



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - UniCEUB
FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – FATECS
CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

LORENA BEATRIZ SANTOS

**SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CONTROLE DE UMIDADE E
TEMPERATURA EM CULTURA DE MORANGOS APLICADOS
AOS PEQUENOS PRODUTORES**

Brasília
2014

LORENA BEATRIZ SANTOS

**SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CONTROLE DE UMIDADE E
TEMPERATURA EM CULTURA DE MORANGOS APLICADOS
AOS PEQUENOS PRODUTORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca examinadora do curso de Engenharia da Computação da FATECS – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – Centro Universitário de Brasília como requisito para obtenção do título de Engenheiro da Computação.

Orientador: Prof.^a MSc. Luciano Henrique Duque

Brasília
2014

S237s Santos, Lorena Beatriz

Sistema automatizado para controle de umidade e temperatura em cultura de morangos aplicados aos pequenos agricultores / Lorena Beatriz Santos. – Brasília : UniCEUB, 2014.

110 p. : il.

Orientador: Prof.^a. MSc. Luciano Henrique Duque.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia da Computação) - Centro Universitário de Brasília, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS.

1. Automação - Agricultura. 2. Sistema de irrigação informatizado. 3. Plantação - Controle de Umidade e temperatura. I. Título.

CDD:629.8

LORENA BEATRIZ SANTOS

**SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CONTROLE DE UMIDADE E
TEMPERATURA EM CULTURA DE MORANGOS APLICADOS
AOS PEQUENOS PRODUTORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca examinadora do curso de Engenharia da Computação da FATECS – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – Centro Universitário de Brasília como requisito para obtenção do título de Engenheiro da Computação.

Orientador: Prof.^a Msc. Luciano Henrique Duque

BANCA EXAMINADORA

Msc. Prof^o Abiézer Amarília Fernandes
Coordenador do Curso

Msc. Prof^o Luciano Henrique Duque
Orientador

Msc. Prof^o Henrique
UniCeub

Msc. Prof^o Luís Cláudio Lopes de Araújo
UniCeub

Brasília
2014

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me proporcionar tudo de maneira tão especial.

Agradeço aos meus pais, Osmar e Viviany, por sempre me apoiarem e acreditarem em mim. Sem vocês eu não seria nada, obrigado por todos os esforços que fizeram para que eu pudesse hoje concluir mais esta etapa na minha vida.

Agradeço também aos meus familiares por sempre me ajudarem em todas as etapas da minha vida, me apoiando nos momentos difíceis e comemorando cada sucesso conquistado.

Meu namorado Pablo, por todo apoio, pelas dicas, pela paciência, pelo incentivo, muito obrigada.

A todos meus colegas e professores, que fizeram parte da minha vida durante esta jornada.

A equipe da Embrapa hortaliças de Brasília, em especial ao Dr. Juscimar e Dr. Ítalo pela ajuda e incentivo na realização deste projeto.

E, por último e não menos importante, meu orientador Msc. Luciano Duque agradeço imensamente sua dedicação e apoio em todo esse processo de implementação e escrita do projeto.

Muito obrigado!

Lorena Beatriz Santos

“Seu trabalho vai ocupar grande parte de sua vida, a única forma de estar realmente satisfeito com ele é fazer o que acredites ser um grande trabalho. E a única forma de fazer um trabalho genial é amar o que você faz. Se você ainda não o encontrou, continue procurando, nunca se detenha. Igualmente como todos os assuntos do coração, você saberá quando o encontrares. E, como qualquer grande relação, somente ficará melhor e melhor com o passar dos anos. Então, continue a busca até que o encontres, nunca te detenhas.”

Steve Jobs

RESUMO

A agricultura familiar é uma das principais fontes de produção de alimentos do país, gera mais trabalho e se preocupa com a sustentabilidade ambiental. Porém enfrentam grandes dificuldades por terem insuficiência de investimentos em infraestrutura. Pensando nisso, este projeto propõe desenvolver um sistema de irrigação automatizado, na cultura de morangos, a custos acessíveis, aplicado aos pequenos agricultores. O principal objetivo dessa automação é o auxílio aos pequenos agricultores na diminuição da mão de obra e redução no consumo de água, contribuindo assim com o meio ambiente. Nesse cenário, essa irrigação utilizará sensores capazes de identificar a temperatura e umidade ideais para o cultivo de morango, e acionar a bomba de irrigação utilizando a rádio frequência como meio de comunicação. No desenvolvimento do projeto, é utilizado o microcontrolador Arduino para controlar os sensores de temperatura, umidade do solo e sensor de luminosidade.

Palavras chaves: Arduino, Microcontrolador, bomba de irrigação.

ABSTRACT

Family farming is one of the major sources of food production in the country which brings about more jobs and care to environmental sustainability. However, it is faced with lots of difficulties because don't have sufficient investment in infrastructure. With this in mind, this project proposes to develop an automated irrigation system in the strawberries' culture with low-cost applied to small farmers. In this way, the main goal of automation is help small farmers reducing his labor and water consumption, thus contributing to the environment. Considering this scenario, this irrigation's project will use sensors capable of identifying the ideal temperature and humidity at strawberries' culture, and trigger the irrigation pump using radio frequency as mean of communication. At last, during the developing of the project, the Arduino microcontroller was used to control the temperature, soil moisture and light sensors.

Keywords: Arduino, microcontroller, irrigation pump.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Detalhamento do fruto do morango	21
Figura 2 - Principais fases do desenvolvimento de estolões e plantas jovens do Morangueiro.	22
Figura 3 - Principais fases do desenvolvimento das folhas e botões florais do morangueiro	23
Figura 4 - Principais fases do desenvolvimento da floração do morangueiro	24
Figura 5 - Principais fases do desenvolvimento das frutas e da dormência do Morangueiro	25
Figura 6 - Estados de maturação da fruta do morangueiro	26
Figura 7 - Fisiologia do morangueiro.....	27
Figura 8 - Túnel baixo	28
Figura 9 - Esquema de um projeto de irrigação por aspersão.....	30
Figura 10 - Irrigação por aspersão	31
Figura 11 - Irrigação localizada ou por gotejamento.....	32
Figura 12 - Arquitetura do Hardware arduino.....	34
Figura 13 - Entradas do arduino NANO	35
Figura 14 - Estrutura do Arduino NANO	35
Figura 15 - Ambiente de desenvolvimento do arduino	37
Figura 16 - Sensor DHT11	38
Figura 17 - Sensor de umidade do solo	39
Figura 18 - Display de cristal líquido	40
Figura 19 - Módulo relé	41
Figura 20 - Módulo link de rádio frequência.....	42
Figura 21 - Sensor de luminosidade	43
Figura 22 - Servomotor	44
Figura 23 - Bomba.....	45
Figura 24 - Controle em malha aberta	46
Figura 25 - Controle em malha fechada.....	47
Figura 26 - Cultivo de hortaliças.....	49
Figura 27 - Irrigação por gotejamento.....	49
Figura 28 - Processo de fertilização.....	50
Figura 29 - Processo de cobertura do morangueiro	51
Figura 30 - Esquema das entradas do protótipo.....	52
Figura 31 - Fluxograma do sistema de irrigação.....	53
Figura 32 - Sensor DHT11 + Arduino.....	54
Figura 33 - Sensor de umidade do solo + Arduino	55
Figura 34 - LCD + Arduino	56
Figura 35 - Fluxograma da estufa	65

Figura 36 - Ligação LDR + Arduino.....	66
Figura 37 - Ligação Servo Motor + Arduino	67
Figura 38 - Placa da plantação	69
Figura 39 - Placa casa de máquinas.....	70
Figura 40 - Placa casa de bombas.....	70
Figura 41 - Placa da estufa	71
Figura 42 - Protótipo do projeto.....	72
Figura 43 - Protótipo plantação	74
Figura 44 - Protótipo bomba.....	75
Figura 45 - Protótipo casa de máquinas	76
Figura 46 - Protótipo da estufa.....	77
Figura 47 - Multímetro Minipa ET-2042	78
Figura 48 - Tensão solo seco.....	79
Figura 49 - Tensão solo úmido.....	79
Figura 50 - Gráfico Temperatura X Tempo	80
Figura 51 - Analisador de espectro	81
Figura 52 - Módulo sem barreira	82
Figura 53 - Módulo com distância	82
Figura 54 - Módulo com barreira	83
Figura 55 - Luxímetro	84
Figura 56 - Lâmpada de Led 3 watts	85
Figura 57 - Tensão lâmpada de Led	86
Figura 58 - Lâmpada de 60 watts.....	86
Figura 59 - Tensão lâmpada de 60 watts.....	87
Figura 60 - Lâmpada de 100 watts.....	87
Figura 61 - Tensão lâmpada de 100 watts.....	88
Figura 62 - Lâmpada de 20 watts.....	88
Figura 63 - Tensão lâmpada de 20 watts.....	89
Figura 64 - Tempo ensolarado	89
Figura 65 - Tensão no Tempo ensolarado.....	90
Figura 66 - Tempo nublado	90
Figura 67 - Tensão no Tempo nublado.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Itens do projeto e suas funções	73
Tabela 2 - Medições rádio frequência em DBM.....	83
Tabela 3 - Medições rádio frequência em potência	84
Tabela 4 - Medições do sensor de luminosidade.....	91
Tabela 5 - Principais características elétricas circuito instalado em campo.....	92
Tabela 6 - Principais características elétricas circuito estufa	92

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	14
1.1 Contextualização do projeto	14
1.2 Motivação.....	15
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo geral	16
1.3.2 Objetivos específicos	16
1.4 Metodologia	17
1.5 Resultados esperados	18
1.6 Estrutura do trabalho	19
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 A Agricultura	20
2.2 Características do morangueiro	21
2.2.1 O Plantio	27
2.2.2 O Cultivo protegido	28
2.3 Sistemas de irrigação	29
2.3.1 Irrigação por aspersão.....	30
2.3.2 Irrigação localizada.....	31
2.4 Vazão volumétrica.....	32
2.5 Descrição dos materiais utilizados.....	33
2.5.1 Arduino	33
2.5.1.1 Arduino NANO.....	35
2.5.1.2 IDE do Arduino.....	37
2.6 Sensor de temperatura – DHT11	38
2.7 Sensor de umidade do solo.....	39
2.8 Display LCD.....	40
2.9 Módulo de relé.....	41
2.10 Módulo Link de Rádio Frequência.....	42
2.11 Sensor de luminosidade – LDR	43
2.12 Servomotor	44
2.13 Bomba de aspersão.....	45
2.14 Controle.....	46
2.14.1 Malha aberta	46
2.14.2 Malha fechada.....	47
2.14.3 Variável manipulada.....	47
2.14.4 Variável controlada.....	48
2.14.5 Calculo de potência	48
2.15 Visita técnica Embrapa.....	48
CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....	52
3.1 Descrição do sistema de irrigação proposto	52
3.2 Sistema de irrigação	53
3.2.1 Montagem do sistema de irrigação.....	54
3.2.2 Desenvolvimento do Software	57
3.2.2.1 Código plantação	57
3.2.2.2 Código casa de máquinas	60
3.2.2.3 Código bomba.....	63
3.3 Montagem do sistema do cultivo protegido	65
3.3.1 Montagem da estufa.....	66
3.3.2 Desenvolvimento do Software	68
3.3.2.1 Código estufa.....	68
3.4 Placas circuito elétrico	69
3.5 Protótipo final.....	72

CAPÍTULO 4 – TESTES E RESULTADOS	73
4.1 Montagem do ambiente de teste.....	73
4.1.1 Primeira parte do protótipo.....	74
4.1.2 Segunda parte do protótipo.....	77
4.2 Testes dos componentes	78
4.2.1 Cenário 1.....	78
4.2.2 Cenário 2.....	80
4.2.3 Cenário 3.....	81
4.2.4 Cenário 4.....	84
4.3 Característica técnica do produto.....	92
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES	93
5.1 Trabalhos futuros.....	94
REFERÊNCIAS.....	96
APÊNDICE A – CÓDIGO INSTALADO EM CAMPO.....	101
APÊNDICE B – CÓDIGO DA CASA DE MÁQUINAS.....	104
APÊNDICE C – CÓDIGO DA BOMBA DE IRRIGAÇÃO	108
APÊNDICE D – CÓDIGO DA ESTUFA	110

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do projeto

“A agricultura é uma atividade de alto risco, uma vez que não se tem controle sobre os elementos climáticos.” (ROMANINI, 2010, p.1194). E com as mudanças e instabilidades climáticas que vem se observando com o passar dos anos vem crescendo juntamente com elas a necessidade de aplicação de tecnologia na produção de alimentos.

Segundo Glock (2009), “a maior parte dos alimentos é produzida, colhida e distribuída por mais de 2,5 bilhões de pequenos produtores, pastores e pescadores artesanais.”

E em estudos realizados por Freitas (20--), “as propriedades rurais brasileiras de pequeno e médio porte são desprovidas de aplicação de técnicas, tecnologias e conhecimento, diante disso, sua produção agropecuária e agrícola é de baixa produtividade.”

Nesse contexto, o sistema de automatização proposto deve operar um sistema de irrigação automatizado no controle de temperatura e umidade na cultura de morangos, desenvolvido para pequenos produtores rurais, a custos acessíveis.

No cenário da década de 80, as lavouras de morangueiro em quase sua totalidade eram irrigadas por aspersão. Na irrigação por aspersão, jatos de água são lançados no ar, que caem em forma de gotas de chuva. Os únicos benefícios alcançados por esse método são a diminuição do ataque de ácaros e o controle de geadas, podendo evitar danos às flores e frutos pequenos e, em consequência, diminuir quedas na produtividade. (SANTOS; MEDEIROS; WREGE, 2005).

Contudo, segundo Santos, Medeiros e Wrege, (2005), “nos últimos anos, o processo de irrigação localizada, ou irrigação por gotejamento, está sendo amplamente adotado.”

“O cultivo de morangos exige uma faixa ideal de umidade e a irrigação é uma prática indispensável para que a lavoura atinja altos níveis de produtividade e qualidade do fruto.” (SANTOS; MEDEIROS; WREGE, 2005).

O sistema proposto permite manter os nutrientes solubilizados, permitindo que o morangueiro atinja altos rendimentos, com o mínimo consumo de água, com um controle remoto via rádio frequência e microcontrolador Arduino.

O projeto realiza a medição de temperatura e umidade do solo. Após a medição o sistema irá realizar a comparação entre a temperatura e umidade aferidas com a temperatura e umidades ideais para o cultivo do morango. Além de apresentar ao usuário a temperatura que se encontra sua plantação, se necessário irá ativar a bomba de irrigação. Visando assim uma economia de mão-de-obra e água.

O sistema central de controle de irrigação apresentado é baseado em um microcontrolador Arduino que é capaz de processar dados de 8, 16 ou até mesmo 32 bits. O sistema proposto conta com sensores de temperatura, que são distribuídos ao longo do cultivo de morangos (canteiros) e é usado o LM 35 e o Módulo Sensor de Umidade do Solo. Este circuito integrado tem a função de medir a temperatura e umidade da área a ser atendida e as informações coletadas são processadas pelo Arduino. O Arduino envia por meio de rádio frequência (RF) as informações para a casa de bombas, que é localizada fora da área de plantio, especificamente junto ao quadro elétrico das bombas de irrigação.

Nesse cenário, as bombas de água e sucção de adubo são controladas pelo Arduino remotamente e comandos são enviados da área de plantio para o sistema centralizado. Assim, é possível controlar a dosagem de adubo e o horário de ativar e desativar o sistema de gotejo, reduzindo custos e realizando todas as tarefas automaticamente em tempo pré-definido, conforme as especificações necessárias ao plantio de morango.

1.2 Motivação

Segundo dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (20--),

A cada ano, mais 80 milhões de pessoas clamam por seu direito aos recursos hídricos da Terra. Infelizmente, quase todos os 3 bilhões (ou mais) de habitantes que devem ser adicionados à população mundial no próximo meio século nascerão em países que já sofrem de escassez de água.

Já nos dias de hoje, muitas pessoas nesses países carecem do líquido para beber, satisfazer suas necessidades higiênicas e produzir alimentos.

O alto consumo da água na área rural se deve à prática de irrigação. A irrigação é uma prática cultural indispensável para que a lavoura atinja altos níveis de produtividade e qualidade do fruto, ou seja, um manejo racional de irrigação é responsável direto pelo pleno desenvolvimento da lavoura, proporcionando uma grande produtividade, com o menor custo de produção possível. (SANTOS; MEDEIROS; WREGGE, 2005 apud PAULA; SILVA, 2009).

Com base nestes dados, este projeto busca criar um sistema automatizado de irrigação e controle de temperatura e umidade no cultivo de morango, pensando nos pequenos agricultores e na economia de água.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver um sistema de irrigação automatizado utilizando-se de um sistema micro controlado, a custos acessíveis e aplicados a pequenos produtores rurais. Evitando os gastos excessivos de água, luz, entre outros aspectos.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos identificam aspectos relevantes para o desenvolvimento do projeto, pautam-se em:

- Desenvolver um Hardware eletrônico capaz de realizar os comandos de controle da irrigação, utilizando microcontrolador Arduino;
- Elaborar um Software baseado em linguagem C para utilização do controle do Arduino;

- Projetar um circuito capaz de realizar medições de umidade do terreno para proporcionar os controles do microcontrolador;
- Desenvolver um sistema de comunicação via rádio frequência para envio das informações de controle coletados no campo de plantio;
- Controlar a quantidade de água a ser irrigada na plantação de morangos em tempo programado conforme especificações estabelecidas ao plantio;
- Produzir frutos de melhor qualidade com a automatização, pois o excesso ou escassez de água causam danos à plantação;
- Testes e ajustes dos sistemas de controle, medição e envio das informações;
- Reconhecer que a automação deixa o produtor rural com mais tranquilidade e confiança no trabalho que está sendo realizado;

1.4 Metodologia

Desenvolver um sistema de irrigação automatizado, detectar a umidade e temperatura presentes no solo são fatores importantes para o desenvolvimento desse projeto. Dessa forma a metodologia para desenvolvimento do trabalho proposto é dividida nas seguintes etapas:

- Etapa 1: Será realizada uma extensa pesquisa bibliográfica sobre os sensores de umidade e temperatura, linguagem de programação C, conhecimentos sobre o cultivo de morango e microcontrolador Arduino.
- Etapa 2: Com um teor mais prático, realizar estudos de configuração e programação do microcontrolador Arduino.

- Etapa 3: É formada pela construção de um circuito eletrônico microcontrolado pelo Arduino.
- Etapa 4: Desenvolvimento do Software baseado em linguagem C para utilização do controle do Arduino.
- Etapa 5: Construção de um circuito capaz de realizar medições de umidade e temperatura do terreno para proporcionar os controles do microcontrolador. Para isso é utilizado o DHT11 e o Sensor de umidade do solo.
- Etapa 6: Serão realizados testes no sistema de irrigação e testes na medição de temperatura e umidade.
- Etapa 7: Elaboração do modulo RF, para envio de informações coletadas no campo de plantio.

1.5 Resultados esperados

Espera-se com a elaboração desse projeto que os pequenos produtores possam ter um sistema de irrigação automatizado a custos acessíveis.

Segundo Santos, Medeiros e Wrege, (2005), “o morangueiro é extremamente sensível ao déficit hídrico do solo. A irrigação é, portanto, uma prática cultural indispensável para que a lavoura atinja altos níveis de produtividade e qualidade do fruto.” Sendo assim a medição da temperatura e umidade é de extrema importância para que possamos ter como resultado final um sistema de irrigação preciso.

No protótipo a comunicação entre a casa de bombas e a plantação é feita através de Rádio Frequência, com isso, espera-se uma comunicação rápida e eficaz.

Espera-se também que seja evitado o desperdício de água, energia entre outros aspectos.

1.6 Estrutura do trabalho

A estrutura do trabalho se divide nos seguintes capítulos:

Capítulo 1 – Destinado à introdução do trabalho, seus objetivos e à forma como a monografia será organizada.

Capítulo 2 – Apresenta a parte destinada ao referencial teórico do trabalho, discriminando as características relativas ao Arduino, técnicas de funcionamento dos sensores de temperatura (DHT11) e umidade.

Capítulo 3 – Destinado ao desenvolvimento do protótipo, no qual será apresentada a descrição detalhada da execução do projeto e o Software desenvolvido.

Capítulo 4 – Destinado a parte dos testes e os resultados obtidos.

Capítulo 5 – Apresenta as conclusões obtidas no projeto e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão apresentadas todas as bases teóricas para a resolução do problema apresentado no capítulo anterior. Demonstrando as definições dos principais aspectos relacionados ao estudo em questão. Fornecendo assim escopo suficiente para que o estudo em questão possa ser desenvolvido.

2.1 A Agricultura

“A palavra agricultura vem do latim que significa agricultūra, composta por *ager* (campo, território) e *cultūra* (cultivo), no sentido estrito de cultivo do solo.” (AGRICULTURA, 2014).

“É uma atividade que tem por objetivo a cultura do solo para produzir vegetais úteis ao homem e/ou para a criação de animais.” (HOUAISS; VILLAR, 2009, p.72).

“A agricultura no Brasil é, historicamente, umas das principais bases da economia do país, desde os primórdios da colonização até o século XXI, evoluindo das extensas monoculturas para a diversificação da produção.” (AGRICULTURA..., 2014).

A agricultura familiar vem se destacando como uma grande geradora de empregos no campo, desempenhando um papel crucial na economia. Ela é a responsável pela maior parte da produção que abastece o mercado brasileiro, proporcionando o desenvolvimento local da região com sustentabilidade econômica social e cultural.

Os pequenos produtores vêm buscando aprimorar sua produção para que possam garantir uma produção de alimentos com qualidade e quantidade para suprir a demanda da população, já que boa parte dos alimentos é oriunda de pequenos agricultores.

Para o sucesso da atividade agrícola, seja ela de pequeno ou grande porte, é importante controlar a umidade do solo a fim de garantir o aproveitamento eficiente da água para as culturas, especialmente em períodos de estresse hídrico, que no Brasil usualmente ocorre no inverno. (SILVA et al., 2013).

Atualmente a produção do morango cresce a cada ano e com isso surge a necessidade de desenvolver novas tecnologias de produção para atender a demanda cada vez mais exigente do mercado brasileiro.

De acordo com Suzuki (20--),

No Brasil, a automação de sistemas de irrigação vem sendo implantada com maior intensidade nos últimos anos, principalmente em função do surgimento de técnicas apropriadas que vem acompanhando a modernização crescente da agricultura e abertura do mercado brasileiro às importações, principalmente com relação à irrigação localizada.

Neste trabalho será abordado o cultivo do morangueiro com foco nos pequenos agricultores e descrito como um sistema de irrigação pode aumentar a produtividade e reduzir o consumo de água.

2.2 Características do morangueiro

“O morangueiro pertence à família Rosaceae, subfamília Rosoidea, tribo Potentilla e gênero *Fragaria*. O morangueiro é uma planta herbácea estolonífera, perene, com caule semi-subterrâneo, conhecido como coroa (caule modificado).” (SANHUEZA, 2005).

Segundo Hoffmann (2006) “O morangueiro é cultivado, no Brasil, em várias formas: no solo, com ou sem cobertura plástica, em túneis baixos ou em estufas, ou no sistema hidropônico, com ou sem substrato.”

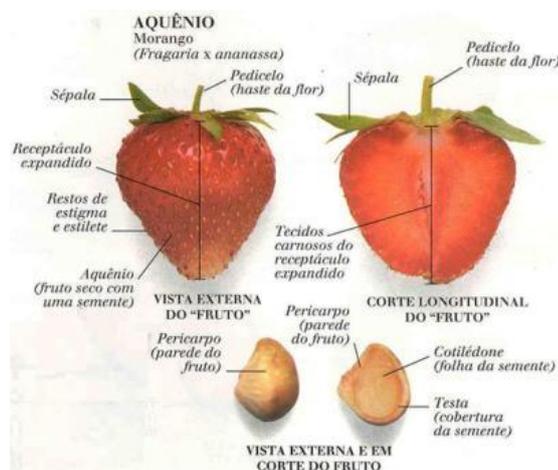


Figura 1 - Detalhamento do fruto do morango
Fonte: (HOFFMANN, Alexandre 2003 apud SANHUEZA et al., 2005)

“As principais fases do ciclo de desenvolvimento da planta do morangueiro e a fase reprodutiva abrange a indução floral, iniciação e surgimento das flores assim como a formação, crescimento e maturação das frutas.” (DARROW, 1966 apud FRANQUEZ, 2008).

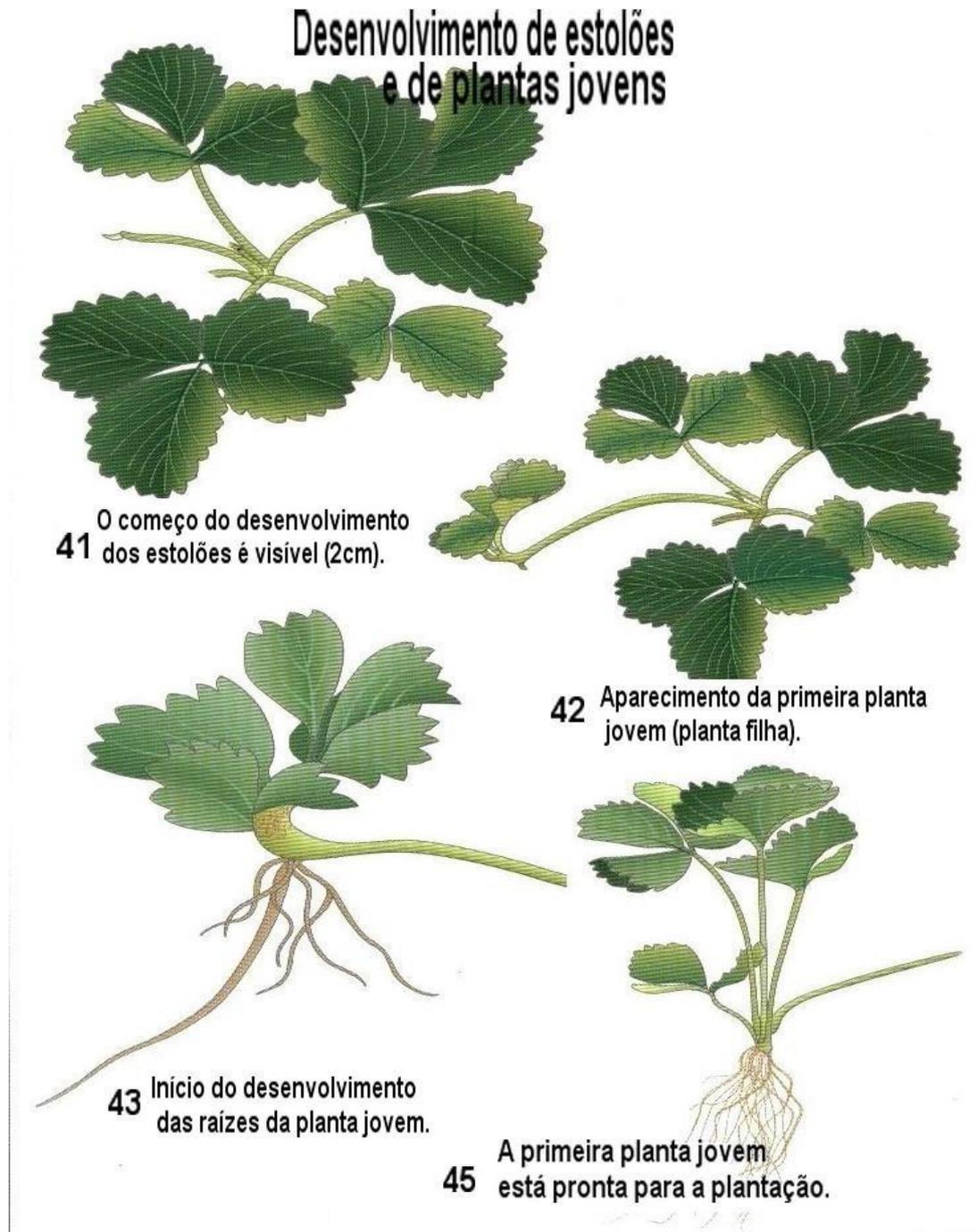


Figura 2 - Principais fases do desenvolvimento de estolões e plantas jovens do Morangueiro.
Fonte: FRANQUEZ (2008)

Segundo Sanhueza (2005),

As folhas se originam da coroa de forma helicoidal com forma e cor variando conforme a cultivar. Em geral, são trifoliadas com um par de estípulas triangulares na base, às vezes, apresentam um par de pequenos folíolos abaixo dos normais. Os folíolos são dentados, de cor verde escuro na face superior e acinzentada e pilosa na face inferior. As folhas têm 300 a 400 estômatos/mm², um número bem maior que os de outras culturas, como por exemplo, da macieira, que possui 246 estômatos/mm². Esta característica faz com que a cultura seja muito sensível à falta de água, baixa umidade relativa, alta temperatura e intensidade e duração da luz.

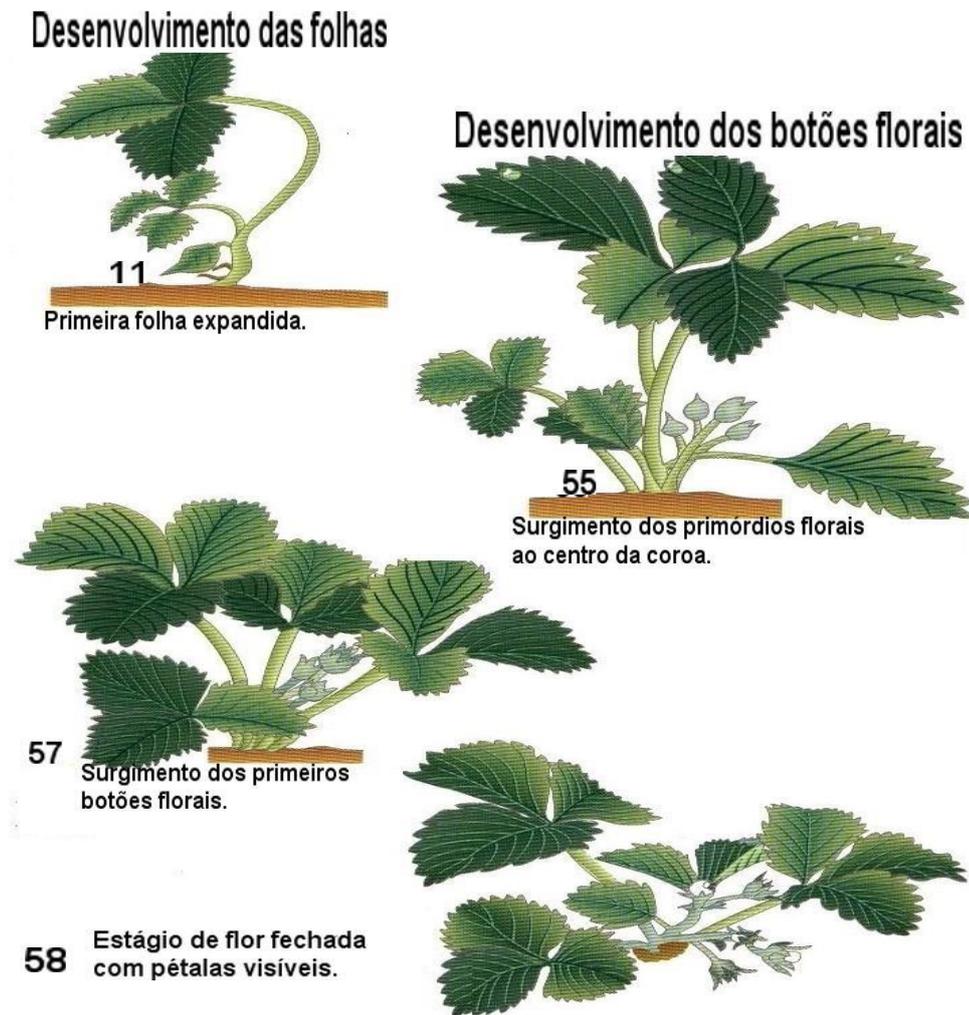


Figura 3 - Principais fases do desenvolvimento das folhas e botões florais do morangueiro
Fonte: FRANQUEZ (2008)

Segundo Hoffmann (2006),

As flores são hermafroditas e hemicíclicas. O cálice é formado por brácteas unidas na base. As pétalas são livres, lobuladas, brancas ou avermelhadas, dispostas ao redor do receptáculo proeminente o qual, após a fecundação dos pistilos, se transforma no "morango".

Floração

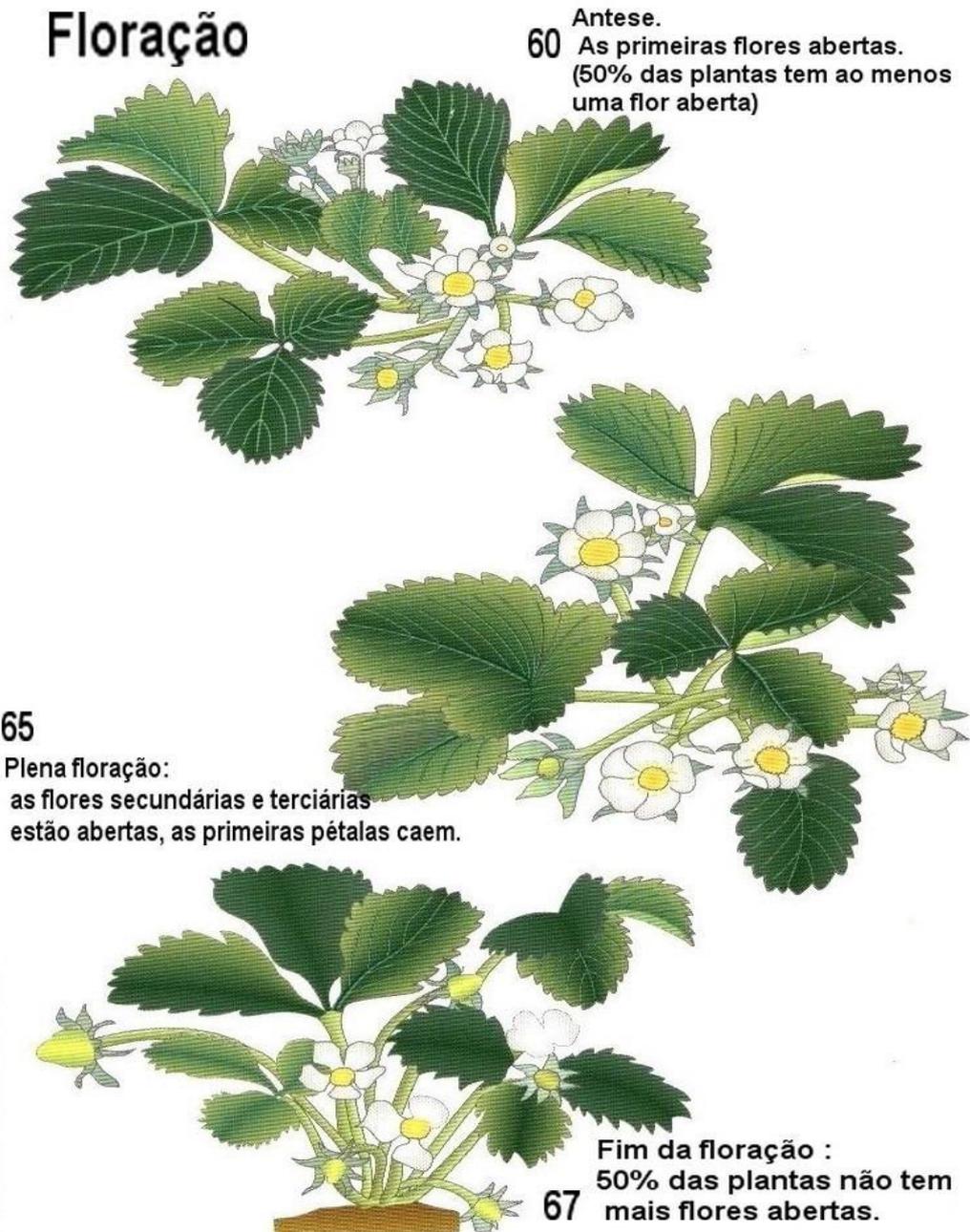


Figura 4 - Principais fases do desenvolvimento da floração do morangueiro
Fonte: FRANQUEZ (2008)

Os frutos do tipo aquênio são minúsculos de coloração vermelho amarronzados, duros e superficiais, que normalmente as pessoas confundem achando que é a semente. Na verdade estes aquênios são os frutos verdadeiros. O que chamamos de fruta do morangueiro é, na verdade, o receptáculo floral que engrossa e se torna carnoso e doce, de formato e sabor variável de acordo com a cultivar utilizada (SILVA et al., 2007 apud TIMM, et al., 2009).

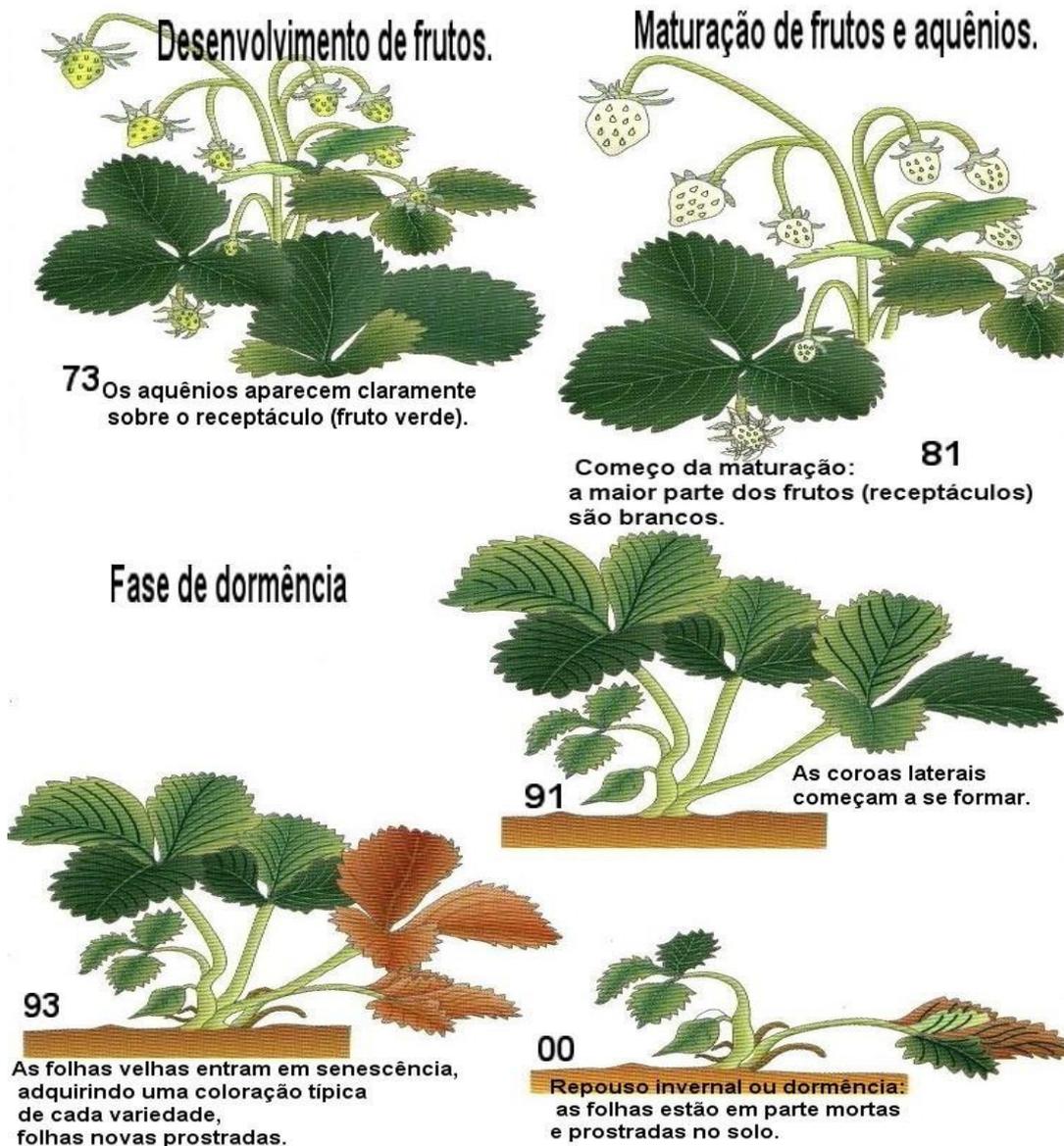


Figura 5 - Principais fases do desenvolvimento das frutas e da dormência do Morangueiro
Fonte: FRANQUEZ (2008)

O morangueiro é cultivado e suas frutas apreciadas nas mais diversas regiões do planeta. A produção mundial é estimada em cerca de 3,1 milhões de toneladas e, a brasileira, em 100 mil toneladas. (CARVALHO, 2006 apud TIMM, et al., 2009).

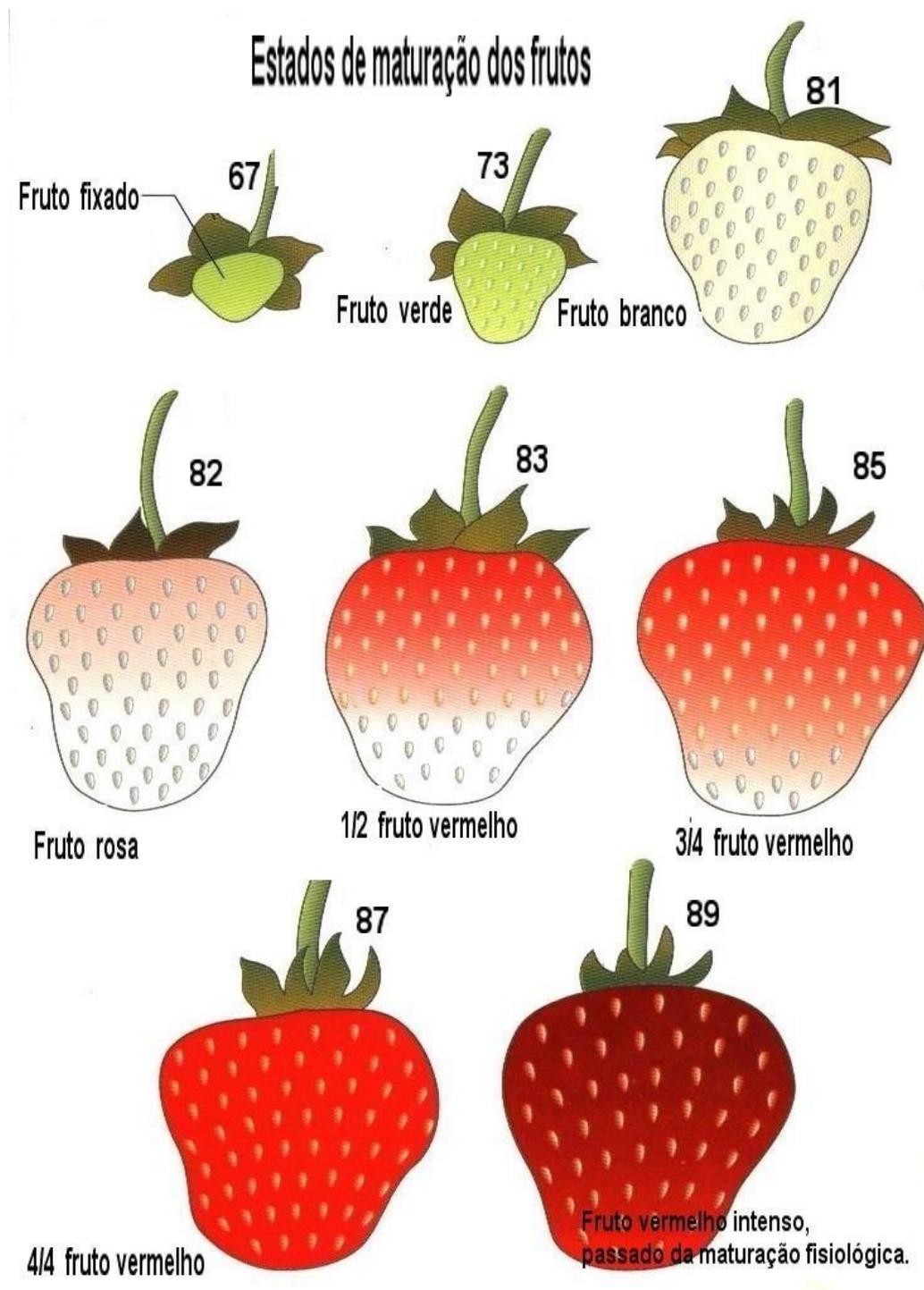


Figura 6 - Estados de maturação da fruta do morangueiro
Fonte: FRANQUEZ (2008)

Na Figura 7, é possível notar as partes que compõem todo morangueiro.

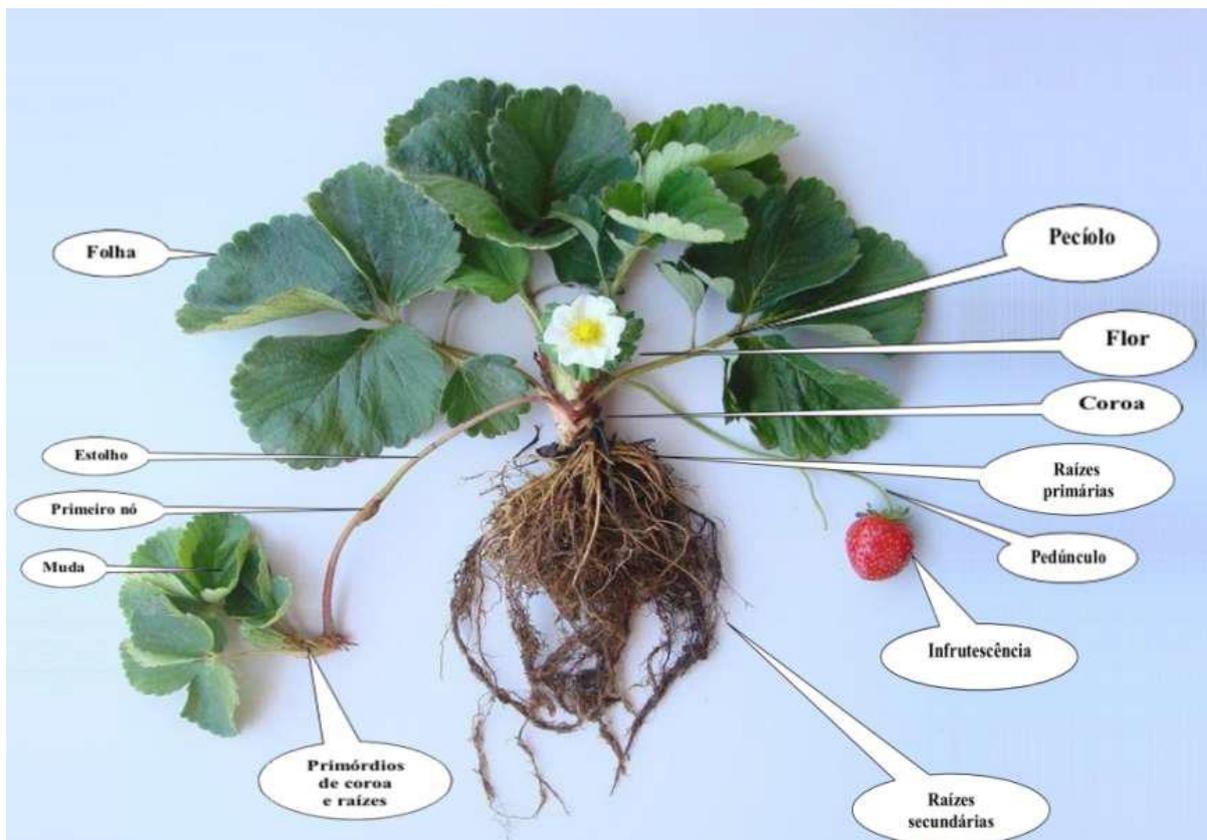


Figura 7 - Fisiologia do morangueiro
Fonte: DIAS (2013)

2.2.1 O Plantio

O plantio do morangueiro é feito através de mudas. No plantio da muda, é necessário distribuir o sistema radicular de forma que o mesmo não fique com as pontas voltadas para cima.

“A época ideal para o plantio do morangueiro é de 15 de abril a 30 de maio. Nos plantios antes de abril, há sérios problemas com mortalidade de plantas, em virtude das temperaturas elevadas e da muda estar fisiologicamente imatura.” (SANTOS; MEDEIROS; WREGGE, 2005).

“O plantio deverá ser feito de preferência, sob condições de temperatura amena. Logo após o plantio, deverá ser realizada irrigação por aspersão, para proporcionar bom pegamento das mudas na lavoura.” (BERNARDI, 2005).

Conforme citado por Mathias (2013)

São necessários canteiros com 25 a 30 centímetros de altura e 0,80 a 1,20 metro de largura. Deixe entre as plantas espaçamento de 35 por 40 centímetros. Metade do caule da muda deve ficar ao nível do solo, para evitar dificuldades na emissão de novas folhas, o que ocorre quando plantada muito profunda ou no surgimento de raízes laterais, devido ao plantio superficial. O solo mais adequado é o arenoso-argiloso, bem drenado e rico em matéria orgânica.

2.2.2 O Cultivo protegido

“Não há variedades de morango totalmente resistentes a pragas e doenças, o controle químico torna-se cada vez mais difícil, pois, com o tempo, os microrganismos podem adquirir resistência aos agroquímicos.” (ANTUNES, 2005).

Segundo Antunes (2005) “O túnel plástico para o cultivo de morango vem sendo cada vez mais utilizado pelos produtores. Oferece melhoria de qualidade e disponibilidade do produto em uma condição mais controlada.”



Figura 8 - Túnel baixo
Fonte: ANTUNES et al. (2005)

A função básica do túnel é proteger as plantas do excesso de chuva ou seca ou mesmo danos provocados por granizo, como também do orvalho e da neblina.

2.3 Sistemas de irrigação

“Irrigação é uma técnica utilizada na agricultura e tem por objetivo o fornecimento controlado de água para as plantas em quantidade suficiente e no momento certo, assegurando a produtividade e a sobrevivência da plantação.” (IRRIGAÇÃO, 2014).

O sistema de irrigação mais adequado deve ter como base a análise de vários fatores, tais como: tipo de solo, topografia, clima, custo do sistema, uso de mão-de-obra e energia, incidência de pragas e doenças, rendimento da cultura, quantidade e qualidade de água disponível. (MAROUELLI; SILVA, 20--).

“O morangueiro é extremamente sensível ao déficit hídrico do solo. A irrigação é, portanto, uma prática cultural indispensável para que a lavoura atinja altos níveis de produtividade e qualidade do fruto.” (SANTOS; MEDEIROS; WREGE, 2005).

Conforme Santos, Medeiros e Wrege (2005),

Para maior eficiência da irrigação, há necessidade de conhecimento das exigências de cada espécie com que se está trabalhando, e do período crítico ao déficit hídrico; no caso do morangueiro, vai desde o início do desenvolvimento do fruto até o amadurecimento. Um adequado suprimento de água nessa fase proporciona melhor desenvolvimento das plantas, produção, peso médio e maior número de frutos. À medida que ocorra um aumento do estresse hídrico, a produção e seus componentes irão diminuindo e a maturidade dos frutos será acelerada.

Todos os sistemas de irrigação apresentam características próprias com vantagens e desvantagens, e também custos variáveis.

Segundo Marouelli, Silva (20--),

O manejo incorreto da irrigação e o uso de sistemas de irrigação inadequado podem acarretar vários problemas, tais como: baixa eficiência no uso de água, energia e nutrientes; maior incidência de doenças fúngicas e bacterianas; baixa produtividade; e redução na qualidade dos frutos (pungência, conservação, coloração etc.).

Para escolher qual o melhor método de irrigação, é necessário avaliar qual se adapta melhor em cada situação, pois existem vantagens e desvantagens no emprego de cada uma delas. Os sistemas mais apropriados para as hortaliças é o sistema de irrigação por aspersão e o sistema de irrigação localizado (microaspersão ou gotejamento).

2.3.1 Irrigação por aspersão

“O sistema de irrigação por aspersão leva a água por meio de tubulação até a área a ser irrigada e a distribui através dos aspersores, semelhante à chuva.” (LUCIETTI, 2014).

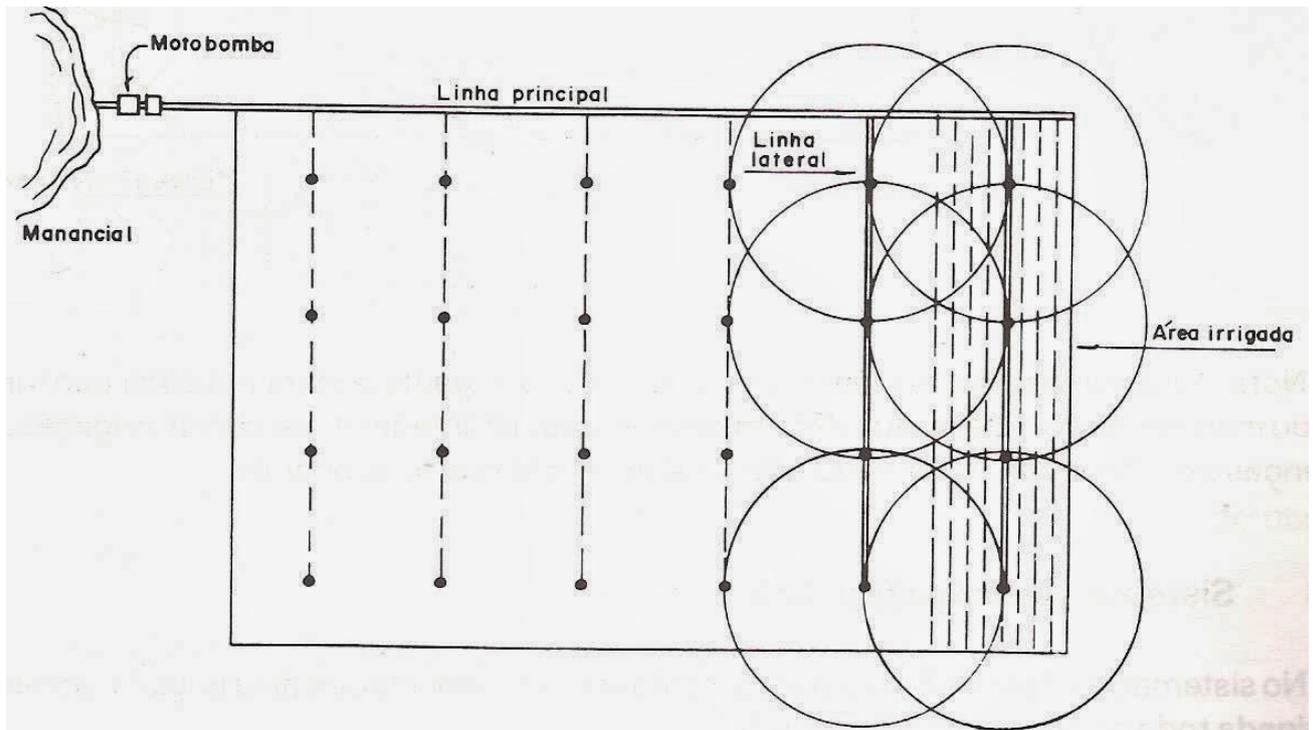


Figura 9 - Esquema de um projeto de irrigação por aspersão

Fonte: LUCIETTI (2014)

O sistema de aspersão é indicado para vários tipos de culturas e para quase todos os tipos de solo, além de reduzir a mão-de-obra e também possibilitar melhor distribuição de água sobre a superfície do solo e é usado para provocar germinação de sementes. Outra vantagem é um sistema de irrigação com menor consumo de água em comparação com outros métodos de irrigação. A irrigação feita pelo sistema de aspersão permite a automação e a aplicação de fertilizantes e de agrotóxicos via água de irrigação, o que possibilita irrigações noturnas e é um sistema de fácil operação e instalação.

Já a desvantagem do sistema de irrigação por aspersão é o alto custo inicial, e este método de irrigação favorece o desenvolvimento de doenças, além de prejudicar a polinização. Outra desvantagem é ter um maior consumo de energia, além de sofrer com a interferência do vento e, em condições de clima seco e quente, tem a eficiência prejudicada pela alta evaporação.



Figura 10 - Irrigação por aspersão
Fonte: SANTOS, MEDEIROS E WREGE (2005)

2.3.2 Irrigação localizada

“São métodos de irrigação que conduzem a água da fonte até a área a ser irrigada por meio de tubulação, fazendo a aplicação da água junto às raízes das plantas através de emissores (gotejadores ou microaspersores).” (LUCIETTI, 2014).

Segundo Lucietti (2014) “Temos dois sistemas de irrigação localizada: o sistema de irrigação por microaspersão e o sistema de irrigação por gotejamento.”

As vantagens de utilizar este tipo de sistema são a economia da água, o baixo consumo de energia, o controle da água que é aplicada, sendo de forma lenta e uniforme. Podem ser utilizados em diferentes tipos de solos e declividades e permite a automação total da irrigação.

Já as desvantagens são o alto investimento inicial, o risco de entupimento dos gotejadores, ou microaspersores, etc.

É o método de irrigação mais utilizado, visto a escassez de água em várias regiões do Brasil.

“A Irrigação por microaspersão é uma aspersão com bicos pequenos chamados emissores (microaspersores). Eles provocam uma “chuva” fina. É indicado para uso em abrigos de produção de mudas (sementeiras).” (LUCIETTI, 2014).

“Na irrigação por gotejamento, a água é aplicada diretamente ao solo, na região próxima das raízes, mantendo secas as plantas e a área entre as fileiras de plantio.” (LUCIETTI, 2014).

A Figura 11 mostra como é simples o sistema de irrigação por gotejamento. São utilizadas mangueiras com pequenas perfurações, onde será possível o escoamento da água de acordo com a necessidade do cultivo.



Figura 11 - Irrigação localizada ou por gotejamento
Fonte: SANTOS, MEDEIROS E WREGE (2005)

2.4 Vazão volumétrica

No cultivo de hortaliças existem vários pontos a serem verificados, como a quantidade de água utilizada, o momento correto de se realizar a irrigação, entre outros aspectos. Para isso é necessário realizar cálculos de vazão volumétrica para a distribuição correta da quantidade de água e manejo da irrigação.

Neste projeto iremos utilizar a irrigação por gotejamento, por ser a irrigação que proporciona maior produtividade e melhor qualidade do fruto.

Segundo Braga (2010),

Um sistema localizado, muito usado por pequenos e médios irrigantes, são as fitas gotejadoras que, basicamente, diferencia-se da mangueira com gotejador por trabalhar com baixa vazão (0,5 L/h a 2 L/h) e baixa pressão de serviço (0,5 a kgf/cm²), possui menor custo financeiro, mas menor durabilidade a campo. A maioria dos sistemas de irrigação por gotejamento trabalham na faixa de pressão de 0,5 kgf/cm² a 2 kgf/cm² com vazões variando de 0,5 L.h⁻¹ a 5 L.h⁻¹. Como regra geral, o espaçamento entre gotejadores mais usados são 0,20 m a 0,30 m para solos de textura grossa e 0,50 m a 1 m para solos de textura média e fina. Já para os sistemas de fita gotejadora os mais usados são emissores espaçados de 0,10 m a 0,30 m, respectivamente.

2.5 Descrição dos materiais utilizados

2.5.1 Arduino

Segundo Souza (2013),

Arduino é uma plataforma de código aberto (Hardware e Software) criada em 2005 pelo italiano Massimo Banzi (e outros colaboradores) para auxiliar no ensino de eletrônica para estudantes de design e artistas. O objetivo principal é criar uma plataforma de baixo custo, para que os estudantes pudessem desenvolver seus protótipos com o menor custo possível. Outro ponto interessante do projeto é a proposta de criar uma plataforma de código aberto, disponível para a comunidade o que ajudou em muito no seu desenvolvimento.

Ele é constituído por dois componentes o Hardware e o Software. O Hardware é composto por uma placa, onde são construídos os projetos e o Software é formado pela IDE, onde são realizadas as programações, conhecida como sketch.

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica open-source que se baseia em Hardware e Software flexíveis e fáceis de usar. É destinado a artistas, designers, hobbistas e qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos. (ARDUINO.CC, 2014).

Segundo Monk (2013)

O Arduino possui entradas que podem ler dados analógicos e digitais, onde o primeiro verifica a tensão do pino e o último olha se a chave está ligada ou desligada. As saídas também podem ser analógicas ou digitais, em que um oferece tensão de saída analógica, que pode ser regulada para ajustar o brilho de uma lâmpada por exemplo, e a outra saída mostra se o pino está ligado ou desligado (0 volts ou 5 volts), que permite que diodos de luz sejam ligados ou desligados diretamente.

A Figura 12 ilustra a arquitetura do Hardware do Arduino.

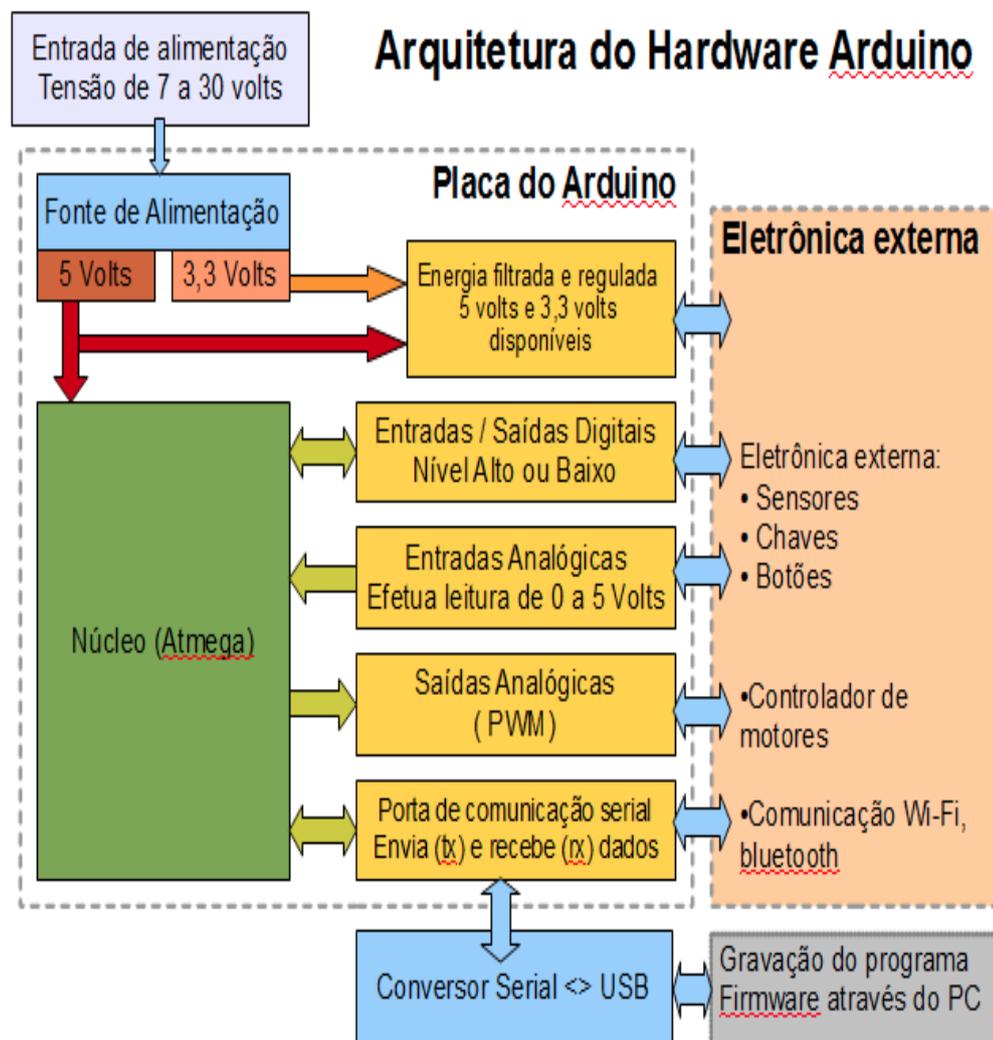


Figura 12 - Arquitetura do Hardware arduino
Fonte: BASCONCELLO FILHO (2014)

A Figura 13 ilustra as entradas do Arduino NANO.

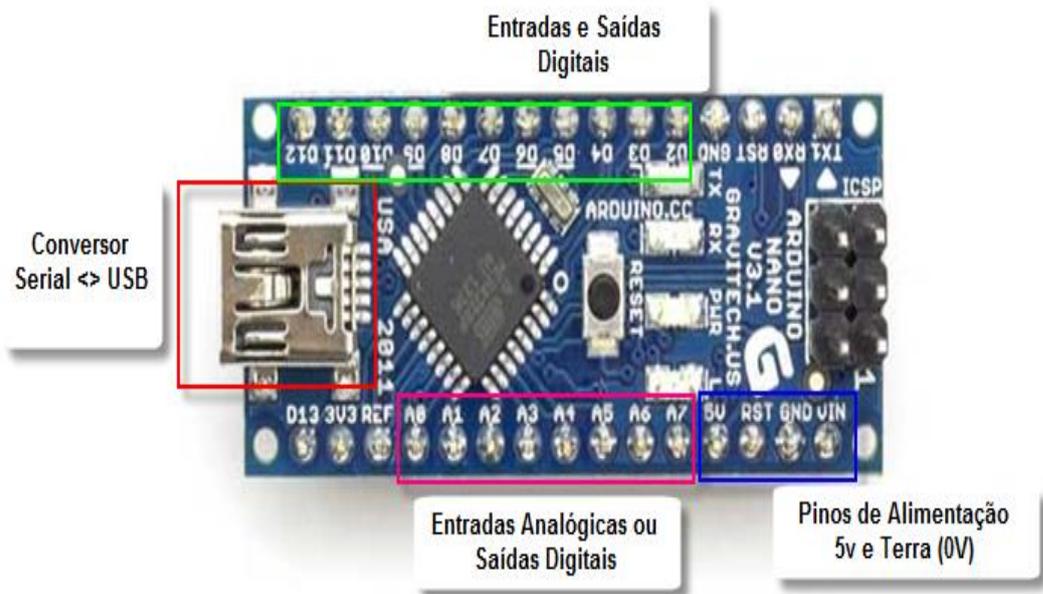


Figura 13 - Entradas do arduino NANO
Fonte: Elaborada pela autora

2.5.1.1 Arduino NANO

Neste projeto, o arduino escolhido é o NANO. Na Figura 14 é possível analisar a estrutura do Arduino NANO.

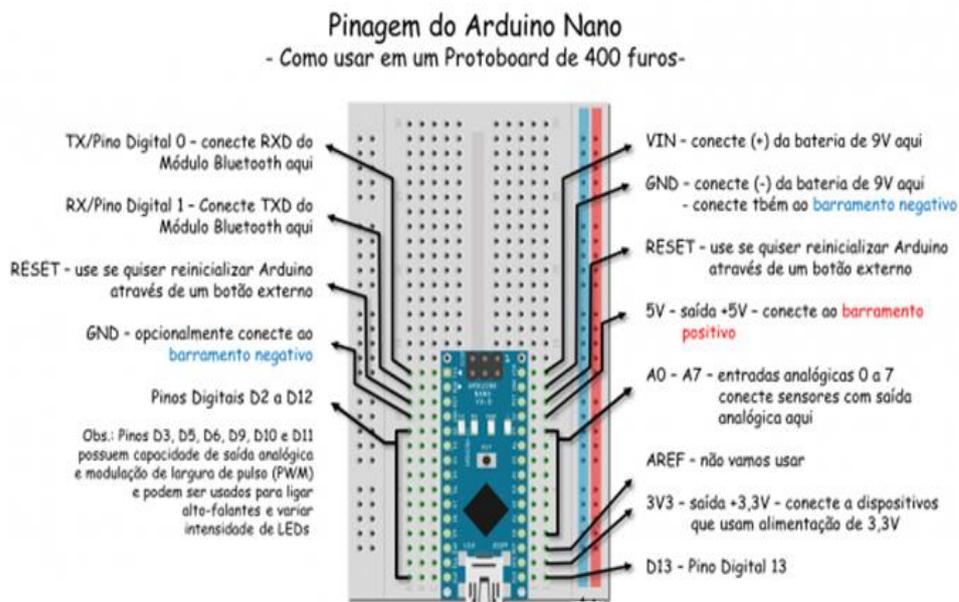


Figura 14 - Estrutura do Arduino NANO
Fonte: ROBOTICA (2014)

Conforme Banzi (2012),

O Arduino NANO tem a capacidade de converter a alimentação fornecida em uma tensão constante de 5volts, podendo assim receber tensões entre 7 e 12 volts. Possui 14 pinos digitais que podem ser utilizados como entrada ou saída, há também 8 entradas analógicas.

• Microcontrolador	Atmel ou ATmega328
• Voltagem de operação (nível logico)	5 V
• Voltagem de entrada (recomendada)	7-12 V
• Voltagem de entrada (limites)	6-20 V
• Pinos digitais I/O	14 (dos quais 6 podem ser saídas PWM)
• Pinos de entrada analógica	8
• Corrente contínua por pino I/O	40 mA
• Memória Flash	32 KB (dos quais 2KB são utilizados pelo bootloader)
• SRAM	2 KB
• EEPROM	1KB
• Velocidade de Clock	16 MHz
• Dimensões (cm x cm)	1,85 x 4,32

“No NANO não é necessário um botão físico de reset, o próprio Software faz o acionamento quando executado pelo computador. Outra característica muito importante é que o Arduino NANO é open source e com isso possui um baixo custo.” (ARDUINO. CC, 2014).

Para este projeto o NANO será responsável por recolher as informações dos sensores de luminosidade, umidade e temperatura do solo. Quando as informações forem captadas, as mesmas serão enviadas via rádio frequência para outros arduinos e assim os sensores da bomba e do acionamento da estufa serão acionados.

2.5.1.2 IDE do Arduino

O arduino utiliza um Software que desenvolve o sketch, este Software é o IDE. Suas bibliotecas são encontradas facilmente ou podem ser criadas. Utiliza-se a linguagem C e C++.

“Basicamente são duas funções realizadas pelo IDE, permitir o desenvolvimento do programa e realizar o envio dele para a placa e assim o programa é executado.” (MCROBERTS, 2012).

A Figura 15 mostra o ambiente IDE e todas suas funcionalidades.

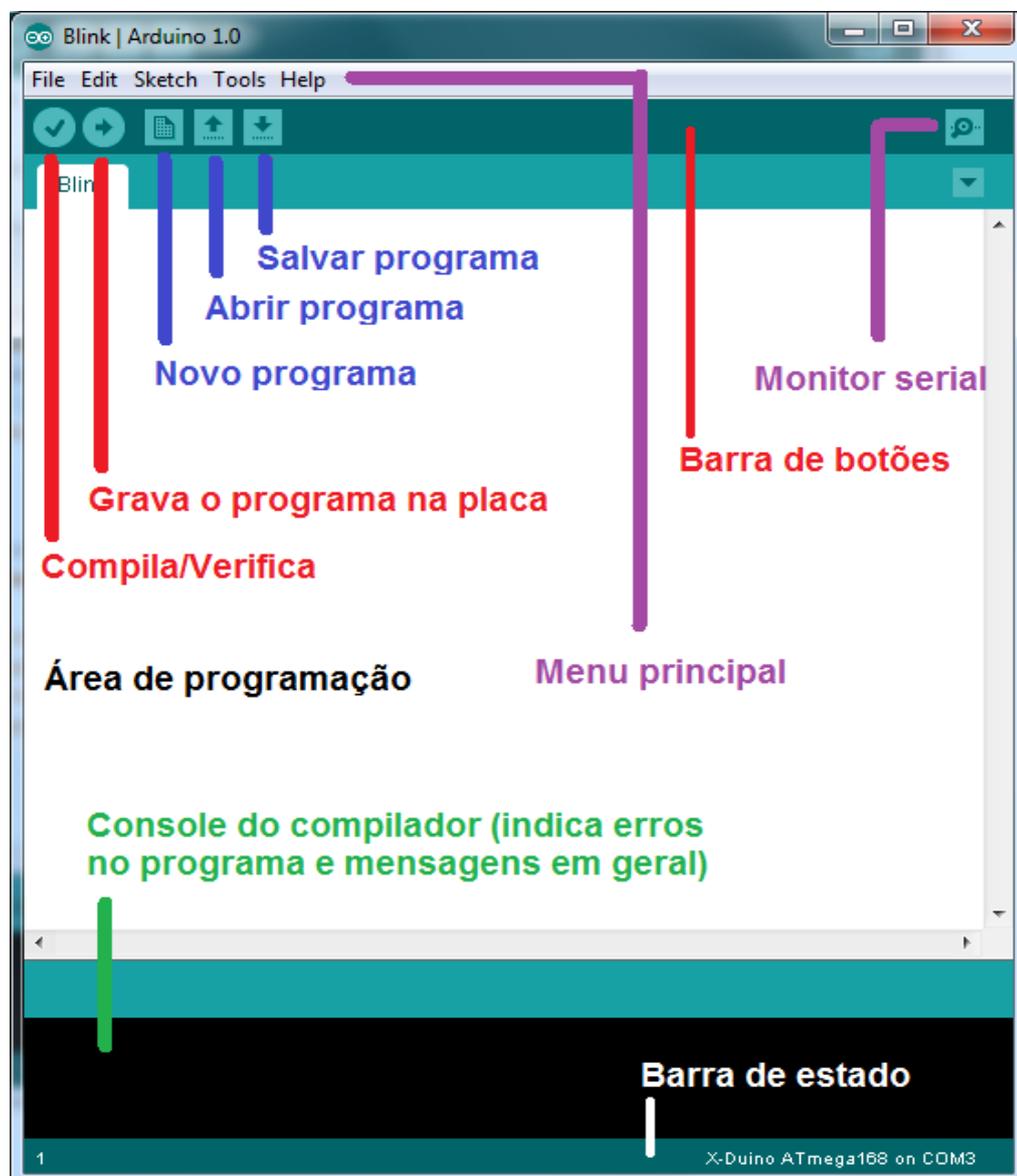


Figura 15 - Ambiente de desenvolvimento do arduino
Fonte: BASCONCELLO FILHO (2014)

2.6 Sensor de temperatura – DHT11

O DHT11 é um sensor de temperatura e umidade que possui um sinal digital em sua saída. Possui um microcontrolador de 8 bits, que garante resposta rápida e anti-interferência.

Este sensor possui as seguintes características:

- Tensão de alimentação: 5 v;
- Saída de Sinal: Digital;
- Temperatura: 0 a 50°C;
- Umidade: 20 a 90%.

A Figura 16 ilustra o sensor DHT11.



Figura 16 - Sensor DHT11
Fonte: SENSOR DHT11 (2014)

No cultivo do morangueiro, a temperatura é de extrema importância, pois esse tipo de cultivo necessita de uma temperatura amena ou clima frio, pois quando elevada o fruto pode se tornar ácido e pobre de sabor. O sensor DHT11 irá identificar a temperatura presente na plantação e assim o sistema identificará qual o melhor procedimento a realizar.

2.7 Sensor de umidade do solo

O Sensor de Umidade de Solo pode ser usado na areia, terra ou até mesmo diretamente na água. É capaz de identificar se o solo está úmido ou seco. Quando o solo está úmido, o sensor fica em estado alto e quando seco, fica em estado baixo.

A Figura 17 ilustra o sensor e seus componentes.

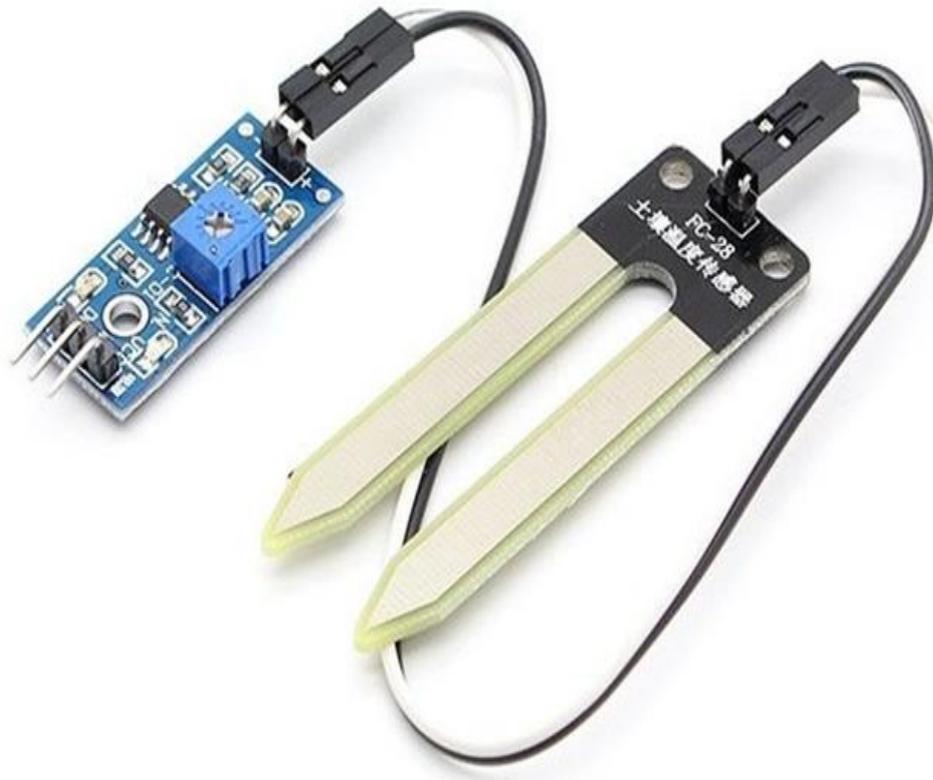


Figura 17 - Sensor de umidade do solo
Fonte: SENSOR solo (2014)

A umidade presente no solo deve ser capturada constantemente no cultivo do morangueiro, pois é uma hortaliça que necessita de uma faixa ideal de umidade. Utilizando o sensor de solo neste projeto, pretendemos verificar a umidade e realizando o acionamento, se necessário, da irrigação, atendendo assim as necessidades da plantação.

2.8 Display LCD

O Display LCD, nada mais é que um painel onde é possível mostrar informações como texto e imagens. Neste projeto utilizamos o LCD para apresentar a temperatura, a umidade do solo e se a bomba está ligada ou desligada. Essa informação no LCD é muito importante para o agricultor, visto que atualmente para obter essas informações eles se deslocam até a plantação para analisar. Utilizamos o modelo de tamanho 16X02, com *Backlight* azul e letra branca. O código de interface é simples e se encontra gratuitamente na internet.

A Figura 18 ilustra o LCD utilizado neste projeto.

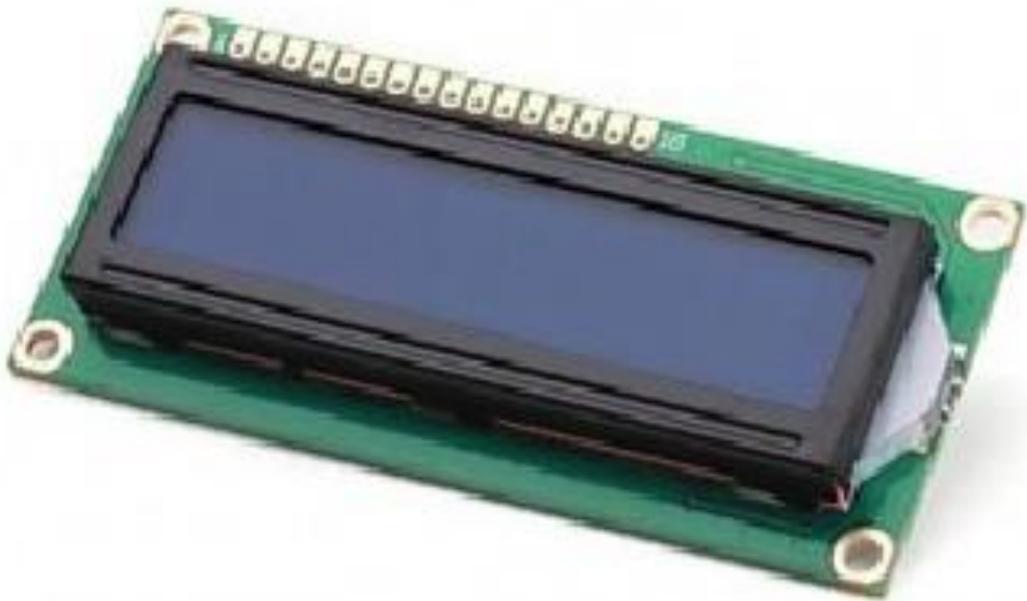


Figura 18 - Display de cristal líquido
Fonte: DISPLAY (2014)

É utilizado também um *Trimpot* de 10k para justar o brilho da tela do LCD, que tem o fundo azul e as letras brancas.

2.9 Módulo de relé

O módulo de relé nada mais é que um *switch eletrônico*, e quando conectado a um arduino é utilizado para diversas tarefas como acionar lâmpadas, equipamentos eletrônicos, entre outros. Suas principais características são:

- Corrente dos contatos de 10A em 250V AC ou 30V DC;
- Tensão de alimentação de 5V;
- Controle AC/DC;
- Contato normal aberto e normal fechado.

Na Figura 19 é ilustrado o relé utilizado neste projeto.



Figura 19 - Módulo relé
Fonte: MÓDULO relé (2014)

No projeto o relé será utilizado para realizar todo o controle de acionamento ou desligamento das bombas de irrigação. Isso será possível, pois o relé está ligado diretamente ao arduino, onde é executada a programação do projeto.

2.10 Módulo Link de Rádio Frequência

O Módulo Link de Rádio Frequência é composto por um emissor e um transmissor. Eles operam em uma frequência de 433Mhz, com uma velocidade de 4Kb/s e modulação ASK. São muito utilizados em controle remoto, sistemas de alarme e na robótica.

A Figura 20 ilustra o emissor e transmissor.

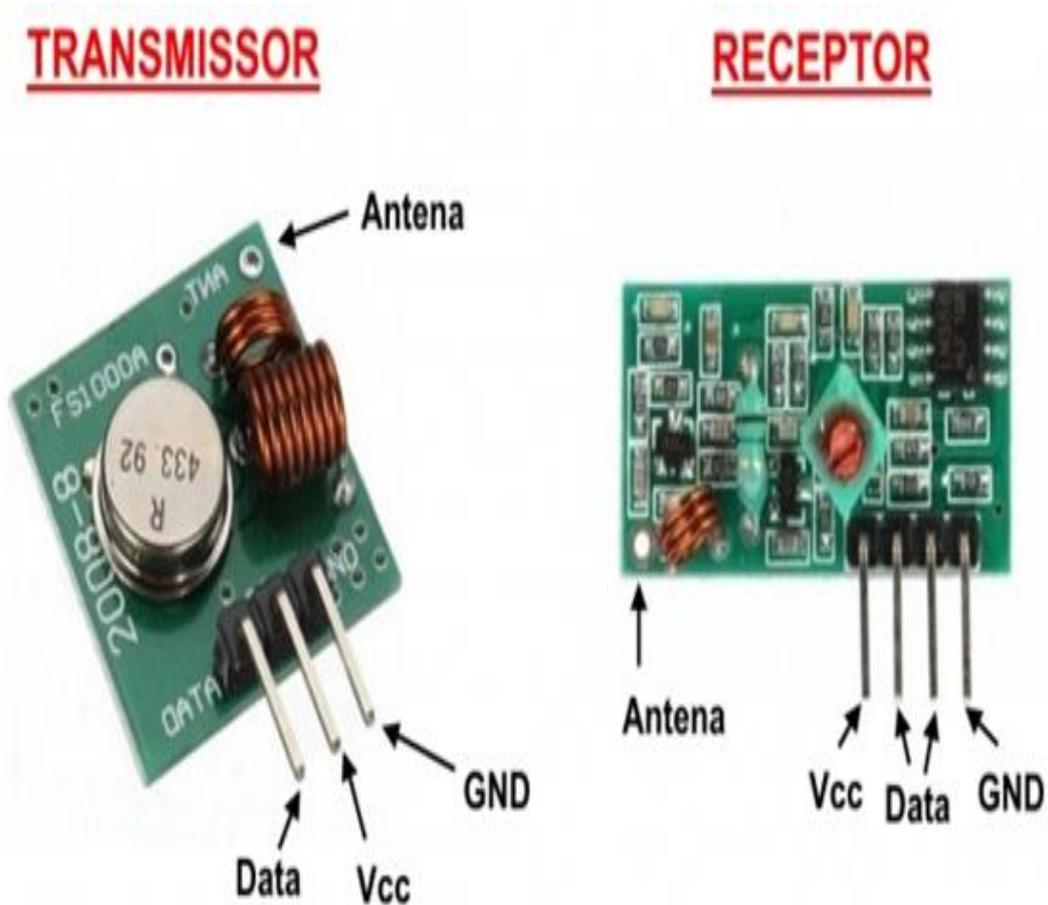


Figura 20 - Módulo link de rádio frequência
Fonte: MÓDULO LINK (2014)

Toda a comunicação entre a plantação, casa de bombas, abertura ou fechamento da estufa é realizada pelo sistema de Rádio Frequência. Tudo isso é possível, pois existe uma integração entre todos os componentes do projeto. A comunicação via rádio frequência é bastante utilizada, pois é de fácil instalação e possui grande custo benefício.

2.11 Sensor de luminosidade – LDR

Este sensor é composto de um material semiconductor com elevada resistência elétrica capaz de alterar sua resistência de acordo com a incidência de luz em seus terminais. Quando escuro, sua resistência é elevada ao máximo e quando há presença de luz sua resistência é mínima.

- Resistência quando há luz: 1k Ohm;
- Resistência no escuro: 10k Ohm;
- Tensão máxima: 150 V;
- Potência máxima: 100mW.

A Figura 21 ilustra o sensor LDR utilizado nesse projeto.



Figura 21 - Sensor de luminosidade
Fonte: SENSOR de luminosidade (2014)

A aplicação do sensor de luminosidade do projeto é de extrema importância para o cultivo do morangueiro, uma vez que a incidência de luz na plantação pode alterar totalmente as características do fruto. O morangueiro necessita de luz solar de pelo menos 10 horas, para assim produzir frutos de melhor qualidade. Porém é muito sensível a excessos de chuva ou seca ou mesmo danos provocados por granizo. Nesse sentido o sensor de luminosidade vem auxiliar no projeto, realizando a abertura e/ou fechamento da estufa conforme incidência solar na plantação.

2.12 Servomotor

O Servomotor tem como característica principal a rotação em 180° que se movimenta proporcionalmente de acordo com o comando efetuado. Ele trabalha em um sistema de malha fechada, onde eles recebem o comando, verificam sua posição atual e vão até a posição desejada. Neste projeto o servomotor é utilizado para realizar o movimento de abertura e fechamento da estufa, o mesmo está representado na Figura 22.



Figura 22 - Servomotor
Fonte: SERVOMOTOR (2014)

O fechamento e/ou abertura da estufa será possível através da utilização do servomotor, que será acoplado à sustentação da plantação atendendo assim às necessidades exigidas no plantio do morangueiro.

2.13 Bomba de aspersão

Para realizar a irrigação do projeto é utilizada uma bomba de aquário. Sua utilização no projeto é de extrema importância, uma vez que ela irá realizar a irrigação da plantação. A bomba será ativada e/ou desligada de acordo com a leitura dos sensores de temperatura e umidade. Se o solo estiver seco, a bomba será ativada, se solo úmido, a bomba será desligada. Essa bomba tem vazão de 80 a 160L/h e possui um consumo de 3,8 W. A Figura 23 ilustra a bomba de irrigação utilizada no projeto.



Figura 23 - Bomba
Fonte: Elaborada pela autora

2.14 Controle

“Dispositivo ou mecanismo destinado a comandar ou regular o funcionamento de máquina, aparelho ou instrumento.” (HOUAISS; VILLAR, 2009).

Controle nada mais é que o conjunto de vários elementos que atuam entre si com a finalidade de atingir um objetivo. Para cada função que se deseja controlar deve haver um sistema de controle específico. Existem dois tipos de controle o de malha aberta e o de malha fechada que serão descritos nos próximos tópicos do trabalho.

2.14.1 Malha aberta

“Os sistemas de controle em malha aberta são aqueles que o sinal de saída não exerce nenhuma ação de controle no sistema.” (OGATA, 2006).

Neste tipo de controle não há comparação entre a saída e a entrada de referência. Sendo assim, cada entrada de referência corresponde a uma condição fixa de operação. É um sistema de controle que não ocorre a realimentação.

Na Figura 24 é demonstrado um sistema de controle em malha aberta.

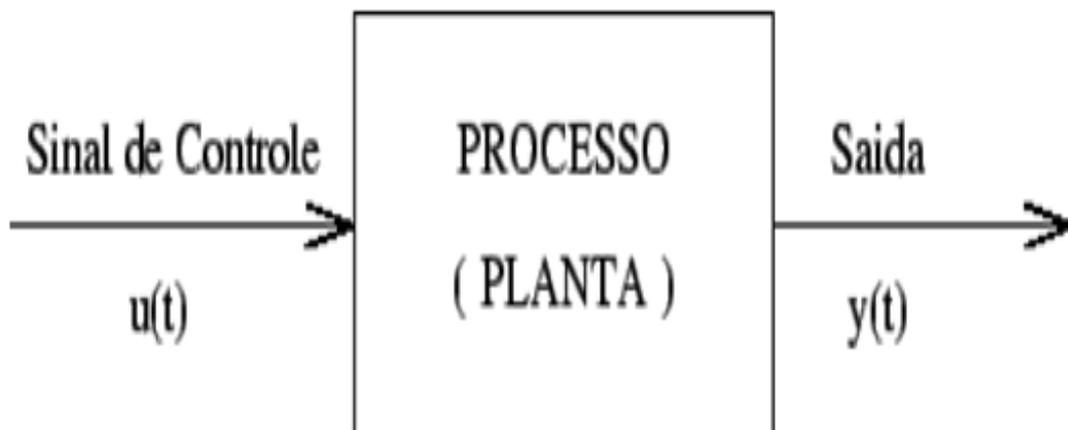


Figura 24 - Controle em malha aberta
Fonte: Silva (2000)

2.14.2 Malha fechada

“Os sistemas de controle com realimentação são, com frequência, denominados também sistemas de controle de malha fechada.” (OGATA, 2006).

Neste tipo de controle o sinal de saída é muito importante, pois é a partir dele que é determinado o sinal de controle que deve ser aplicado ao processo em um instante específico. Isso é possível, pois neste tipo de controle existe uma realimentação da saída para a entrada.

Este projeto está em malha fechada, pois é um sistema de controle que depende dessa realimentação entre saída e entrada. Com essas informações é possível identificar as necessidades da planta constantemente e realizar as devidas ações de acordo com a necessidade do plantio.

Na Figura 25 é demonstrado um sistema de controle em malha fechada.

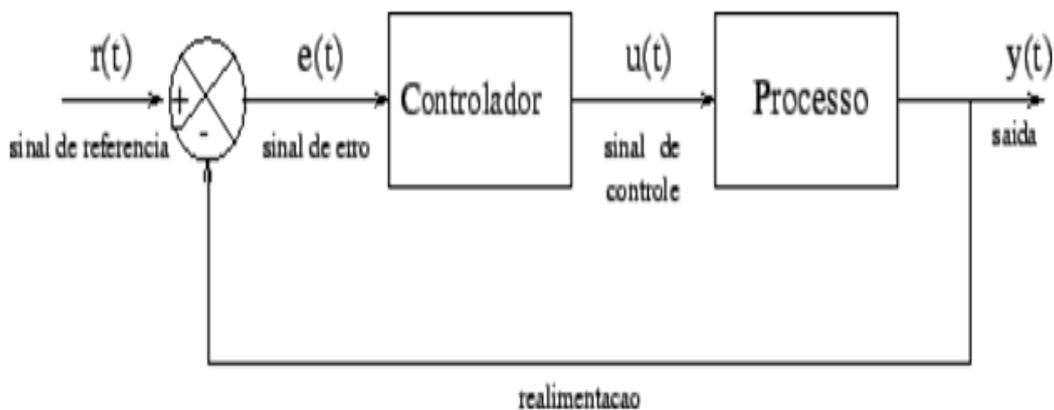


Figura 25 - Controle em malha fechada
Fonte: Silva (2000)

2.14.3 Variável manipulada

A variável manipulada é aquela em que o operador manipula a saída do sistema. Ele atua no processo no sentido de manter a variável controlada no valor desejado. A variável manipulada pode ser qualquer variável do processo que causa uma variação rápida na variável controlada e que seja fácil de manipular. Nesse projeto é possível identificar como variável manipulada a tensão aplicada em alguns dos sensores e o motor do servomecanismo.

2.14.4 Variável controlada

A variável controlada é aquela em que a grandeza ou a condição que é medida é controlada, normalmente é a saída do sistema. Indica a forma ou o estado desejado do produto. No projeto observa-se como variável controlada a temperatura, umidade e a luminosidade.

2.14.5 Calculo de potência

Para realizar a transformação do sinal emitido em dBm para potência, é necessário utilizar a fórmula abaixo:

$$P \text{ (dBm)} = 10 \log_{10} \cdot (P \text{ (W)} / 1 \text{ mW})$$

onde:

P(dBm) é potência expressa em dBm

P(W) é o poder medido em Watts

mW é miliWatts

log₁₀ é log na base 10

2.15 Visita técnica Embrapa

Para melhor entendimento das necessidades do cultivo do morangueiro, foi realizada uma visita técnica à Embrapa Hortaliças, que fica localizada próximo ao Gama, cidade satélite de Brasília. O foco principal foi à realização de vários testes no cultivo de hortaliças, procurando realizar um cultivo saudável, sem desperdícios e de forma simples.

O pesquisador em solos e nutrição de plantas Juscimar Silva, apresentou toda a estrutura da Embrapa no cultivo de hortaliças e apresentou também várias dicas e técnicas de manejo. Na Figura 26 podemos observar como é realizado o cultivo das hortaliças.



Figura 26 - Cultivo de hortaliças
Fonte: Elaborada pela autora

O pesquisador Juscimar apresentou os tipos de irrigação mais indicados para o cultivo de hortaliças, uma delas é a irrigação por gotejamento, onde é utilizada uma mangueira com pequenos furos colocada ao lado do cultivo, conforme Figura 27.



Figura 27 - Irrigação por gotejamento
Fonte: Elaborada pela autora

Para o cultivo de qualquer tipo de hortaliças é necessário realizar uma irrigação fertilizada de forma adequada. É necessário calcular a quantidade gasta de fertilizantes em todo o processo do cultivo, desde o plantio até a colheita, e assim se verifica a quantidade ideal de fertilizantes que a hortaliça necessita para seu desenvolvimento. Na Embrapa a casa de máquinas é equipada com um sistema de irrigação de fertilizantes de grande escala. Na Figura 28 podemos observar.



Figura 28 - Processo de fertilização
Fonte: Elaborada pela autora

Neste projeto utilizou-se o cultivo protegido, para evitar que instabilidades meteorológicas atrapalhem e causem danos à plantação. Com isso o pesquisador Juscimar apresentou o cultivo protegido e como deve ser realizada essa “cobertura” da plantação de forma a protegê-la de maneira eficaz. Na Figura 29 é possível observar como é feito esse tipo de “cobertura”.



Figura 29 - Processo de cobertura do morangueiro
Fonte: Elaborada pela autora

CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Neste capítulo serão apresentadas todas as ferramentas utilizadas, descrição detalhada das fases da construção do protótipo e explicação dos códigos.

3.1 Descrição do sistema de irrigação proposto

A proposta deste projeto é desenvolver um sistema de irrigação automatizada, em que seja possível atender todas as fases do processo do cultivo do morangueiro. Desde seu plantio até sua colheita. O cultivo do morangueiro exige uma série de requisitos como uma irrigação adequada, uma boa fertigação, qualidade de solo e manejo da hortalça. Neste sistema proposto, iremos analisar a temperatura e umidade do solo a fim de garantir uma irrigação inteligente, sem desperdícios de água e mão de obra. Em todo o processo do cultivo, o morangueiro necessita de proteção. Quando o tempo está ensolarado, é necessário cobrir toda a plantação. Com isso, o sistema será equipado com sensores de luminosidade capazes de captar a incidência de luz solar, e realizar a abertura ou fechamento da estufa conforme a necessidade do plantio. O diagrama em blocos abaixo representa as entradas e saídas do sistema utilizadas na plantação.

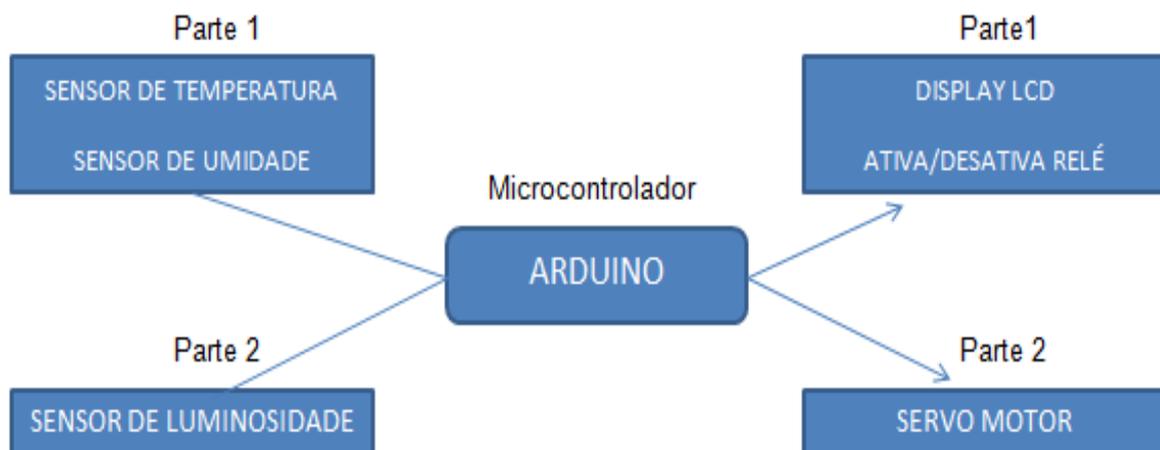


Figura 30 - Esquema das entradas do protótipo
Fonte: Elaborada pela autora

Na Figura 30, o diagrama possui três entradas: o sensor de temperatura, sensor de umidade do solo e o sensor de luminosidade. Eles trabalham em conjunto para atender as necessidades do cultivo do morangueiro. Como saída, há a ativação e desativação do relé para a bomba de irrigação e no display LCD são apresentados os dados de temperatura, umidade e status da bomba. O sensor de luminosidade é utilizado para a abertura e/ou fechamento da estufa conforme incidência solar na plantação. Por esse motivo o projeto é dividido em duas partes, uma relacionada à coleta de dados da plantação, onde os dados coletados irão influenciar na ativação e/ou desligamento da bomba e serão apresentados na casa de máquinas, onde o agricultor terá todos os dados do seu cultivo sem ter que se deslocar até a plantação. A outra parte é o acionamento e/ou fechamento da estufa de acordo com as mudanças climáticas e necessidades do morangueiro.

3.2 Sistema de irrigação

O sistema desenvolvido é responsável por verificar a temperatura e umidade do solo. O cultivo do morangueiro é muito sensível ao déficit hídrico do solo, com isso a irrigação é uma prática indispensável. Sempre que o solo estiver seco o sistema irá ativar a bomba de irrigação e só irá desligá-la assim que os sensores identificarem que o solo está úmido. Com isso serão atendidas as necessidades do cultivo do morangueiro. A Figura 31 ilustra o diagrama de blocos da primeira parte do projeto.

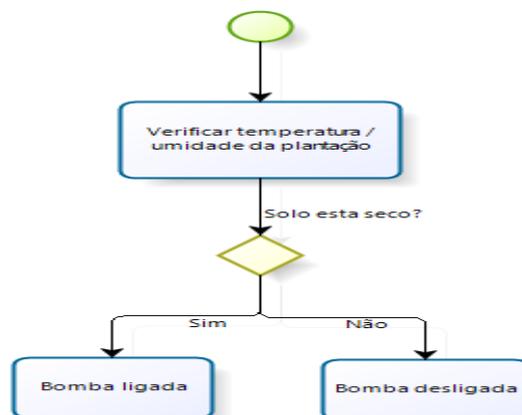


Figura 31 - Fluxograma do sistema de irrigação
Fonte: Elaborada pela autora

3.2.1 Montagem do sistema de irrigação

Para a montagem do sistema de irrigação é utilizado o sensor de temperatura, sensor de umidade de solo, rádio frequência, display e módulo relé.

Primeiramente, é montado o sensor de temperatura (DHT11), para a verificação da temperatura da plantação. Este sensor possui três pinos (1-Saída digital, 2-GND e 3-VCC), como a Figura (capítulo 2) ilustra. Para montagem do sensor ao Arduino, é necessário utilizar um resistor de $10k\Omega$, que é ligado entre os pinos de 5 V e no pino do digital para que o sensor possa receber a resistência do Arduino sem que ele seja danificado. A saída digital usada é a D6 do Arduino. A Figura 32 abaixo ilustra a montagem do sensor temperatura no Arduino.

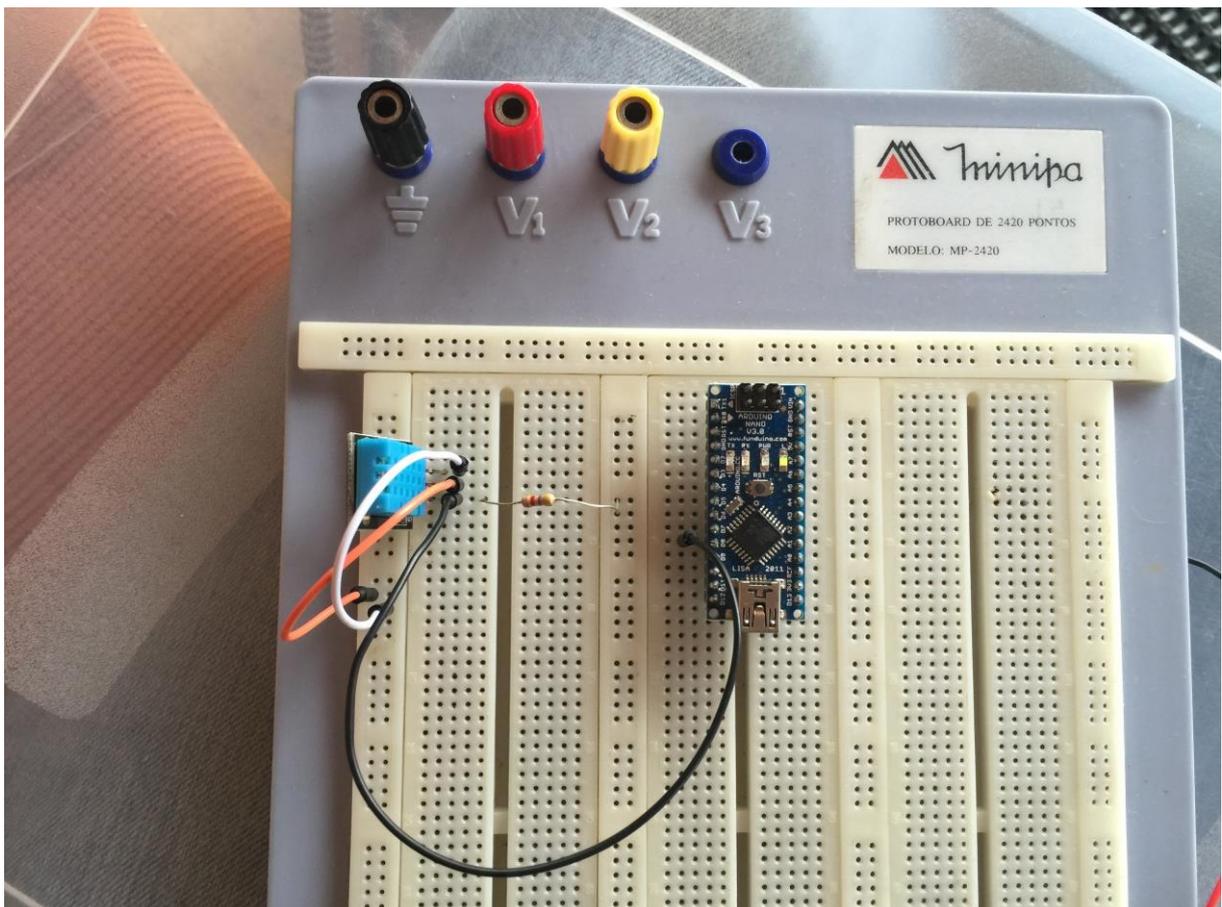


Figura 32 - Sensor DHT11 + Arduino
Fonte: Elaborada pela autora

O sensor de umidade de solo é inserido no sistema logo em seguida, pois só com o sensor de temperatura não seria possível verificar com precisão as condições presentes na plantação. Ele possui três pinos, um GND, um VCC e uma saída digital que está conectada ao pino digital D2 do Arduino. A Figura 33 ilustra esta ligação.

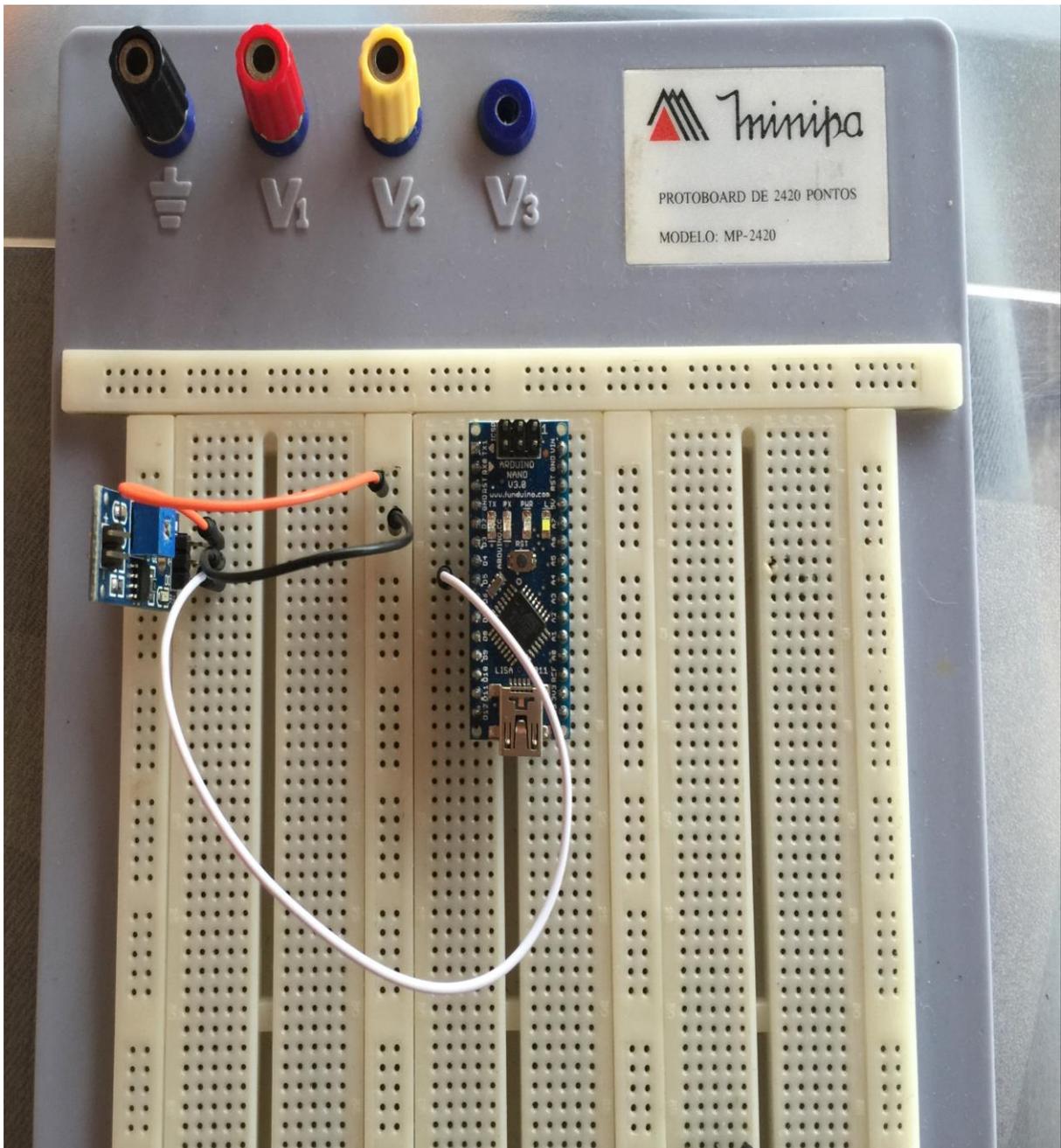


Figura 33 - Sensor de umidade do solo + Arduino
Fonte: Elaborada pela autora

Com o intuito de ajudar o agricultor e economizar na mão de obra o sistema conta também com um display LCD. Este display necessita de um trimpot de 10k Ω que está ligado em +5V e no GND e tem como função controlar o brilho do display, que contém letras brancas e fundo azul. Foram utilizados seis pinos (12, 11, 5, 4, 3 e 2) do Arduino, VCC e o GND para a ligação entre display e Arduino. A Figura 34 representa esta ligação.

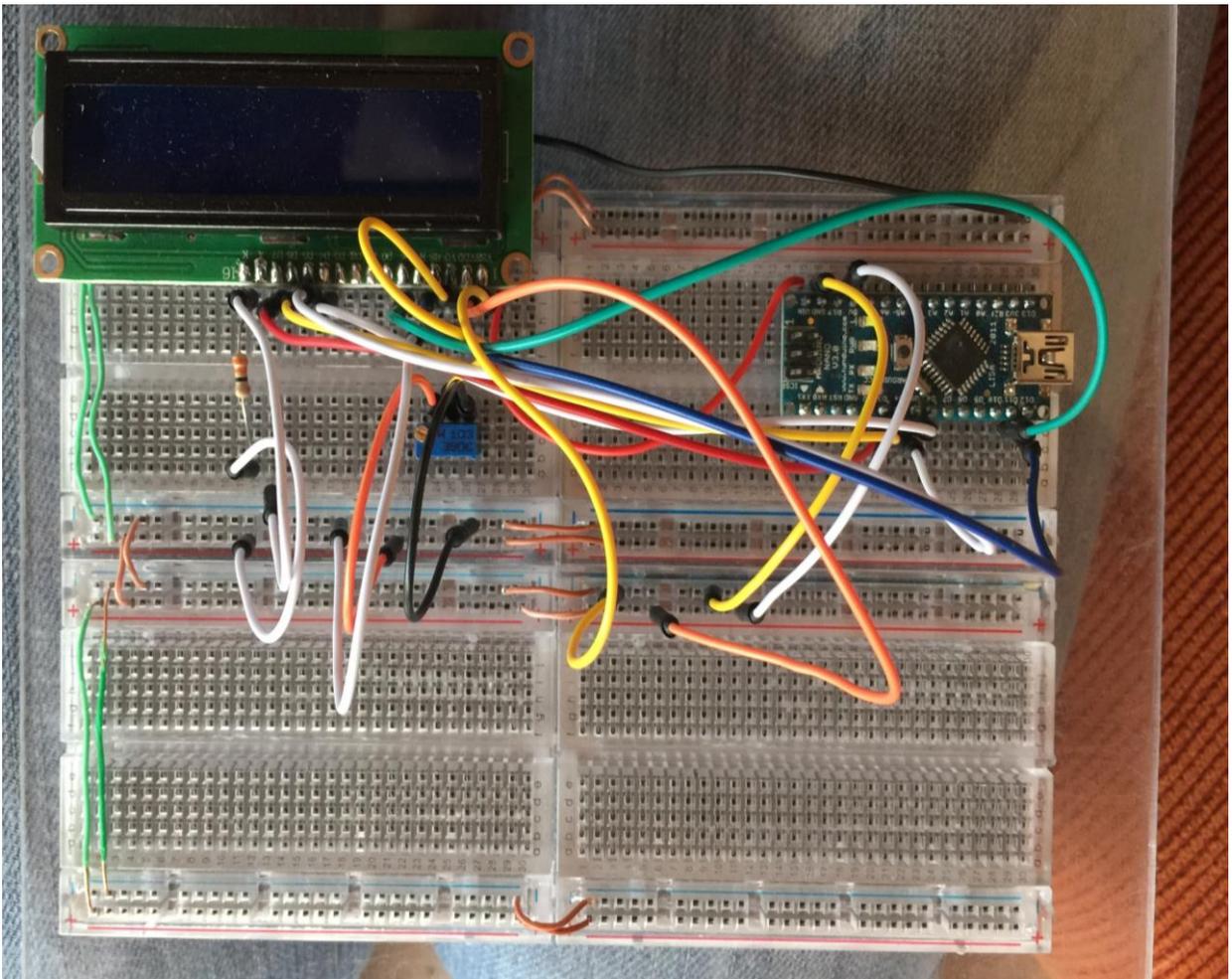


Figura 34 - LCD + Arduino
Fonte: Elaborada pela autora

O módulo relé, já descrito no capítulo 2, é utilizado neste projeto com o intuito de permitir o acionamento e/ou desligamento da bomba de acordo com as necessidades do cultivo do morangueiro.

O relé possui três pinos, o terra GND, o de alimentação VCC e a entrada que recebe comandos do Arduino, que está conectada ao pino D6 do Arduino.

3.2.2 Desenvolvimento do Software

Em todo o projeto utilizamos o Arduino como plataforma de desenvolvimento. A plataforma do Arduino é composta de um Software com linguagem de programação C/C++.

A definição dos valores de temperatura e umidade do solo está presente dentro da estrutura void loop (), essa estrutura tem a função de realizar ciclos repetitivos dentro do código, ou seja, a plantação será monitorada o tempo todo.

Para realizar todas as funções descritas acima, a primeira parte do projeto engloba três processos: a casa de máquinas, a bomba e a plantação que serão descritas a seguir. Para a comunicação entre estes processos é utilizada a rádio frequência.

3.2.2.1 Código plantação

No processo da plantação, iremos utilizar os sensores de umidade e temperatura que irão informar a todo o momento a situação da plantação e enviar as informações coletadas para a casa de máquinas e para a bomba. As informações serão enviadas via rádio frequência.

A lista 1 representa o código de todo o trabalho realizado pelos sensores e pela rádio frequência.

```
//Inicializando bibliotecas.
#include <DataCoder.h>
#include <VirtualWire.h>
#include <DHT.h>

// Identificação dos pinos
const int transmit_pin = 3; // Pino de transmissão dos dados
const int led_pin = 13;     //Pino do LED
const int baudRate = 500; //Velocidade de Comunicação
const int Sensor1 = 5; //Pino do Sensor 1
```

```

const int Sensor2 = 2; //Pino do Sensor 2

#define DHTPIN 7 // Pino do DHT11

#define DHTTYPE DHT11 //Tipo do Sensor utilizado

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //Inicializando Sensor

void setup(){ // ConFiguração Arduino

dht.begin(); //Inicializa Sensot

Serial.begin(9600); //Inicializa Serial para Depuração do código

Serial.println("Teste do Sensor DHT22");

pinMode(led_pin,OUTPUT); //Define pino do LED como saída

pinMode(Sensor1, INPUT); //Define pino do Sensor como Entrada

pinMode(Sensor2, INPUT); //Define pino do Sensor como Entrada

SetupRFDataTxnLink(transmit_pin, baudRate); //Inicializa Transmissor

}

void loop(){ //Loop do programa

float h = dht.readHumidity(); //Faz a leitura da humidade do DHT11

float t = dht.readTemperature(); //Faz a leitura da temperature do DHT11

float s1 = digitalRead(Sensor1); // Faz a leitura dos sensores de solo

float s2 = digitalRead(Sensor2);

float outArray[RF_DATA_ARRAY_SIZE]; //Define tamanho do vetor que sera
trasmitido

//Depuração do DHT11

if (isnan(t) || isnan(h)) {

Serial.println("Falha na leitura");

} else {

Serial.print("Umidade: ");

Serial.print(h);

Serial.print(" %\t");

```

```
Serial.print("Temperatura: ");
Serial.print(t);
Serial.println(" *C");
Serial.print("Sensor1: ");
Serial.println(s1);
Serial.print("Sensor2: ");
Serial.println(s2);
}
//Saida dos dados
outArray[0] = h;
outArray[1] = t;
outArray[2] = s1;
outArray[3] = s2;
//Conversão e codificação dos dados para serem transmitidos
union RFData outDataSeq;
EncodeRFData(outArray, outDataSeq); //Codificação dos Dados
TransmitRFData(outDataSeq); //Transmissão Dos dados
//Sinalizacao de Saida
digitalWrite(led_pin, HIGH); //Led do Arduino para avisar que os dados foram
transmitidos.
delay(100);
digitalWrite(led_pin,LOW);
delay(500);
}
```

3.2.2.2 Código casa de máquinas

Na casa de máquinas o Arduino realiza a comunicação entre display LCD e a rádio frequência. Basicamente o sistema proposto para a casa de máquinas é receber as informações da plantação via rádio frequência e mostrar essas informações no display LCD. Com isso, o pequeno agricultor saberá todas as informações de seu cultivo sem ter que se deslocar até a sua plantação.

A lista 2 apresenta o código utilizado para que o display LCD demonstrasse as informações que recebeu via rádio frequência da plantação.

```
#include <DataCoder.h>

#include <VirtualWire.h>

#include <LiquidCrystal.h>

const int rx_pin = 8; //Pino do Receptor dos Dados

const int led_pin = 13; //Led Do arduino

const int baudRate = 500; //Velocidade de comunicação

boolean Sensor1; //Pino do Sensor de Solo

boolean Sensor2; //Pino 2 do Sensor de Solo

float h, t;

unsigned long previousMillis = 0; //Variavel que guarda o tempo de troca das
informacoes do Display

const long interval = 2500; //Intervalo das Trocas de informações do Display

int func; //Define qual informação sera exibida;

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); Definição dos pinos do LCD

void setup(){ // ConFiguração (SO RODA UMA VEZ)

lcd.begin(16, 2); //Inicializacao do Display
```

```

lcd.setCursor(0, 0); //Define coluna = 0 e linha = 0;

lcd.print("Sem Sinal...");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("          ");

pinMode(led_pin,OUTPUT);

digitalWrite(led_pin,LOW);

SetupRFDataRxnLink(rx_pin, baudRate); //Inicializa Receptor
}

void loop(){ //Loop do Programa

unsigned long currentMillis = millis(); //Esta função retorna há quanto tempo o
arduino está executando;

//RECEBE OS DADOS

uint8_t buf[VW_MAX_MESSAGE_LEN]; //Define o tamanho do Vetor de recepção
dos Dados

uint8_t buflen = VW_MAX_MESSAGE_LEN;

union RFData inDataSeq;

float inArray[RF_DATA_ARRAY_SIZE];

if(RFLinkDataAvailable(buf, &buflen)){

digitalWrite(led_pin, HIGH);

for(int i =0; i< buflen; i++){

inDataSeq.s[i] = buf[i];

}

digitalWrite(led_pin, LOW);

DecodeRFData(inArray, inDataSeq);

```

```
h = inArray[0];

t = inArray[1];

Sensor1 = inArray[2];

Sensor2 = inArray[3];

}

//Verifica se já deu tempo de trocar as informações do display
if(currentMillis - previousMillis >= interval) {

previousMillis = currentMillis;

//Exibição dos dados no LCD

lcd.clear();

switch(func){

case 0:

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("Umid.: ");

lcd.print(h);

lcd.print(" % ");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("Temp.: ");

lcd.print(t);

lcd.write(B11011111); // Simbolo do Grau.

lcd.print("C");

break;

case 1:
```

```

if (Sensor1 == 1 && Sensor2 == 1)

lcd.print("BOMBA IIGADA"); //Verifica se a Bomba está ligada.

else

lcd.print("BOMBA DESLIGADA");

}

func++;

if (func > 1)

func = 0;

}

}

```

3.2.2.3 Código bomba

A parte da bomba será equipada com a rádio frequência para receber as informações da plantação e com as informações realizar a ativação e/ou desligamento das bombas de irrigação através do relé.

A lista 3 demonstra todo o trabalho da bomba para que seja possível realizar sua ativação e/ou desligamento.

```

#include <DataCoder.h>

#include <VirtualWire.h>

const int rx_pin = 2; //Define pino do receptor

const int led_pin = 13;

const int baudRate = 500; //Velocidade de Comunicação

const int bombaP = 6; //Pino da Bomba

boolean Sensor1, Sensor2;

void setup(){

```

```

Serial.begin(9600); //Serial apenas para depuração.
pinMode(bombaP, OUTPUT); //ConFigura pino da bomba, como saída
pinMode(led_pin,OUTPUT);
digitalWrite(led_pin,LOW);
SetupRFDataRxnLink(rx_pin, baudRate); //Inicializa Receptor
}
void loop(){
uint8_t buf[VW_MAX_MESSAGE_LEN];
uint8_t buflen = VW_MAX_MESSAGE_LEN;
union RFData inDataSeq;
float inArray[RF_DATA_ARRAY_SIZE];
if(RFLinkDataAvailable(buf, &buflen)){
digitalWrite(led_pin, HIGH);
for(int i =0; i< buflen; i++){
inDataSeq.s[i] = buf[i];
}
digitalWrite(led_pin, LOW);
DecodeRFData(inArray, inDataSeq);
Sensor1 = inArray[2];
Sensor2 = inArray[3];
Serial.print("Sensor1: ");
Serial.println(Sensor1);
Serial.print("Sensor2: ");
Serial.println(Sensor2);
if (Sensor1 == 1 && Sensor2 == 1)
digitalWrite(bombaP, HIGH);
if (Sensor1 == 0 || Sensor2 == 0)

```

```
digitalWrite(bombaP, LOW);  
}  
}
```

3.3 Montagem do sistema do cultivo protegido

O cultivo do morangueiro exige uma série de cuidados desde o plantio até a colheita do fruto. É fundamental a implementação de práticas que minimizem os prejuízos nas hortaliças, inclusive no morangueiro que é uma espécie muito sensível às mudanças climáticas. Pensando nisso o sistema desenvolvido é responsável por verificar a incidência de luz na plantação, com isso realizar a abertura e/ou fechamento da estufa. Essa prática que tem como objetivo a proteção das plantas cultivadas e do solo é chamada de cultivo protegido.

Quando o tempo está ensolarado é necessário cobrir toda a plantação, com isso o sistema será equipado com sensores de luminosidade capazes de captar a incidência de luz solar, com isso realizar a abertura ou fechamento da estufa conforme a necessidade do plantio. A Figura 35 ilustra o diagrama de blocos da segunda parte do projeto.

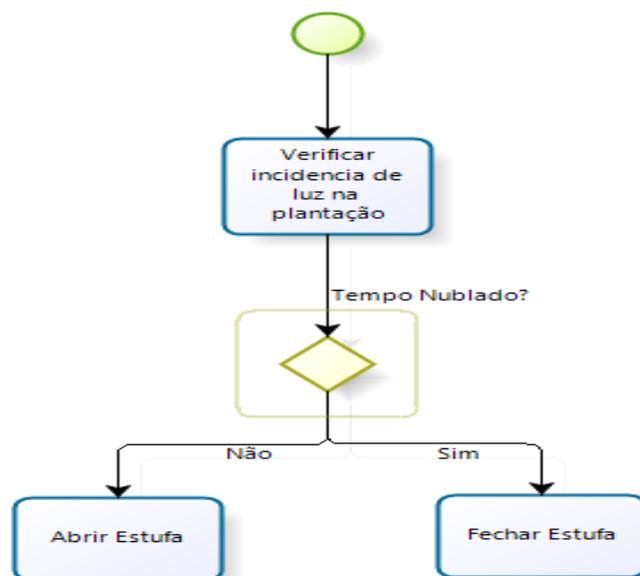


Figura 35 - Fluxograma da estufa
Fonte: Elaborada pela autora

3.3.1 Montagem da estufa

Para identificar a incidência de luz na plantação é utilizado o sensor de luminosidade (LDR). Este sensor, já citado no capítulo 2, é um componente eletrônico, cuja resistência varia de acordo com a intensidade da luz. Quando a energia luminosa incide sobre ele sua resistência elétrica diminui, conseqüentemente quando essa energia luminosa e cessada sua resistência elétrica aumenta.

Para conectar os componentes no *protoboard* é necessário que uma “perna” esteja no 5V do Arduino e a outra em algum pino analógico. Utiliza-se também de um resistor de 10k Ω com uma “perna” entre o sensor LDR e a outra no pino GND. Na Figura 36 podemos observar essa ligação.

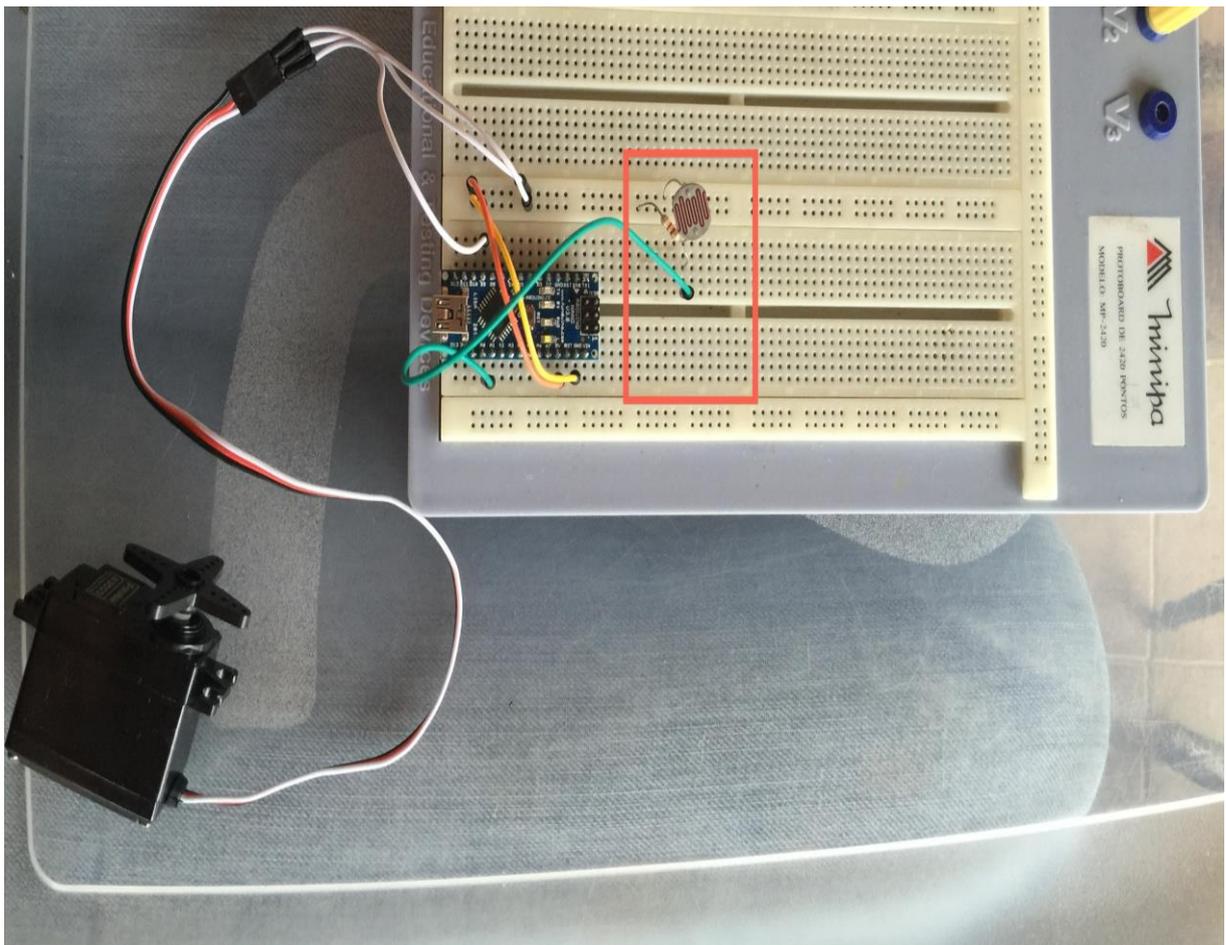


Figura 36 - Ligação LDR + Arduino
Fonte: Elaborada pela autora

Dependendo da incidência de luz avaliada a estufa irá se fechar ou abrir. Este movimento será realizado pelo servo motor também descrito no capítulo 2. O servo motor possui três pinos, VCC, GND e o pino digital. A ligação no Arduino é bem simples, conforme Figura 37.

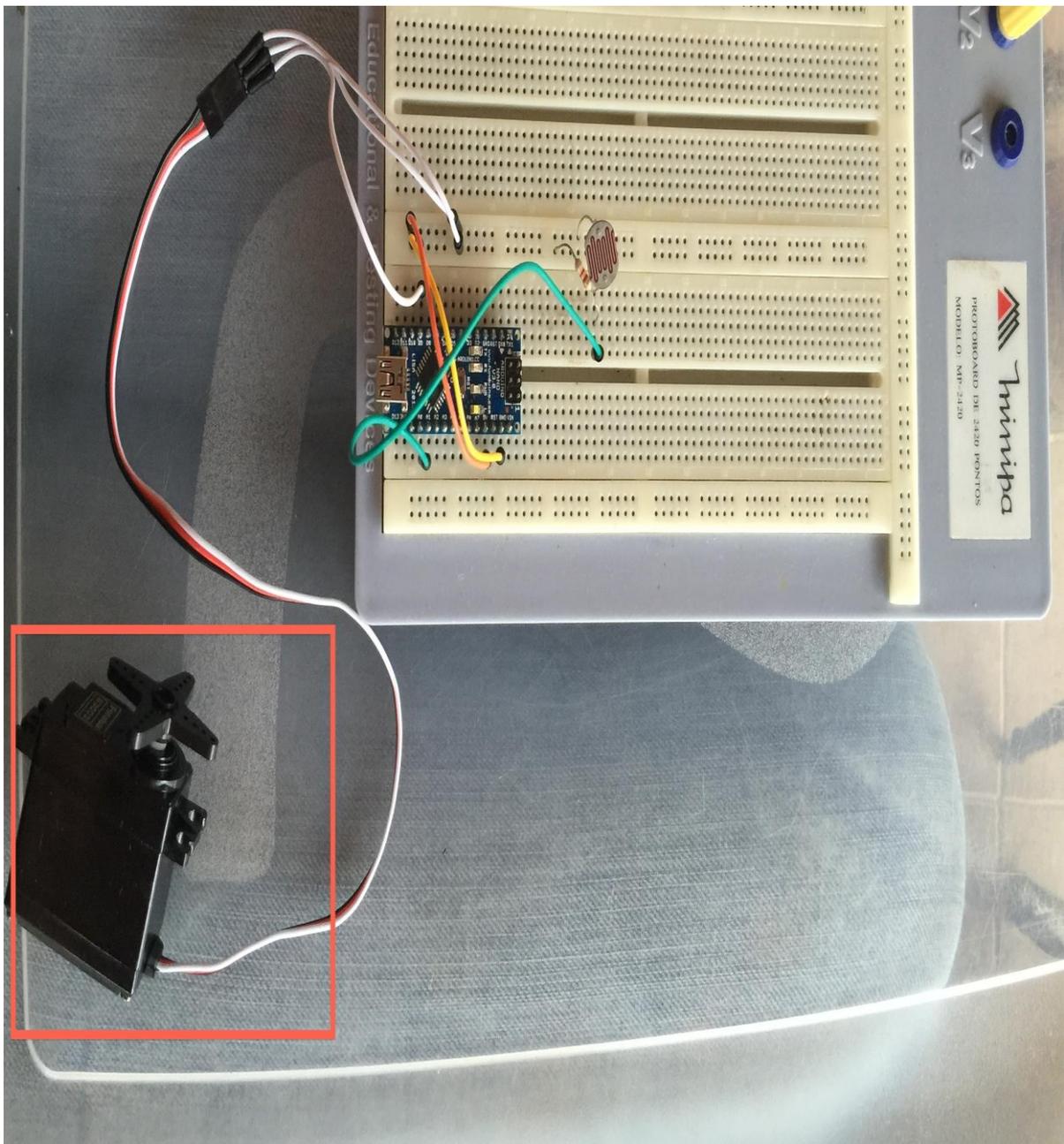


Figura 37 - Ligação Servo Motor + Arduino
Fonte: Elaborada pela autora

3.3.2 Desenvolvimento do Software

Para o desenvolvimento do Software da parte dois deste projeto é utilizada a plataforma Arduino, a mesma que é utilizada para a construção do Software do sistema de irrigação.

Nesta parte do projeto também é utilizada a estrutura void loop() e apenas uma biblioteca, a do servo motor Servo.h.

3.3.2.1 Código estufa

Para o desenvolvimento da estufa, é utilizado o sensor de luminosidade (LDR) e o servo motor. Basicamente o sensor irá captar a incidência de luz presente e irá se comunicar com o servo motor. Com isso a estufa estará automatizada.

A lista 4 representa o trabalho realizado pelo sensor de luminosidade que influenciará diretamente no servo motor.

```
#include <Servo.h> //Biblioteca do ServoMotor

Servo myservo; // Cria um Objeto MyServo

int ldrpin = 0; // Entrada Analogica do LDR

int val; // Variável que guardará as informacoes da entrada Analógica

void setup()

{

pinMode(A0, INPUT); Define pino do LDR, como uma Entrada

Serial.begin(9600); //Serial para depuração

myservo.attach(9); // Define pino 9, para utilizar no objeto (MyServo) criado anteriormente

}

void loop() //(loop do Programa)
```

```
{  
  
val = analogRead(A0); // Leitura do valor do ldr (entre 0 e 1023)  
  
Serial.println (val);  
  
val = map (val, 0, 1023, 0, 180); // Converte valores de 0 a 1023 em 0 a 180  
  
myservo.write(val); // Muda a posição do Servo  
  
delay(15); // Delay para esperar o servo mudar de posição  
  
}
```

3.4 Placas circuito elétrico

Todo o circuito do projeto montado no protoboard é passado para a placa de fenolite com o objetivo de torná-lo mais organizado. Na Figura 38, é apresentado o circuito que estará na plantação.

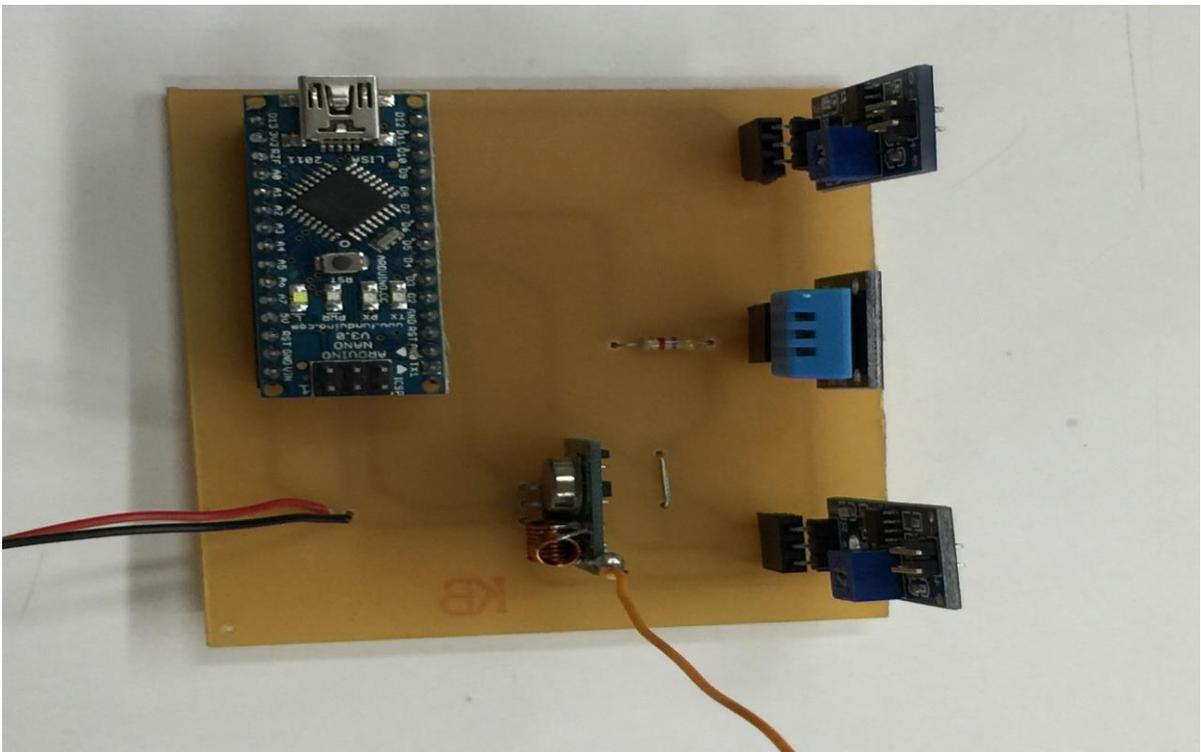


Figura 38 - Placa da plantação
Fonte: Elaborada pela autora

Na Figura 39, é apresentado o circuito que estará na casa de máquinas.

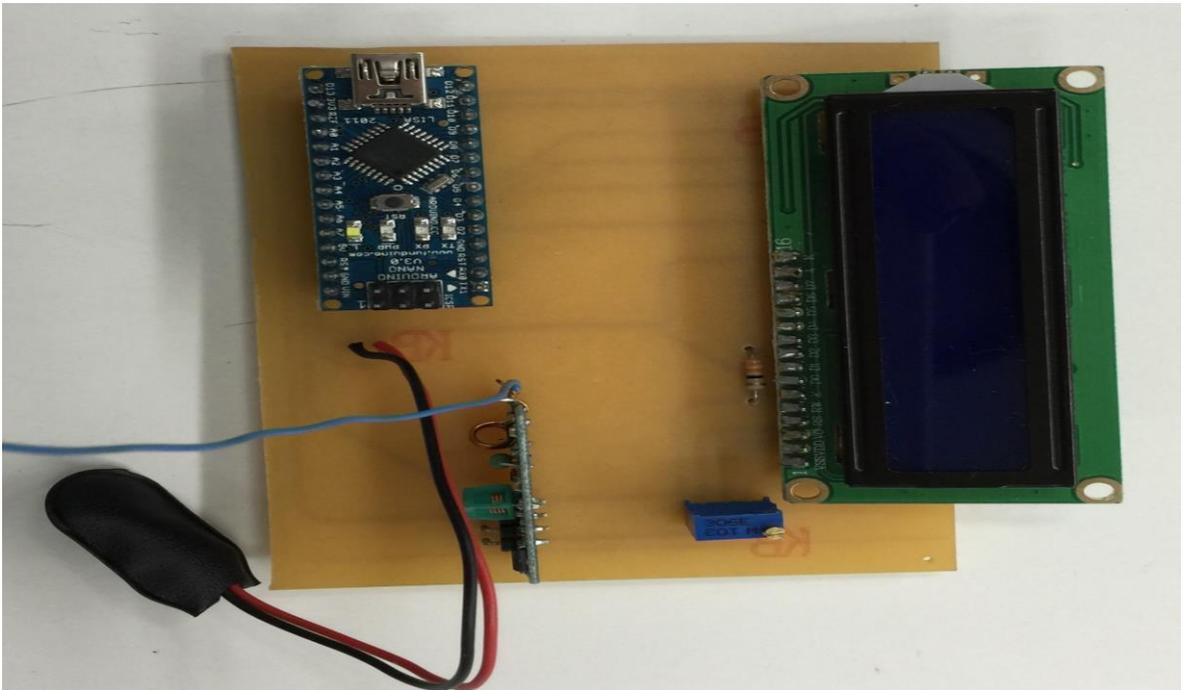


Figura 39 - Placa casa de máquinas
Fonte: Elaborada pela autora

Na Figura 40, é apresentado o circuito que estará na casa de bombas.

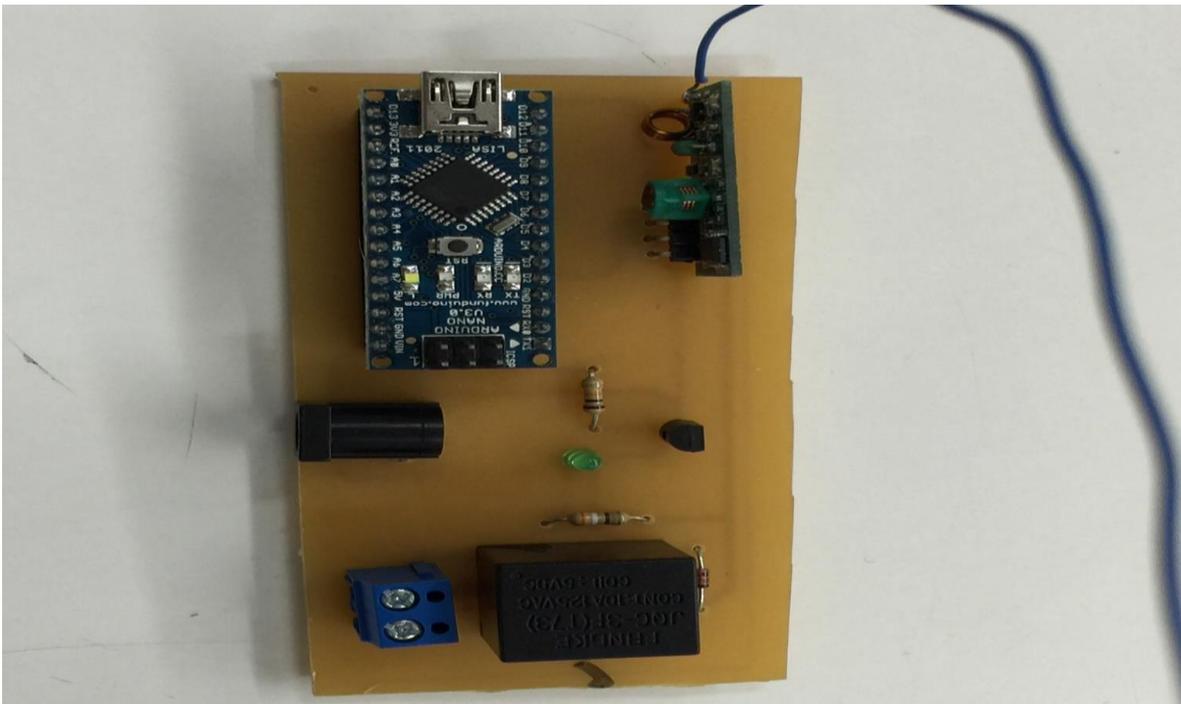


Figura 40 - Placa casa de bombas
Fonte: Elaborada pela autora

E a Figura 41 apresenta o circuito que vai realizar a abertura e/ou fechamento da estufa.

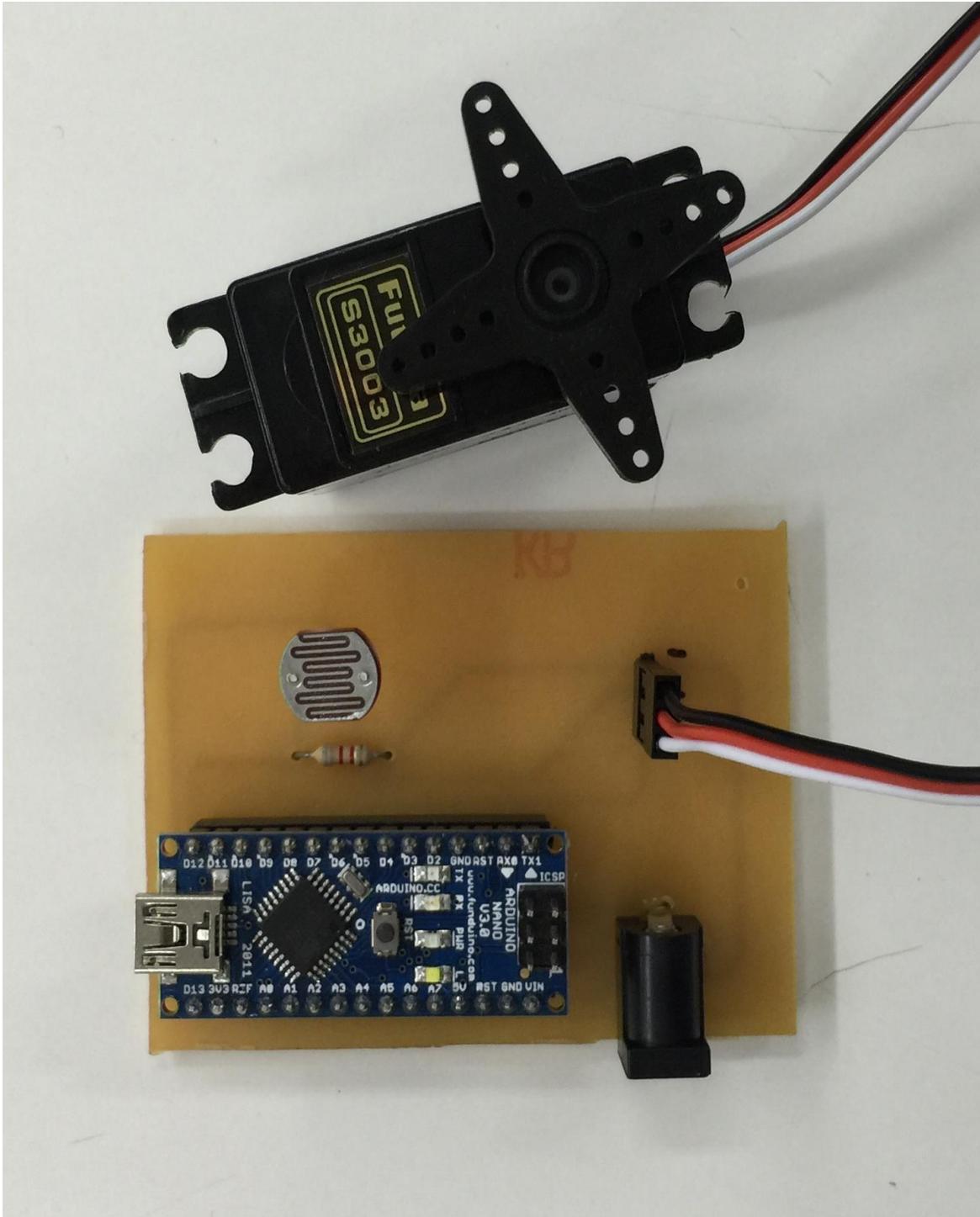


Figura 41 - Placa da estufa
Fonte: Elaborada pela autora

3.5 Protótipo final

Na elaboração do projeto, foi desenvolvido um protótipo em pequena escala, simulando uma plantação, onde é possível verificar as necessidades que o cultivo do morangueiro exige. Na Figura 42, pode-se observar a plantação, a bomba de irrigação e a estufa.

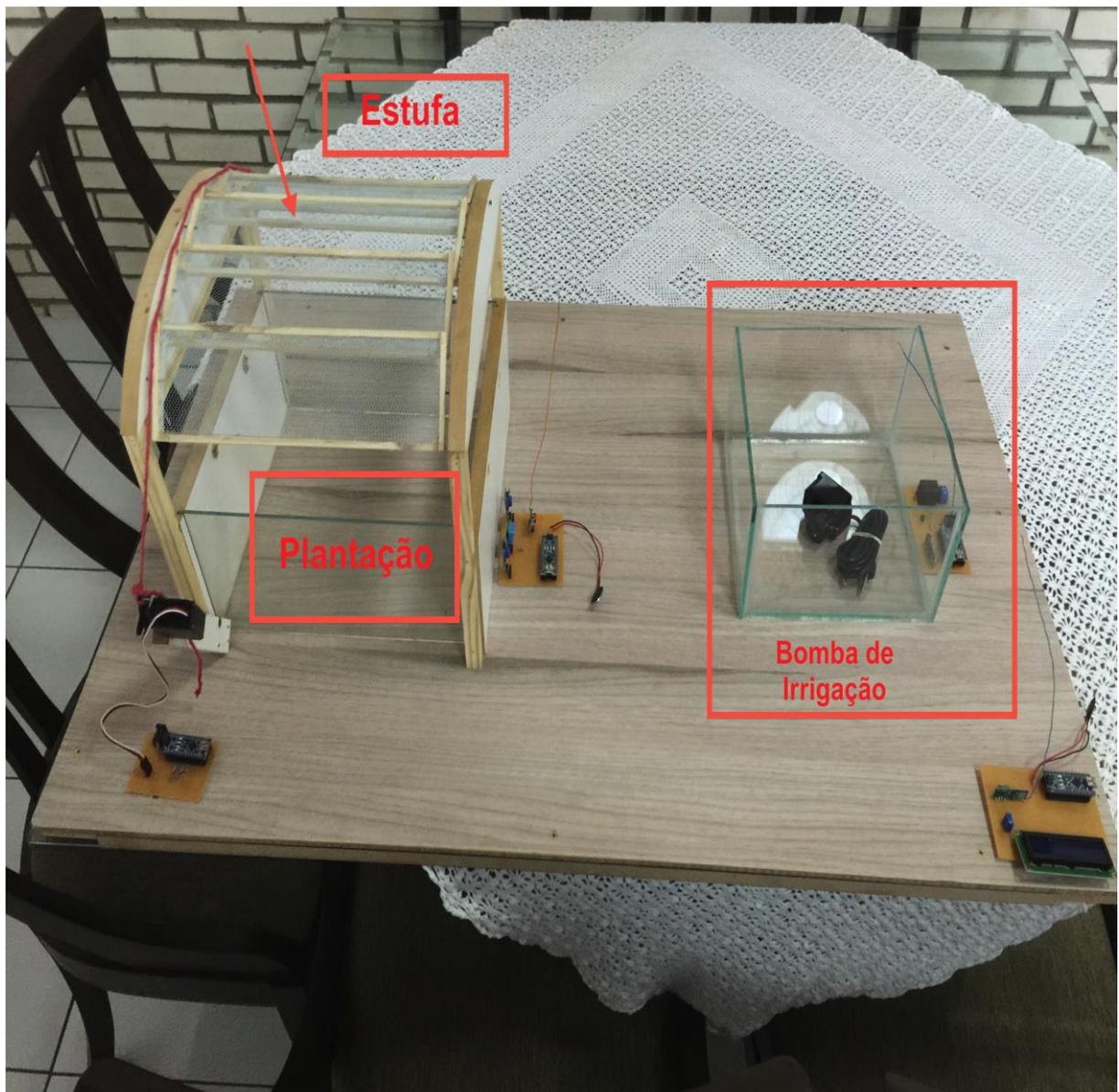


Figura 42 - Protótipo do projeto
Fonte: Elaborada pela autora

CAPÍTULO 4 – TESTES E RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados todos os resultados obtidos com a implementação do sistema de irrigação automatizada. Testaram-se todos os sensores utilizados, a comunicação via rádio frequência com o objetivo de avaliar se os mesmos apresentam resultados satisfatórios e se a comunicação está sendo feita de forma eficaz e sem falhas.

Esses testes tem o objetivo de avaliar todo o desempenho do projeto e analisar se tudo que foi proposto está sendo atendido.

4.1 Montagem do ambiente de teste

Conforme mencionado anteriormente o projeto foi dividido em duas partes, uma dedicada à coleta de dados da plantação e o outro acionamento e/ou fechamento da estufa. A Tabela 1 abaixo representa os itens necessários para a implementação do projeto e as funções de cada um.

Componentes	Função
Arduino NANO	Controle do Sistema
Sensor de Umidade de Solo	Realizar medição da umidade presente no cultivo
Sensor de temperatura (DHT11)	Realizar medição da temperatura presente no cultivo
Sensor de Luminosidade (LDR)	Verificar a incidência de Luz no cultivo
Servo Motor	Realizar abertura e/ou fechamento da estufa
Modulo Link de RF – 433MHZ	Realizar toda a comunicação dos sensores

Tabela 1 - Itens do projeto e suas funções
Fonte: Elaborada pela autora

4.1.1 Primeira parte do protótipo

Na primeira parte foram utilizados três protoboards para melhor visualização, um para a bomba, outro para a casa de máquinas e outro que ficará na plantação, com isso foram utilizados três arduinos, um para cada situação. Essa primeira parte é dedicada à coleta de dados da plantação. A placa que ficará na plantação está representada na Figura 43.

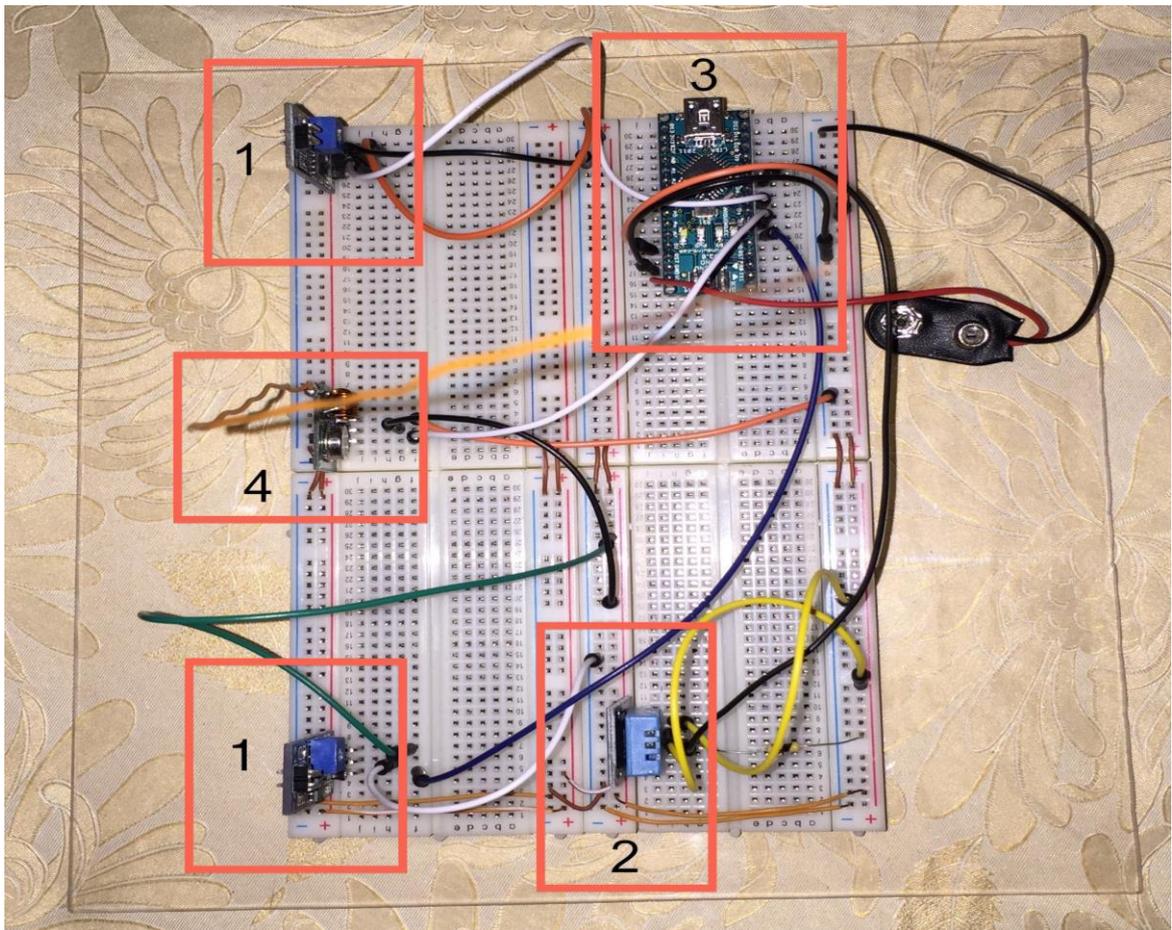


Figura 43 - Protótipo plantação
Fonte: Elaborada pela autora

Nessa placa temos os seguintes componentes:

- 1- Sensor de umidade do solo;
- 2- Sensor de temperatura;
- 3- Arduino NANO;
- 4- Módulo emissor de rádio frequência.

A placa da bomba está representada na Figura 44.

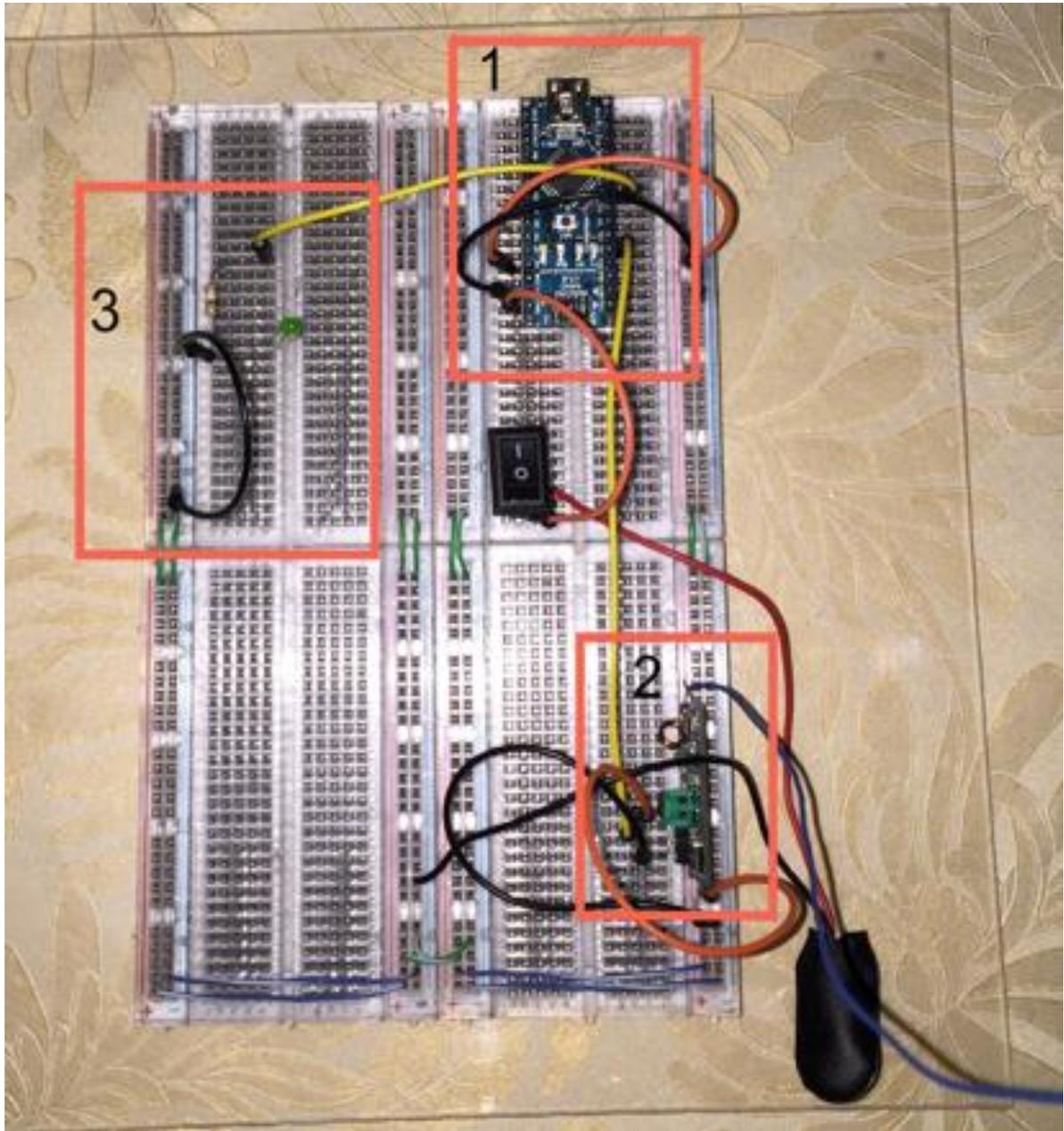


Figura 44 - Protótipo bomba
Fonte: Elaborada pela autora

Nessa placa temos os seguintes componentes:

- 1- Arduino NANO;
- 2- Modulo receptor de rádio frequência;
- 3- Módulo relé.

A placa da casa de máquinas está representada na Figura 45.

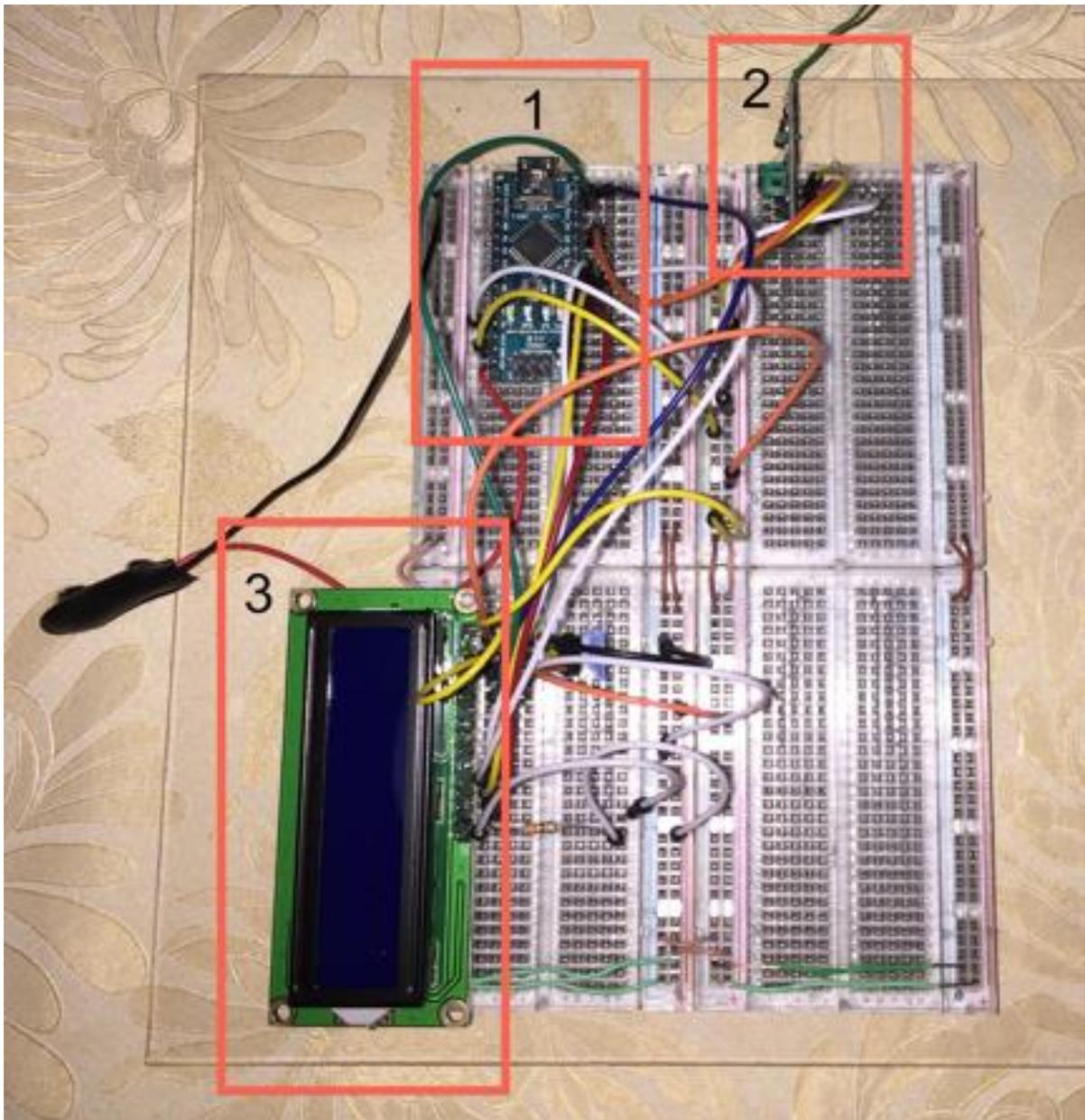


Figura 45 - Protótipo casa de máquinas
Fonte: Elaborada pela autora

Nessa placa temos os seguintes componentes:

- 1- Arduino NANO;
- 2- Modulo receptor de rádio frequência;
- 3- Display LCD.

4.1.2 Segunda parte do protótipo

Essa segunda parte é dedicada ao acionamento e/ou fechamento da estufa. É utilizado o sensor de luminosidade, servo motor e apenas um protoboard. A Figura 46 apresenta a placa da estufa.

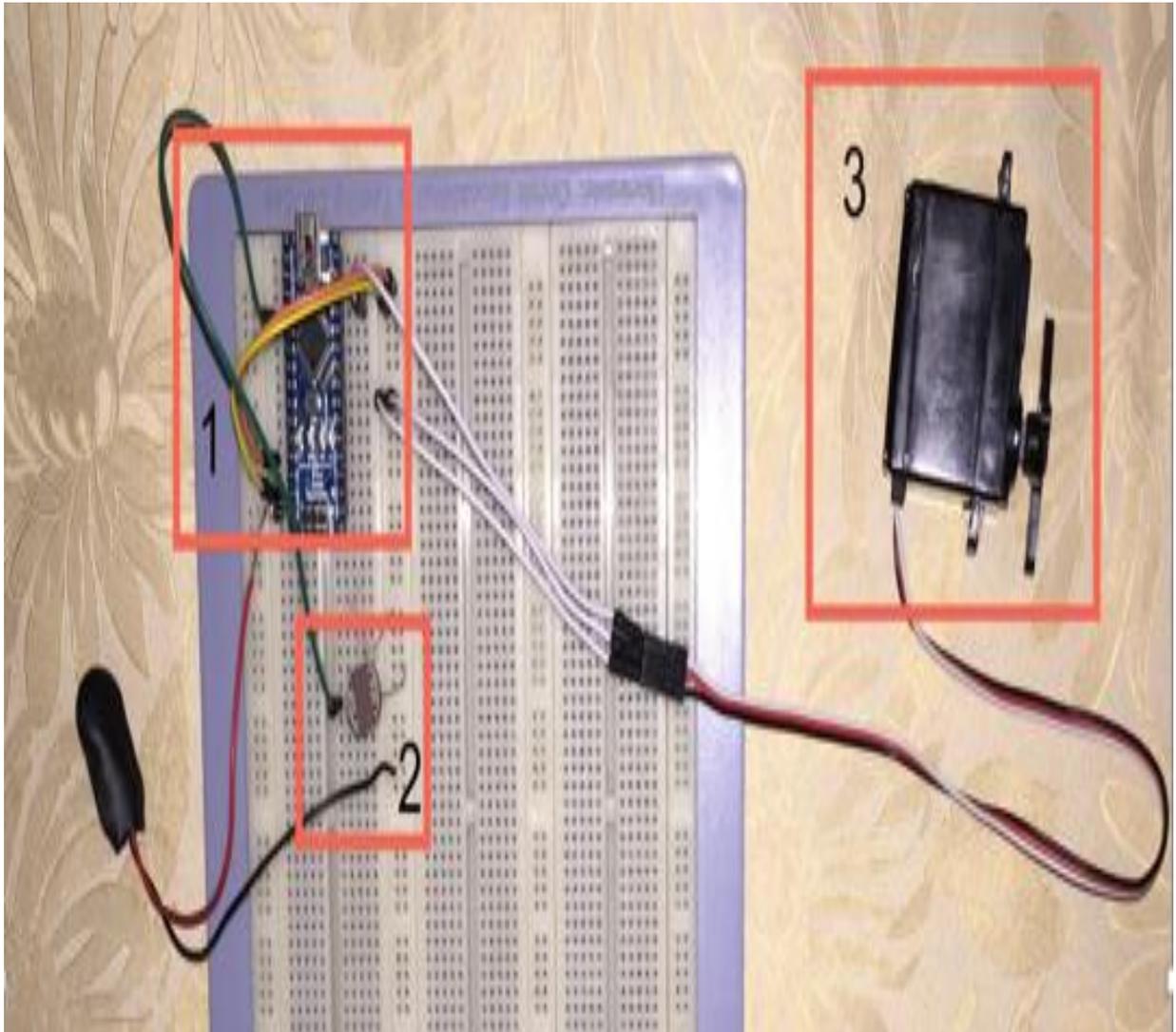


Figura 46 - Protótipo da estufa
Fonte: Elaborada pela autora

Nessa placa temos os seguintes componentes:

- 1- Arduino NANO;
- 2- Sensor de luminosidade;
- 3- Servo motor.

4.2 Testes dos componentes

4.2.1 Cenário 1

Neste cenário é testado o sensor de umidade de solo. O objetivo deste sensor é identificar se existe ou não umidade no solo, para isso foi utilizado o multímetro Minipa ET-2042, apresentado na Figura 47.



Figura 47 - Multímetro Minipa ET-2042
Fonte: Elaborada pela autora

Com esse teste, é identificada a variação da tensão presente no solo quando está seco e quando está úmido. No solo seco a tensão aferida é de 3,11 volts, conforme apresenta a Figura 48.

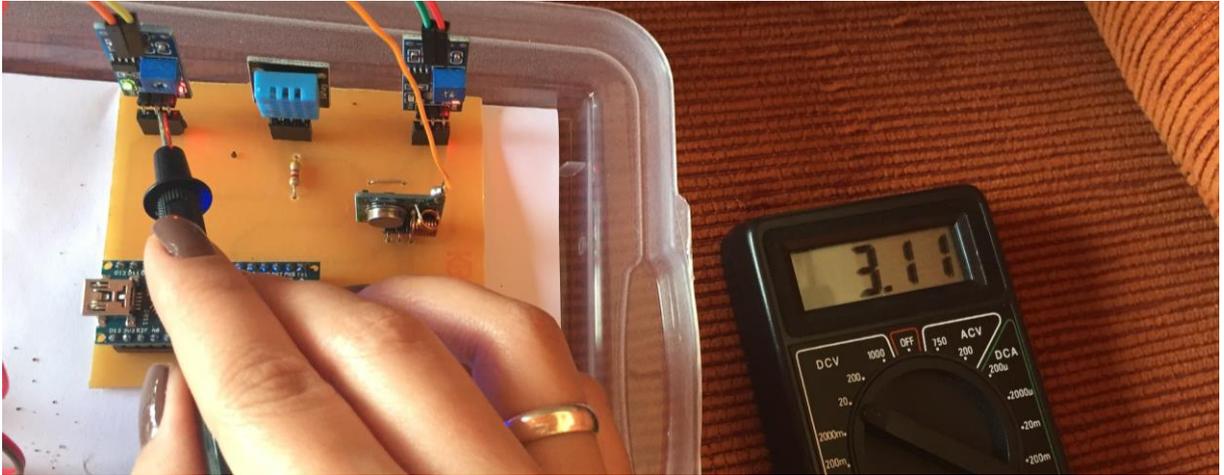


Figura 48 - Tensão solo seco
Fonte: Elaborada pela autora

E no solo úmido a tensão aferida é de 1,56 volts, conforme apresenta a Figura 49.

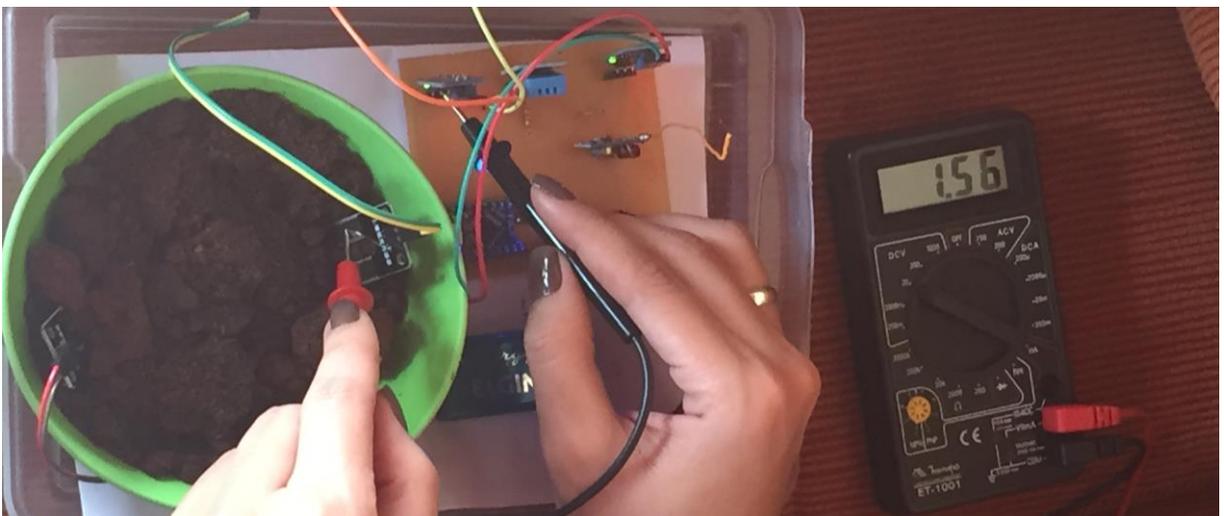


Figura 49 - Tensão solo úmido
Fonte: Elaborada pela autora

Nos testes o sensor de umidade de solo apresentou rápida resposta às situações, atendendo as necessidades do projeto. Quando o solo esta seco a saída do sensor fica em estado alto, e quando úmido em estado baixo.

4.2.2 Cenário 2

Neste cenário é testado o sensor de temperatura DHT11. Este sensor se comunica com o Arduino através do sinal digital. Possui um tempo de resposta mais lento que outros sensores, o seu tempo de atualização é de 5 segundos, para o projeto esse atraso é desprezível. Para a realização do teste é utilizado um ar-condicionado próximo ao sensor, simulando a variação da temperatura da plantação. Conforme Figura 50.

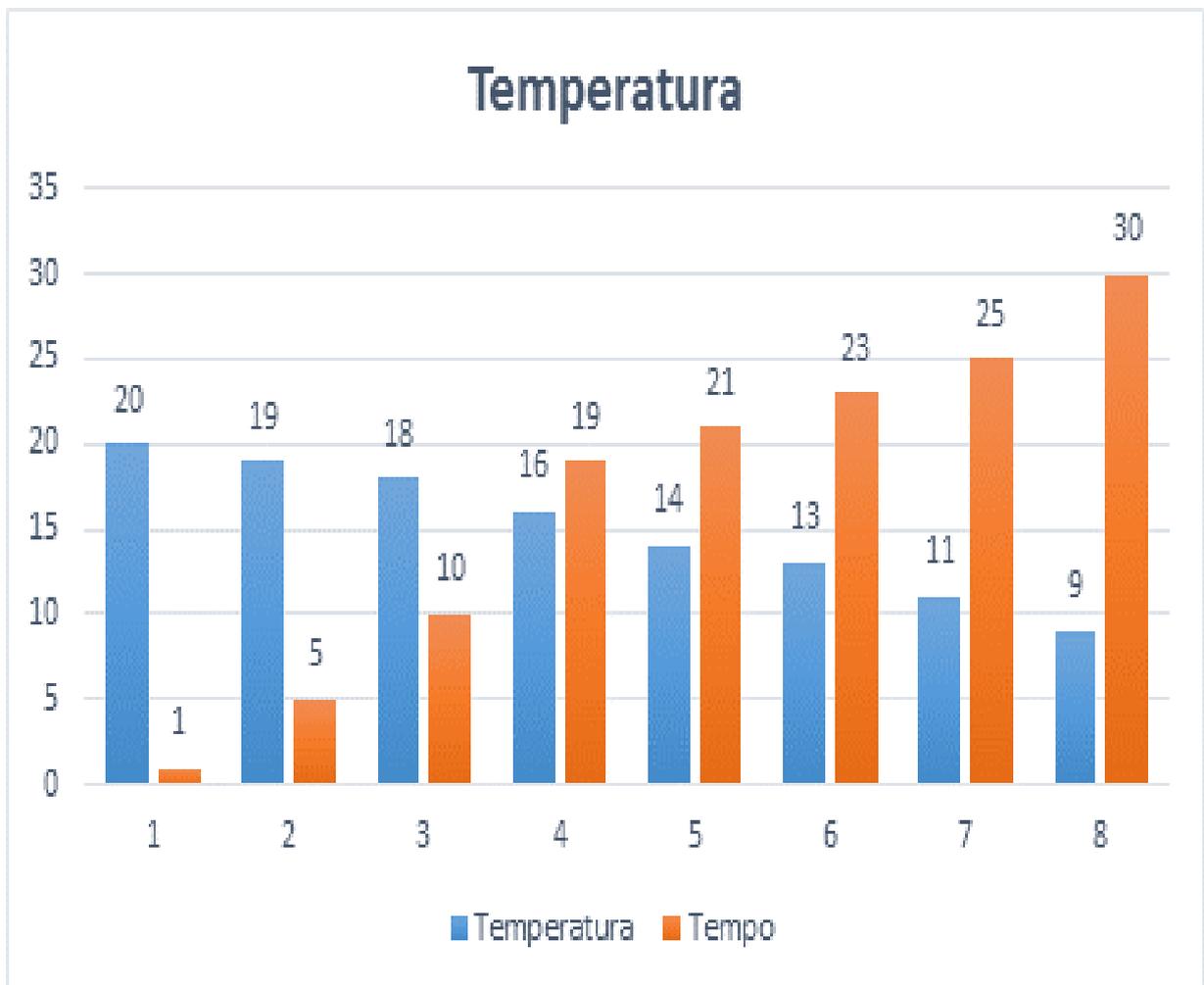


Figura 50 - Gráfico Temperatura X Tempo
Fonte: Elaborada pela autora

4.2.3 Cenário 3

No terceiro cenário, é testado o desempenho da rádio frequência. Para realizar os testes deste módulo, é necessário utilizar diversas barreiras para verificar se há perda de sinal e identificar qual o maior alcance que o módulo pode obter. Para analisar a frequência emitida pelo módulo é utilizado o analisador de espectro Agilent NB9320B, Figura 51.



Figura 51 - Analisador de espectro
Fonte: Elaborada pela autora

O módulo de rádio frequência é testado em três situações a primeira quando o módulo está bem perto do analisador, outra onde o módulo está a 60 metros de distância e outro com barreira.

Na Figura 52, é possível analisar o módulo quando o mesmo está bem próximo do analisador.

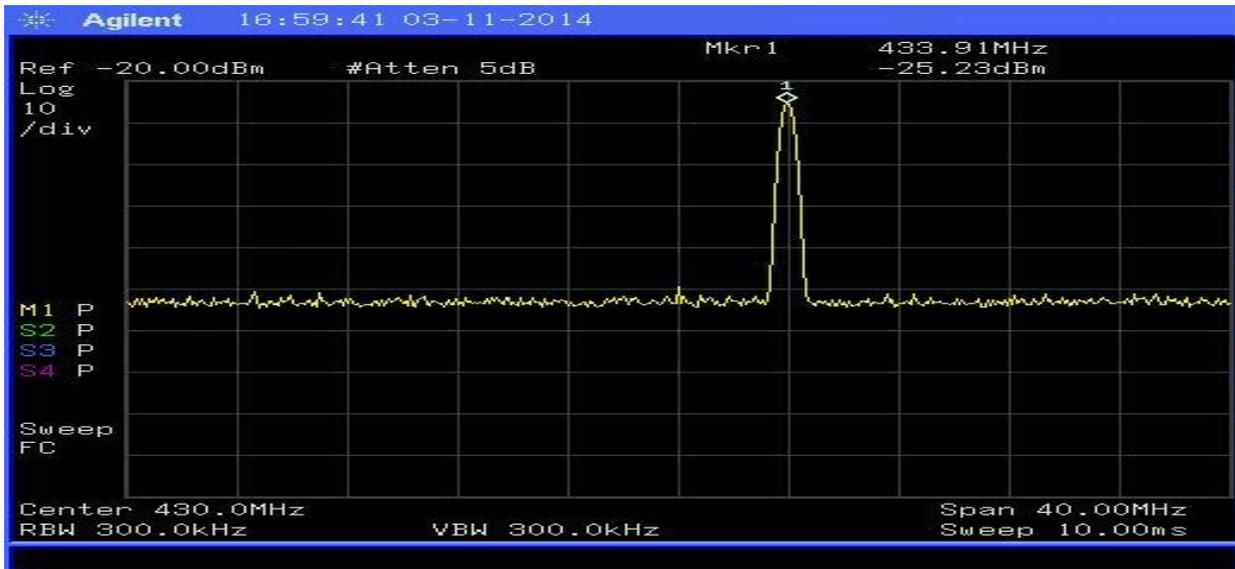


Figura 52 - Módulo sem barreira
Fonte: Elaborada pela autora

Na Figura 53, é apresentado o módulo quando mesmo está a 60 metros do analisador.

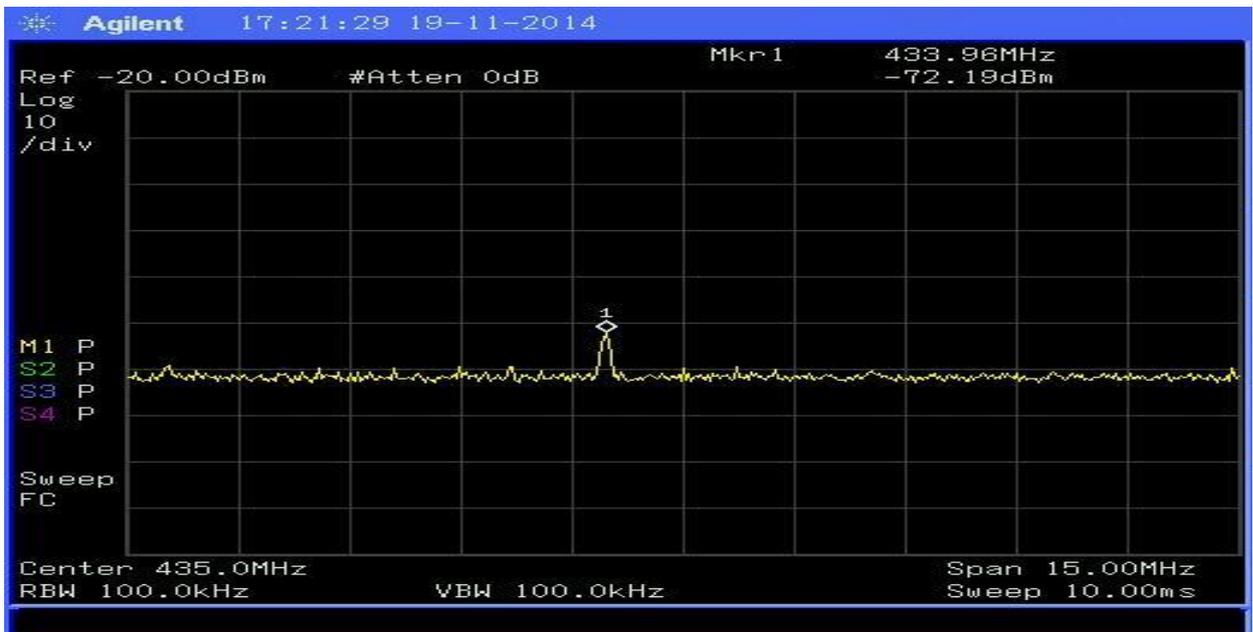


Figura 53 - Módulo com distância
Fonte: Elaborada pela autora

Na Figura 54, é apresentada a frequência do módulo com barreira.

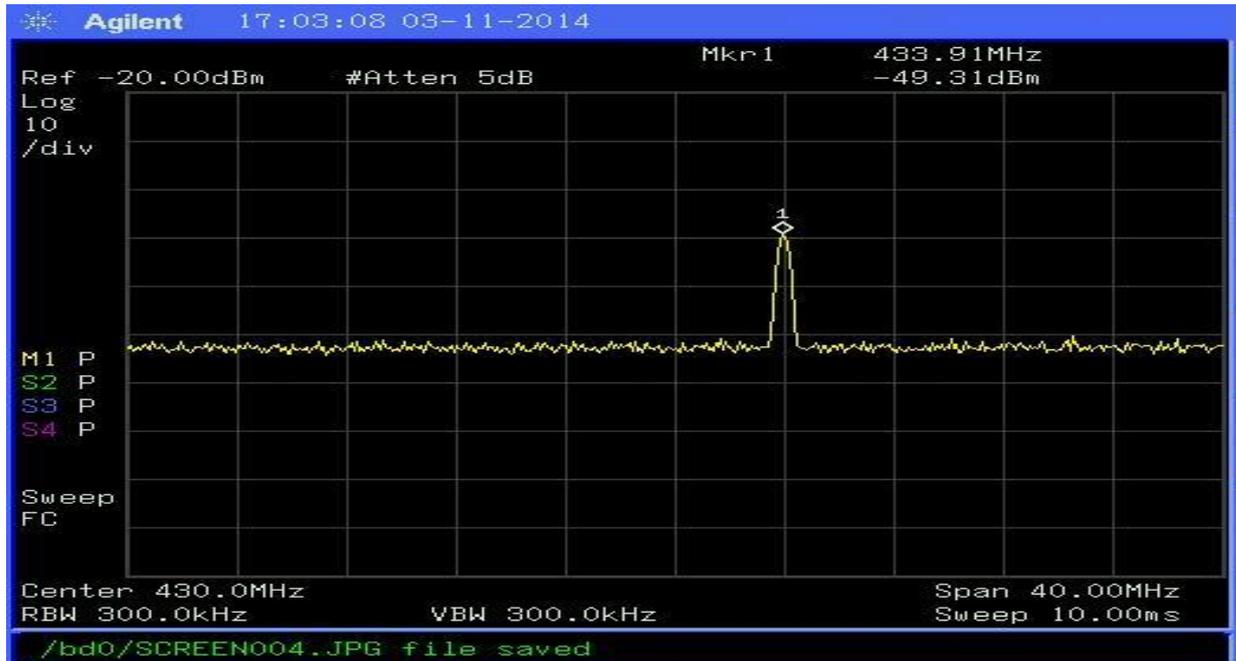


Figura 54 - Módulo com barreira
Fonte: Elaborada pela autora

Com isso são obtidos os seguintes resultados:

Com barreira	- 49,31 dBm
Sem barreira	- 25,23 dBm
Com distância	- 72,19 dBm

Tabela 2 - Medições rádio frequência em DBM
Fonte: Elaborada pela autora

O sensor trabalha em uma frequência de 433 Mhz, e os resultados obtidos são bem aceitáveis uma vez que os resultados estão dentro do esperado de acordo com o fabricante. A potência do módulo é emitida em dBm, com isso podemos calcular a potência absoluta (miliwatts) com a aplicação da equação, demonstrada abaixo:

$$Pd_{Bm} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{mW}}{1mW} \right)$$

Assim obtemos os seguintes valores:

Com barreira	$10^{-8}W$
Sem barreira	$10^{-5}W$
Com distância	$10^{-10}W$

Tabela 3 - Medições rádio frequência em potência
Fonte: Elaborada pela autora

4.2.4 Cenário 4

No quarto cenário é testado o sensor de luminosidade LDR. Para realizar os testes nesse sensor, é necessário utilizar o luxímetro Minipa MLM-1011, que é capaz de medir o nível de iluminação no ambiente. O mesmo está representado na Figura 55.

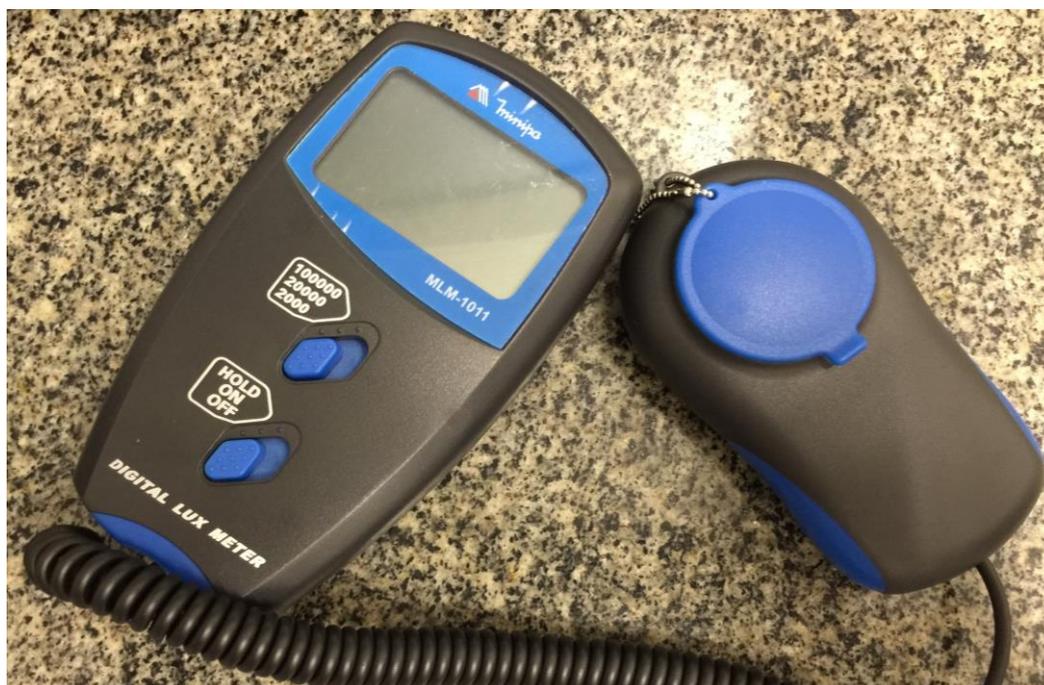


Figura 55 - Luxímetro
Fonte: Elaborada pela autora

É utilizado também o Multímetro Minipa ET-2042, para aferir a tensão do sensor em de acordo com a intensidade de luz aplicada.

Para a realização dos testes são utilizadas diferentes intensidades de luz, uma lâmpada de Led de 3 watts, de 60 watts incandescente, de 100 watts incandescente, de 20 watts econômica, no tempo ensolarado e no tempo nublado. Na lâmpada de led foi apurado 411 lux, conforme Figura 56.



Figura 56 - Lâmpada de Led 3 watts
Fonte: Elaborada pela autora

E uma tensão de 0,99 volts, conforme Figura 57.



Figura 57 - Tensão lâmpada de Led
Fonte: Elaborada pela autora

Na lâmpada de 60 watts, foi apurado 151x10 lux, conforme a Figura 58.



Figura 58 - Lâmpada de 60 watts
Fonte: Elaborada pela autora

E uma tensão de 0,27 volts, conforme a Figura 59.



Figura 59 - Tensão lâmpada de 60 watts
Fonte: Elaborada pela autora

Na lâmpada de 100 watts foi apurado 293x10 lux, conforme a Figura 60.



Figura 60 - Lâmpada de 100 watts
Fonte: Elaborada pela autora

E uma tensão de 0,24 volts, conforme a Figura 61.



Figura 61 - Tensão lâmpada de 100 watts
Fonte: Elaborada pela autora

E na lâmpada de 20 watts econômica foi apurado 437 lux, conforme a Figura 62.



Figura 62 - Lâmpada de 20 watts
Fonte: Elaborada pela autora

E uma tensão de 0,64 volts, conforme Figura 63.



Figura 63 - Tensão lâmpada de 20 watts
Fonte: Elaborada pela autora

No tempo ensolarado foi apurado 616 lux, conforme a Figura 64.

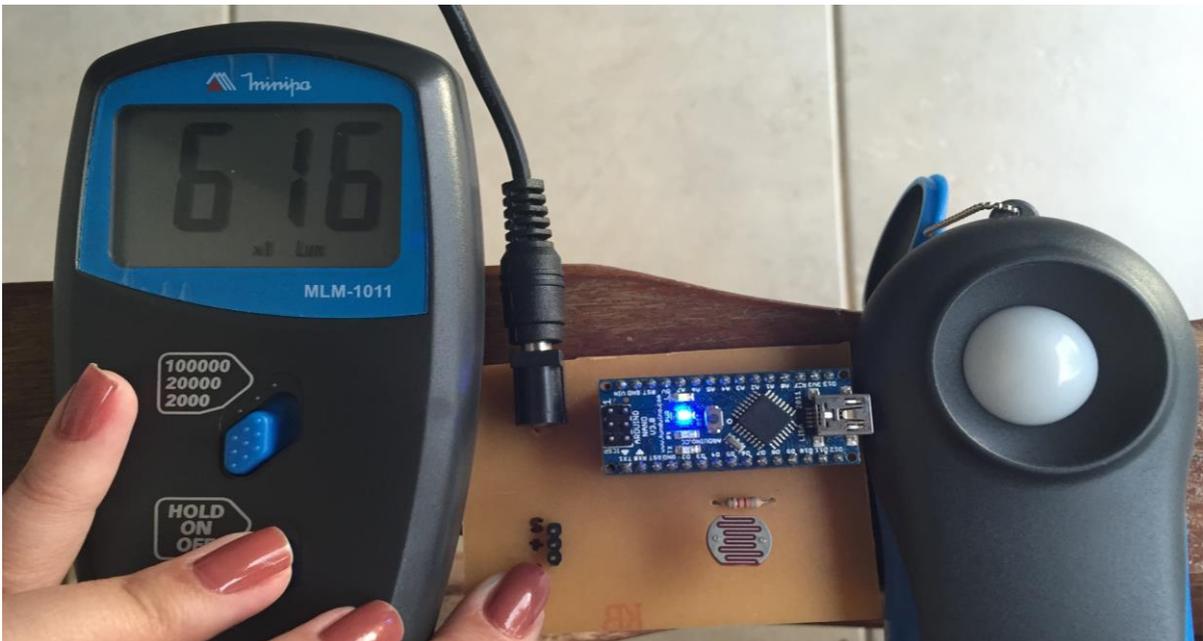


Figura 64 - Tempo ensolarado
Fonte: Elaborada pela autora

E uma tensão de 0,33 volts, conforme a Figura 65.

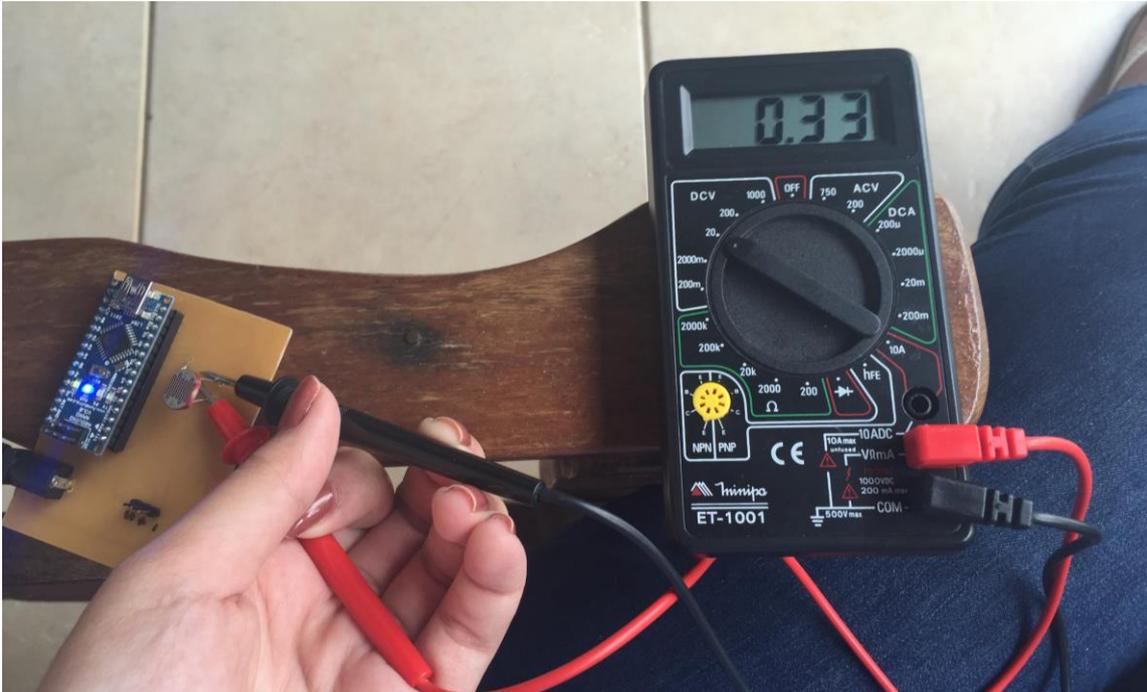


Figura 65 - Tensão no Tempo ensolarado
Fonte: Elaborada pela autora

No tempo nublado foi apurado 356 lux, conforme a Figura 66.

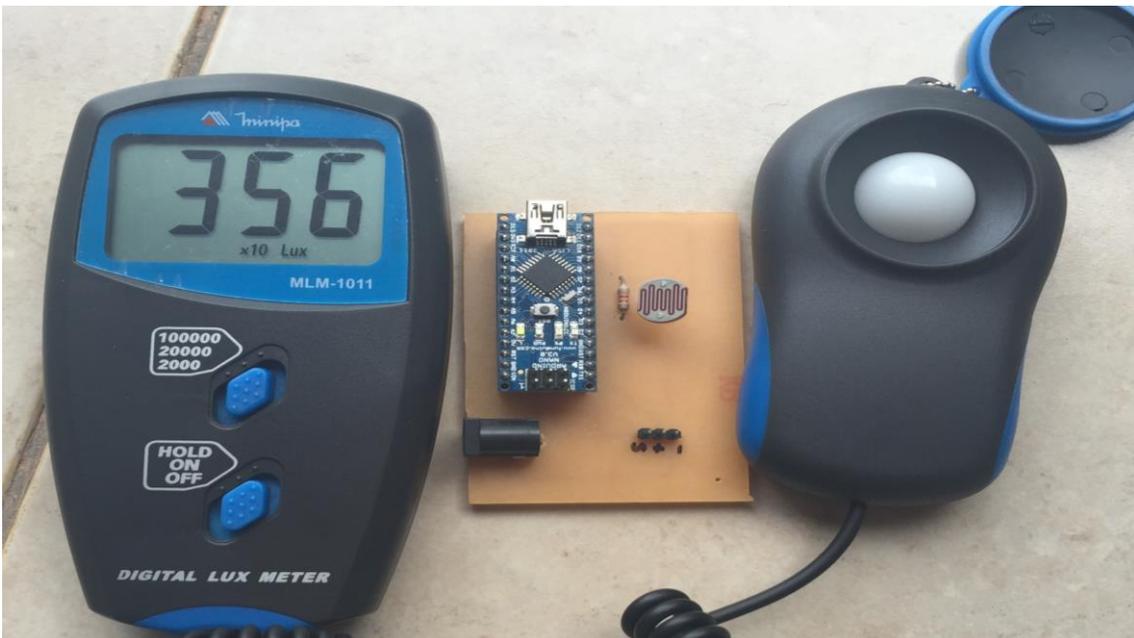


Figura 66 - Tempo nublado
Fonte: Elaborada pela autora

E uma tensão de 0,60 volts, conforme a Figura 67.



Figura 67 - Tensão no Tempo nublado
Fonte: Elaborada pela autora

Com isso são obtidos os seguintes resultados:

<u>LÂMPADA</u>	<u>LUX</u>	<u>TENSÃO</u>
3 watts led	411 lux	0,99 volts
60 watts	151 x 10 lux	0,27 volts
100 watts	293 x 10 lux	0,24 volts
20 watts	437 lux	0,64 volts
Ensolarado	616 lux	0,33 volts
Nublado	356 lux	0,60 volts

Tabela 4 - Medições do sensor de luminosidade
Fonte: Elaborada pela autora

4.3 Característica técnica do produto

O projeto proposto é um sistema de irrigação automatizado, onde sensores verificam a temperatura e umidade presentes na plantação, e de acordo com a necessidade do cultivo a bomba de irrigação é acionada e/ou desligada. Existe também a preocupação em relação às mudanças climáticas, por isso o sistema foi equipado com uma estufa automatizada, que abre e/ou fecha de acordo com as necessidades da plantação.

O principal objetivo do projeto é atender as necessidades do pequeno agricultor na implantação de tecnologia de forma eficaz, simples e de custo acessível.

Na elaboração do projeto foram realizadas diversas medições, com o objetivo de verificar as características elétricas do protótipo final. Na Tabela 5, pode-se verificar as medições do circuito instalado em campo.

Sensor	Potência	Corrente	Tensão
Umidade do Solo	20,5mW	4,1mA	5 volts
DHT11	265uW	53uA	5 volts
Display LCD com backlight	99mW	19,8mA	5 volts
Arduino	121,5mW	24,3mA	5 volts

Tabela 5 - Principais características elétricas circuito instalado em campo

Fonte: Elaborada pela autora

Na tabela 6 as medições do circuito da estufa.

Sensor	Potência	Corrente	Tensão
LDR	3mW	0,60mA	5 volts

Tabela 6 - Principais características elétricas circuito estufa

Fonte: Elaborada pela autora

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

A agricultura é muito importante para o país, é dela que a maior parte dos pequenos agricultores obtém seu sustento. Pensando nisso, este projeto visa atender a requisitos fundamentais como a simplicidade, qualidade e custo acessível.

O projeto tem como finalidade realizar um sistema de irrigação automatizado no cultivo de morangos aplicado aos pequenos agricultores. Toda a comunicação do projeto é realizada através da rádio frequência, possibilitado assim um alcance maior.

Foi desenvolvido um Software em linguagem C, para utilização do controle do Arduino e construído um protótipo simulando uma plantação, onde é possível visualizar toda a estrutura pretendida pelo projeto e suas funcionalidades. O circuito desenvolvido é capaz de realizar as medições de umidade e temperatura proporcionando assim os controles do microcontrolador.

Para a construção do protótipo foram desenvolvidos quatro circuitos, cada um com sua funcionalidade, um depende da atuação do outro, e para isso foi necessário utilizar algum meio de comunicação entre eles, visto que os mesmos estão em distâncias consideráveis uns dos outros. Para isso a rádio frequência foi escolhida, pois ela possui um maior alcance comparado aos demais meios de comunicação existentes.

O sistema proposto foi submetido a diversos testes onde é possível verificar o controle do arduino nos sensores, bem como a leitura dos sensores quando submetidos a diversas aplicações e a comunicação via rádio frequência. Em todos os testes submetidos o sistema funcionou corretamente, atendendo assim o propósito inicial.

O sistema projetado informa a partir do dado captado pelos sensores, a temperatura e umidade presentes na plantação. Com isso o pequeno agricultor poderá sempre verificar em que estado se encontra seu cultivo. Essas informações são de grande importância para o pequeno agricultor, uma vez que o mesmo não precisará se deslocar até a plantação para analisar se é necessário ou não realizar a irrigação do seu cultivo.

Conclui-se que o objetivo de implementar um sistema de irrigação automatizado a custos acessíveis para os pequenos agricultores foi realizado com sucesso. O sistema construído é de fácil manejo e realiza todas as funções necessárias para que o cultivo seja sempre irrigado de forma eficaz, ou seja, sem desperdícios e de forma que não haja dano à plantação. Todas as funções inicialmente propostas funcionaram conforme esperado, dessa forma o projeto proporciona vários benefícios aos pequenos agricultores, como mais tranquilidade ao iniciar seu cultivo, melhor utilização dos recursos naturais, evitando desperdícios e a diminuição de gastos com mão de obra.

5.1 Trabalhos futuros

O projeto desenvolvido atendeu todas as necessidades propostas de criar um sistema de irrigação capaz de ser acionado e/ou desligado de acordo com o cultivo escolhido. Ainda assim, o projeto poderá ser melhorado, a partir das seguintes implementações:

1. Utilizar como sensor de temperatura o DHT22, pois o mesmo possui uma melhor precisão de leitura e tem uma maior eficiência no envio de informações.
2. Aplicar o sistema proposto em grande escala, aumentando assim a quantidade dos sensores utilizados, verificando se o sistema atende todas as necessidades exigidas do cultivo a ser desenvolvido e se a rádio frequência é capaz de realizar a comunicação em grande escala.
3. Com o grande crescimento da tecnologia é possível criar uma aplicação para celular, onde o agricultor possa acionar e/ou desligar a irrigação via celular caso o mesmo queira. E que também sejam instaladas câmeras em toda a plantação, possibilitando assim que o agricultor acompanhe seu cultivo e veja o que está sendo feito nele.

4. Realizar a irrigação com a reutilização da água da chuva, contribuindo assim com o meio ambiente.
5. Pesquisar um sensor de umidade de solo mais eficaz e que possua uma melhor performance.

REFERÊNCIAS

AGRICULTURA. In: **WIKIPÉDIA**: a enciclopédia livre. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Agricultura>>. Acesso em: 6 set. 2014.

AGRICULTURA no Brasil. In: **WIKIPÉDIA**: a enciclopédia livre. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Agricultura_no_Brasil>. Acesso em: 6 set. 2014.

ANTUNES, Luiz Eduardo Corrêa et al. **Sistema de produção do morango**: cultivo protegido. Pelotas: Embrapa Clima temperado, 2005. (Sistemas de Produção; 5). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap09.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

ARDUINO.CC. Disponível em: <<http://Arduino.cc>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

BANZI, M. **Primeiros Passos com o Arduino**. São Paulo: [s.n.], 2012.

BASCONCELLO FILHO, Daniel O. **Curso de Arduino**: aula 2 - o Hardware do Arduino. Disponível em: <http://www.robotizando.com.br/curso_arduino_Hardware_pg1.php>. Acesso em: 2 set. 2014.

_____. **Curso de Arduino**: aula 3 - o Software do arduino. Disponível em: <http://www.robotizando.com.br/curso_arduino_Software_pg2.php>. Acesso em: 2 set. 2014.

BERNARDI, João et al. **Sistema de produção de morango para mesa na Região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste**: plantio. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. (Sistemas de Produção; 6). Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/MesaSerraGaucha/plantio.htm>>. Acesso em: 04 set. 2014.

BOSCH, R. **Manual de Tecnologia Automativa**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

BRAGA, Marcos Brandão. **Sistema de produção de melão**: irrigação, fertirrigação, tipos de injetores, injetor elétrico de fertilizantes, compatibilidade de fertilizantes. Embrapa Semiárido, 2010. (Sistemas de Produção; 5). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melao/SistemaProducaoMelao/irrigacao.html>>. Acesso em: 04 set. 2014.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (São Paulo). **O problema da escassez de água no mundo**. [20--]. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/água/Águas-Superficiais/37-O-Problema-da-Escassez-de-Água--no-Mundo>>. Acesso em: 9 set. 2014.

DIAS, Mário Sérgio Carvalho. **Fisiologia e fenologia do morangueiro**. Pouso Alegre: Núcleo Tecnológico EPAMIG Batata e Morango, 2013. Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/eventos/2011/pimo/palestras/20111109/fisiologia_fenologia.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2014.

DISPLAY LCD. Disponível em: <<http://www.huinfinito.com.br/displays/789-display-cristal-liquido-lcd-16x02-az-br.html>>. Acesso em: 4 set. 2014.

FRANQUEZ, Gustavo Giménez. **Seleção e multiplicação de clones de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. 2008. 118 f. Tese (Doutorado) - Doutorado em Agronomia, Departamento de Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_arquivos/4/TDE-2008-05-26T164616Z-1548/Publico/GUSTAVOFRANQUEZ.pdf>. Acesso em: 1 set. 2014.

FREITAS, Eduardo de. **Importância dos pequenos produtores no Brasil**. [20--]. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/brasil/importancia-dos-pequenos-produtores-no-brasil.htm>>. Acesso em: 5 set. 2014.

GLOCK, C. Todo poder aos pequenos produtores. **Revista Vida Simples**, 2009. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/conteudo_470484.shtml>. Acesso em: 11 set. 2014.

HOFFMANN, Alexandre; BERNARDI, João. **Produção de morango no sistema semi-hidropônico**: introdução. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. (Sistemas de Produção; 15). Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/MorangoSemiHidroponico/>>. Acesso em: 05 set. 2014.

HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

IRRIGAÇÃO. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Irriga%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 11 set. 2014.

LUCIETTI, Donato. **Irrigação das hortaliças**: cultivo orgânico. Santa Catarina, 2014. Disponível em: <<http://cultivehortaorganica.blogspot.com.br/2014/01/irrigacao-das-hortalicas.html>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

MARQUELLI, Waldir Aparecido; SILVA, Henoque Ribeiro da. **Irrigação**. [20--]. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pimenta/arvore/CONT000gn0jdxdz02wx5ok0liq1mq926zwu.html>>. Acesso em: 11 set. 2014.

MARQUELLI, Waldir Aparecido; SILVA, Washington L. C.. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. 2. ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011. 22 p. (Circular técnica; 98). Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/bbeletronica/2011/ct/ct_98.pdf>. Acesso em: 3 set. 2014.

MATHIAS, João; PASSO, Francisco Antônio. Como plantar morango. **Revista Globo Rural**. 2013. Disponível em: <http://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/como_plantar/noticia/2013/12/como-plantar-morango.html>. Acesso em: 5 set. 2014.

MCCROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2012.

MÓDULO Link de rádio frequência. Disponível em: <http://blog.filipeflop.com/wireless/modulo-rf-transmissor-receptor-433mhz-arduino.html>>. Acesso em: 1 set. 2014.

MÓDULO Relé. Disponível em: <<http://www.labdegaragem.org/loja/modulo-rele-10a.html>>. Acesso em: 1 set. 2014.

MONK, S. **Programação com arduino - começando com sketches**. Porto Alegre: [s.n.], 2013.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. São Paulo: Pearson, 2006.

PAULA, Júnio Vitor de; SILVA, Gabriel da. Proposta e desenvolvimento de um sistema de controle de baixo custo para irrigação automatizada. In: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFMG - CAMPUS BAMBUÍ, 2., 2009, Bambuí, Mg. **[Anais...]**. Bambuí: IFMG, 2009. p. 1 - 5. Disponível em: <<http://www.cefetbambui.edu.br/sct/trabalhos/Informação e Comunicação/167-CO-5.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2014.

REISSER JÚNIOR, Carlos; ANTUNES, Luis Eduardo Correa. Manejo de irrigação por gotejamento no morangueiro. **Campo & Negócios**, v. 8, n. 93, p. 60-62, fev. 2013. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79209/1/Reisser-Campo-negocio-HF-fev13.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2014.

ROBÓTICA Móvel com Scratch: preparando seu PC linux, seu arduino e seu scratch para comunicarem sem fio via Bluetooth. Disponível em: <http://www.computacaonaescola.ufsc.br/?page_id=604>. Acesso em: 1 set. 2014.

ROMANINI, Carlos E. B. et al. Desenvolvimento e simulação de um sistema avançado de controle ambiental em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.11, p. 1194, nov. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662010001100009&script=sci_arttext>. Acesso em: 3 set. 2014.

SANHUEZA, Rosa Maria Valdebenito et al . **Sistema de produção de morango para mesa na Região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste**: importância da cultura. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. (Sistemas de Produção; 6). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MesaSerraGaucha/importancia.htm>>. Acesso em: 4 set. 2014.

SANTOS, Alverides Machado dos; MEDEIROS, Antônio Roberto Marchese de. **Sistema de produção do morango**: implantação da cultura. Pelotas: Embrapa Clima temperado, 2005. (Sistemas de Produção; 5). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/ca p03.htm>>. Acesso em: 5 set. 2014.

SANTOS, Alverides Machado dos; MEDEIROS; Antônio Roberto Marchese de ; WREGGE, Marcos Silveira. **Sistema e Produção de Morango**: irrigação e fertilização. Pelotas: Embrapa Clima temperado, 2005. (Sistemas de Produção; 5). Disponível em: <<http://sistemadeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap10.htm>>. Acesso em: set 2014.

SENSOR de luminosidade – LDR. Disponível em: < <http://www.huinfinito.com.br/sensores-luz-fotoeletricos/416-fotocelula-ldr-10mm.html>>. Acesso em: 4 set. 2014.

SENSOR de umidade do solo. Disponível em: < <http://www.huinfinito.com.br/modulos/921-modulo-sensor-de-umidade-do-solo.html>>. Acesso em: 4 set. 2014.

SENSOR de umidade e temperatura DHT11. Disponível em: < <http://www.huinfinito.com.br/sensores/467-modulo-sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11.html> >. Acesso em: 4 set. 2014.

SERVOMOTOR. Disponível em: <<http://www.huinfinito.com.br/motores/885-servo-motor-futaba-38g-s3003-standard.html>>. Acesso em: 4 set. 2014.

SILVA, Danielle et al. Controle automático da umidade do solo com energia solar para pequenos produtores. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 6.; 2013, Corumbá, MS. **Desafios e soluções para o Pantanal**. [S. l.: s. n.], 2013. p. 1 - 5. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/93857/1/RE06.pdf>>. Acesso em: 1 set 2014.

SILVA, Joao Manoel Gomes da. **Representação Matemática do Sistema**. Disponível em: <<http://www.ece.ufrgs.br/~jmgomes/pid/Apostila/apostila/node7.html>> Acesso em: 30 de set. 2014.

SOUZA, Fábio. **Arduino – primeiros passos**. 2013. Disponível em: <http://www.embarcados.com.br/arduino-primeiros-passos/>>. Acesso em: 4 set. 2014.

SUZUKI, Marcelo Akira. **Automação de Sistemas de Irrigação**. [20--]. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/curso2.htm>>. Acesso em: 4 set. 2014.

THOMANZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. D. **Sensores industriais - Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: [s.n.], 2008.

TIMM, Luiz Carlos et al. (Ed). **Morangueiro irrigado**: aspectos técnicos e ambientais do cultivo. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2009. Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/livros/livro-morangueiro-irrigado.pdf>>. Acesso em: 1 set 2014.

APÊNDICE A – CÓDIGO INSTALADO EM CAMPO

```
//Inicializando bibliotecas.
#include <DataCoder.h>
#include <VirtualWire.h>
#include <DHT.h>

// Identificação dos pinos
const int transmit_pin = 3; // Pino de transmissão dos dados
const int led_pin = 13;     //Pino do LED
const int baudRate = 500; //Velocidade de Comunicação
const int Sensor1 = 5; //Pino do Sensor 1
const int Sensor2 = 2; //Pino do Sensor 2
#define DHTPIN 7 // Pino do DHT11
#define DHTTYPE DHT11 //Tipo do Sensor utilizado
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //Inicializando Sensor
void setup(){ // ConFiguração Arduino
dht.begin(); //Inicializa Sensot
Serial.begin(9600); //Inicializa Serial para Depuração do código
Serial.println("Teste do Sensor DHT22");
pinMode(led_pin,OUTPUT); //Define pino do LED como saída
pinMode(Sensor1, INPUT); //Define pino do Sensor como Entrada
pinMode(Sensor2, INPUT); //Define pino do Sensor como Entrada
SetupRFDataTxnLink(transmit_pin, baudRate); //Inicializa Transmissor
}
void loop(){ //Loop do programa
float h = dht.readHumidity(); //Faz a leitura da humidade do DHT11
float t = dht.readTemperature(); //Faz a leitura da temperature do DHT11
```

```
float s1 = digitalRead(Sensor1); // Faz a leitura dos sensores de solo
float s2 = digitalRead(Sensor2);

float outArray[RF_DATA_ARRAY_SIZE]; //Define tamanho do vetor que sera
trasmitido

//Depuração do DHT11
if (isnan(t) || isnan(h)) {
Serial.println("Falha na leitura");
} else {
Serial.print("Umidade: ");
Serial.print(h);
Serial.print(" %\t");
Serial.print("Temperatura: ");
Serial.print(t);
Serial.println(" *C");
Serial.print("Sensor1: ");
Serial.println(s1);
Serial.print("Sensor2: ");
Serial.println(s2);
}

//Saida dos dados
outArray[0] = h;
outArray[1] = t;
outArray[2] = s1;
outArray[3] = s2;

//Conversão e codificação dos dados para serem transmitidos
union RFData outDataSeq;
EncodeRFData(outArray, outDataSeq); //Codificação dos Dados
```

```
TransmitRFData(outDataSeq); //Transmissão Dos dados
//Sinalizacao de Saida
digitalWrite(led_pin, HIGH); //Led do Arduino para avisar que os dados foram
transmitidos.
delay(100);
digitalWrite(led_pin,LOW);
delay(500);
}
```

APÊNDICE B – CÓDIGO DA CASA DE MÁQUINAS

```
#include <DataCoder.h>

#include <VirtualWire.h>

#include <LiquidCrystal.h>

const int rx_pin = 8; //Pino do Receptor dos Dados

const int led_pin = 13; //Led Do arduino

const int baudRate = 500; //Velocidade de comunicação

boolean Sensor1; //Pino do Sensor de Solo

boolean Sensor2; //Pino 2 do Sensor de Solo

float h, t;

unsigned long previousMillis = 0; //Variavel que guarda o tempo de troca das
informacoes do Display

const long interval = 2500; //Intervalo das Trocas de informações do Display

int func; //Define qual informação sera exibida;

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); Definição dos pinos do LCD

void setup(){ // ConFiguração (SO RODA UMA VEZ)

lcd.begin(16, 2); //Inicializacao do Display

lcd.setCursor(0, 0); //Define coluna = 0 e linha = 0;

lcd.print("Sem Sinal...");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("          ");

pinMode(led_pin,OUTPUT);

digitalWrite(led_pin,LOW);
```

```
SetupRFDataRxnLink(rx_pin, baudRate); //Inicializa Receptor

}

void loop(){ //Loop do Programa

unsigned long currentMillis = millis(); //Esta função retorna há quanto tempo o
arduino está executando;

//RECEBE OS DADOS

uint8_t buf[VW_MAX_MESSAGE_LEN]; //Define o tamanho do Vetor de recepção
dos Dados

uint8_t buflen = VW_MAX_MESSAGE_LEN;

union RFData inDataSeq;

float inArray[RF_DATA_ARRAY_SIZE];

if(RFLinkDataAvailable(buf, &buflen)){

digitalWrite(led_pin, HIGH);

for(int i =0; i< buflen; i++){

inDataSeq.s[i] = buf[i];

}

digitalWrite(led_pin, LOW);

DecodeRFData(inArray, inDataSeq);

h = inArray[0];

t = inArray[1];

Sensor1 = inArray[2];

Sensor2 = inArray[3];

}

//Verifica se já deu tempo de trocar as informações do display
```

```
if(currentMillis - previousMillis >= interval) {  
  
previousMillis = currentMillis;  
  
//Exibicao dos dados no LCD  
  
lcd.clear();  
  
switch(func){  
  
case 0:  
  
lcd.setCursor(0, 0);  
  
lcd.print("Umid.: ");  
  
lcd.print(h);  
  
lcd.print(" % ");  
  
lcd.setCursor(0, 1);  
  
lcd.print("Temp.: ");  
  
lcd.print(t);  
  
lcd.write(B11011111); // Simbolo do Grau.  
  
lcd.print("C");  
  
break;  
  
case 1:  
  
if (Sensor1 == 1 && Sensor2 == 1)  
  
lcd.print("BOMBA IIGADA"); //Verifica se a Bomba está ligada.  
  
else  
  
lcd.print("BOMBA DESLIGADA");  
  
}  
  
func++;
```

```
if (func > 1)
```

```
func = 0;
```

```
}
```

APÊNDICE C – CÓDIGO DA BOMBA DE IRRIGAÇÃO

```
#include <DataCoder.h>
#include <VirtualWire.h>
const int rx_pin = 2; //Define pino do receptor
const int led_pin = 13;
const int baudRate = 500; //Velocidade de Comunicação
const int bombaP = 6; //Pino da Bomba
boolean Sensor1, Sensor2;
void setup(){
  Serial.begin(9600); //Serial apenas para depuração.
  pinMode(bombaP, OUTPUT); //ConFigura pino da bomba, como saída
  pinMode(led_pin,OUTPUT);
  digitalWrite(led_pin,LOW);
  SetupRFDataRxnLink(rx_pin, baudRate); //Inicializa Receptor
}
void loop(){
  uint8_t buf[VW_MAX_MESSAGE_LEN];
  uint8_t buflen = VW_MAX_MESSAGE_LEN;
  union RFData inDataSeq;
  float inArray[RF_DATA_ARRAY_SIZE];
  if(RFLinkDataAvailable(buf, &buflen)){
    digitalWrite(led_pin, HIGH);
    for(int i =0; i< buflen; i++){
      inDataSeq.s[i] = buf[i];
    }
    digitalWrite(led_pin, LOW);
```

```
DecodeRFData(inArray, inDataSeq);
Sensor1 = inArray[2];
Sensor2 = inArray[3];
Serial.print("Sensor1: ");
Serial.println(Sensor1);
Serial.print("Sensor2: ");
Serial.println(Sensor2);
if (Sensor1 == 1 && Sensor2 == 1)
digitalWrite(bombaP, HIGH);
if (Sensor1 == 0 || Sensor2 == 0)
digitalWrite(bombaP, LOW);
}
}
```

APÊNDICE D – CÓDIGO DA ESTUFA

```
#include <Servo.h> //Biblioteca do ServoMotor

Servo myservo; // Cria um Objeto MyServo

int ldrpin = 0; // Entrada Analogica do LDR

int val; // Variável que guardará as informacoes da entrada Analógica

void setup()

{

pinMode(A0, INPUT); Define pino do LDR, como uma Entrada

Serial.begin(9600); //Serial para depuração

myservo.attach(9); // Define pino 9, para utilizar no objeto (MyServo) criado anteriormente

}

void loop() //(loop do Programa)

{

val = analogRead(A0); // Leitura do valor do ldr (entre 0 e 1023)

Serial.println (val);

val = map (val, 0, 1023, 0, 180); // Converte valores de 0 a 1023 em 0 a 180

myservo.write(val); // Muda a posição do Servo

delay(15); // Delay para esperar o servo mudar de posição

}
```