

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS DE CURITIBA
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

FELIPE AUGUSTO DA FONSECA
LUIZ SCHMITZ

SISTEMA MICROCONTROLADO PARA ESTUFAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2

CURITIBA
2017

FELIPE AUGUSTO DA FONSECA
LUIZ SCHMITZ

SISTEMA MICROCONTROLADO PARA ESTUFAS

Trabalho de Conclusão de curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia de Controle e Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Dr. Roberto Cesar Betini.

CURITIBA

2017

FELIPE AUGUSTO DA FONSECA
LUIZ SCHMITZ

Sistema Microcontrolado para Estufas

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro de Controle e Automação, do curso de Engenharia de Controle e Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 06 de Dezembro de 2017.

Prof. Paulo Sérgio Walenia, Eng.
Cordenador de Curso
Engenharia de Controle e Automação

Prof. Marcelo de Oliveira Rosa, Dr.
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia de Controle e Automação do DAELT

ORIENTAÇÃO

Prof. Roberto Cesar Betini, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Roberto Cesar Betini, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Luiz Amilton Peplow, Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Paulo Cicero Fritzen, Dr.
Universidade Federal de Santa Maria

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia de Controle e Automação

Far better it is to dare mighty things, to win glorious triumphs, even though checkered by failure, than to take rank with those poor spirits who neither enjoy much nor suffer much, because they live in the gray twilight that knows not victory nor defeat. (ROOSEVELT, Theodore, "The Strenuous Life", 1899).

É muito melhor arriscar coisas grandiosas, alcançar triunfos e glórias, mesmo expondo-se a derrota, do que formar fila com os espíritos pobres que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem nessa penumbra cinzenta que não conhece vitória nem derrota. (ROOSEVELT, Theodore, 1899).

RESUMO

FONSECA, A. Felipe.; SCHMITZ, Luiz.; Sistema microcontrolado para estufas. 2017 82p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELT), Universidade Tecnológica do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2017.

Este trabalho é um estudo culminante que suporta a conclusão do curso; apresentando a viabilidade de construir um sistema automatizado de estufa para a produção de culturas. A estufa aqui desenvolvida como um projeto realiza a monitorização em variáveis que interferem na produção de uma determinada cultura. A correção dessas variáveis acontece através de um sistema automatizado microcontrolado. O controle dos parâmetros da estufa, como temperatura e umidade interna do ar, são influenciados pela abertura e fechamento do teto retrátil da estufa. O parâmetro ligado à umidade do solo será controlado e moderado pela abertura ou fechamento da mangueira de irrigação, abertura/fechamento do teto de estufa. Dependendo das condições climáticas fora da estufa, os parâmetros medidos pelos sensores são comparados com os parâmetros registrados no microcontrolador que estão de acordo com a cultura que está sendo cultivada. Caso contrário, o microcontrolador indicará a necessidade de ação para que o motor ou a válvula de irrigação da estufa sejam ativados. O projeto desenvolvido, atualmente, utiliza e aprimora o uso de software, programação, hardware, localização da implementação, proporções de tamanho para uma escala proporcional e um sistema de supervisão para a estufa para controlar e monitorar o ecossistema interno.

Palavras-chave: Estufa Automatizada. Estufa Microcontrolada. Cultivo Protegido.

ABSTRACT

FONSECA, A. Felipe.; SCHMITZ, Luiz.; Micro-controlled Automation for Greenhouses. 2017 82p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELT), Universidade Tecnológica do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2017.

This work is a culminating study support the completion of the degree course; it presents the feasibility of building an automated greenhouse system for the production of crops. The greenhouse here that was developed as a project performs monitorization on variables that interfere with the production of a given crop. The correction of these variables will happen through an automated microcontroller system. The control of the greenhouse parameters such as temperature and internal air humidity are influenced by the opening and closing of the retractable ceiling of the greenhouse. The parameter linked to soil humidity will be controlled and moderated by opening or closing the irrigation hose and opening and closing of the greenhouse ceiling. Depending on the climatic conditions outside of the greenhouse, the parameters measured by the sensors and compared with the parameters recorded on the microcontroller will be in accordance with the crop that is being cultivated. Otherwise, the microcontroller will indicate the necessity of action for the motor or irrigation valve of the greenhouse. The project developed, currently utilizes and enhances the use of software, programming, hardware, location of implementation, proportions of size for a proportional scale and a supervision system for the greenhouse to control and monitor the internal ecosystem.

Keywords: Automated Greenhouse. Microcontrolled. Protected Cultivation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Protótipo e suas funções.....	20
Figura 2 - Protótipo mostrando sua conectividade.	20
Figura 3 - Crescimento em Dispositivos conectados à internet.....	24
Figura 4 - Estufa inteligente.	25
Figura 5 - Google Gauge.....	27
Figura 6 - Gráfico Temperatura X Tempo.	27
Figura 7 - Campos para recebimento de dados.	29
Figura 8 - Comparação ESP-12E e Arduino uno.	32
Figura 9 - Janela inicial Ide Arduino.	34
Figura 10 - Janela de Preferências.	35
Figura 11 - Menu Ferramentas.....	36
Figura 12 - Gerenciador de Placas.....	37
Figura 13 - Menu ferramentas.	38
Figura 14 - Fluxograma de Programação.....	42
Figura 15 - Sistema elétrico.	44
Figura 16 - Sensor FC-28.....	46
Figura 17 - Sensor DHT11.	47
Figura 18 - Sensor BH1750FVI.	48
Figura 19 - Sensor M11-RD.	49
Figura 20 - Diagrama de conexões do ESP-12.....	50
Figura 21 - Caixa de redução, motor de passo.	51
Figura 22 - Motor de passo 28byj-48 e driver ULN2003.....	52
Figura 23 - Sistema de funcionamento sensor de fluxo de água.	53
Figura 24 - Figura 25 - Sensor YF-S201.	53
Figura 25 - Módulo Relé SRD-05VDC-SLC (2 portas).	54
Figura 26 - Válvula Solenoide VA01 180° 127V.....	55
Figura 27 - Arquitetura de rede para Smartgreenhouse.....	56
Figura 28 - Materiais utilizados.....	58
Figura 29 - Projeto em AutoCad.....	59
Figura 30 - Vista Superior	59
Figura 31 - Vista Lateral	60
Figura 32 - Vista Frontal.....	60

Figura 33 - Vista lateral	61
Figura 34 - Estrutura Física	62
Figura 35 - Estrutura com teto aberto.....	63
Figura 36 - Comparação de final de cultivo.....	66
Figura 37 - Placa de circuito impresso	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações técnicas ESP8266 X Arduino uno.	33
Tabela 2 Materiais utilizados. Fonte Aatoria Própria, 2017.....	57
Tabela 3 - lista de materiais	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

28byj-48	Modelo do Motor de Passo
ADDR	Address
API	Application Programming Interface
BH1750FVI	Light Intensity Sensor
Ci	Circuito Integrado
CISCO	Cisco Systems
DHT11	Digital Humidity and Temperature Sensor
ESP-12E	Microcontrolador da Fabricante Espressif Systems
Fc-28	Sensor de Umidade do solo
GND	Ground
HTTP	HyperText Transfer Protocol
I2C	Inter-Integrated Circuit
IDE	Integrated Development Environment
IoT	Internet of Things
JSON	JavaScript Object Notation
LDR	Light Dependent Resistor
LM393	Low Offset Voltage Dual Comparator
M11-RD	Sensor de Precipitação
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
NTC	Nano-Technology Council (IEEE Council)
OTA	Over the Air
PC	Personal Computer
PWM	Pulse-Width Modulation
SCA	Synchronous Clock Adjustment
SCL	System Clock Line
SRAM	Static Random Access Memory
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
UART	Transmissão e Recepção Assíncrona Universal
UFPR	Universidade Federal do Paraná
Uln2003	Circuito Integrado Amplificador de Corrente
USB	Universal Serial Bus
VCC	Voltage Continuous Current

WiFi	Wireless Fidelity (IEEE 802.11)
XML	Extensible Markup Language
YF-S201	Sensor de Vazão

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1	TEMA	14
1.1.1	Delimitação do Tema	14
1.1.2	PROBLEMA E PREMISSAS	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.3.1	Objetivo Geral	16
1.3.2	Objetivos Específicos	17
1.3	JUSTIFICATIVA	18
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	19
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2.	PRODUÇÃO DE ALIMENTOS	22
3.	INTERNET DAS COISAS	24
3.1	ThingSpeak	26
3.1.1	Aspectos positivos do ThinkSpeak	28
3.1.2	Pontos negativos do ThinkSpeak	28
4.	MICROCONTROLADORES	31
4.1	Família ESP8266	31
4.2	Modelo ESP-12E	31
4.2.1	ESP 12E X Arduino UNO	32
4.2.2	Programação do microcontrolador	33
5.	PROJETO ESTUFA AUTOMATIZADA	39
5.1	Funcionamento	39
5.1.1	Sistema de abertura e fechamento	39
5.1.2	Sistema de irrigação	40
5.2	Arquitetura de Software	43
5.3	Arquitetura de Hardware	44

5.3.1	Sensor de umidade de solo FC-28.....	45
5.3.2	Sensor de umidade e temperatura ambiente DHT11	47
5.3.3	Sensor de luminosidade BH1750.....	48
5.3.4	Sensor de precipitação M11-RD	49
5.3.5	Microcontrolador ESP-12E.....	50
5.3.6	Motores de passo 28byj-48	51
5.3.7	Sensor de vazão YF-S201	52
5.3.8	Módulo relé SRD-05VDC-SLC	54
5.3.9	Válvula Solenoide VA01 180° 127V	55
5.4	Topologia de rede	55
6.	ESTRUTURA FÍSICA.....	57
7.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	64
8.	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	67
	Bibliografia.....	68
	APÊNDICE A – Programação	72

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da agricultura já havia o desejo de controlar as variáveis climáticas. A utilização de práticas de cultivo protegido foram um enorme passo diante da tentativa de controlar as condições ambientais, protegendo a cultura dos fatores de vulnerabilidade externas e promovendo uma maior produção de alimentos.

O primeiro registro de cultivo de plantas em ambientes controlados remonta a época do império romano. Segundo o escritor e historiador romano, Plínio, o velho, os jardineiros do imperador Tibério utilizaram um anteparo sobre rodas e coberto com folhas de mica para proteger hortaliças da exposição a agentes externos e assim garantir uma produção constante, mesmo durante períodos de condições climáticas desfavoráveis (MAZOYER e ROUDART, 2008).

Hoje, com a grande disponibilidade de recursos tecnológicos, torna-se possível a construção de “estufas inteligentes” que, através da utilização de equipamentos micro controlados de alta tecnologia, sensores de alta precisão e softwares complexos, é possível controlar as variáveis ambientais e assim garantir melhores condições para o desenvolvimento das plantas.

A evolução da tecnologia e o controle de processos trouxeram inúmeras possibilidades de melhorias que podem ser empregadas no auxílio ao meio rural.

Dentro de uma abordagem mais ampla, esse estudo também visa contribuir para o desenvolvimento da agricultura e proporcionar melhores condições aos produtores. Pois, são os agricultores que irão obter um aumento na renda com o controle e monitoramento dos parâmetros de umidade, temperatura e luminosidade que interferem positivamente na produção da cultura empregada na estufa.

1.1 TEMA

Segundo Archanjo (ARCHANJO, W. DE BRITO e SAUERBECK³, 2001) a maior parte dos alimentos orgânicos colocados na mesa do curitibano vem de pequenos agricultores das cidades satélites de Curitiba. Dessa forma, o projeto de automação de estufa vem com um propósito de melhorar a produção desses produtores.

Os ganhos de implementação da estufa comum apresentam alguns benefícios segundo Thimóteo (THIMÓTEO, VILELA DE RESENDE, *et al.*, 2005), tais como:

- Agricultura sustentável, estratégica e inteligente.
- Aumento na lucratividade das culturas, pois, somente a cobertura já evita o risco de doenças, pragas e chuvas de granizo.
- Possibilitar a melhor implementação da produção de produtos, bem como também uma eficiência no uso de fertilizantes com aplicação por gotejamento nas plantas.
- Melhorar as condições econômicas das comunidades rurais, já que a estufa pode ser usufruída por 4 anos em média para o cultivo de outras culturas.

Utilizando uma estufa comum já é possível visualizar os resultados como relatado no estudo descrito por Thimóteo. Com uma “estufa inteligente” é possível controlar as variáveis que interferem no desenvolvimento da planta e implementar o projeto em escala maiores.

1.1.1 Delimitação do Tema

Um pequeno produtor de legumes e hortaliças em São José dos Pinhais, na região metropolitana de Curitiba realiza seu processo de cultivo de forma simples, sem o auxílio de sistemas de medição como sensores de umidade ou termômetros. O que determina os valores ideais de umidade e temperatura, são métodos empíricos, baseados nas experiências vivenciadas por ele.

Cada cultura possui uma faixa ideal de temperatura, umidade, luminosidade, níveis de CO₂ e Oxigênio para o cultivo. Algumas culturas são mais sensíveis que outras e por esse motivo, são criadas dentro de estufas.

Respeitando os limites máximos e mínimos adequados para cada tipo de planta é possível chegar próximo ao ponto de melhor eficiência e produção, ou seja, garantir plantas mais saudáveis, com melhor aparência e resistência a pragas utilizando a correta quantidade de recursos naturais e evitando desperdícios.

A proposta deste trabalho foi elaborar um sistema automatizado que possibilite monitorar a temperatura ambiente e a umidade do solo dentro da estufa e efetuar a correção dessas variáveis através de um sistema de irrigação e exaustão.

Foi utilizado um sistema microcontrolado que, além de controlar os sistemas de irrigação e temperatura, também possibilita que o agricultor acompanhe as variáveis desejadas remotamente através de um aplicativo de supervisão.

1.1.2 PROBLEMA E PREMISSAS

A baixa precisão nos métodos de medição utilizados pelos agricultores pode em geral prejudicar o desenvolvimento dos legumes e hortaliças.

A água em excesso pode causar deficiências na absorção de nutrientes, além de facilitar a proliferação de fungos e bactérias nocivas a planta, bem como causar o desperdício de recurso hídrico. Por outro lado, a falta de irrigação pode comprometer o crescimento das hortaliças deixando-a mais vulnerável a pragas e comprometendo a sua comercialização. Temperaturas fora da margem de aceitação da planta também podem prejudicar o seu crescimento e comprometer a sua qualidade. Diante dessa situação, pode-se sugerir a adoção de um sistema de controle e supervisão mais efetivo.

Esse trabalho propôs o desenvolvimento de um sistema de automação capaz de auxiliar no monitoramento da umidade e temperatura, bem como, atuar para a regulação dessas variáveis, através de um sistema de irrigação e exaustão.

O projeto também adotou um sistema supervisório de fácil acesso que funcionará via rede e fornece dados importantes sobre o cultivo, tais como umidade do solo, umidade do ar, temperatura ambiente, precipitação, consumo de água na irrigação e luminosidade.

Através da aplicação de um sistema de controle e monitoramento aplicado ao cultivo em estufas podemos diminuir a dependência da agricultura em relação as variáveis climáticas e assim trazer benefícios aos produtores tais como:

- produção: uma vez que a cultura seja desenvolvida dentro dos padrões estabelecidos ela terá melhores condições de absorção de nutrientes por conta disso, poderá apresentar uma redução no tempo do ciclo de cultivo além de aumento significativo no tamanho.
- eficiência: a utilização dos recursos hídricos, insumos agrícolas, serão usados no momento e na quantidade necessários, assim, evitando possíveis desperdícios.
- qualidade: consequência direta da melhor absorção de nutrientes, a planta poderá apresentar uma melhor aparência e melhor sabor.
- menor vulnerabilidade: como as plantas tendem a ser mais saudáveis naturalmente apresentarão mais resistência contra pragas.
- automação de técnicas para a produção de alimentos orgânicos ou hidropônicos ou aerofônicos cultivados dentro da estufa inteligente, propicia meios para redução de custos da cultura com o aumento da produção
- sustentabilidade: com o controle e acompanhamento do gasto de água na irrigação do cultivo.
- melhoria de renda do produtor rural.

Minimização de riscos: uma vez que se é possível reduzir a ação das variáveis indesejadas do clima sob o cultivo de frutas e verduras, também reduzimos riscos de danos ligados a causas ambientais, como temporais, geadas ou quedas bruscas de temperatura. Isso é um importante aspecto a ser considerado no planejamento do plantio, podendo refletir na redução de custos com seguros.

1.2 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de gerenciamento inteligente de baixo custo para estufas através da utilização de recursos modernos de controle e supervisão, voltado para atender o produtor local onde a necessidade de um controle eficiente de temperatura e umidade é um fator importante para a qualidade e produtividade, e assim, contribuir para a inclusão tecnológica ao meio rural, melhorar os índices de competitividade e trazer mais desenvolvimento a região.

1.3.2 Objetivos Específicos

Alguns dos objetivos específicos deste trabalho foram:

- Analisar os problemas enfrentados pelo agricultor.
- Definir a estrutura do sistema: programação, hardware e sensores.
- Realizar testes de funcionamento do sistema de automação durante períodos de chuva forte ou sol forte.
- Aplicar o sistema de automação em um protótipo de estufa.
- Produzir plantas utilizando o protótipo.
- Analisar os resultados do cultivo obtidos através da utilização do protótipo e compara-los com a produção da estufa em escala real.

1.3 JUSTIFICATIVA

Ter informação e acesso à tecnologia são consideradas as condições que melhor caracterizam o produtor rural bem-sucedido, revela o estudo encomendado pela Associação Brasileira de Marketing Rural & Agronegócio (KLEFFMANN GROUP, 2005). Ressalte-se ainda que a agricultura familiar, além de fonte de produção de alimentos, de renda e geração de emprego é, sem dúvida, uma atividade importante para ocupação do território nacional, fixação de pessoas em sua terra natal e defesa do meio ambiente (FUGISAWA SOUZA, MARTINS DO SANTOS OLIVEIRA, *et al.*, 2007).

Segundo dados do Censo Agropecuário de 2006, 84,4% do total dos estabelecimentos agropecuários brasileiros pertencem a grupos familiares. São aproximadamente 4,4 milhões de estabelecimentos, sendo que a metade deles está na Região Nordeste.

A agricultura familiar constitui a base econômica de 90% dos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes; responde por 35% do produto interno bruto nacional; e absorve 40% da população economicamente ativa do país. Ainda segundo o Censo, a agricultura familiar produz 87% da mandioca, 70% do feijão, 46% do milho, 38% do café, 34% do arroz e 21% do trigo do Brasil. Na pecuária, é responsável por 60% da produção de leite, além de 59% do rebanho suíno, 50% das aves e 30% dos bovinos do país.

Tendo em vista a importância econômica da agricultura familiar vinculada ao abastecimento do mercado interno e ao controle da inflação dos alimentos consumidos pelos brasileiros, devemos ressaltar a necessidade de estreitar os laços entre a universidade e o meio rural, com o objetivo de contribuir para a redução de carência de recursos tecnológicos enfrentados pelos pequenos agricultores.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para um melhor desenvolvimento do projeto da estufa microcontrolada, o trabalho foi dividido em cinco etapas. Primeiramente o trabalho foi fundamentado em pesquisas de plantas cultivadas em estufa, conversas e entrevistas com agricultores da região de Curitiba-PR e profissionais da área agrônômica.

Na segunda etapa, foi realizada a escolha de uma cultura que necessita de um controle rígido para se obter um produto saudável. Assim sendo, foi levantado que tipo de estrutura de estufas e materiais se utilizaria no protótipo que fosse de acordo com as características de produção dessa cultura.

Assim sendo, o trabalho se direcionou a terceira etapa onde foram determinados os melhores e menos onerosos componentes eletrônicos e mecânicos disponíveis no mercado, que inclui microcontroladores, sensores, atuadores, peças metálicas, lonas plásticas UV, estrutura de sustentação e outros.

Em sua quarta etapa, o projeto foi direcionado á na montagem e testes em bancada de um protótipo da estufa microcontrolada que propiciava a varredura dos dados físicos do ambiente, como por exemplo umidade, temperatura e luminosidade. Sendo assim, o microcontrolador foi programado para ler todos esses valores, analisá-los e fazer com que o sistema retorne para o ambiente interno da estufa com a melhor resposta para a planta cultivada. Na Figura 1, a seguir é possível visualizar as variáveis da estufa que o projeto tenta abranger, tais como luminosidade, irrigação, temperatura, umidade ambiente e umidade do solo, sistema de exaustão com abertura e fechamento da estufa.

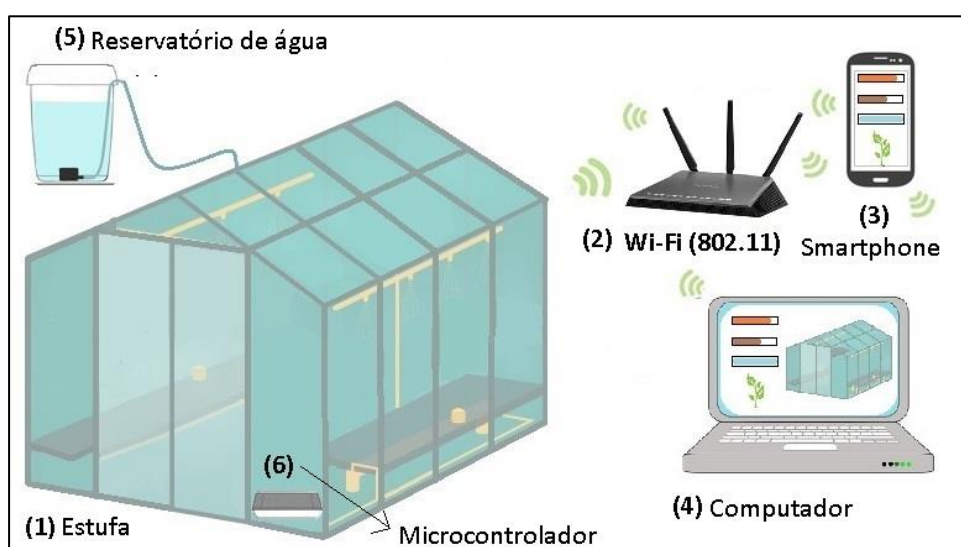
Figura 1 - Protótipo e suas funções.



Fonte: Autoria própria, 2017.

Na quinta e última etapa para o sistema de estufa, foi implementado um sistema supervisor análogo a Figura 2 para que se permita o acompanhamento das variáveis da estufa por meio de um computador local e ou de um *smartphone* com acesso à internet.

Figura 2 - Protótipo mostrando sua conectividade.



Fonte: Autoria própria, 2017.

Na Figura 2 tem-se o item (1) Estufa com o microcontrolador (6) localizados dentro de uma caixa impermeável dentro da estufa coletando dados, processando-os e enviando informações via WiFi (2) para a plataforma *Thingspeak* que pode ser acessada por um computador (4) local ou um *smartphone* (3) sobre os dados da estufa como umidade, temperatura, precipitação, luminosidade e consumo de água do reservatório (5).

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho foi desenvolvido ao longo de 7 capítulos, sendo eles:

Capítulo 1 – Introdução: apresentação da proposta, definição do tema, objetivos e justificativa para o desenvolvimento do trabalho.

Capítulo 2 – Fundamentação teórica: características das plantas, estudos sobre formas de cultivo, métodos de irrigação e controle de temperatura.

Capítulo 3 – Introdução a internet das coisas, interface homem/máquina e tratamento dos dados em tempo real com gráficos e medidores.

Capítulo 4 – Microcontroladores: Características dos microcontroladores, informações sobre a placa de comunicação, comparações entre microcontroladores similares.

Capítulo 5 – Projeto da estufa automatizada, funcionamento, sistema de abertura e fechamento, arquitetura de software, programação, arquitetura de hardware, motores, módulos, sensores e topologia de rede.

Capítulo 6 – Estrutura da Estufa Automatizada, com materiais e métodos utilizados em sua construção.

Capítulo 7 – Análise dos resultados obtidos e conclusão final.

2. PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

2.1 Cultivo em ambiente protegido

Segundo Reis (REIS, 2005) a eficiência e a funcionalidade de se produzir hortaliças em um cultivo protegido em estufas, estão ligadas a proteção das plantas.

Em relação aos parâmetros meteorológicos adversos, como a precipitação pluviométrica, geração e aprisionamento do calor. As casas de vegetação podem ser construídas de diversos tipos de materiais como madeira, concreto, ferro ou alumínio, etc., cobertas com materiais transparentes como a lona transparente que permite a passagem de luz solar para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

O aprisionamento de calor está diretamente ligado ao efeito estufa, sendo daí a origem das casas de vegetação conhecidas como estufa.

A eficiência da estufa está relacionada a faculdade que a mesma tem de oferecer um determinado elemento do clima dentro dos limites de exigências fisiológicas da cultura. Já a funcionalidade segundo Reis (REIS, 2005) é um conjunto de requisitos que permitem a melhor utilização da estufa do ponto de vista técnico como econômico.

2.2 Técnicas de irrigação

Há inúmeras técnicas de irrigação para o cultivo protegido de plantas. As mais utilizadas no cultivo protegido são a irrigação por aspersão, quando a água é aplicada na parte de cima umedecendo toda a planta e a irrigação por gotejamento, quando a água é aplicada diretamente na raiz da planta.

2.2.1 Irrigação por gotejamento

Com o aumento da demanda de água e utilização inadequada dos recursos hídricos pelas atividades humanas, é crescente a busca por métodos mais eficientes, que reduzam os desperdícios e mantenham a qualidade e a

produtividade das culturas (ESTEVES, DA SILVA, *et al.*, 2012). “Devido a isso, o sistema de irrigação por gotejamento vem ganhando espaço nos últimos anos.

Este sistema aplica água em apenas parte da área, reduzindo, assim, a superfície do solo que fica molhada, exposta às perdas por evaporação. Com isso, a eficiência de aplicação é bem maior e o consumo de água menor (ESTEVES, DA SILVA, *et al.*, 2012).

Como o gotejamento não molha as folhas, o seu uso ajuda a evitar doenças comuns nas hortaliças que se agravam com a umidade excessiva na folha (COELHO, PEREIRA DA SILVA, *et al.*, 2014).

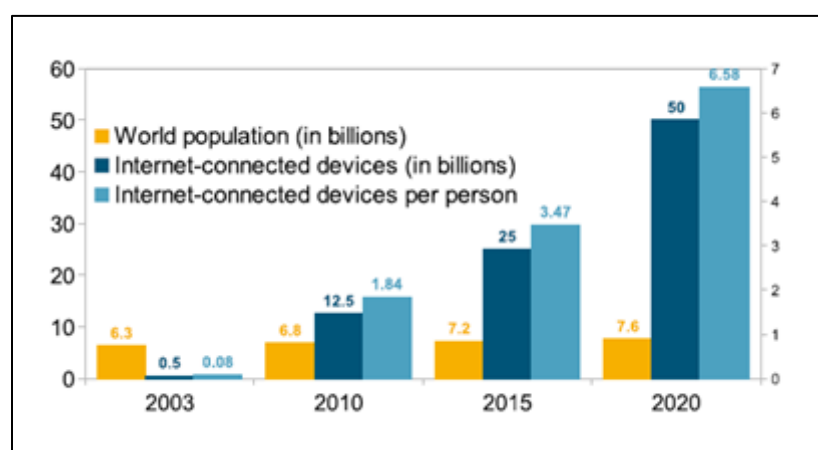
Com o objetivo de proporcionar a melhor otimização de recursos hídricos bem como reduzir perdas ocasionadas por pragas, no projeto será adotado o sistema de irrigação por gotejamento.

3. INTERNET DAS COISAS

A Internet das Coisas (IoT, do inglês Internet of things), é uma rede global que conecta objetos inteligentes, como sensores, atuadores, câmeras, eletrodomésticos, veículos, etc. Segundo Atzori et al (ATZORI, IERA e MORABITO, 2010), autor da pesquisa “The internet of things: A survey,” (IoT) é um recente paradigma de comunicação que prevê um futuro próximo, no qual os objetos do cotidiano vão estar equipados com microcontroladores, transmissores para comunicação digital e protocolos de comunicação que podem ser integrados um com o outro e o usuário, tornando-se assim como uma parte inteira da Internet. A grande dificuldade atualmente é implementar uma comunicação de fácil interação com uma grande quantidade de sensores, eletrodomésticos e câmeras de monitoramento como Zanella, et al (ZANELLA, 2014), diz em seu artigo. Entretanto, a IoT vem cada vez mais revolucionando o mercado e o dia a dia das pessoas, conectando dispositivos e objetos inteligentes.

A Figura 3 a seguir mostra uma estimativa da CISCO referente ao crescente número de dispositivos por pessoa até 2020, onde o número de dispositivos conectados na internet (em bilhões) será cerca de seis vezes maior que a população mundial.

Figura 3 - Crescimento em Dispositivos conectados à internet e até 2020.



Fonte: CISCO, 2016.

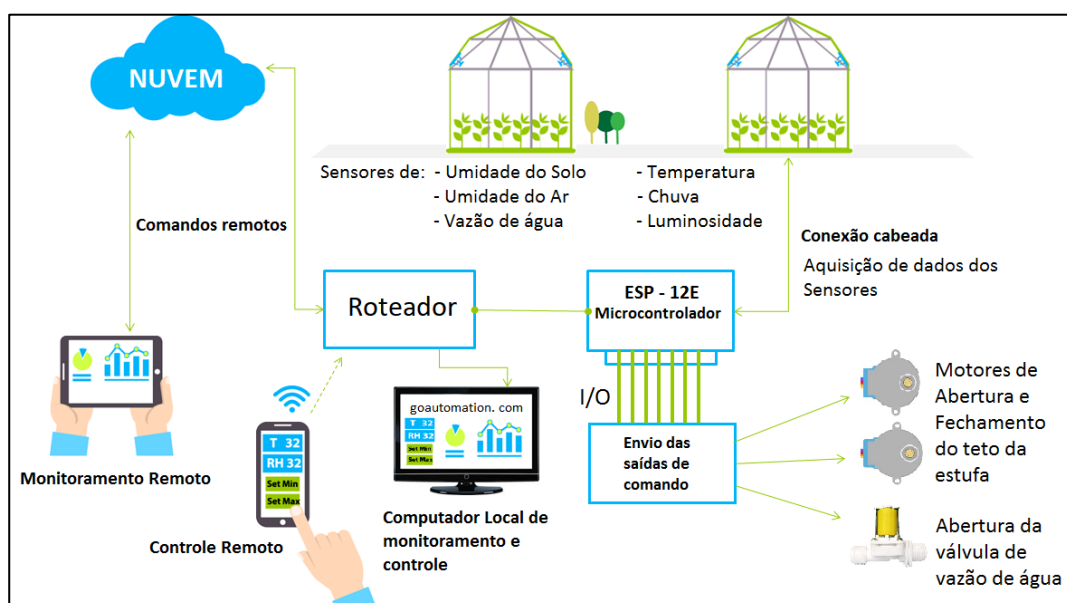
Segundo a CISCO há cerca de 1.5 bilhões de computadores e 1 bilhão de dispositivos móveis como celular habilitados na internet. Como Charith et al,

explica em seu artigo estas duas categorias irão se juntar aos objetos inteligentes, no futuro (PERERA, 2014). E por volta de 2020, vai ter cerca de 50 a 100 bilhões de dispositivos conectados na internet, alcançando smartphones, PCs e outros. O número de coisas conectadas na internet vai exceder a quantidade de pessoas na Terra segundo pesquisas da CISCO.

Assim, quase que tudo futuramente envolverá algo “smart”. Especialmente em grandes cidades, gerando então a oportunidade de ser implementada também a agricultura inteligente. Asin e Gascon (GASCON, 2013) listaram cerca de 54 aplicações divididas em 12 categorias: cidades inteligentes, ambientes inteligentes, água inteligente, estacionamento inteligente, agricultura inteligente, agropecuária inteligente, automação residencial inteligente, saúde inteligente, logística inteligente, controle industrial inteligente, segurança e emergência e o varejo inteligente.

A variedade de componentes eletrônicos, sensores, softwares e linguagens de programação permite criar uma estufa inteligente com um sistema supervisorio que pode ser acessado de qualquer lugar com acesso à internet para saber como os sensores estão funcionando e como a programação da estufa está respondendo a cultura sendo cultivada na estufa. A Figura 4 representa o modelo de estufa desenvolvida neste trabalho.

Figura 4 - Estufa inteligente.



Fonte: Autoria própria, 2017.

Podendo, se visualizar na Figura 4 mais claramente a comunicação de sensores com controlador e este com saídas de comando para a nuvem também conhecida como internet. O proprietário da estufa inteligente será capaz de ler as principais variáveis que interferem no desenvolvimento da sua cultura através de um smartphone, tablet ou computador com acesso à internet. Fornecendo a possibilidade de o usuário interferir em alguma decisão tomada pela estufa inteligente. Trazendo assim o conceito de IoT que “pessoas e coisas são conectadas a qualquer momento, em qualquer local, por qualquer um com acesso, idealmente usando qualquer meio de internet para ter acesso ao serviço” (H. SUNDMAEKER, P. GUILLEMIN, P. FRIESS, AND S. WOELF, 2010).

3.1 ThingSpeak

O ThingSpeak é uma plataforma de IoT que permite coletar, armazenar, analisar, visualizar e atuar em dados de sensores ou atuadores, na nuvem, em tempo real usando protocolo de comunicação baseado em HTTP (MATHWORKS, 2016).

Os dados digitais dos sensores podem ser enviados para o Thingspeak através de um microcontrolador ou qualquer outro Hardware que possua uma interface de comunicação que suporte os protocolos TCP/IP, HTTP ou MQTT (MATHWORKS, 2016). Essa comunicação é feita através de textos simples, JSON ou XML (MAUREIRA, OLDENHOF e TEERNSTRA, 2016).

As informações são armazenadas nos chamados canais, que oferecem ao usuário uma série de recursos (MAUREIRA, OLDENHOF e TEERNSTRA, 2016). Cada canal permite o armazenamento de até 8 campos de dados além de campos para gerir dados, localização e vídeos.

Quando os dados de cada canal são recebidos pela plataforma, são vinculados a suas respectivas datas e horários bem como um número de identificação (MATHWORKS, 2016).

Para publicar os dados na plataforma é preciso utilizar uma ‘write Key’ a qual é disponibilizada após o canal ser criado de forma análoga existe a ‘read key’, usada para acessar os dados do canal (caso ele esteja configurado como privado) (MAUREIRA, OLDENHOF e TEERNSTRA, 2016).

O ThingSpeak oferece uma série de aplicações para serem usadas com os dados obtidos. Elas podem ser processadas e exibidas na forma de lista, indicadores visuais (Figura 5) ou gráficos (Figura 6) que podem ser personalizados usando modelos pré-definidos ou até mesmo programações do Matlab (MATHWORKS, 2016).

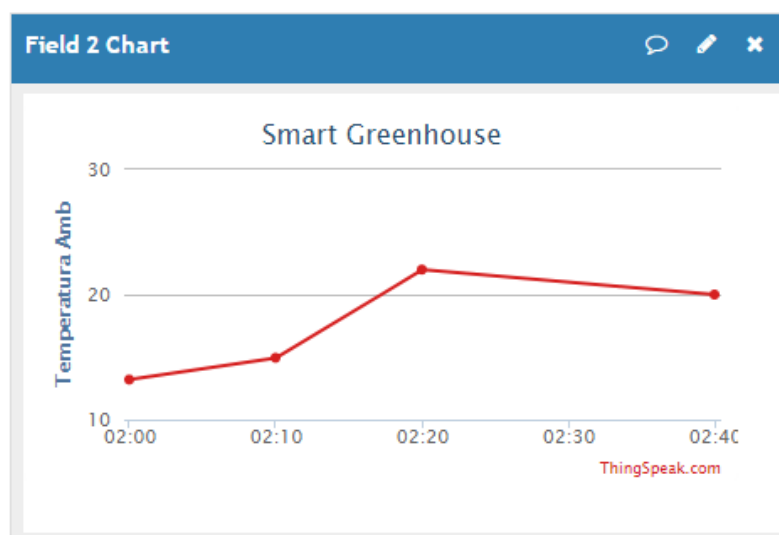
A Figura 5 mostra um indicador gráfico Google Gauge, que exibe em tempo real o parâmetro de umidade. Já na Figura 6 se tem um gráfico pré-definido exibindo dados de temperatura ambiente em função do tempo de medição.

Figura 5 - Google Gauge.



Fonte: ThingSpeak, 2017.

Figura 6 - Gráfico Temperatura X Tempo.



Fonte: ThingSpeak, 2017.

3.1.1 Aspectos positivos do ThingSpeak

Em (MAUREIRA, OLDENHOF e TEERNSTRA, 2016) o autor faz uma comparação entre as principais plataformas de IoT atualmente disponíveis. São elas: Carriots, SmartObject, Skynet, Sensorthings e ThingSpeak. Cada um dos APIs mencionado possuem seus pontos fortes dependendo de sua aplicação. O ThingSpeak se destaca para utilização neste projeto em diversos aspectos.

Um grande ponto positivo é o fato de ser uma API de código aberto, o que torna possível a sua integração com qualquer dispositivo de hardware, como Arduino, ESP8266, Raspberry Pi ou outros microcontroladores (MAUREIRA, OLDENHOF e TEERNSTRA, 2016).

Um aspecto importante é a interface simples do ThingSpeak que facilita o uso do mesmo para usuários inexperientes pois dispõe de uma organização de dados em forma de canais, o que torna a API mais intuitiva e com uma grande conveniência para exibir seus dados em aplicações visuais.

Outra característica que tende ao seu favor é a possibilidade de tornar canais públicos, como exemplo fóruns, blogs, comunidades, sites relacionados a tecnologia, um senso de comunidade entre os usuários da plataforma (MAUREIRA, OLDENHOF e TEERNSTRA, 2016) de modo a servir como fonte de inspiração entre diferentes desenvolvedores de projetos IoT, compartilhando projetos e experiências na utilização da plataforma ThingSpeak.

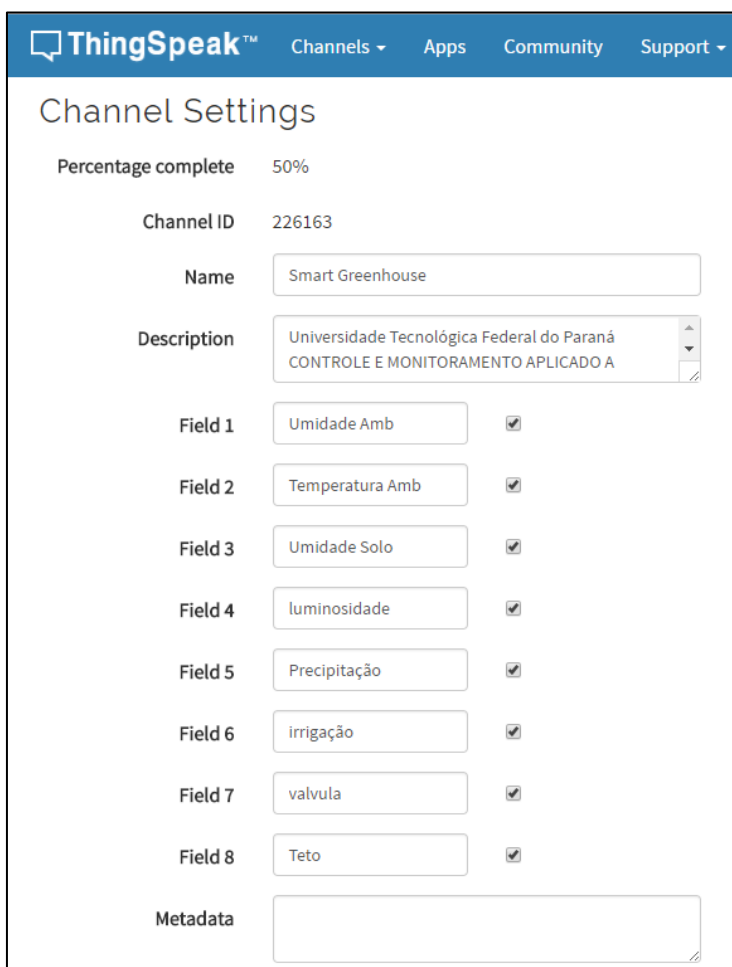
3.1.2 Pontos negativos do ThingSpeak

Há alguns aspectos na plataforma ThingSpeak que podem ser considerados como negativos.

Existem alguns modelos pré-definidos para a visualização de dados através do ThingSpeak, mas caso queira-se obter gráficos mais complexos ou de formas diferentes a plataforma carece dessa opção, respectivamente gráficos com múltiplas variáveis e modelos tipo pizza por exemplo. O mesmo acontece com os indicadores visuais. Poderia haver modelos como indicadores de nível, temperatura ou animações. No entanto, a plataforma oferece um espaço para programação, onde é possível desenvolver novos itens para visualização, porém é necessário conhecimento em linguagem de programação em um nível bem avançado.

Outro fator limitante da plataforma é que há apenas 8 campos para envio de dados para cada canal, ou seja, só é possível mandar 8 variáveis do projeto no máximo, como temperatura, umidade, fluxo de água entre outras. Este número pode ser satisfatório para projetos de baixa complexidade, no entanto para sistemas mais elaborados isso pode se tornar um problema, visto que projetos complexos envolvem uma grande quantidade de variáveis. Para este trabalho de conclusão de curso foram utilizados 8 canais disponíveis na plataforma ThingSpeak. Os canais usados na plataforma estão listados na Figura 7 com os nomes das variáveis da estufa.

Figura 7 - Campos para recebimento de dados.



The screenshot shows the 'Channel Settings' page in the ThingSpeak interface. The channel is named 'Smart Greenhouse' and has a Channel ID of 226163. The description is 'Universidade Tecnológica Federal do Paraná CONTROLE E MONITORAMENTO APLICADO A'. There are eight fields listed, each with a name and a checked checkbox:

Field	Name	Checked
Field 1	Umidade Amb	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 2	Temperatura Amb	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 3	Umidade Solo	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 4	luminosidade	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 5	Precipitação	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 6	irrigação	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 7	valvula	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 8	Teto	<input checked="" type="checkbox"/>

At the bottom, there is a 'Metadata' field which is currently empty.

Fonte: ThingSpeak, 2017.

Na Figura 7 estão listados do campo 1 ao 8 respectivamente as variáveis supervisionadas e tratadas da estufa, sendo elas: umidade ambiente,

temperatura ambiente, umidade do solo, luminosidade, precipitação, irrigação, válvula e teto.

Outro aspecto, importante são as limitações para o upload da plataforma. O intervalo mínimo de envio de informações é de 15 segundos, já o tempo de processamento das informações é de cerca de 20s. Existem também a limitação diária de envios, que é cerca de 8.200 vezes (MATHWORKS, 2016). A razão para o limite de envios de dados está relacionada a largura de banda da plataforma ThingSpeak que é limitada para versão gratuita (MAUREIRA, OLDENHOF e TEERNSTRA, 2016).

Para o projeto proposto nesse trabalho de conclusão de curso, essas limitações não são necessariamente um problema, visto que devido as características do projeto não se tem a necessidade de um grande volume de informações a curtos intervalos de envio.

Há diferentes limites para cada tipo de licença, para diferentes perfis de usuário, seja para uso acadêmico, pessoal ou comercial, cada uma delas com diferentes valores de preço (MATHWORKS, 2016). Considerando o propósito do projeto, o membro que se inscrever na plataforma escolhe um perfil e um tipo de licença de acordo com a sua necessidade, neste projeto será utilizado a versão gratuita dessa plataforma de acordo com a necessidade da transmissão e processamento de dados da estufa automatizada.

4. MICROCONTROLADORES

Um Microcontrolador é um sistema computacional incorporado em um único circuito integrado (RIYAS, 2015). São dispositivos programáveis que recebem dados digitais, capazes de decodificar instruções, processá-las e fornecer resultados com saída, ativando registradores ou outros mecanismos (WATANABE, 2012). Os mais avançados possuem conversores analógicos digitais, PWM, conversores USB, comunicação via internet entre outros recursos incorporados.

4.1 Família ESP8266

Produzido pela empresa chinesa Espressif Systems, essa família de microcontroladores possui como grande diferencial um sistema de comunicação WiFi integrado (ESPRESSIF SYSTEMS IOT TEAM, 2015).

A vantagem de utilização do ESP8266 é o seu baixo custo, cerca de 10,00 U\$ (2017), uma vez que o Arduino Uno custa cerca de 25,00 U\$ (2017). A família Esp8266 foi lançada em 2014. Devido a sua recém existência, há poucos trabalhos e artigos acadêmicos sobre ela. Há diversos projetos disponíveis na internet que utilizam os microcontroladores ESP 8266, porém com pouca formalidade. A principal obra sobre ele é o livro de Kolban que descreve de forma aprofundada os aspectos desse hardware bem como algumas aplicações (KOLBAN, 2015).

4.2 Modelo ESP-12E

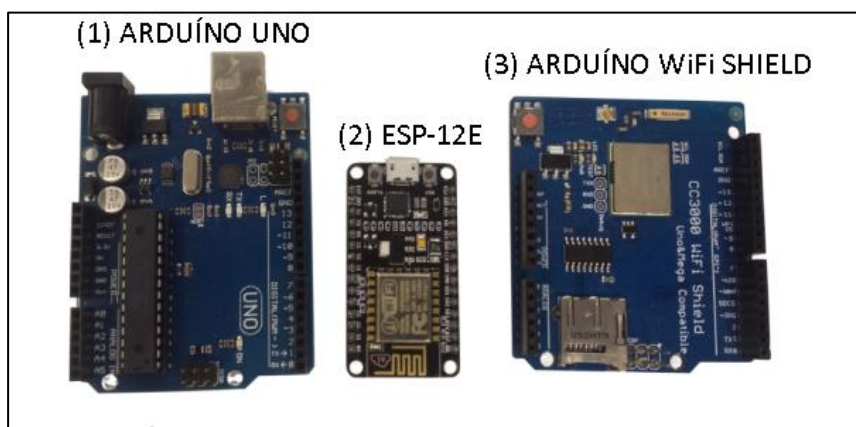
Dentro da família ESP8266 de microcontroladores a versão ESP-12E é a que apresenta maior quantidade de entradas e saídas disponíveis além de possuir uma interface de comunicação via USB, que facilita a atualização de seu firmware. Também há a funcionalidade OTA (over the air) pela qual é possível realizar a atualização de firmware via WiFi com o protocolo IEEE 802.11.

4.2.1 ESP 12E X Arduino UNO

O Arduino tem uma grande comunidade de usuários, diversos trabalhos e projetos que se utilizam dessa plataforma, pela sua facilidade de uso, eficiência e seu ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) gratuita, além do grande número de ferramentas já implementadas para o mesmo (OLIVEIRA, 2017). Assim, para justificar a escolha do hardware, será feita uma comparação entre o Arduino uno e o ESP-12E

A primeira diferença está no tamanho. O ESP-12E é cerca de 35% do tamanho do Arduino uno. Isso pode ser uma grande vantagem em sistemas embarcados. Quando o Arduino precisa ser utilizado juntamente com um módulo WiFi a diferença de volume fica ainda mais evidente, como demonstrado na Figura 8, da esquerda para direita, (1) Arduino uno, (2) ESP-12E e o (3) Arduino Wi-Fi Shield que é um módulo com a comunicação WiFi integrada.

Figura 8 - Comparação ESP-12E e Arduino uno.



Fonte: Oliveira: 2017.

Outra diferença é a comunicação WiFi integrada. Uma vez que nenhum modelo do Arduino possui conexão integrada via WiFi, torna-se necessário a aquisição de um módulo adicional para realizar a comunicação. Conseqüentemente isso irá acarretar em elevação de custo. O conjunto Arduino + módulo WiFi custa cerca de 55 U\$ (2017). Já o ESP-12E tem o valor que varia entre 8 a 17 U\$ (2017) e já possui a comunicação WiFi integrada.

Além da vantagem já mencionada o ESP-12E também possui características técnicas interessantes. Conforme é mostrado na Tabela 1, no

questo velocidade do Clock, SDRAM, Flash ele é superior se comparado ao Arduino uno.

Tabela 1 - Especificações técnicas ESP8266 X Arduino uno.

	ESP8266	Arduino Uno
GPIOs	17 (Fewer typically exposed)	14 (20 including analog)
Analog input	1	6
PWM channels	8	6
Clock speed	80MHz	16MHz
Processor	Tensilica	Atmel
SRAM	45KBytes	2KBytes
Flash	512Kb or more (separate)	32KB (on chip)
Operating Voltage	3.3V	5V
Max current per I/O	12mA	40mA
UART (hardware)	1 ½	1
Networking	Built-in	Separate
Documentation	Poor	Excellent
Maturity	Early	Mature

Fonte: Kolban, 2016.

4.2.2 Programação do microcontrolador

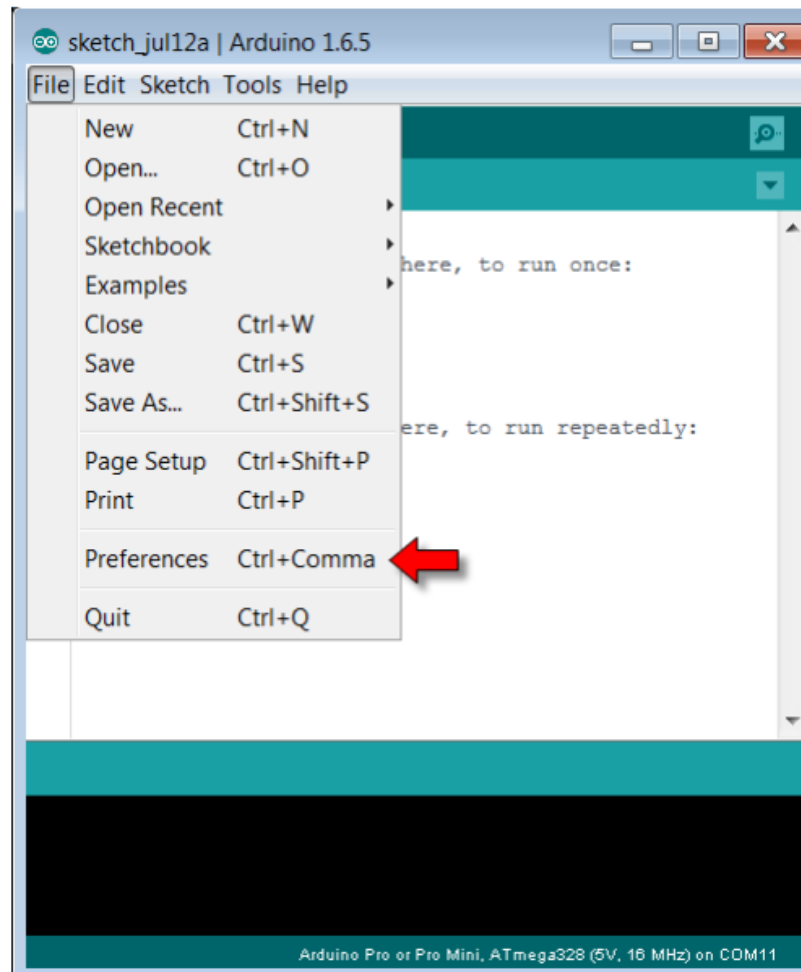
O ESP-12E permite que se rode programas carregados em sua própria memória, sendo assim ele pode funcionar de forma embarcada, sem precisar estar ligado a outro dispositivo fisicamente e fazendo comunicação somente via WiFi (OLIVEIRA, 2017).

Há diversas formas de se programar e gravar o ESP-12. Geralmente a programação é feita em linguagem C usando uma IDE.

Como uma grande parte dos estudantes já estão familiarizados com o Arduino, Kolban em seu livro mostra a opção de programar o ESP através da clássica e amigável IDE Arduino (KOLBAN, 2015).

Primeiramente deve-se acessar o menu preferências na tela principal da Ide do Arduino conforme a Figura 9.

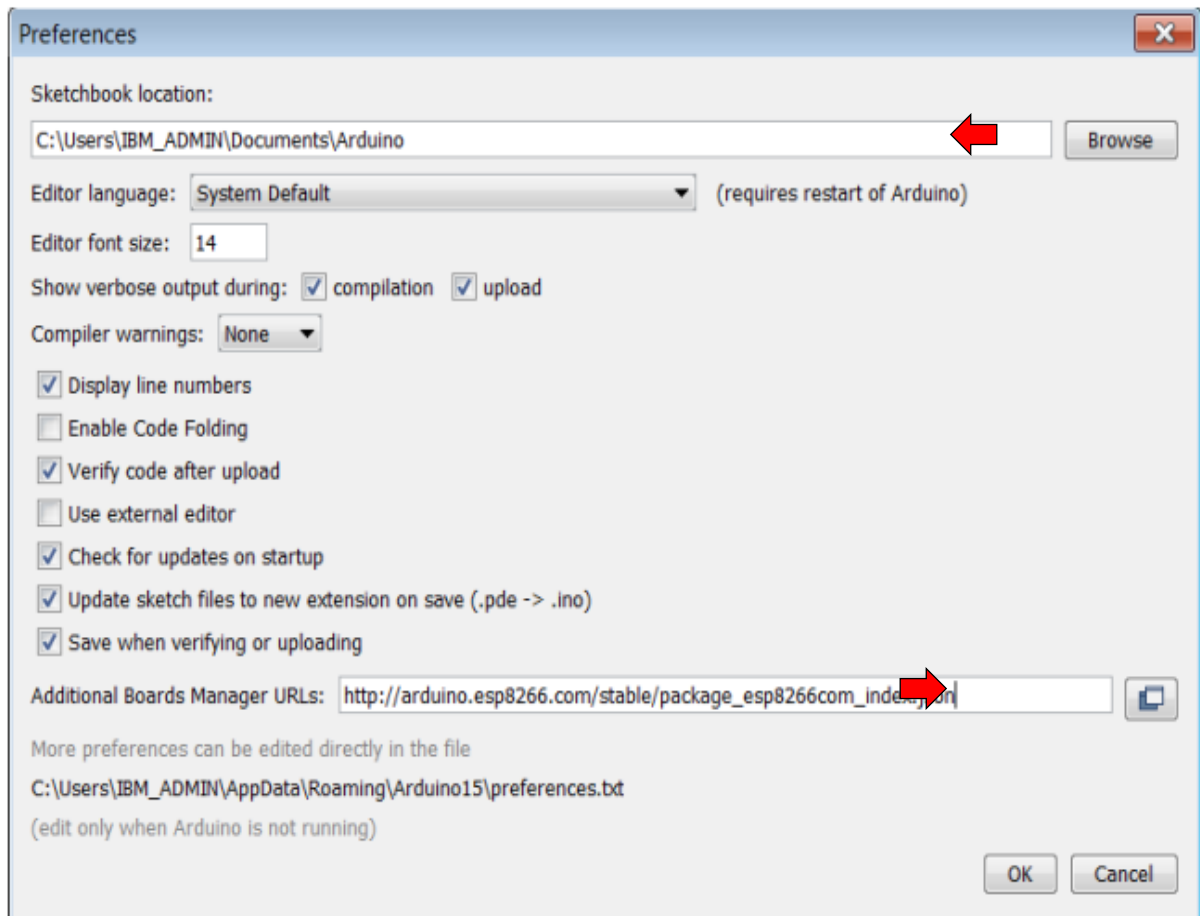
Figura 9 - Janela inicial Ide Arduino.



Fonte: Autoria Própria, Arduino (Versão 1.6.5) 2017.

Em seguida é necessário digitar no campo gerenciamento de placas adicionais o endereço: http://arduino.esp8266.com/package/esp8266com_index.json. Conforme exibido na Figura 10.

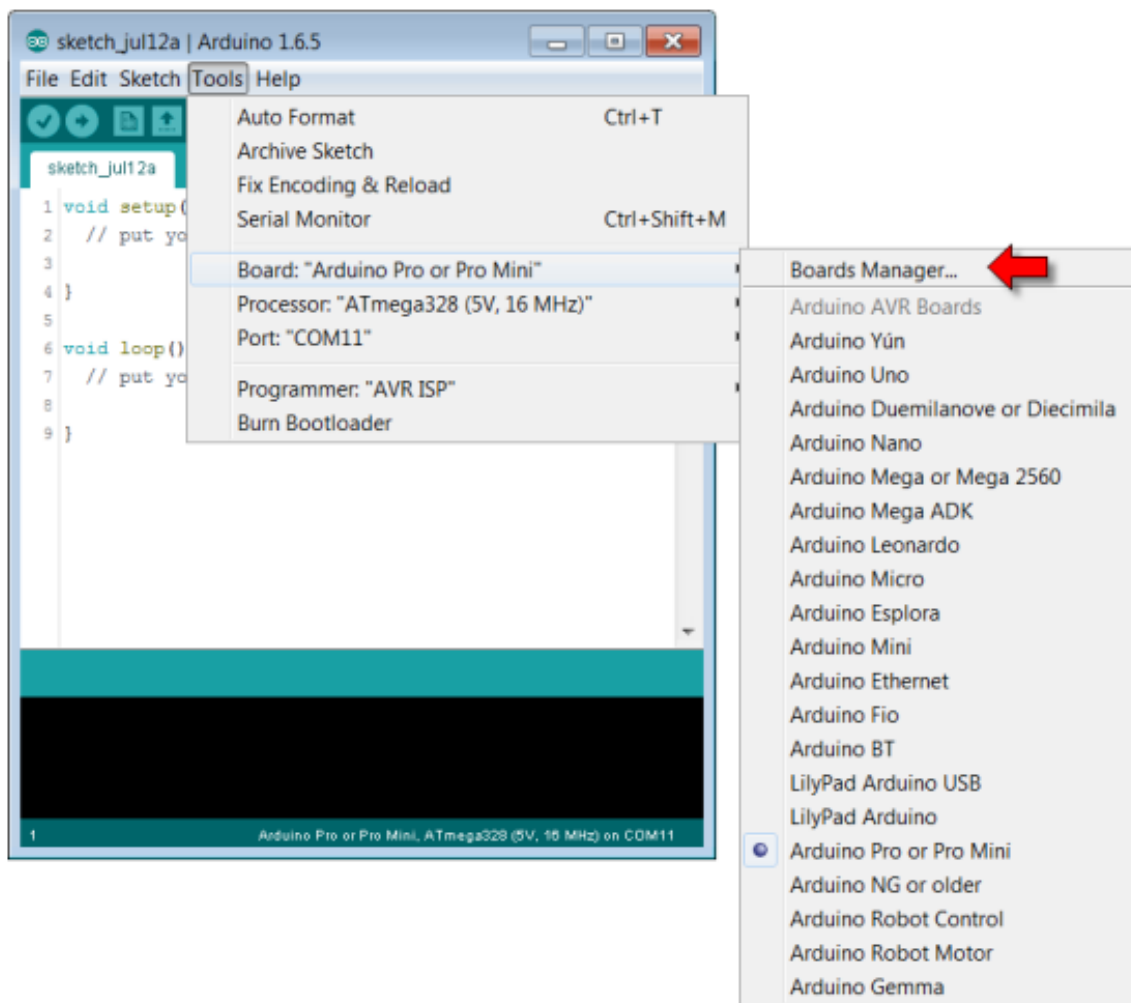
Figura 10 - Janela de Preferências.



Fonte: Autoria própria, Arduino (Versão 1.6.5) 2017.

Feito isso, na tela inicial deve-se escolher as opções ferramentas, placas, gerenciador de placas, assim como é mostrado na Figura 11.

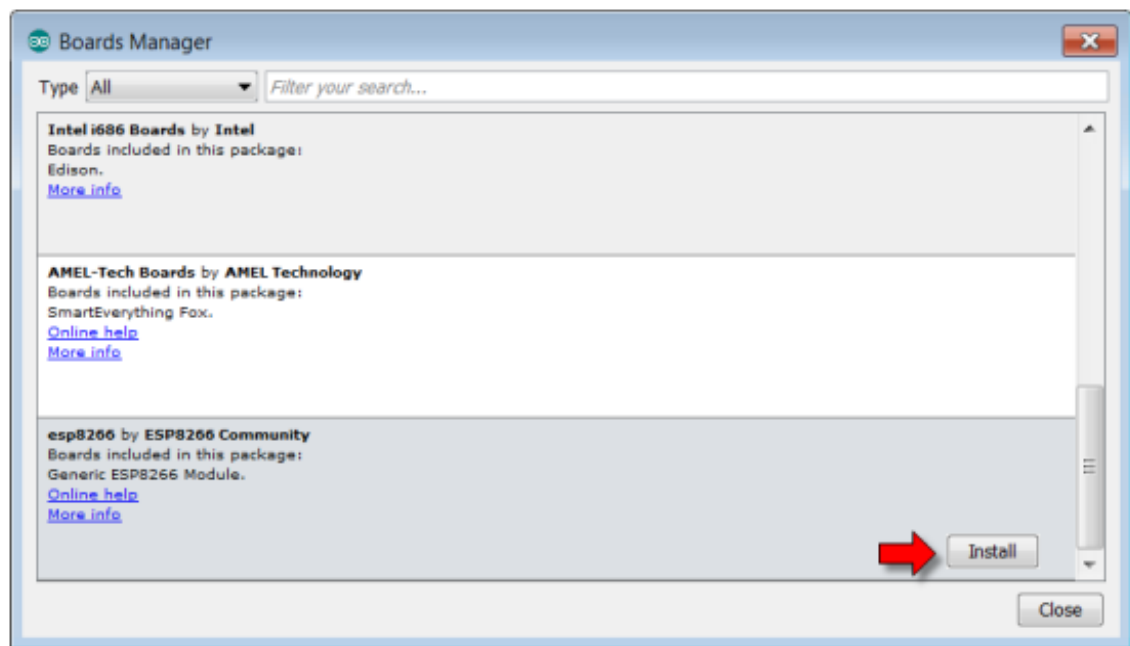
Figura 11 - Menu Ferramentas.



Fonte: Autoria Própria, Arduino (Versão 1.6.5) 2017.

Então, é necessário escolher a opção esp8266 como mostrado na Figura 12 e clicar em instalar.

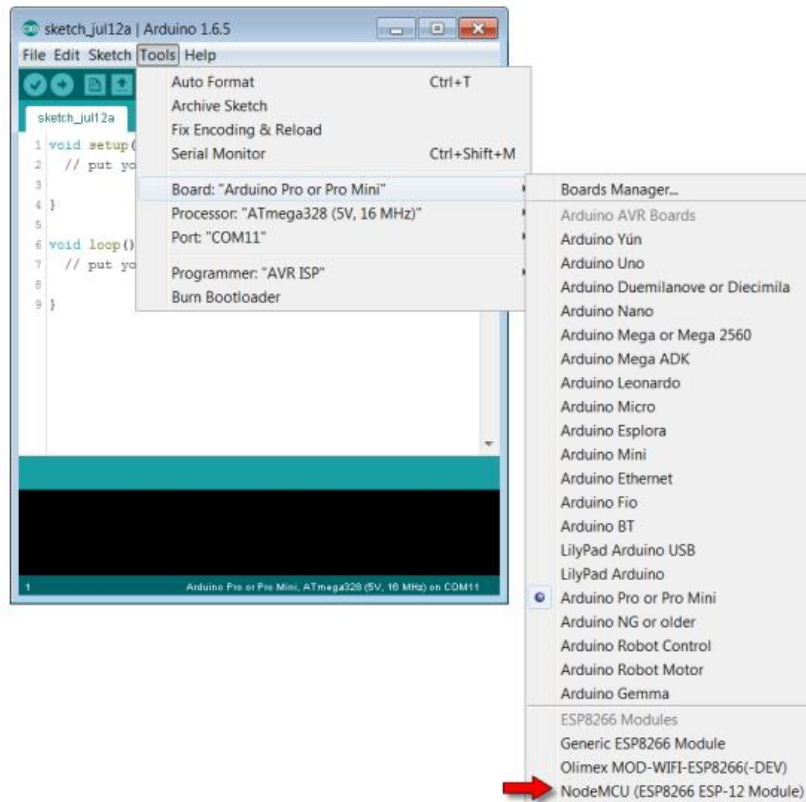
Figura 12 - Gerenciador de Placas.



Fonte: Autoria Própria, Arduino (Versão 1.6.5) 2017.

Após a instalação do pacote é necessário selecionar a placa padrão. Para isso clica-se em tools, placa e em seguida seleciona-se a placa NodeMCU ESP-12E conforme pode ser visto na Figura 13.

Figura 13 - Menu ferramentas.



Fonte: Autoria Própria, Arduino (Versão 1.6.5) 2017.

Feito isso, a Ide do Arduino estará apta a compilar programas usando como padrão a nova placa. Com isso é possível utilizar o *microcontrolador ESP-12* E usado a popular plataforma do Arduino. Sendo assim, temos uma infinidade de recursos como fóruns de discussão, materiais de exemplo e bibliotecas na internet além de por usar as sintaxes das funções já usadas no Arduino.

5. PROJETO ESTUFA AUTOMATIZADA

A proposta deste projeto é desenvolver uma estufa microcontrolada para o cultivo de pequenas hortaliças. Ela atuará de forma autônoma, controlando o fornecimento de água e luminosidade e monitorando a temperatura e a umidade.

Através de uma conexão via internet os dados obtidos através de sensores serão enviados para um canal no ThingSpeak, onde serão armazenados e posteriormente, através de uma interface gráfica, poderão ser visualizados pelo usuário.

Neste capítulo será apresentado soluções propostas para a arquitetura de hardware e software, topologia de rede e estrutura física da estufa.

5.1 Funcionamento

O funcionamento da estufa está dividido em dois principais sistemas. Um responsável pela abertura e fechamento, tendo como base critérios de horário e precipitação. O outro sistema tem a função de gerenciar os níveis de umidade e acionar a irrigação quando for conveniente. Ambos são compostos por um conjunto de sensores e atuadores e serão comandados pelo mesmo microcontrolador.

5.1.1 Sistema de abertura e fechamento

O projeto para estufa automatizada prevê um teto retrátil, acionado por motores de passo. Seu objetivo é proporcionar o máximo de aproveitamento da luminosidade natural e proteger as plantas de agentes externos como baixas temperaturas, chuvas, ventos e geadas. Sendo assim, será necessário que o teto abra durante o dia e feche durante a noite ou quando for detectado precipitação.

O sistema de abertura e fechamento é composto pelo sensor de precipitação M11-RD, um conjunto de 2 motores de passo 28byj-48 e o

microcontrolador ESP-12E. Os componentes aqui mencionados são descritos na sessão 5.3 deste trabalho.

Através de uma conexão entre o microcontrolador e um servidor NTP (Network Time Protocol) é possível obter a hora local. Sendo assim, através de operações lógicas, o ESP-12E acionará os motores de passo em um horário pré-estabelecido, para abrir o teto e de forma análoga para fechá-lo. Na Figura 14 é possível observar o fluxograma, onde são exibidos os critérios para abertura ou fechamento do sistema.

Outro fator importante, é a lona utilizada no projeto que ajuda na manutenção do calor e da umidade. Onde os raios solares são naturalmente nocivos ao material das lonas plásticas. A radiação do sol atinge o polietileno presente em lonas plásticas e o torna vulnerável, quebrando suas cadeias moleculares e conseqüentemente rasgando a estufa facilmente. Por isso, é necessário a utilização de lonas próprias para estufas tratadas com anti-uv, que protege o material dos danos da radiação emanada pelo sol. Estas lonas possuem duração média de três a quatro anos ao passo que as lonas convencionais normalmente duram um ano.

5.1.2 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação é responsável por corrigir os níveis de umidade do solo. Com um sistema de irrigação adequado é possível ter uma economia significativa de água e reduzir o risco de proliferação de fungos e bactérias (VALÉRIO, 2015).

O sistema é composto pelo sensor de umidade de solo Fc-28, uma válvula solenoide, um módulo relé, o microcontrolador ESP12E e mangueiras de irrigação por gotejamento. Os itens aqui mencionados são descritos na sessão 5.3 deste trabalho.

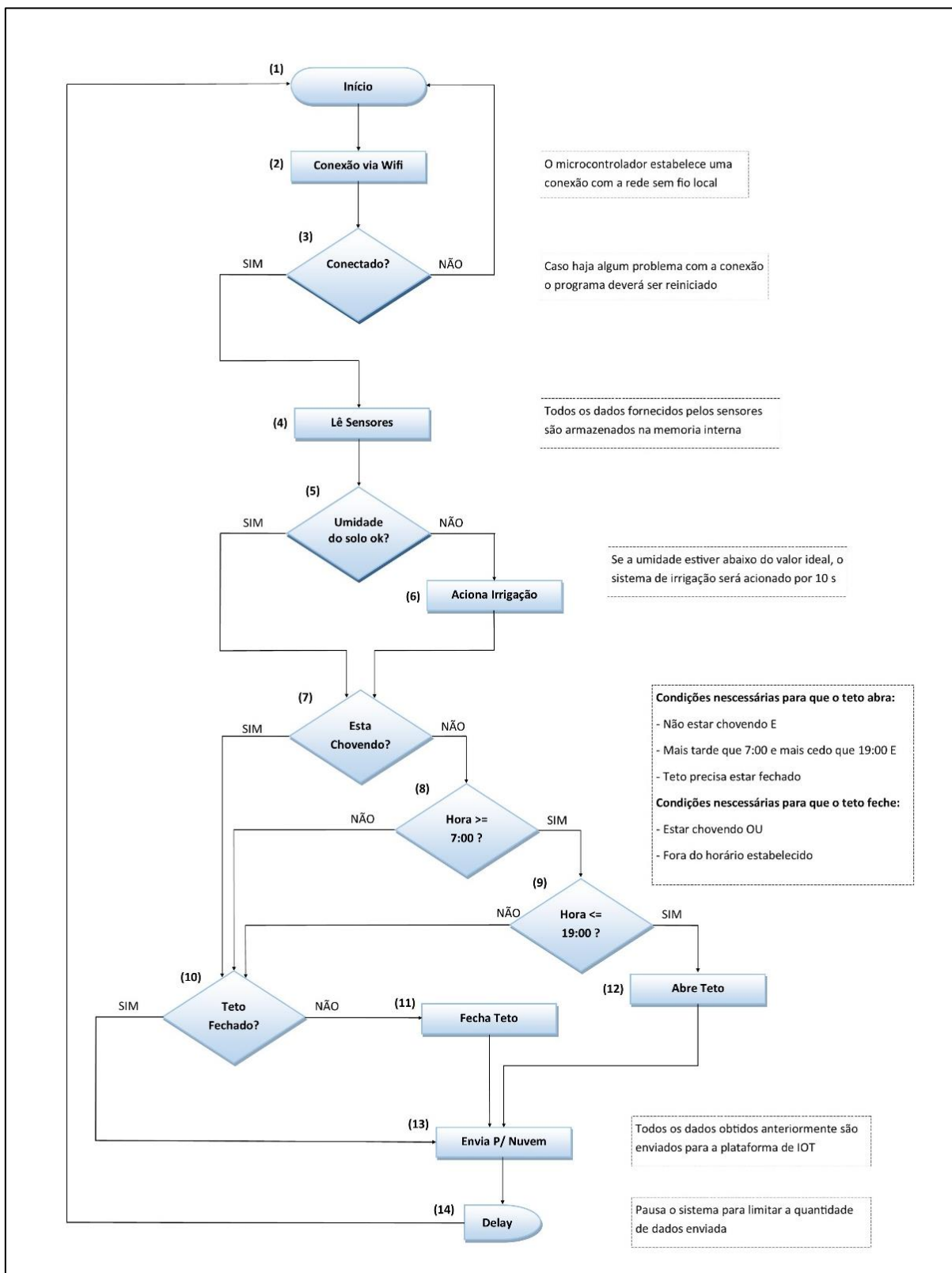
Leituras periódicas são feitas através do sensor de umidade do solo. Quando detectado a baixa umidade pelo sensor Fc-28, o microcontrolador acionará um relé, que por sua vez ligará a válvula solenoide, proporcionando a passagem de água pela tubulação e umedecendo a base da planta. A medida que a água passa pelo sensor de vazão (YF-S201), pulsos são gerados a partir do efeito hall presente no sensor de vazão e enviados ao microcontrolador que

mede a quantidade de água consumida através de uma função de programação registrada no microcontrolador.

A técnica de irrigação adotada neste projeto é por gotejamento devido a sua eficiência. Uma vez que, a irrigação aconteça durante o período de aproximadamente 10s, o programa deverá aguardar por cerca de 5 minutos, para que de continuidade. Após esse período, caso seja necessário mais água, um novo ciclo de irrigação será realizado.

Esse período é necessário para que haja absorção de água na terra proporcionando umidade até a raiz da planta. A Figura 14 mostra o fluxograma de todo processo.

Figura 14 - Fluxograma de Programação.



Fonte: Autoria Própria, 2017.

5.2 Arquitetura de Software

A Figura 14, mostra em formato de fluxograma a programação sugerida para o projeto. Ela acontece de forma cíclica. A primeira etapa, identificada como (1) representa a inicialização do sistema. A seguir, a etapa (2) consiste em estabelecer uma conexão entre o microcontrolador e o roteador WiFi para que seja possível o acesso à internet.

Então a etapa condicional (3) testa a conectividade do sistema. Esse projeto segue o princípio de funcionamento de um sistema IoT, ou seja, um ponto crucial é que a estufa esteja sempre conectada à internet para que seja possível enviar e receber comandos, bem como armazenar dados estatísticos na nuvem.

Em seguida o passo (4), é responsável por realizar a leitura dos sensores que trará ao sistema informações sobre umidade do solo, temperatura, umidade do ambiente, níveis de luminosidade e precipitação.

Logo após, há a etapa condicional (5). Com os dados obtidos através do sensor de umidade do solo é possível compará-los com o parâmetro de umidade de referência. Caso o valor atual de leitura seja menor que o valor de referência é acionado o sistema de irrigação. Caso o valor atual de leitura seja maior ou igual ao valor de referência, o programa deverá prosseguir para a próxima etapa.

Em seguida há uma série de operadores lógicos representador por (7), (8) e (9). Para abrir ou fechar o teto retrátil da estufa é levado em consideração o horário (8) e (9) e o indicador de precipitação (7). Caso o horário atual esteja no intervalo entre 7:00 e 19:00 e sem precipitação, o teto deverá permanecer aberto. Caso o horário esteja fora do intervalo estabelecido ou com precipitação, o teto deverá permanecer fechado até que a condição de abertura seja estabelecida novamente.

A etapa (13) possui a função de enviar as informações dos sensores e estados dos atuadores para a plataforma IoT, onde serão armazenadas, analisadas e exibidas graficamente para o usuário.

Por fim há um tempo de espera na etapa (14), antes que um novo ciclo ocorra. Por limitações da plataforma IoT ThingSpeak, esse tempo de espera deverá ser maior que 15 segundos conforme mencionado no item 3.1.2 deste trabalho.

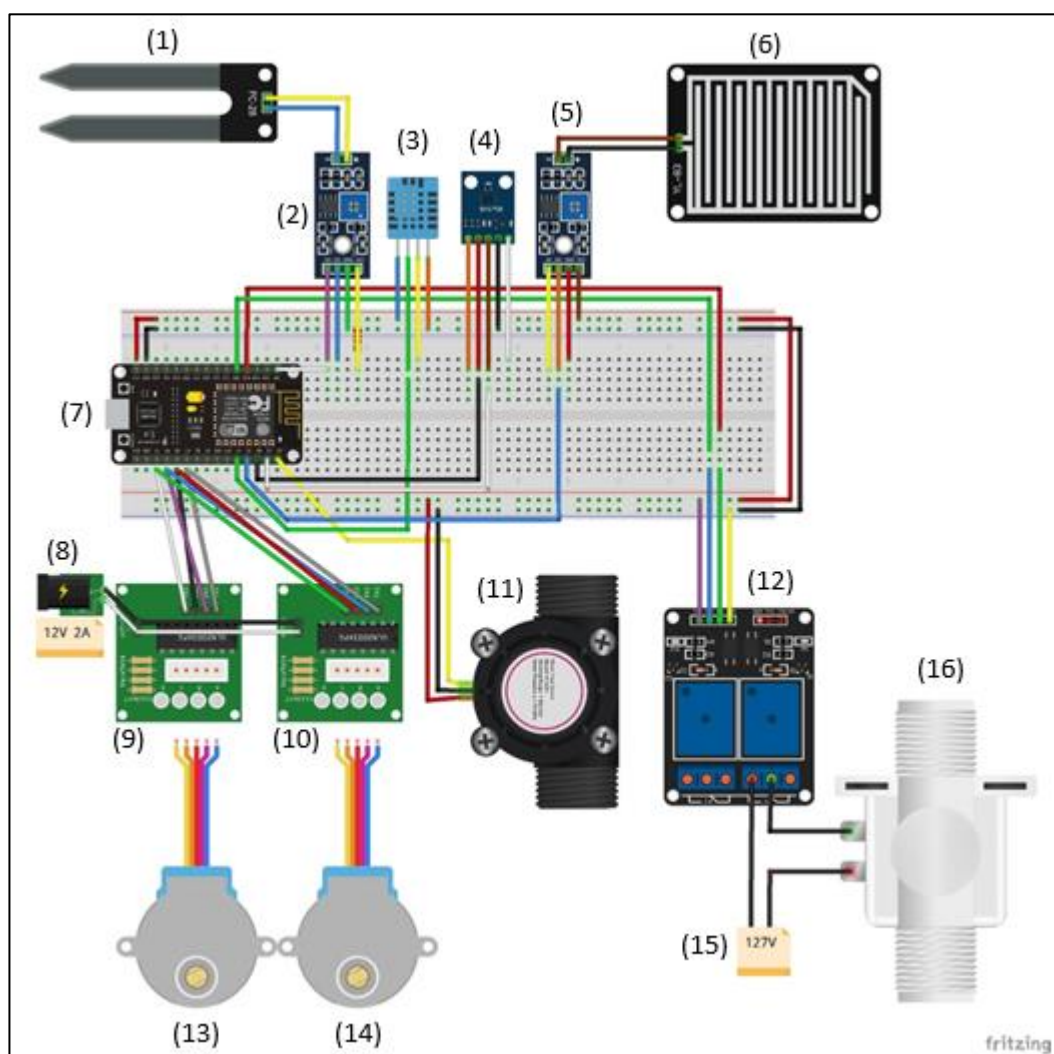
No apêndice 1 encontra-se o código fonte em linguagem Arduino que é baseada em C/C++.

5.3 Arquitetura de Hardware

Esta seção tem por objetivo apresentar uma visão geral sobre os componentes físicos que compõem o sistema de controle da estufa, como sensores, atuadores e microcontroladores, bem como descrever seus princípios de funcionamento e funções relevantes a esse projeto.

A Figura 15 mostra o sistema elétrico proposto. As funcionalidade dos componentes desse sistema serão discutidos ao longo deste capítulo.

Figura 15 - Sistema elétrico.



Fonte: Autoria Própria, Fritzing (Versão 0.9.3b) 2017.

Legenda

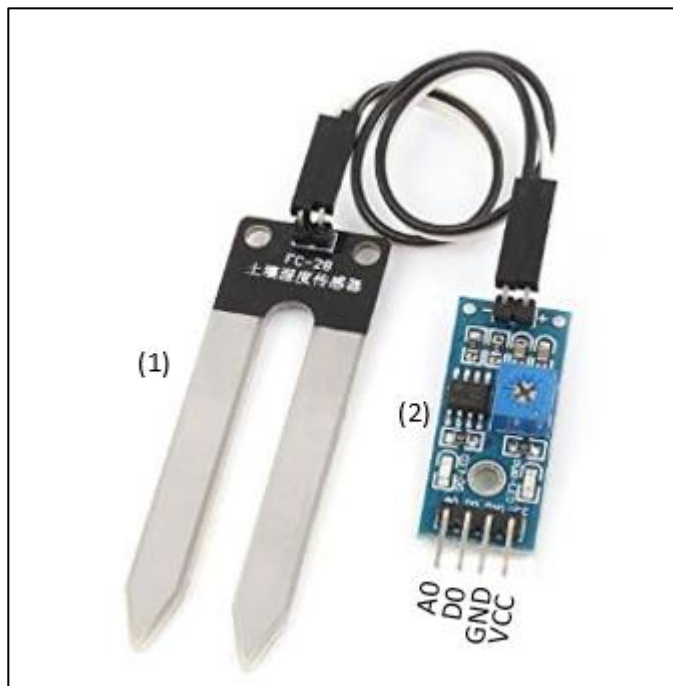
- (1) – Sensor de umidade do solo (Fc-28)
- (2) – Módulo ajustável de amplificação de sinal
- (3) – Sensor de umidade e temperatura ambiente (DHT11)
- (4) – Sensor de luminosidade (BH1750)
- (5) – Módulo ajustável de amplificação do sinal
- (6) – Sensor de precipitação (M11-RD)
- (7) – Microcontrolador (ESP-12E)
- (8) – Fonte 12V
- (9 & 10) – Drivers para motores de passo (ULN2003)
- (11) – Sensor de vazão de água (YF-S201)
- (12) - Módulo relé de dois canais
- (13 & 14) – Motores de passo (28byj-48)
- (15) – Alimentação de corrente alternada com 127V
- (16) – válvula solenoide (VA01 $\frac{3}{4}$ / $\frac{1}{2}$)

5.3.1 Sensor de umidade de solo FC-28

O sensor de umidade de solo FC-28 é amplamente utilizado devido a sua simplicidade e baixo custo. Ele é capaz de fornecer informações sobre a umidade relativa atual do solo e assim garantir que o sistema de irrigação seja acionado no momento correto, de modo a manter a variável de umidade de solo sempre estabilizada (MOUSER ELECTRONICS, 2015).

Seu funcionamento é baseado em dois eletrodos sensíveis a variação de condutibilidade que por sua vez são inversamente proporcionais a umidade do solo (MOUSER ELECTRONICS, 2015). Ele é composto por duas sondas de medição (1) e um módulo responsável pela amplificação do sinal (2), conforme pode ser visto na Figura 16.

Figura 16 - Sensor FC-28.



Fonte: Seeed Studio, 2016.

Ligação:

VCC: tensão indicada pelo fabricante, de 3,3 a 5V.

GND: ligado ao aterramento do sistema elétrico.

D0: Saída digital. Ela emite um sinal de nível lógico alto quando o solo está molhado e nível baixo quando está seco. Através do potenciômetro, é possível regular o limite entre nível lógico alto e baixo (MOUSER ELECTRONICS, 2015).

A0: saída analógica. Com ela é possível mensurar o quanto o solo está úmido. Essa saída varia de 0 a 1023 mV. Quando imersa em água pura, sua leitura é de aproximadamente 0V, já quando exposta ao ar a tensão de saída tem um valor próximo de 1023 mV. Pode-se analogamente ser comparado a uma resistência elétrica, quando o solo ligeiramente está úmido terá valores entre 600 a 800 mV, solos mais secos terão valores compreendidos nos intervalos entre 800 a 1023mV (MOUSER ELECTRONICS, 2015).

5.3.2 Sensor de umidade e temperatura ambiente DHT11

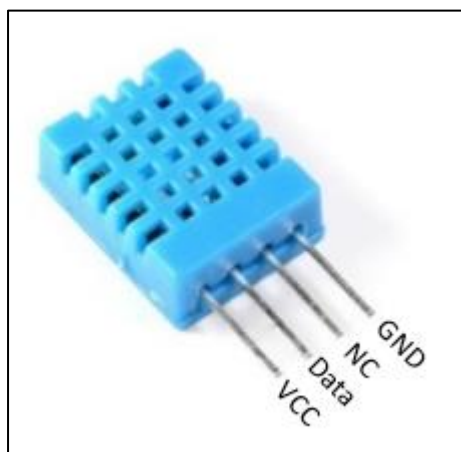
O sensor DHT11 (Digital Humidity and Temperature Sensor) é capaz de medir a temperatura e umidade relativa do ar (AOSONG ELECTRONICS CO., 2014). Ele é popular por conta da sua facilidade de uso, baixo custo e muito utilizado nas mais diversas aplicações na automação residencial.

Há algumas vantagens em usar um sensor digital: maior confiabilidade, um código relativamente simples e sem necessidade de calibração.

Esse sensor não é indicado para projetos que exigem alta precisão. Com ele é possível medir temperaturas de 0 a 50°C com erro de aproximadamente 2°C e umidade de 20 a 90% com cerca de 5% de erro. Seu tempo de medição é de cerca de 2 segundos (AOSONG ELECTRONICS CO., 2014).

Ele é composto por um invólucro plástico para a proteção do circuito interno e quatro conectores, conforme pode ser visto na Figura 17.

Figura 17 - Sensor DHT11.



Fonte: Aosong Electronics Co., 2014.

Ligação:

VCC: tensão indicada pelo fabricante, de 3,3 a 5.5V.

Data: porta de comunicação de dados, ligada a porta digital D4 do microcontrolador.

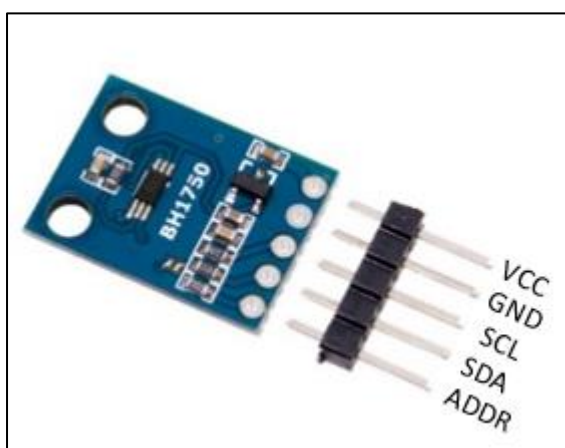
NC: Não aplicável.

GND: ligado ao aterramento do sistema elétrico.

5.3.3 Sensor de luminosidade BH1750

Esse módulo digital é responsável pela leitura da luminosidade. Ele tem como principal componente o Ci BH1750FVI, que permite realizar medições de 1 a 65.535 lux. Possui também um conversor AD interno de 16 bits e se comunica via protocolo de comunicação I2C com o microcontrolador (ROHM SEMICONDUCTOR, 2015). Uma de suas vantagens é ter sido amplamente utilizado para pequenos projetos de automação residencial demonstrando uma precisão muito maior quando comparado aos conhecidos LDRs. Além do que, é possível configurar os níveis de precisão de medição através de suas configurações internas (ROHM SEMICONDUCTOR, 2015). Na Figura 18 pode-se observar o sensor e suas respectivas conexões.

Figura 18 - Sensor BH1750FVI.



Fonte: ROHM Co., 2015.

Ligação:

VCC: tensão indicada pelo fabricante, de 3,3 a 5.5V.

GND: ligado ao aterramento do sistema elétrico.

ADDR: Não aplicável para este projeto.

SCL: porta D1 do ESP-12E habilitada para protocolo I2C.

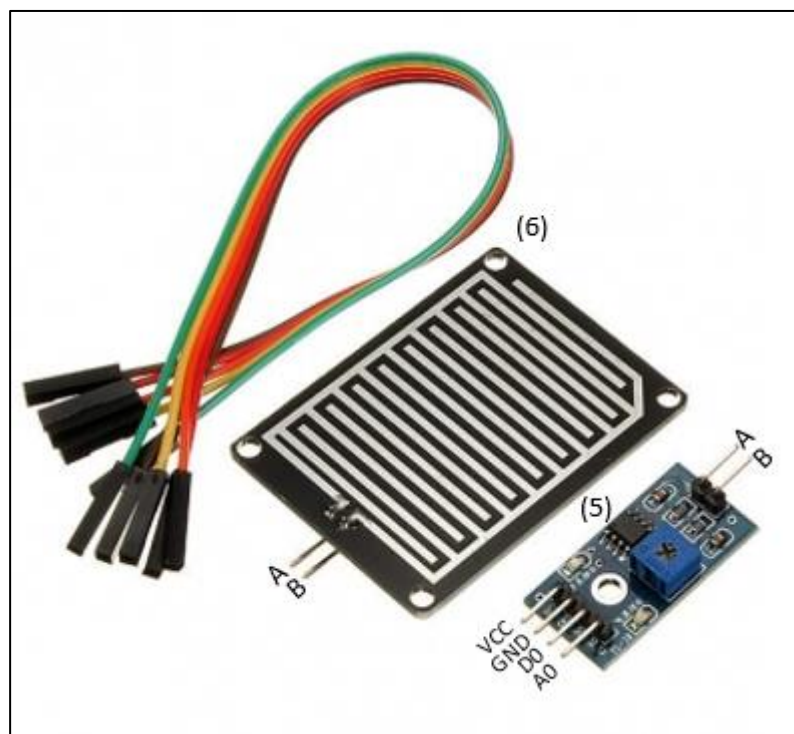
SCA: porta D2 do ESP-12E habilitada para protocolo I2C.

5.3.4 Sensor de precipitação M11-RD

O sensor M11-RD é utilizado para medição de precipitação. Portanto, ele é de fundamental importância para o projeto, pois informará ao microcontrolador o momento em que começar a chover. Assim o ESP-12E acionará os motores de passo responsáveis por fechar o teto da estufa, impedindo a entrada de água.

Seu funcionamento é baseado em duas linhas de trilhas sensíveis a variação de condutibilidade que por sua vez são inversamente proporcionais a quantidade de precipitação (CYTRON TECHNOLOGIES, 2014). O sensor é composto pela placa de captação (6) e um módulo responsável pela amplificação do sinal (5), conforme pode ser visto na Figura 19.

Figura 19 - Sensor M11-RD.



Fonte: Cytron Technologies, 2014.

Ligação:

VCC: tensão indicada pelo fabricante, de 3,3 a 5.5V.

GND: ligado ao aterramento do sistema elétrico.

A e B: conexões utilizadas para ligar o módulo a placa de captação.

D0: saída digital. Ela emite um sinal de nível lógico alto quando não há precipitação e um sinal de nível baixo quando começa a receber chuva. Através

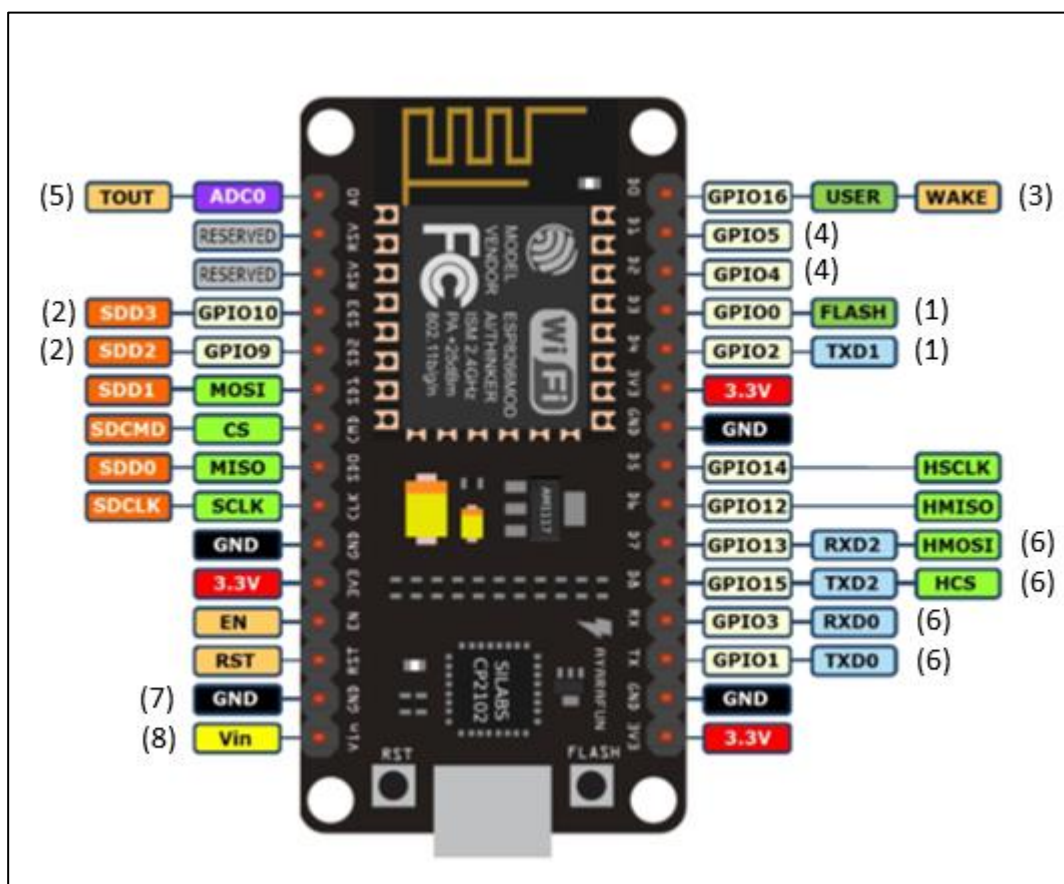
do potenciômetro, é possível regular o limite entre nível lógico alto e baixo (CYTRON TECHNOLOGIES, 2014).

A0: saída analógica, responsável por indicar a intensidade da precipitação, não aplicável a esse projeto.

5.3.5 Microcontrolador ESP-12E

Conforme pode ser visto na Figura 20, o projeto de automatização de estufa, proposta por essa pesquisa prevê a utilização de 2 entradas digitais para a leitura de sensores (1), 2 saídas digitais para o acionamento dos relés (2), 1 entrada digital para a leitura PWM (3), 2 entradas com protocolo de comunicação I2C (4), 1 entrada analógica para leitura de sensor (5), 4 saídas digitais para o acionamento do motor de passo motor de passo (6), um aterramento (7) e um pino com fornecimento de 5V (8).

Figura 20 - Diagrama de conexões do ESP-12.



Fonte: Espressif, 2017.

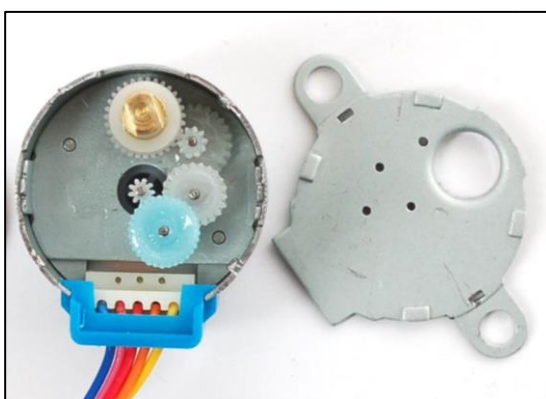
5.3.6 Motores de passo 28byj-48

Para realizar o fechamento e abertura do teto retrátil é necessário a ação de atuadores. A grande vantagem na utilização dos motores de passo 28byj-48 é a grande quantidade de materiais disponíveis pela internet, como também sua precisão no momento de abrir e fechar a estufa. Utilizando-se dois motores de passo, foi possível equilibrar a abertura da estufa de uma forma simultânea e equilibrada. Trabalhando juntos no mesmo sentido de giro e direção opostas, posicionados um em cada lado da estufa, os motores fazem a abertura em um tempo máximo de 10 min, assim como para a estufa se fechar o tempo se repete.

Esse modelo possui uma caixa de redução interna com relação 1/64, o que proporciona maior torque (KIATRONICS, 2016), conforme pode ser visto na Figura 21.

Tal modelo foi escolhido por conta da sua versatilidade. Para a utilização de motores CC ou CA seria necessária a implementação de chaves de fim de curso, circuito para controle de velocidade. Todos esses elementos deixariam o protótipo mais complexo e suscetível a falhas. A utilização de dois servo motores seria interessante para este projeto devido a sua confiabilidade, porém é importante ressaltar que o seu custo é significativamente mais caro, assim sendo, optamos pela utilização do motor de passo mostrado abaixo.

Figura 21 - Caixa de redução, motor de passo.

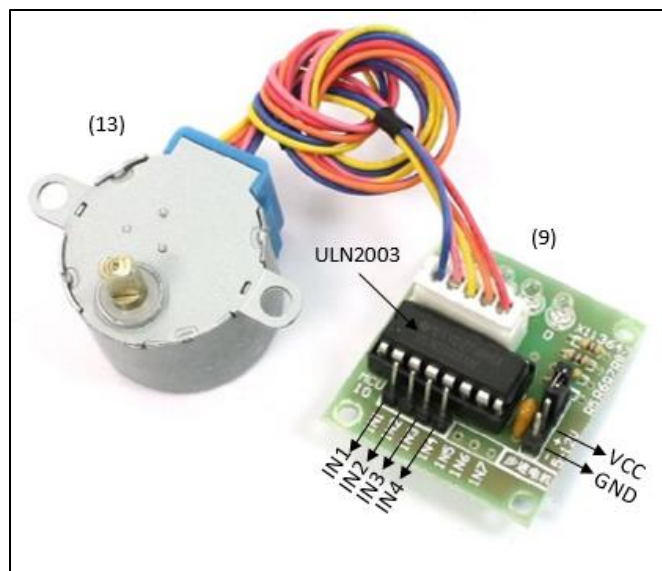


Fonte: KIATRONICS, 2016.

Conforme pode ser visto na Figura 22, ele vem acompanhado de um modulo composto por um ULN2003 o qual é utilizado para amplificação de

corrente. Além de um diodo de roda livre para proteger o microcontrolador de correntes de retorno.

Figura 22 - Motor de passo 28byj-48 e driver ULN2003.



Fonte: KIATRONICS, 2016.

Ligação:

IN1 a IN4: correspondem as bobinas do motor

VCC: tensão indicada pelo fabricante, 5 a 12V. Para atuar em plena carga haverá uma maior demanda por corrente. Por esse motivo será utilizado uma fonte externa.

GND: aterramento do sistema da fonte.

5.3.7 Sensor de vazão YF-S201

O sensor de vazão é baseado no efeito Hall. Conforme sua aleta interna gira com a passagem da água, pulsos são enviados para o microcontrolador. A Figura 23 mostra o esquema interno de um sensor de vazão.

Figura 23 - Sistema de funcionamento sensor de fluxo de água.



Fonte Yifa, 2014.

De acordo com a quantidade de pulsos é possível estimar qual o volume de água que está fluindo pelo sensor naquele determinado instante. Cada litro de líquido que passa pelo sensor da Figura 24 corresponde a 450 pulsos. Sua exatidão é de 10% e sua faixa de fluxo é de 1 a 30L/min (YIFA).

Figura 24 - Figura 25 - Sensor YF-S201.



Fonte: Yifa, 2014.

Ligação

VCC: tensão indicada pelo fabricante, de 5 a 24V, fio vermelho.

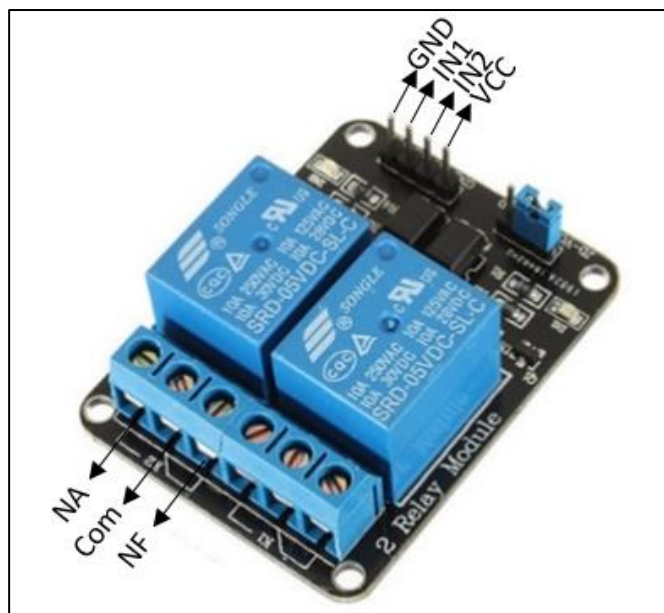
GND: ligado ao aterramento do sistema, fio preto.

Sinal PWM: conectado à porta D0 do microcontrolador em uma porta compatível com este recurso fio amarelo.

5.3.8 Módulo relé SRD-05VDC-SLC

O Módulo relé de duas portas conforme a Figura 25 é um comutador eletromagnético que tem sua posição alterada quando sofre uma excitação em sua bobina. Portanto, ele permite fazer o chaveamento de tensões de 127 V utilizando pequenas tensões de 3,3 ou 5 V, presentes na saída do microcontrolador. O relé será utilizado apenas para acionar a válvula solenoide que permite a passagem de água para realizar a irrigação. O módulo com dois relés foi escolhido pelo seu custo benefício, onde oferece uma maior flexibilidade para conectar outras cargas, como ventiladores, sistemas de aquecimentos, motores, bombas de água entre outros.

Figura 25 - Módulo Relé SRD-05VDC-SLC (2 portas).



Fonte: fecegypt, 2015.

Ligação:

VCC: indicado pelo fabricante, de 5 a 12V.

NA: contato normalmente aberto, não utilizado

NF: contato normalmente fechado, usado para acionar a válvula

Com: comum

GND: ligado ao aterramento do sistema elétrico.

5.3.9 Válvula Solenoide VA01 180° 127V

O sistema de irrigação tem como principal componente uma válvula solenoide de 127V, conforme a Figura 26. Portanto, um sinal de nível lógico alto acionará um relé, que por sua vez energizará a válvula com uma tensão de 127 V, provocando a abertura da mesma e habilitando a passagem de água através da tubulação. A água chega até a base das plantas por diferença de pressão, passando pela mangueira com pequenos furos. Não será necessária a utilização de bombas de água, pois o escoamento da água será feito por diferença de pressão.

Figura 26 -Válvula Solenoide VA01 180° 127V.

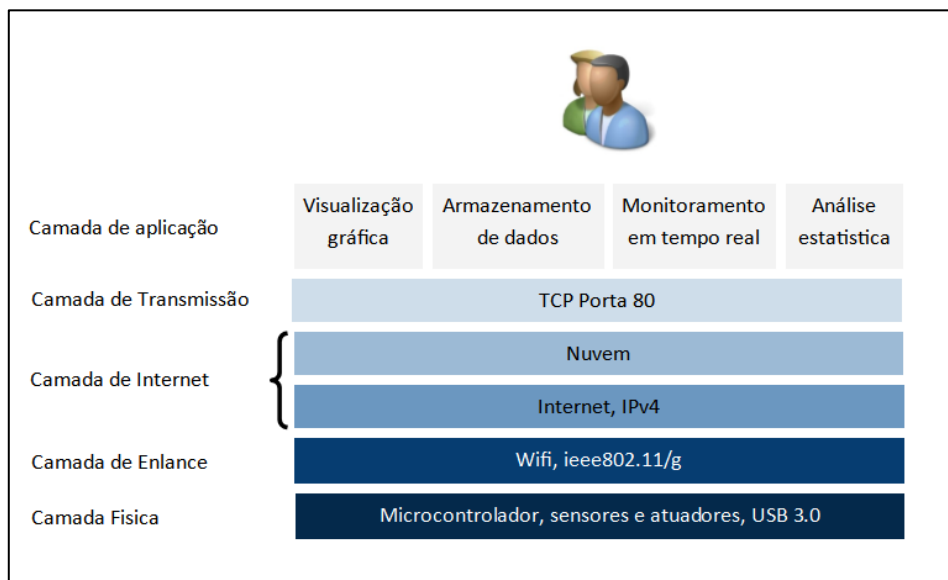


Fonte: Multilogica, 2015.

5.4 Topologia de rede

A arquitetura de rede utilizada é a TCP/IP. Conforme pode ser observado na Figura 27.

Figura 27 - Arquitetura de rede para Smartgreenhouse.



Fonte: Autoria própria, 2017.

A topologia de rede para o projeto proposto é composta nas seguintes camadas:

Camada Física: é responsável por receber os dados digitais dos sensores ou enviar comandos aos atuadores além de realizar comparações lógicas e respectivas ações programadas para atender os requisitos de projeto. Ela é composta pelo microcontrolador, sensores e atuadores.

Camada de Enlace: executa a transferência de informações adquiridas na camada física. Ela é constituída pela interface de comunicação WiFi do microcontrolador e roteador WiFi, ou seja, utiliza o protocolo IEEE 802.11.

Camada de Transmissão: é utilizada para transmitir as informações a plataforma de IoT. O Apl thingSpeak funciona nessa camada.

Camada de aplicação: é responsável por realizara interface com o usuário, ela fornece visualizações gráficas, armazenamento, monitoramento em tempo real, analises e estatísticas.

6. ESTRUTURA FÍSICA

As estufas podem ser construídas de diferentes materiais, como por exemplo canos PVC, bambu, barras de metal e telas metálicas. O projeto da estufa automatizada está sendo realizado com os materiais listados na Tabela 2 Materiais utilizados a seguir.

Tabela 2 Materiais utilizados. Fonte Autoria Própria, 2017.

(1)	Tela de Metálica	0,3 cm de espessura, com 5 m (comprimento) x 2 m (largura)
(2)	4 x Braçadeiras de aço inox reguláveis	$\frac{3}{4}$ polegadas
(3)	30 x Abraçadeiras de Nylon T30R	15cm
(4)	1 x Mangueira de 2,5 m	4 cm capacidade de peso 15 kg
(5)	Cola quente	4 tubos de silicone
(6)	Fita adesiva	1 rolo de fita adesiva tipo Silver Tape
(7)	8 x Roldanas	15cm $\frac{3}{4}$ polegadas, 2, 5 m de comprimento
(8)	1 x Container de plástico	20 cm (largura e comprimento) x 10 cm (altura)
(9)	Lona Plástica UV	2 m x 4 m
(10)	Tubo Metálico	$\frac{1}{2}$ polegada

Na Tabela 2 está sendo mostrado os materiais utilizados na construção da estufa. Aonde que, a estrutura metálica da estufa foi montada com dobras e recortes da (1) tela metálica. As (2) braçadeiras metálicas e (3) abraçadeiras de Nylon serviram para fixar a mangueira de irrigação feita com uma (4) Mangueira $\frac{3}{4}$ transparente de 6m de comprimento. Uma vez que a estrutura da estufa construída, a (9) Lona Plástica UV foi enrolada em um (10) Tubo Metálico e fixada com (6) Fita adesiva. As (7) Roldanas foram desmontadas e acopladas nas pontas do tubo metálico para que a abertura e fechamento fosse permitido.

Figura 28 - Materiais utilizados

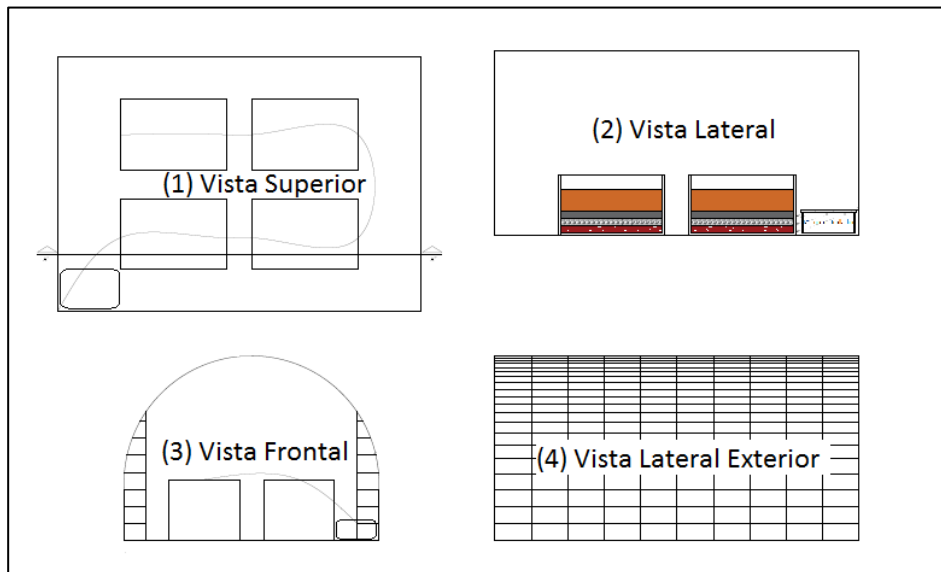


Fonte: Autoria própria, 2017.

As figuras Figura 30 tem-se o projeto da estufa desenhado no AutoCAD (2017) para um melhor entendimento de como a estrutura física da estufa foi desenvolvida.

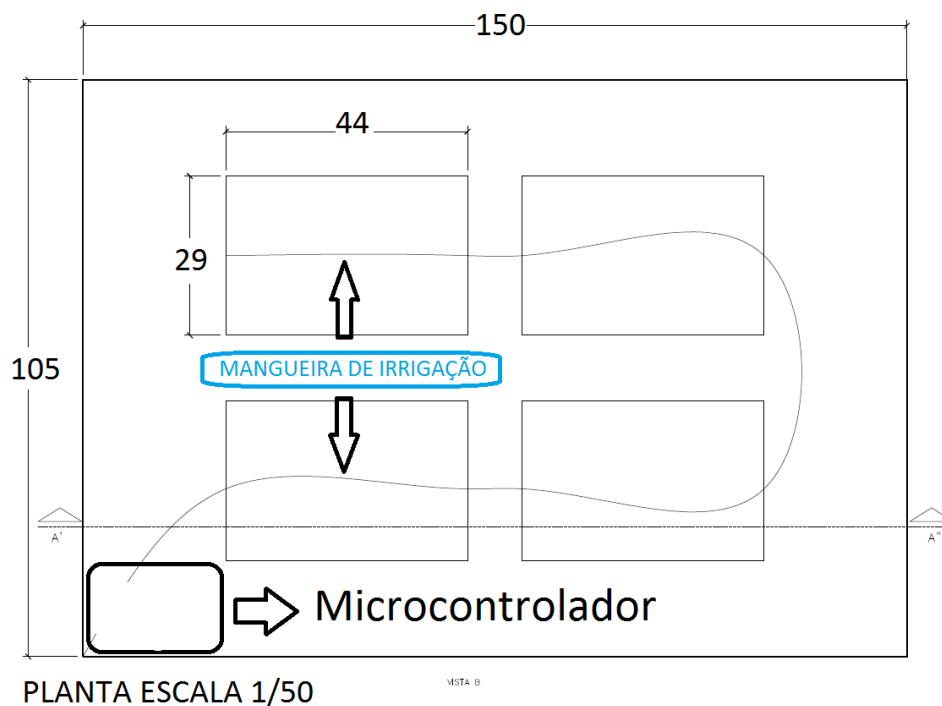
Na Figura 29 tem se as quatro vistas da estufa projetadas no AutoCAD 2017 numa escala de 1/50, onde na Figura 30 - Vista Superior é possível se visualizar o tamanho da estufa, com 150 cm de comprimento, 105 cm de largura e 76 cm de altura. Além de quatro compartimentos para cultivo da planta com 29 cm de largura, 44 cm de comprimento, 25 cm de altura e a mangueira de irrigação com 250 cm de comprimento passando pelos mesmos 4 compartimentos.

Figura 29 - Projeto em AutoCAD



Autoria Própria, AutoCAD (2016), 2017.

Figura 30 - Vista Superior

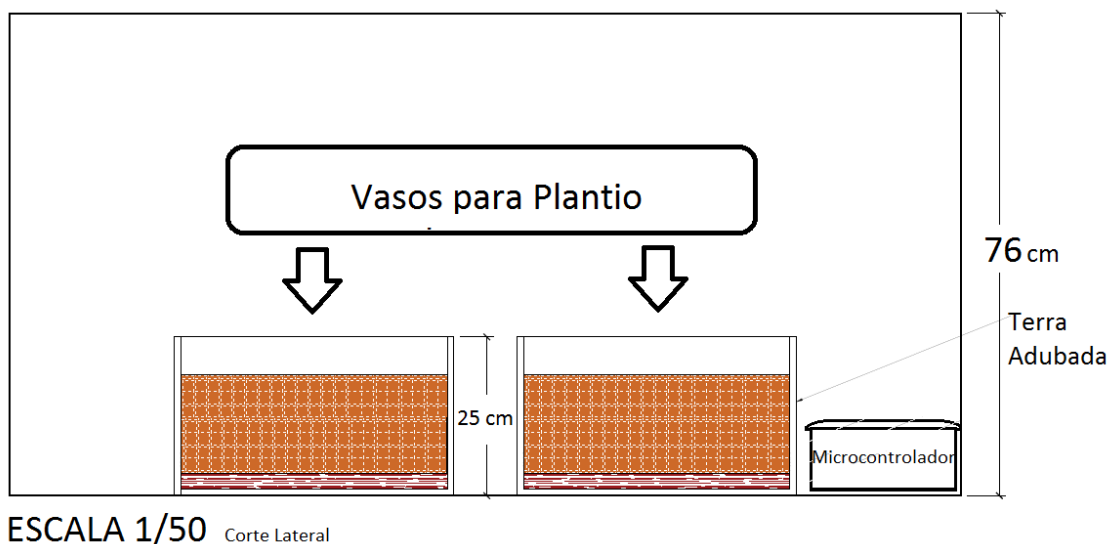


Fonte: Autoria Própria, AutoCAD (2016), 2017

Na Figura 31 pode se visualizar a parte interna da estufa com a localização do container do microcontrolador e sensores de luz e precipitação. Além dos 2

vasos de plantas com as camadas de terra e composto orgânico ali depositados. A altura da estufa de 76 cm, também está sendo representado abaixo numa escala de 1/50.

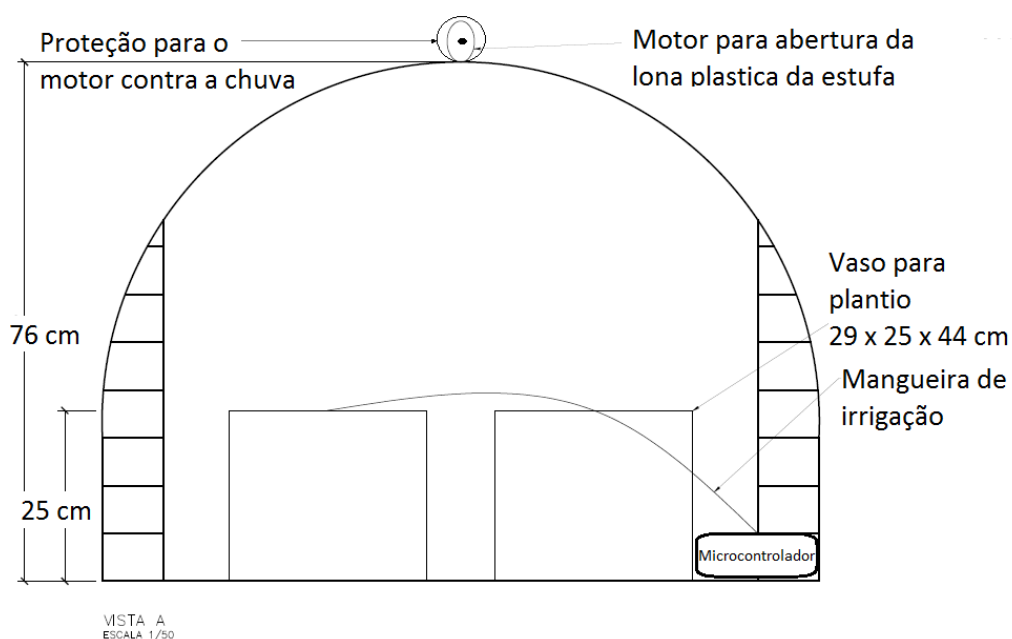
Figura 31 - Vista Lateral



Fonte: Autoria Própria, AutoCAD (2016), 2017

Na Figura 32 pode se visualizar a posição do motor da cortina da estufa e a posição do container com o microcontrolador e sensores dentro.

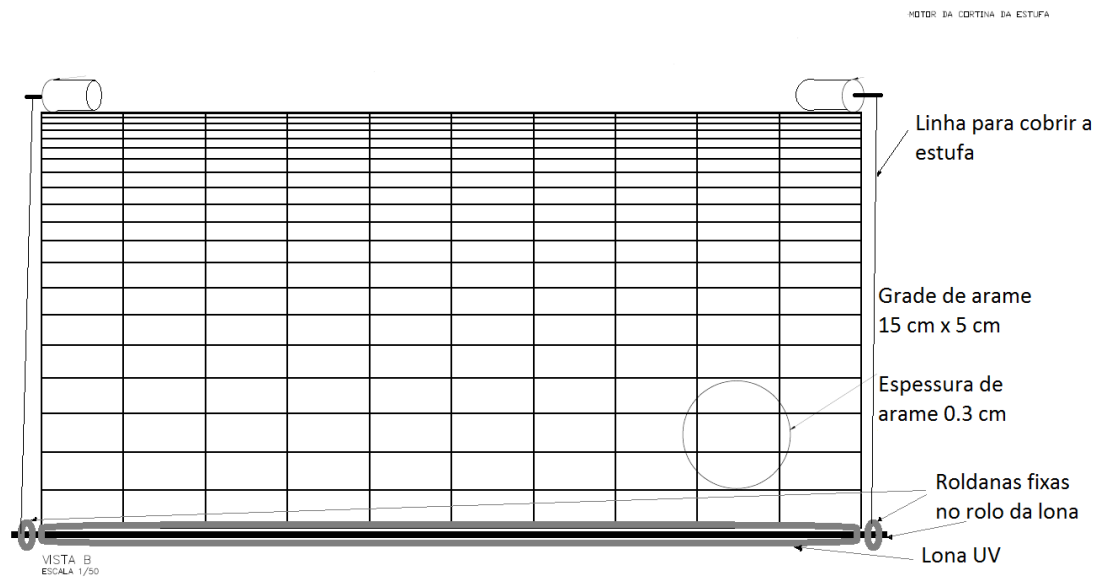
Figura 32 - Vista Frontal



Fonte: Autoria Própria, AutoCAD (2016), 2017

Na Figura 33 expandida tem-se a estufa sendo mostrada na parte exterior com a posição dos dois motores da estufa e o tamanho da malha de arame com 15 cm x 5 cm e sua espessura de 0,3 cm, representados numa escala de 1/50.

Figura 33 - Vista lateral



Fonte: Aatoria Própria, AutoCAD (2016), 2017

Na Figura 34 do projeto da estufa pode se visualizar a estrutura física quando fechada. A foto foi tirada com uma placa com o nome do orientador e dos alunos que realizaram o projeto para lembrar a autenticidade do trabalho.

Figura 34 - Estrutura Física



Fonte: Autoria Própria, 2017

Na Figura 35 pode-se visualizar a estrutura física da estufa quando que totalmente aberta, lembrando que o tempo de abertura da estufa é de 7 min, assim como o fechamento.

Figura 35 - Estrutura com teto aberto



Fonte: Autoria Própria, 2017

Nessa etapa do processo da Figura 35 as plantas de alface encontram-se na metade do período ideal para colheita que é de 70 dias em média dependendo das situações climáticas da região.

No caso da estufa desenvolvida nesse projeto, algumas variáveis de produção controladas ajudam no melhor desenvolvimento da planta, lembrando que as hortaliças foram plantadas sem fertilizantes ou agrotóxicos. Colocando-as assim em um padrão de plantas orgânicas.

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

7.1 Análise Financeira

Para a análise financeira do projeto, elaborou-se uma Tabela 3 - lista de materiais Tabela 3 a seguir onde mostra os principais componentes do projeto e seus respectivos custos em reais no período de 2016 e 2017. Componentes estes que foram adquiridos em lojas de varejo na cidade de Curitiba e também comprados pela internet.

Item	Preço (R\$)
rele 5v 2 canais	10,99
jumper M - F	11,99
jumper F-F	11,99
Sensor de umidade do solo fc 28	6,99
Sensor de um. e temp. Amb. Dht11	6,99
Microcontrolador esp8266	28,00
frete	16,9
valv. Solenoide	24,00
frete	20,00
Alambrado	64,00
lona plástica	35,00
conexões hidráulicas	19,40
vareta de alumínio	17,00
Barramento de pinos	13,40
Cabo awg 26 x 10	10,60
braçadeira e parafusos	6,60
cinta hellermann	4,90
Roldanas	64,00
Sensor de Chuva M11-RD	33,00
sensor vazão XF-S201	29,90
motores de passo	14,00
Frete	22,90
Sensor de luminosidade BH1750FVI	14,00
protoboard	15,90
frete	12,90
mudas de alface	3,00
terra	23,00
Fertilizante	18,00
Total	559,35

Tabela 3 - lista de materiais

Como pode-se observar os custos com materiais incluindo frete ficam próximos a R\$ 560,00. Além disso, estima-se que foram gastos cerca de 26 horas para realizar a programação embarcada e montagem do circuito, 6 horas para parametrizar a interface gráfica no ThingSpeak e 38 horas para montagem da estrutura da estufa.

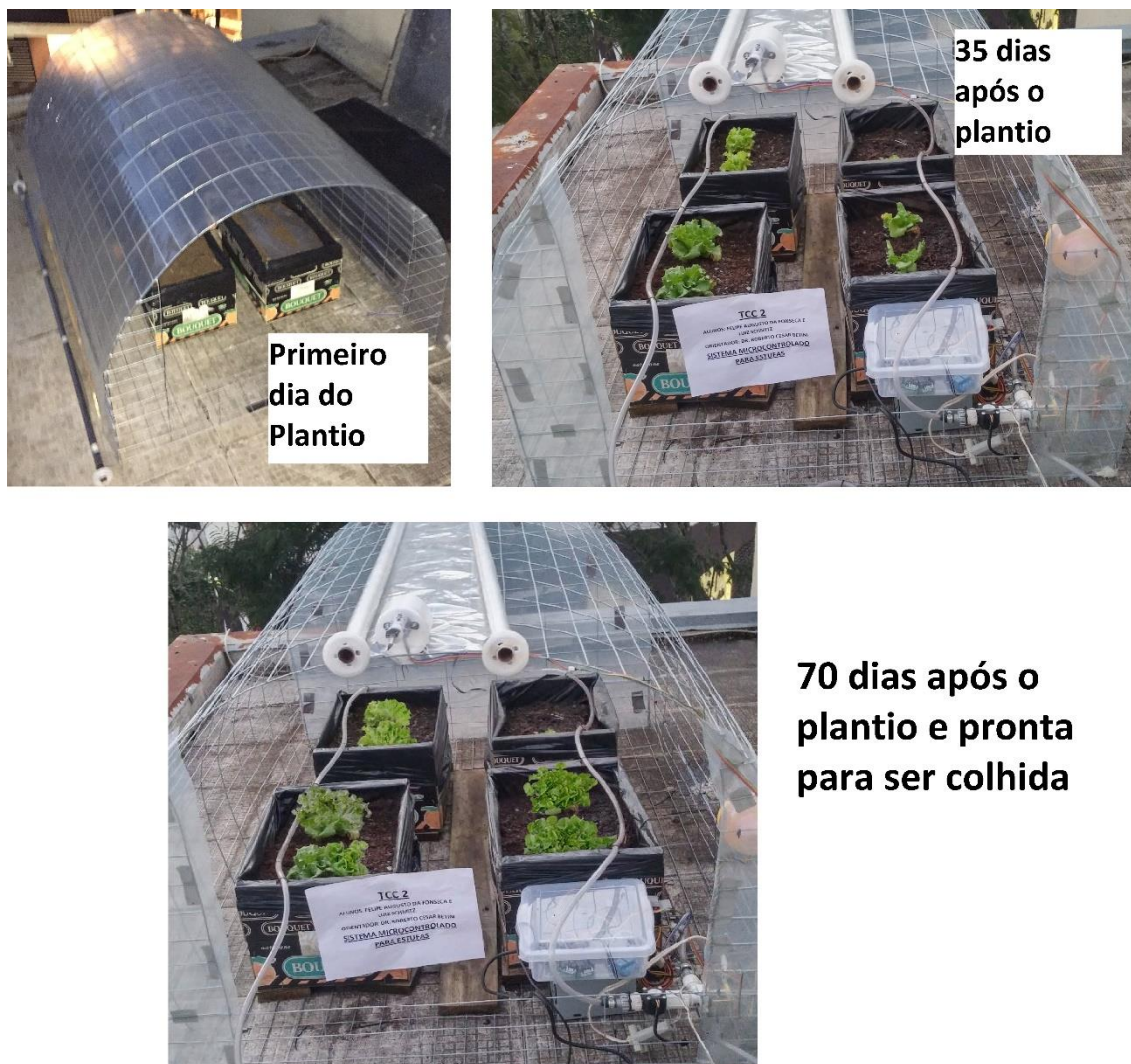
7.2 Análise Técnica

Na última etapa do trabalho foi analisado a diferença do crescimento da planta no começo, na metade e no fim do projeto. A Figura 36 apresenta estes resultados, com o crescimento notável da planta dentro da estufa com as variáveis de irrigação e temperatura sendo controladas.

Levando em conta que ciclo de cultivo da alface está entre 70 e 90 dias após a semeadura (MATOS, 2011). A alface cultivada pelo trabalho desenvolvido aqui teve como único objetivo demonstrar a funcionalidade da estufa automatizada. Uma vez que, dados mais específicos referentes ao tamanho da planta durante seu desenvolvimento não foram coletados, pois depois de plantadas não houve interferência ou contato humano no processo.

Assim como pode ser observado um dos containers do plantio não se desenvolveu, já que a mangueira de irrigação não foi perfurada ali para que pudesse haver a possibilidade de comparação entre os outros containers que tiveram irrigação ao longo do ciclo de cultivo e controle de umidade do solo.

Figura 36 Comparação de final de cultivo



Fonte: Autorial Própria, 2017.

Assim, pode se notar nas imagens da Figura 36 desde o primeiro dia de plantio das sementes de alface que as folhas de alface ainda não começaram a aparecer. Já em um segundo momento após 35 dias é possível notar as folhas aparecendo dentro dos containers de terra. Por último a Figura 36 mostra as folhas de alface prontas para serem cortadas e ou colhidas por inteiro. Provando-se assim a capacidade da estufa germinar as sementes de alface e produzi-las em um período de 70 dias em média.

8. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Os resultados obtidos, no projeto foram satisfatórios, uma vez que a estufa funcionou de acordo com a proposta inicial do trabalho. Primeiramente o projeto foi testado em bancada para checar todo o funcionamento do sistema embarcado da estufa e também foi simulado condições de chuva, calor e frio sobre o sistema. Além dos testes de funcionamento com fios mais longos de 0,15 m para 4 m que fizeram parte do projeto final. Uma vez que o sistema respondeu de forma satisfatória com os testes de bancada, as ligações dos motores e sensores de chuva, de umidade do solo, de luminosidade, de temperatura e umidade ambiente, o projeto foi colocado em prática e implementado na estufa.

Em um segundo momento foram realizados testes com a rede WiFi e seu alcance. Os testes responderam de maneira satisfatória, os dados foram enviados para a plataforma ThingSpeak como esperado.

Apesar da pequena quantidade de informações formais encontrada a respeito do microcontrolador ESP12, ele é um dispositivo que merece ser explorado e utilizado mais em diversos projetos. Pois respondeu de forma satisfatória nos testes de conectividade e operação no projeto da estufa.

No projeto final também foi montado uma placa de circuito impresso para que esta tivesse menos interferências e seus componentes resistissem mais ao stress físico. Além de tudo, a placa de circuito impresso permitiu que se tenha uma placa customizada e de melhor aparência conforme pode ser visto na Figura 37.

Figura 37 - Placa de circuito impresso



Fonte: Autoria Própria, 2017.

A indústria 4.0 possui uma grande variedade de aplicações sejam elas no meio rural, residencial ou comercial. Abaixo pode ser observado algumas sugestões de trabalhos futuros:

Estufa inteligente – aplicação de uma estufa microcontrolada para o plantio com hidropônicos.

Sistema para controle de humidade e temperatura – aplicação de um sistema microcontrolado para monitorar e corrigir umidade e temperatura de ambientes como bibliotecas, hospitais, armazéns entre outros.

Estação meteorológica – sistema com uma série de sensores monitoramento das condições climáticas e armazenamento dos registros em uma base de dados.

Bibliografia

ALBUQUERQUE, D. T. E. P. U. B. D. **Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações**. 4. ed. Fortaleza, CE: ÉRICA, v. 1, 2011.

AOSONG ELECTRONICS CO. **DHT11 DataSheet**. [S.l.]: [s.n.]. Disponível em: <<https://goo.gl/oTPxzg>>. Acesso em: 17 maio 2017.

ARCHANJO, L. R.; W. DE BRITO, K. F.; SAUERBECK3, S. Alimentos Orgânicos em Curitiba: consumo e significado. **Cadernos de Debate**, Campinas, v. VIII, n. 2001, p. 1-6, 2001. Disponível em: <<https://goo.gl/8okTRL>>. Acesso em: 10 maio 2017.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. **Computer networks**, 2010. p. 2787-2805.

CENSO, I. **AGROPECUÁRIO. Resultados preliminares. IBGE. Disponível**. [S.l.]: [s.n.], 2006.

COELHO, E. F. et al. Sistemas e Manejo de Irrigação de baixo Custo para Agricultura Familiar. **Embrapa**, Cruz das Almas, 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/k5nvch>>. Acesso em: 10 maio 2017.

CYTRON TECHNOLOGIES. **Rain Sensor Module SN-RAIN-MOD**. [S.l.]: [s.n.], 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/oCCqmg>>. Acesso em: 10 maio 2017.

ESPRESSIF SYSTEMS IOT TEAM. **ESP8266 DataSheet**. [S.l.]: [s.n.], 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/AwfXQb>>. Acesso em: 17 maio 2017.

ESTEVES, B. D. S. et al. **Irrigação por Gotejamento**. Niterói: Secretaria de Estado de Agricultura e Pecuária, 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/aTP63F>>. Acesso em: 10 maio 2017.

FUGISAWA SOUZA, M. I. et al. **Informação tecnológica para agricultura familiar - Agência de informações**. Fortaleza: Embrapa, 2007. Disponível em: <<https://goo.gl/BASa3z>>. Acesso em: 10 maio 2017.

GASCON, A. E. Libelium. **www.libelium.com**, 2013. Disponível em: <<http://www.libelium.com/products/plug-sense>>. Acesso em: 9 Maio 2017.

H. SUNDMAEKER, P. GUILLEMIN, P. FRIESS, AND S. WOELF. **Vision and Challenges for Realising the Internet of Things**. Luxemburg, Rep. Tcheca: European Comission Information Society and Media, v. 1, 2010.

KIATRONICS. **28BYJ-48 – 5V Stepper Motor**. [S.l.]: [s.n.], 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/uy7ftG>>. Acesso em: 10 maio 2017.

KLEFFMANN GROUP. **Perfil comportamental e hábitos de mídia do produtor rural brasileiro**. Campinas: BMR&A, 2005.

KOLBAN, N. **Kolban's Book on ESP8266 November 2016**. [S.l.]: [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://neilkolban.com/tech/esp8266/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

LOUGHLIN, C. **Sensors for industrial inspection**. 1. ed. Ilkley, West Yorkshire, U.K.: Springer Science & Business Media, B.V., v. 1, 1993.

MATHWORKS. **Channel Configurations**. [S.l.]: [s.n.], 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/p9Uo8h>>. Acesso em: 10 maio 2017.

MATHWORKS. **MATLAB Analysis and Visualization**. [S.l.]: [s.n.], 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/DvJPUF>>. Acesso em: 10 maio 2017.

MATHWORKS. **Prices**. [S.l.]: [s.n.], 2016. Disponível em: <<https://thingspeak.com/prices>>. Acesso em: 10 maio 2017.

MATHWORKS. **Product Description**. [S.l.]: [s.n.], 2016. Disponível em: <goo.gl/qFvYWN>. Acesso em: 10 maio 2017.

MATHWORKS. **System Requirements**. [S.l.]: [s.n.], 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/ZFD8F1>>. Acesso em: 10 maio 2017.

MAUREIRA, M. A. G.; OLDENHOF, D.; TEERNSTRA, L. **ThingSpeak – an API and Web Service**. Leiden: [s.n.], 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/LYxyZ4>>. Acesso em: 10 maio 2017.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: DO NEOLÍTICO À CRISE CONTEMPORÂNEA**. São Paulo: [s.n.], 2008. Disponível em: <<https://goo.gl/WJwkzo>>.

MOUSER ELECTRONICS. **Moisture Sensor Manual**. [S.l.]: [s.n.], 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/Wza5ZN>>. Acesso em: 12 maio 2017.

OLIVEIRA, R. R. **USO DO MICROCONTROLADOR ESP8266 PARA AUTOMAÇÃO**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/UU8fFh>>. Acesso em: 10 maio 2017.

PERERA, C. E. A. A survey on internet of things from industrial market perspective. **IEEE Access**, 2014. v. 2, p. 1660-1679.

REIS, N. V. B. D. Construção de Estufas para produção de hortaliças nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. **Embrapa Hortaliças**, 2005. pg 1-16.

RIYAS, M. **MICROCONTROLLERS AND APPLICATIONS**. Pathanamthitta: MCET PATHANAMTHITTA, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/hwJIFs>>.

ROHM SEMICONDUCTOR. **Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC**. [S.l.]: [s.n.], 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/oN8Mtu>>. Acesso em: 11 maio 2017.

THIMÓTEO, A. et al. Expectativa de retorno e risco da produção de morangos no município de Guarapuava - PR. **Jornal Regional Sul de grupos PET**, Guarapuava - PR, 2005. Disponível em: <<https://goo.gl/iYHuXs>>. Acesso em: 10 maio 2017.

VALÉRIO, A. Técnica de irrigação alia produtividade na lavoura a uso sustentável da água. **ABC Agência Brasil**, Brasília, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/1Lfs9O>>. Acesso em: 10 maio 2017.

WATANABE, A. T. Y. **O UNIVERSO HCS08QG8 - Teoria, Linguagem Assembly, atividades de laboratório e projetos**. Joinville: [s.n.], 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/PihUum>>. Acesso em: 10 maio 2017.

YIFA. **YF-S201 DataSheet**. [S.l.]: [s.n.]. Disponível em: <<https://goo.gl/drKUSd>>. Acesso em: 10 maio 2017.

ZANELLA, A. E. A. Internet of things for smart cities. **IEEE Internet of Things journal**, 2014. v. 1, n. 1, p. 22-32.

APÊNDICE A – Programação

```

//Bibliotecas-----

#include <DHT.h> // sensor de temperatura e umidade amb.
#include <ESP8266WiFi.h> // para utilizar o modulo wifi
#include <NTPClient.h> // para utilizar servidor de time
#include <Wire.h> // para utilização do módulo wifi
#include <BH1750.h> // sensor de luminosidade
#include <NTPClient.h> // Sincronização online do tempo
#include <WiFiUdp.h> // Funções do módulo Wifi
#include <Stepper.h> // Motor de passo

//Definições-----

#define DHTTYPE DHT11 // Definição do tipo do sensor
#define DHTPIN 2 // define a entrada do microcontrolador utilizada pelo
sensor
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
BH1750 lightMeter;
WiFiUDP ntpUDP;
int16_t utc = -3; //UTC -3:00 Brazil
NTPClient timeClient(ntpUDP, "a.st1.ntp.br", utc*3600, 60000); // função
que tem como retorno o horario atual

//Variáveis globais -----

String apiKey = "6EI26MRXAHGM7B5C"; // chave para ter acesso ao
servidor Thinkspeak
const char* server = "api.thingspeak.com"; // Endereço da plataforma
onde serão enviados os dados captados
float umidade_amb;
float temperatura_amb;
float umidade_solo;

```

```

float umidade_minima = 200;
float luminosidade;
float ValorADC;
float motordepasso;
int Horario_Abertura = 7; // horário em que a estufa será aberta 07:00
int Horario_Fechamento = 23; // horário em que a estufa será fechada
19:00
bool Chuva=0; // 0 sem chuva, 1 com chuva
bool Teto=0; // 1 teto aberto, 0 teto fechado

const int stepsPerRevolution = 500; // quantidade de passos do motor
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 14, 12, 13, 15); // define pinos
utilizados para acionar motores de passo

//funções -----
void ConectToWiFi(void); // conecta sistema com um roteador wifi
void SendToThingSpeak(void); // envia pacote de dados para plataforma
de lot
void SensorDHT11(void); // Realiza leitura do sensor de umidade e
temperatura ambiente
void SensorFc28(void); // Realiza leitura de umidade do solo
void SensorBH1750(void); // executa a leitura de luminosidade ambiente
void AbreTeto(void); // Função para abrir teto utilizando os motores de
passo
void FechaTeto(void); // Função para fechar teto utilizando os motores de
passo
void Irrigacao(void); // aciona bomba de irrigação
void SensorM11RD(void); // realiza leitura da precipitação
void VerificacaoTeto(void); // verifica o estado do teto (aberto ou fechado)
WiFiClient client;

void setup()

```

```

{
  Serial.begin(115200); // Inicia serial com baud rate de 115200
  myStepper.setSpeed(40); // velocidade do motor de passo
  delay(10); // tempo de espera de 10s
  dht.begin(); // inicia sensor de humidade e temperatura ambiente
  lightMeter.begin(); // inicia sensor de luminosidade
  ConectToWiFi(); // função para conctar em uma rede wifi
  timeClient.begin(); // Inicia serviço de tempo
  timeClient.update(); // atualiza horário
  pinMode(10,OUTPUT); //rele para acionar valvula de irrigação
  pinMode(16, INPUT); //para ler o sensor de chuva
}

void loop() // PROGRAMA PRINCIPAL
{
  checkOST(); // horário atual
  SensorDHT11(); //sesor temperatura e umidade ambiente
  SensorBH1750(); //sensor de luminosidade
  SensorFc28(); //sensor de umidade do solo
  SensorM11RD(); // sensor de chuva
  VerificacaoTeto(); // verifica qual é a posição do teto

  if ((Chuva == 0) && (Teto == 0) && (timeClient.getHours() >=
Horario_Abertura) && (timeClient.getHours() <= Horario_Fechamento)) // se
não estiver chovendo E se o teto estiver fechado E se estiver na hora de abrir
  {
    AbreTeto();
  }

  if ((Chuva == 1) && (Teto == 1)) // se estiver chovendo E o teto estiver
aberto

```

```
{
  FechaTeto();
}
```

```
if (umidade_solo < umidade_minima)
{
  Irrigacao(); //aciona sistema de irrigação e medidor de fluxo de água
}
```

```
SendToThingSpeak(); // envia dados dos sensores para a plataforma
```

IOT

```
} //final void loop
```

```
//Função: faz a conexão WiFi
```

```
const char* ssid = "GVT-D8A1"; //Nome da rede WiFi
```

```
const char* password = "S1EB560251"; //senha da rede WiFi
```

```
void ConectToWiFi(void)
```

```
{
```

```
  Serial.println("\nTCC Smart Greenhouse\n UTFPR\n Felipe A.
Fonseca\n Luiz schmitz");
```

```
  delay(5000);
```

```
  WiFi.begin(ssid, password);
```

```
  Serial.println("");
```

```
  Serial.println("Conectando-se a rede WiFi...");
```

```
  WiFi.begin(ssid, password);
```

```
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
```

```

{
  delay(1000);
  Serial.print(".");
}

  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi conectado com sucesso!");
  Serial.println("IP obtido: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  Serial.println("\nIniciando...");
  delay(2000);

}

```

//Função: Envia dados coletados pelos sensors para a plataforma de IoT
ThingSpeak

```

void SendToThingSpeak(void)
{
  if (client.connect(server, 80))
  {

    String postStr = apiKey;
    postStr += "&field1=";
    postStr += String(umidade_amb);
    postStr += "&field2=";
    postStr += String(temperatura_amb);
    postStr += "&field3=";
    postStr += String(umidade_solo);
    postStr += "&field4=";
    postStr += String(luminosidade);
    postStr += "&field5=";
    postStr += String(Chuva);
    postStr += "&field6=";
    postStr += String(Teto);

```

```
postStr += "\r\n\r\n\r\n\r\n\r\n\r\n\r\n\r\n\r\n";

client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
client.print("Connection: close\n");
client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+apiKey+"\n");
client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
client.print("Content-Length: ");
client.print(postStr.length());
client.print("\n\n");
client.print(postStr);
Serial.println("Enviando...");
client.stop();

delay(6000);

}

}

//Função: Relógio

uint32_t currentMillis = 0;
uint32_t previousMillis = 0;

void forceUpdate(void) {
  timeClient.forceUpdate();
}

void checkOST(void) {
  currentMillis = millis(); //Tempo atual em ms

  if (currentMillis - previousMillis > 1000) //Lógica de verificação do tempo
  {
```

```

previousMillis = currentMillis; // Salva o tempo atual
//printf("Hora: %d: ", timeClient.getEpochTime()); //exibe o horário em
mS
Serial.print("\n");
Serial.println(timeClient.getFormattedTime()); //exibe o horário em
formato gregoriano
}
}

```

//Função: Inicia sensor de temperature e umidade ambiente

```
void SensorDHT11(void)
```

```

{
  umidade_amb = dht.readHumidity();
  temperatura_amb = dht.readTemperature();
  delay(5000);

  if (isnan(umidade_amb) || isnan(temperatura_amb))
  {
    //Serial.println("Falha na Leitura do sensor DHT11");
    // return;
  }

  Serial.print("Temperatura Amb.: ");
  Serial.print(temperatura_amb);
  Serial.print("\nUmidade Amb.: ");
  Serial.print(umidade_amb);

}

```

//Função: Verifica condição atual do teto

```
void VerificacaoTeto(void)
```

```
{  
  
  if (Teto == 1)  
  {  
    Serial.print("\nTeto: Aberto\n");  
  }  
  else  
  {  
    Serial.print("\nTeto: Fechado\n");  
  }  
}  
  
  //Função: faz a leitura do nível de umidade  
  //Retorno: umidade percentual (0-100)  
  
void SensorFc28(void)  
{  
  float UmidadePercentual;  
  
  ValorADC = analogRead(0); //418 -> 1.0V  
  umidade_solo = ValorADC;  
  Serial.print("\nUmidade Solo: ");  
  Serial.print(umidade_solo);  
  
  return;  
}  
  
//Função: Aciona sistema de irrigação  
  
void Irrigacao(void)  
{
```



```

digitalWrite(10,LOW); //liga válvula responsavel pela irrigação
Serial.print("\nSistema de Irrigação: LIGADO\n");
delay(10000); //espera 10s
digitalWrite(10,HIGH); //desliga válvula responsavel pela irrigação
Serial.print("Sistema de Irrigação: DESLIGADO\n");

}

```

//Função: realiza leituras da precipitação

```

void SensorM11RD(void)
{

  if (digitalRead(0) == LOW)
  {
    Chuva=1;
    Serial.print("\nPrecipitação: SIM");
  }
  else
  {
    Chuva=0;
    Serial.print("\nPrecipitação: NÃO ");
  }
}

```

// Funções responsáveis por acionar o motor de passo para abrir ou fechar o teto

```

int x; // variável do contador
int n_voltas = 10; // numero de rotações necessárias para o motor de
passo abrir/fechar a estufa

```

```
void AbreTeto(void)
{

    Serial.print("\nAbrindo Teto...\n");

    for(x=0;x<n_voltas;x++)
    {
        myStepper.step(stepsPerRevolution);
        delay(5);

    }
    Serial.print("Teto aberto\n");
    Teto = 1;

}
```

```
void FechaTeto(void)
{

    Serial.print("\nFechando Teto...\n");

    for(x=0;x<n_voltas;x++)
    {
        myStepper.step(-stepsPerRevolution);
        delay(5);

    }

    Serial.print("Teto fechado\n");
    Teto = 0;
```

}