Disponível em: https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/projectus/article/view/709. Acesso em: 17/04/2022.

COSTA, M.A. da. **Bud: design de produto aplicado ao desenvolvimento de uma mini horta doméstica automatizada**. 2019. 55 f. TCC (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Bacharelado em Design, Natal, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/47399. Acesso em: 06/06/2022
.

EMBRAPA. **Soja Orgânica**. EMBRAPA. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/soja-organica>. Acesso em 19/05/2022.

EMBRAPA. **Horta Doméstica – Conteúdo Web**. EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/conteudo-web/-/asset_publisher/fHv2QS3tL8Qs/content/horta-domestica/1355746>. Acesso em 19/05/2022.

GOMES, Andrew Bueno; SILVA, Guilherme de Almeida Cardoso da; GELACKI, Raphae. **Automação residencial utilizando uma plataforma de baixo custo**. In: Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial). [S.l.]: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016. p. 44. Citado na página 16.

GREGOLETO, E.M. **Automação residencial via iot controlando esp8266 por comando de voz**. 2022. 33 f. TCC. (graduação) UNESP - Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira-SP. 2022
Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/235519/gregoleto_em_tcc_ilha.pdf?sequence=6&isAllowed=y. Acesso em: 20/04/2022

ŀKRABA, Andrej et al. ***Streaming pulse data to the cloud with bluetooth LE or NODEMCU ESP8266***. 2016 5Th Mediterranean Conference On Embedded Computing (Meco). Bar, Montenegro. jun. 2016. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/7525798. Acesso em:15/07/2022

MORANDINI, Moisés Miranda; VECHIO, Gustavo Henrique del. **Impressão 3d, tipos e possibilidades**. Revista Interface Tecnológica, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 67-77, 18 dez. 2020. Interface Tecnologica. http://dx.doi.org/10.31510/infa.v17i2.866.
DOI: 10.31510/infa.v17i2.866.
Disponível em: https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/866. Acesso em: 23 nov. 2022.

OLIVEIRA, R.R. **Uso do microcontrolador ESP8266 para automação residencial**. 2017. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, 2017. Disponível em: http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10019583.pdf. Acesso em: 06/03/2022

PROENÇA, M. H. **Arquitetura IoT para Aplicação em Smart Campus.** 2022. 74 f. TCC (graduação). Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Sorocaba. 2022. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/217967/proenca_mh_tcc_soro.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Acesso em: 15/06/2022

ROCHA, J.D., GRIZENDI, J. C. M. **Análise de componentes para viabilizar um sistema residencial automatizado com suporte IoT.** 2019. 56 f. TCC (graduação). Faculdade Doctum de Juiz de Fora – Curso de Engenharia Elétrica. Juiz de Fora – MG. 2019. Disponível em: https://dspace.doctum.edu.br/handle/123456789/2037. Acesso em: 04/05/2022

SANATANA, L. **Avaliação da composição química e das características térmicas de filamentos de PLA para impressoras 3d de código aberto**. IX Congresso Nacional de Eng. Mecânica, Fev de 2016. Fortaleza –Ceará. Disponível em: https://www.academia.edu/28710774/AVALIA%C3%87%C3%83O_DA_COMPOSI%C3%87%C3%83O_QU%C3%8DMICA_E_DAS_CARACTER%C3%8DSTICAS_T%C3%89RMICAS_DE_FILAMENTOS_DE_PLA_PARA_IMPRESSORAS_3D_DE_C%C3%93DIGO_ABERTO?from=cover_page Acesso em: 15/06/2022

SANTOS, J.W. ; DE LARA JUNIOR, R.C. **Sistema de automatização residencial de baixo custo controlado pelo microcontrolador esp32 e monitorado via smartphone**. 2019. 46 f. TCC (tecnólogo) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa-PR. 2019. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/16960/1/PG_COAUT_2019_1_02.pdf . Acesso em: 18/04/2022

SANTOS, B. P., ALBERTO, A., LIMA, T. D. F. M., & CHARRUA-SANTOS, F. M. B. (2018). ***Industry 4.0: challenges and opportunities***. Revista Produção E Desenvolvimento. Portugal. Vol 4, 124 páginas. Março, 2018. Disponível em: <https://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesenvolvimento/article/view/316> Acesso em: 07 /05/2022

SEBESTA, R. W. **Conceitos de linguagens de programação**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Disponível em: https://github.com/filipanselmo11/Lisp/blob/master/Conceitos%20de%20Linguagem%20de%20Programa%C3%A7%C3%A3o%20(9a%20Edi%C3%A7%C3%A3o)%20-%20Robert%20W.%20Sebesta%20-%20trabalho.pdf. Acesso em: 10/06/2022

TROTT, Paul. **Gestão da inovação e desenvolvimento de novos produtos**. 4 ed. São Paulo: Bookman, 2012. Disponível em: https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos07/418_artigos2007EGET_Inovacao&DesenvolvimentoProdutos2007.pdf Acesso em: 02/05/2022

VENTURELLI, Marcio. **Redes Ethernet Industrial: Conceito e aplicação na Automação e Controle Industrial**. Automação Industrial, 31 de mai. de 2016. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/redes-ethernet-industrial-conceito-e-aplicacao-na-automacao-e-controle-industrial/>. Acesso em 10 de fevereiro de 2021.

VOLPATO, N. Os principais processos de prototipagem rápida. In: VOLPATO, N. Prototipagem Rápida: Tecnologias e aplicações. São Paulo: Blücher, 2006. Disponível em: https://issuu.com/editorablucher/docs/issuu_prototipagem_rapida_8521203888 Acesso em: 20/05/2022.

ZILLI, S. do R.. **A robótica educacional no ensino fundamental: perspectivas e prática.** 2004. 89 f. TCC (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. 2004. Florianópolis-SC. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/86930/224814.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 19/03/2022

APÊNDICE

```
//---INÍCIO DO CÓDIGO

#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPLN5kCw1QS"
#define BLYNK_DEVICE_NAME "WEMOS MINI"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "A6vOBJjyZz32KYu4_Vfmea3EZjl-pCaM"
#define BLYNK_PRINT Serial

//---Declaração das Bibliotecas:
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

#include <TimeLib.h>
#include <WidgetRTC.h>

//---Declaração das variáveis e constantes:

//-CONSTANTES:
char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;

BlynkTimer timerNivelAgua; //declara um timer na plataforma Blynk para o nivel de agua
BlynkTimer timerUmidade;   //declara um timer na plataforma Blynk para a umidade
BlynkTimer timer;          //declara um timer na plataforma Blynk para a data e hora

WidgetRTC rtc;             //declara uma biblioteca para variável data e hora

//-CONSTANTES PARA WIFI:
char ssid[] = "XXXXXXX";  //nome da rede
```

```
char pass[] = "XXXXXXX";  //senha da rede


//-VARIÁVEIS:
int bomba_agua = 5; //declara o pino da placa que envia sinais para bomba d'água
int nivel_agua = 2; //declara o pino da placa que recebe sinais do nível de água
int umidade = A0;   //declara o pino da placa que recebe sinais de umidade
int hora, minutos; //variáveis do ALARME



//----FUNÇÕES PARA OS SENSORES e ATUADORES:

//--Função para enviar dados a variável da BOMBA DE ÁGUA via Blynk Web/App:

BLYNK_WRITE(V0)
{
  int value = param.asInt();
  digitalWrite(bomba_agua, value);
}

//--Função para receber os dados do sensor de NÍVEL DE ÁGUA via Interface Web/App:

void lerSensorNivelAgua()
{
  int nivel = digitalRead(nivel_agua);
  if(isnan(nivel))
  {
    return;
  }
  Blynk.virtualWrite(V1, nivel);
}
```

```
//--Função para receber os dados do sensor de UMIDADE via Interface Web/App:

void lerSensorUmidade()
{

  int umid = analogRead(umidade);

  if(isnan(umid))
  {
    return;
  }
  Blynk.virtualWrite(V2, umid);
}

//---Função do Relógio Digital para interface web/app

void clockDisplay()
{
  String currentTime = String(hour()) + ":" + minute() + ":" + second(); // variáveis do relógio online
  String currentDate = String(day()) + " / " + month() + " / " + year(); // variáveis da data

 Blynk.virtualWrite(V3, currentTime); // envia dados do horário atualizado para inteface no Blynk IoT
  Blynk.virtualWrite(V4, currentDate); // envia dados da data atualizada para inteface no Blynk IoT

}
```

```
//--Função que inicia a conexão do relógio:

BLYNK_CONNECTED()
{
  rtc.begin();
}

//--FUNÇÃO PRINCIPAL QUE DEFINE AS FUNCIONALIDADES DE CADA VARIÁVEL

void setup()
{
  Serial.begin(115200);

  pinMode(bomba_agua, OUTPUT); //declara a variável bomba d'água como OUNPUT(SAÍDA/envia dados)
  pinMode(nivel_agua, INPUT);  //declara a variável nível de água como INPUT(ENTRADA/recebe dados)
 pinMode(umidade, INPUT); //declara a variável umidade como INPUT(ENTRADA/recebe dados)

  Blynk.begin(auth, ssid, pass); //incia a comunicação via Wifi do servior com a placa
  timerNivelAgua.setInterval(1000L, lerSensorNivelAgua); //define o intervalo para função de leitura do nivel de agua
  timerUmidade.setInterval(1000L, lerSensorUmidade);  //define o intervalo para função de leitura da umidade
  timer.setInterval(1000L, clockDisplay);  //define o intervalo para função de leitura do relógio

}
```

```
//--FUNÇÃO LOOP

void loop()
{
  Blynk.run();   //inicia a varredura das funções dentro do servidor Blynk
  timerNivelAgua.run(); // inicia o timer do sensor nivel de agua
  timerUmidade.run();   // inicia o timer do sensor de umidade
  timer.run();          // inicia o timer do relógio

}
//--FIM DO CÓDIGO
```