

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE  
MINAS GERAIS**

*CAMPUS DIVINÓPOLIS*

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA

Almir Lamounier Mendonça

**My Green Box: Desenvolvimento de uma mini-horta  
domiciliar com monitoramento das informações de  
crescimento**

Divinópolis

2017

**Almir Lamounier Mendonça**

**My Green Box: Desenvolvimento de uma mini-horta domiciliar com monitoramento das informações de crescimento**

Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Graduação em Engenharia Mecatrônica como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Engenheiro Mecatrônico.

Áreas de integração: Eletrônica, Computação e Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Cláudio Oliveira

Supervisor: Eng. Mateus Nunes Costa

Divinópolis

2017

M539m Mendonça, Almir Lamounier.

My Green Box: desenvolvimento de uma mini-horta domiciliar com monitoramento das informações de crescimento. / Almir Lamounier Mendonça. - Divinópolis, 2017.

87f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Cláudio Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Colegiado de Graduação em Engenharia Mecatrônica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas.

1. Mecânica. 2. Eletrônica Aplicada. 3. Computação. 4. Plantio Indoor. 5. Dispositivos Mecatrônicos. I. Oliveira, Luiz Cláudio. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Título.

CDU: 62(043)



**Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais**  
**CEFET-MG / Campus Divinópolis**  
**Curso de Engenharia Mecatrônica**

Monografia intitulada "*My Green Box: Desenvolvimento de uma mini-horta domiciliar com monitoramento das informações de crescimento*", de autoria do graduando Almir Lamounier Mendonça, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Prof. Dr. Luiz Cláudio Oliveira - CEFET-MG / Campus Divinópolis - Orientador

---

Prof. Dr. João Carlos de Oliveira - CEFET-MG / Campus Divinópolis

---

Prof. Dr. Antônio Guimarães Campos - CEFET-MG / Campus Divinópolis

---

Prof. Dr. Lúcio Flávio Santos Patrício  
Coordenador do Curso de Engenharia Mecatrônica  
CEFET-MG / Campus Divinópolis

Dedico este trabalho à minha mãe  
Hilda Lamounier Mendonça, que  
inúmeras vezes abriu mão de sua  
própria vida para se dedicar à  
minha.

## **Agradecimentos**

Agradeço, primeiramente, a Deus, que me dá energia, sabedoria, discernimento e equilíbrio para trilhar o meu caminho.

Agradeço a toda minha família, especialmente minha mãe Hilda, meu pai José Aparecido (in memoriam) e meu irmão Arthur, que sempre se fizeram presentes apesar da distância física.

A todos os meus amigos de Divinópolis, de Itapeçerica e da República, que fizeram com que esta caminhada fosse mais branda.

Ao CEFET-MG, seus professores e demais funcionários, que me ajudaram a ser uma pessoa melhor desde meu ingresso na instituição.

Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito.

Chico Xavier

## RESUMO

Pensando em melhorar a alimentação e incentivar o consumo de produtos orgânicos, foi idealizado o My Green Box, um dispositivo que usa a tecnologia para viabilizar o cultivo urbano de uma maneira simples e sem dificuldades. Problemas como o alto custo de produtos naturais, dificuldade de plantio e falta de espaço verde nos centros urbanos são a motivação inicial para este projeto. O objetivo é construir uma mini-horta *indoor* que, com a implementação dos sensores, apresente monitoramento das informações de crescimento da planta, além de intensificar o mesmo através de uma lâmpada de led. O usuário terá, ainda, acesso a esses dados por meio de uma interface direta com notificações via aplicativo e também com sinais luminosos acoplados ao recipiente. O produto possuirá três compartimentos: um reservado para os componentes eletrônicos, um reservatório de água e outro destinado para sementes e solo. O acoplamento entre os últimos compartimentos se dará de forma que a planta absorva a água de acordo com a demanda necessária, evitando a possibilidade de que ela encharque. Utilizando ferramentas de administração e gerenciamento estratégico como Business Model Canvas, um modelo de negócios ideal será esboçado e estruturado a fim de que as aspirações desejadas sejam alcançadas. A definição dos sensores, da estrutura e do processo como um todo deverá considerar um custo benefício vantajoso para uma produção em larga escala por parte dos desenvolvedores, sem comprometer a confiabilidade dos instrumentos e o acabamento final para o usuário. Ademais, deverá se determinar um microcontrolador para ser programado e um módulo *Wireless* para a comunicação com a *cloud computing* e aplicativo. Em uma faixa de tempo pré-determinada, este módulo enviará os dados coletados para a nuvem e, em seguida, o aplicativo coletará os mesmos, disponibilizando-os no celular. Dessa maneira, o usuário poderá ter acesso às informações de sua planta remotamente, mesmo estando em outro país, por exemplo. Assim, o desenvolvimento deste produto envolverá conceitos de *design*, programação de aplicativos, construção de circuitos elétricos, projetos de ferramentas de injeção de plástico e gestão de projetos. O trabalho será desenvolvido em conjunto com a empresa Órbita Engenharia Integrada que se encontra incubada no CEFET-Divinópolis.

**Palavras-chave:** Plantio *indoor*. Eletrônica aplicada. Dispositivos mecatrônicos.

## ABSTRACT

Thinking of improving the nutrition and encouraging the consumption of organic products, it was idealized the My Green Box, a device that uses technology to make urban cultivation viable in a simple and easy way. Problems such as the high cost of natural products, difficulty in planting and lack of green space in urban centers are the initial motivation for this project. The objective is to build an indoor mini-vegetable garden that implements sensors and monitor the plant growth information, besides intensifying the growth with a led lamp. The user will also have access to this data through a direct interface with notifications via application and also with luminous signals coupled to the box. The product will have three compartments: one reserved for electronic devices, one water tank and the last one destined for seeds and soil. The coupling between the last compartments will be made so that the plant absorbs the water according to the necessary demand, avoiding the possibility of flooding. Using strategic management and administration tools like Business Model Canvas, an ideal business model will be sketched and structured in order to achieve the desired aspirations. The definition of the sensors, of the structure and the process should consider an advantageous cost benefit for a large scale production, without compromising the reliability of the instruments and the final workmanship for the user. In addition, a microcontroller must be determined in order to be programmed and a Wireless module for communication with the cloud computing and application. In a predetermined time band, this module will send the collected data to the cloud, and then the application will get the data, making them available on the mobile. Thus, the user can have access to the information of his plant remotely, even being in another country, for example. Therefore, the development of this product will involve design concepts, application programming, electrical circuit construction, plastic injection tool designs and project management. This undergraduate thesis will be developed with the company Órbita Engenharia Integrada that is incubated in CEFET-Divinópolis.

**Keywords:** Indoor planting. Applied electronics. Mechatronic devices.

## Lista de Figuras

Figura 1.1	Eletrrodomésticos conectados por IdC.....	4
Figura 2.1	Business Model Canvas.....	9
Figura 2.2	Esquema interno de um LED.....	14
Figura 2.3	Envio e recebimento de informações através do Broker.....	17
Figura 2.4	Etapas da produção de uma placa de circuito impresso.....	18
Figura 2.5	Capilaridade da água.....	19
Figura 3.1	Business Model Canvas para o projeto My Green Box.....	21
Figura 3.2	Reservatório de água.....	24
Figura 3.3	Compartimento do circuito eletrônico.....	24
Figura 3.4	Compartimento do solo.....	25
Figura 3.5	Tampa do compartimento do solo.....	25
Figura 3.6	Tampa do reservatório de água.....	26
Figura 3.7	Arduino Uno.....	27
Figura 3.8	LM35.....	29
Figura 3.9	Esquema de ligação do LM35.....	29
Figura 3.10	LDR.....	30
Figura 3.11	Esquema de ligação do LDR.....	31
Figura 3.12	Divisor de tensão com LDR.....	31
Figura 3.13	Sensor de umidade.....	32
Figura 3.14	Capilaridade nas plantas com barbante.....	34
Figura 3.15	Esboço da caixa.....	36
Figura 3.16	Vista lateral da caixa.....	37
Figura 3.17	NodeMCU.....	38
Figura 3.18	Comparação entre o NodeMCU e o Arduino.....	39
Figura 3.19	Fonte chaveada.....	40
Figura 3.20	Módulo fonte DC-DC.....	40
Figura 3.21	Sensor de nível de água.....	41
Figura 3.22	Esquema de comunicação entre módulo, <i>broker</i> e celular.....	42
Figura 3.23	Informações da instância do CloudMQTT.....	42

Figura 4.1	Renderização do protótipo final.....	46
Figura 4.2	Vista lateral do protótipo final.....	46
Figura 4.3	Protótipo funcional.....	47
Figura 4.4	Representação dos dados na IDE do Arduino.....	48
Figura 4.5	Entrevista sobre o My Green Box.....	48
Figura 4.6	Design projetado.....	49
Figura 4.7	My Green Box feito em acrílico.....	50
Figura 4.8	Refil de plantas com barbante para capilaridade.....	51
Figura 4.9	Esquema de ligação do circuito eletrônico.....	52
Figura 4.10	Circuito eletrônico conectado ao módulo de tensão.....	52
Figura 4.11	Dados dos sensores no CloudMQTT.....	53
Figura 4.12	Interface entre usuário e celular.....	54
Figura 4.13	Cápsulas de solo.....	55

## Lista de Acrônimos e Notação

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IdC	Internet das Coisas
B2B	<i>Business-to-business</i> (negócio entre duas empresas)
B2C	<i>Business-to-consumer</i> (negócio entre empresa e consumidor)
ENIAC	Electronic Numerical Integrator Analyzer and Computer (Computador Integrador Numérico Eletrônico)
MIT	Massachusetts Institute of Technology (Instituto de Tecnologia de Massachusetts)
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency (Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa)
ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network
CLP	Controlador lógico programável
WWW	World Wide Web (Rede de Alcance Mundial)
HTML	Hyper Text Markup Language (Linguagem de Marcação de Hipertexto)
EUA	Estados Unidos da América
RFID	Radio Frequency Identification (Identificação por radiofrequência)
QRCode	Quick Response Code (Código QR)
3D	Três dimensões
ULA	Unidade Lógica e Aritmética
LED	Light emitting diode (Diodo emissor de luz)
ABS	Plástico acrilonitrila butadieno estireno
PLA	Ácido poliático
HTTP	Hypertext Transfer Protocol (Protocolo de Transferência de Hipertexto)
SAC	Serviço de atendimento ao consumidor
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
IDE	Integrated Development Environment (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)
USB	Universal serial bus (Porta universal)
LDR	Light dependent resistor (Resistor dependente de luz)
CI	Circuito integrado
GND	<i>Ground</i> (terra)

MVP	Minimum product viable (Produto viável mínimo)
FINIT	Feira Internacional de Negócios, Inovação e Tecnologia

# SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Lista de Figura</b> .....	<b>ix</b>
<b>Lista de Acrônimos e Notação</b> .....	<b>xi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Definição do problema</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Motivação</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Objetivos do trabalho</b> .....	<b>2</b>
1.1.1 Objetivo geral .....	2
1.1.2 Objetivos específicos .....	3
<b>1.4 Estado da arte</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5 Revisão de literatura</b> .....	<b>6</b>
<b>1.6 Escopo do trabalho</b> .....	<b>8</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1 Business Model Canvas</b> .....	<b>9</b>
2.1.1 Segmento de clientes.....	10
2.1.2 Oferta de Valor.....	10
2.1.3 Canais.....	10
2.1.4 Relacionamento .....	10
2.1.5 Fluxo de Receitas .....	10
2.1.6 Recursos-Chave .....	11
2.1.7 Atividades-Chave .....	11
2.1.8 Parcerias-Chave .....	11
2.1.9 Estrutura de Custos .....	11
<b>2.2 Microcontrolador</b> .....	<b>11</b>
<b>2.3 Sensor de temperatura</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4 Sensor de luminosidade</b> .....	<b>12</b>
<b>2.5 Sensor de umidade</b> .....	<b>13</b>
<b>2.6 Sensor de nível de água</b> .....	<b>13</b>
<b>2.7 Diodo Emissor de Luz</b> .....	<b>14</b>
<b>2.8 Impressão 3D</b> .....	<b>14</b>

2.9	Wireless .....	15
2.10	Protocolo de comunicação .....	15
2.11	MQTT .....	16
2.12	Computação em nuvem.....	17
2.13	Placa de circuito impresso.....	17
2.14	Capilaridade.....	18
3	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>20</b>
3.1	<b>Modelo de Negócios .....</b>	<b>20</b>
3.2	<b>Protótipo funcional .....</b>	<b>23</b>
3.2.1	Modelagem mecânica .....	23
3.2.2	Eletrônica .....	26
3.2.3	Programação.....	32
3.3	<b>Métodos de irrigação.....</b>	<b>33</b>
3.4	<b>Protótipo mínimo viável .....</b>	<b>34</b>
3.4.1	Modelagem mecânica .....	35
3.4.2	Eletrônica .....	37
3.4.3	Programação e Comunicação.....	41
4	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>45</b>
4.1	<b>Resultados e discussões .....</b>	<b>45</b>
4.1.1	Modelo de negócios .....	45
4.1.2	Construção do protótipo funcional .....	45
4.1.3	Construção do protótipo mínimo viável.....	49
4.1.4	Comunicação entre módulo WiFi, nuvem e aplicativo .....	53
4.2	<b>Conclusões.....</b>	<b>54</b>
4.3	<b>Propostas de continuidade.....</b>	<b>55</b>
5	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>
	<b>APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE: ARDUINO.....</b>	<b>66</b>
	<b>APÊNDICE B – CÓDIGO FONTE: NODEMCU.....</b>	<b>66</b>
	<b>APÊNDICE C – CÓDIGO FONTE: APLICATIVO.....</b>	<b>66</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Não é novidade que os atuais hábitos alimentares, de um modo geral, vêm trazendo malefícios para a saúde da população. Para que o organismo desenvolva todas as funções de maneira correta, deve-se ter uma dieta equilibrada em quantidade e qualidade, fornecendo para o corpo humano os nutrientes necessários para sua manutenção. Ultimamente, a utilização de agrotóxicos nas lavouras para evitar pragas, o uso de conservantes para aumentar o tempo de validade dos alimentos e o crescente consumo dos chamados *fast-foods* são fatores que agravam o problema da alimentação.

Aliada às condições citadas anteriormente, tem-se a urbanização da sociedade iniciada no século passado. Com a industrialização e a crescente necessidade de mão-de-obra, as pessoas deixaram o campo e mudaram-se para os grandes centros urbanos. À medida que essas elas obtinham melhorias na qualidade de vida, cada vez mais a população rural passava a adotar a mesma prática.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística --- (IBGE, 2017), 84,7% de todos os domicílios existentes no país se encontram em zonas urbanas. Com a vida acelerada que as pessoas levam nos grandes centros, mal sobra tempo para o trabalho e afazeres domésticos. Até mesmo a alimentação fica comprometida, visto que os indivíduos deixam de realizar uma refeição autêntica preferindo algo mais prático e rápido, aumentando assim a taxa de obesidade e doenças crônicas.

Nesse contexto, a mini-horta domiciliar surge como uma opção para aqueles que procuram uma alternativa oposta ao *fast-food*, fazendo do plantio urbano uma maneira de cultivar seu próprio alimento livre de agrotóxicos e de conservantes. Segundo a Infowester (2017), equipamentos residenciais conectados à Internet e baseados na Internet das Coisas --- IdC têm sido desenvolvidos com o objetivo de melhorar a qualidade de vida e saúde da população. A conectividade serve para que os objetos possam ficar mais eficientes ou receber atributos complementares. O modelo que será obtido neste projeto proporcionará ao usuário a comodidade de cuidar e cultivar sua planta em pequenos espaços, atendendo à necessidade do cliente de realizar as tarefas acima sem desempenhar grandes esforços e maiores cuidados. Além disso, seu

compartimento fechado permitirá que ele seja alocado em qualquer ambiente da casa, fazendo uma integração com a decoração da mesma.

## **1.1 Definição do problema**

O grande problema encontrado no atual cenário relacionado ao cultivo *indoor* é que as pessoas não dispõem de tempo nem espaço suficiente para se dedicarem às suas hortas. Além disso, a crescente utilização de agrotóxicos na agricultura faz com que os indivíduos, preocupados com a saúde, busquem alternativas à esta adversidade que, geralmente, mostram-se onerosas, fazendo com que as pessoas simplesmente optem por não utilizá-las.

## **1.2 Motivação**

A principal motivação para o desenvolvimento deste projeto é a percepção de uma lacuna no mercado brasileiro, onde vislumbrou-se a necessidade de um dispositivo que utilizasse tecnologia para o cultivo *indoor*. Ademais, ele deve aprimorar a qualidade da planta, o que nem sempre é controlado pelo usuário de maneira quantitativa. A utilização de um solo e um led potente vão acelerar o crescimento da planta, criando valor para o produto final. Os entraves e a burocracia que existem na importação de insumos agrícolas, sementes e mudas para o Brasil faz com que até existam produtos no exterior com características que possam suprir essa demanda do mercado, porém, eles não podem ser adquiridos aqui. Finalmente, almeja-se lançar este dispositivo para venda no mercado brasileiro no fim de 2018.

## **1.3 Objetivos do trabalho**

### **1.3.1 Objetivo geral**

Desenvolver uma mini-horta *indoor*, com monitoramento das variáveis que influenciam no crescimento da planta.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Realizar uma pesquisa de mercado a fim de verificar quais são as preferências dos clientes e construir um plano de negócios;
- Definir componentes que serão utilizados no produto e estudar quais são os materiais ideais para alcançar o objetivo geral;
- Construir um protótipo funcional a fim de captar prováveis investidores em feiras e exposições;
- Realizar a comunicação sem fio entre produto, nuvem e aplicativo no celular;
- Projetar circuito elétrico e molde para construção da caixa;
- Planejar processo de produção visando otimização de tempo e melhor aproveitamento dos recursos produtivos;
- Orçamento geral de todo o produto.

### **1.4 Estado da arte**

Atualmente, a maioria dos equipamentos eletrônicos possuem um microcontrolador integrado. Derivando de jogos à soluções residenciais, a Internet das Coisas e os dispositivos inteligentes estão cada vez mais fazendo parte da vida da população. Porém, segundo a Trend Micro (2015), a realidade é que a sua adoção ainda está baixa. Embora, com o passar do tempo e consequente familiarização por parte dos indivíduos, a tendência é que essa adesão aumente, comprovando que esses dispositivos são capazes de melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Em conjunto com o Instituto Ponemon, a Trend Micro entrevistou mais de 700 pessoas para realizar uma pesquisa. Desta forma, descobriu que 95% delas

não pensam em usar o *Google Glass*<sup>1</sup> e 94% não pretendem usar sistemas de segurança inteligente em suas casas. Além disso, 91% deram a mesma resposta quando perguntadas sobre termostatos domésticos inteligentes, enquanto 83% responderam negativamente sobre medidores de *fitness* e eletrodomésticos conectados (FURLAN, 2014). A Figura 1.1 apresenta um esquema virtual de eletrodomésticos conectados por IdC.



Figura 1.1 – Eletrodomésticos conectados por IdC.

Fonte: <http://bit.ly/2sv0hkZ>.

Em contrapartida, acredita-se que esse panorama será modificado em breve. Um estudo recente realizado pelo grupo de *marketing* digital Acquity Group aferiu que, com os novos casos de uso *business to business* --- B2B e *business to consumer* --- B2C, a aplicação de dispositivos inteligentes se tornará inevitável. Ademais, a análise diz que dois terços dos consumidores pretendem comprar um produto conectado nos próximos cinco anos.

---

<sup>1</sup> O Google Glass é um dispositivo Android portátil e controlado por voz que se assemelha a um par de óculos e exibe informações diretamente no campo de visão do usuário (ROUSE, 2013).

No campo das plataformas que vendem hortas domiciliares para cultivo *indoor*, tem-se alguns desenvolvimentos recentes. A Quadro 1.1 mostra um resumo dos concorrentes, valores, mercado e fotos.

Quadro 1.1 – Relação dos concorrentes do My Green Box.

	PREÇO	MERCADO	MARCA	FOTOS
<b>PLANTÁRIO</b>	R\$ 2.490 – GRANDE PORTE  R\$ 1099 – MÉDIO PORTE	BRASIL		
<b>GROWPRO</b>	R\$ 180 – PEQUENO PORTE	BRASIL		
<b>CLICK AND GROW</b>	US\$ 199 – GRANDE PORTE  US\$ 99,95 - PEQUENO PORTE	EUROPA  EUA		
<b>AEROGARDEN</b>	US\$ 99 – PEQUENO PORTE  US\$ 260 – GRANDE PORTE	EUA		

CULTEEV	€ 200 – MÉDIO PORTE	FRANÇA		
---------	---------------------------	--------	---	---

## 1.5 Revisão de literatura

Realizando uma análise histórica sobre o surgimento das tecnologias, deve-se considerar como marco inicial a invenção da máquina a vapor com a Revolução Industrial em 1750 na Inglaterra. Foi nesse período que aconteceu a transição entre o modo de produção feudal e o modelo de processo de produção atual. Em seguida, durante a Segunda Revolução Industrial no final do século XIX, tem-se a descoberta da eletricidade e também a sua utilização em larga escala (BORTOLUZZI, 2013).

Também no final do século XIX, iniciou-se as pesquisas com transmissão de onda de rádio, por meio das quais conseguiu-se transmitir sons na forma de ondas eletromagnéticas. Em 1904, John Ambrose Fleming inventou a válvula diodo, permitindo o desenvolvimento da eletrônica no século XX. “A válvula constitui, portanto, um amplificador de sinal elétrico, tendo sido utilizada em vários aparelhos elétricos, como os amplificadores de som e as primeiras televisões”, explica Belita Koiller, do Instituto de Física na Universidade Federal do Rio de Janeiro, em seu artigo “A Arquitetura da Matéria” (UFSCar, 2008).

Em 1946, os americanos John Mauchly e John Eckert Jr construíram o primeiro computador digital, chamado Electronic Numerical Integrator Analyzer and Computer --- ENIAC. Para o seu desenvolvimento, foram utilizados 17468 válvulas, 1500 relés e um grande número de resistores e capacitores. O ENIAC era imenso, chegando a ocupar um galpão inteiro. Além disso, consumia uma quantidade de energia elétrica considerada absurda para os padrões atuais (MORIMOTO, 2011).

Pouco mais tarde, em 1947, os físicos William Bradford Shockley, John Bardeen e Walter Houser Brattain inventaram o transistor, revolucionando a eletrônica na década de 1960. Alguns consideram a maior invenção da história

moderna, propiciando a revolução dos computadores e dos equipamentos eletrônicos. Caracterizam-se por ter baixo custo monetário e pela facilidade de produção em larga escala. Isso permitiu que ele se tornasse um componente utilizado na maioria das tarefas não-mecânicas, substituindo a grande parte dos dispositivos eletromecânicos (SEDRA, 2005).

Passadas duas décadas, o mundo estava polarizado devido à Guerra Fria. Cientes de possíveis ataques que pudessem destruir toda sua estrutura de telecomunicação, os americanos criaram um sistema a fim de descentralizar as informações, além de ser um novo tipo de compartilhamento de dados. Em 1962, já se falava sobre uma Rede Intergaláctica de Computadores no Massachusetts Institute of Technology --- MIT. Alguns anos depois, a Defense Advanced Research Projects Agency --- DARPA criou a Advanced Research Projects Agency Network --- ARPANET, o que mais tarde ficou conhecido como o surgimento da Internet. Já no fim dos anos 60, surgiram os Controladores Lógicos Programáveis --- CLP's. Com o objetivo de substituir os painéis de relés, esses dispositivos trouxeram inúmeras vantagens. Entre elas, pode-se citar a redução do consumo de energia, facilidade de manutenção e troca de comandos e também eventuais alterações nas fiações (CAPELLI, 2008).

Posteriormente, apareceram os princípios da domótica nos anos 70, quando foram desenvolvidos os primeiros protocolos que comunicavam dispositivos entre si. Estes receberam o nome de X10 e são utilizados até hoje em alguns projetos de automação (PINHEIRO, 2005).

Continuando com a evolução da Internet, em 1990 o Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América --- EUA substituiu a ARPANET pela rede da National Science Foundation --- NSF, que em seguida foi renomeada como National Science Foundation Network --- NSFNET e ficou conhecida no mundo inteiro como Internet. O surgimento de três plataformas foi decisivo para a popularização da Internet para a humanidade: a World Wide Web --- www, o Hyper Text Markup Language --- HTML e os *Browsers*. Por fim, ela transformou-se numa rede mundial de computadores por meio da qual as pessoas de qualquer parte do mundo se conectam com muita facilidade. Através dessa conexão, também é possível o compartilhamento de informações entre os computadores (ALMEIDA, 2005).

A evolução das tecnologias microeletrônicas e *wireless* (redes *wi-fi*, *bluetooth*) juntamente com o crescimento das indústrias da computação e

telecomunicação compõem redes que facilitam a vida das pessoas. Atualmente, a Internet se encontra num estágio em que humanos conseguem se conectar a outras pessoas e também a objetos, além de objetos conseguirem se conectarem entre si singularmente. Esta fase corresponde à IdC.

Neste contexto, o potencial de conectividade da sociedade aumentou significativamente, o que influencia na maneira que as pessoas resolvem os problemas do dia a dia. Para suprir todas estas demandas geradas pela evolução destas tecnologias, foi necessária uma progressão na forma de identificação eficiente em custos. Alguns exemplos são o Radio Frequency Identification --- RFID e o Quick Response Code --- QRCode. Além disso, houve progressos no sensoriamento, para uma melhor verificação do estado físico do ambiente ou objeto monitorado; e também na nanotecnologia.

Assim, casas passam a ter sistemas inteligentes que controlam os eletrodomésticos, carros começam a se autocontrolar aumentando a segurança dos passageiros, indústrias têm processos automatizados. Em síntese, a Internet das Coisas está evoluindo para uma fase na qual a vida das pessoas será ocupada por sistemas inteligentes (SANTAELLA et al, 2013).

## **1.6 Escopo do trabalho**

O presente trabalho encontra-se dividido em quatro capítulos. O primeiro deles faz uma pequena introdução ao tema proposto, explicita a definição do problema e quais as motivações para este projeto. Finalizando esta seção, tem-se os objetivos gerais e específicos, o estado da arte, a revisão de literatura e a organização do trabalho.

No segundo capítulo, é feita a fundamentação teórica de todos os conceitos necessários para a elaboração e entendimento deste projeto. No terceiro, descreve-se toda a metodologia aplicada no desenvolvimento dos dois protótipos, bem como os trabalhos realizados nas áreas de mecânica, eletrônica e programação. Finalmente, o quarto capítulo traz os resultados e discussões, junto à conclusão e proposta para trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é realizada uma pesquisa de todas as definições indispensáveis para a realização deste trabalho. Além disso, pretende-se orientar os leitores para prováveis conceitos desconhecidos pelos mesmos.

### 2.1 Business Model Canvas

O Business Model Canvas foi desenvolvido por Alexander Osterwalder, um consultor suíço, em sua tese de doutorado. Trata-se de uma ferramenta de gerenciamento estratégico que é utilizada para projetar um modelo de negócios. O que era um simples gráfico tornou-se o que é conhecido hoje como Canvas, dividido em nove blocos e que pode ser visto na Figura 2.1.

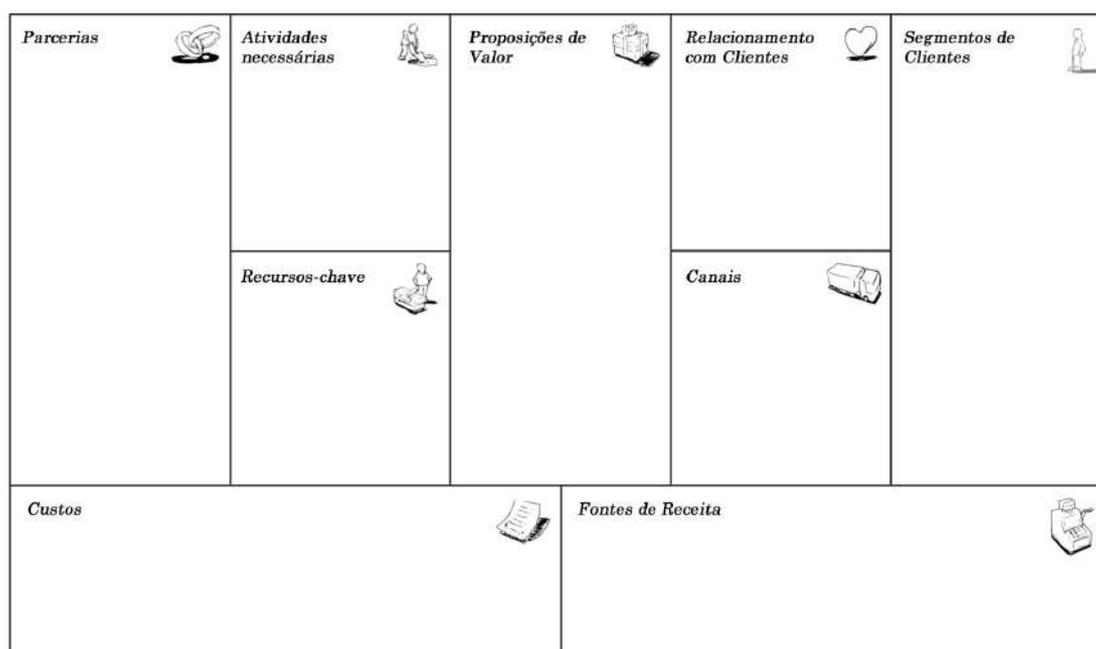


Figura 2.1 – Business Model Canvas.

Fonte: <http://bit.ly/2roue1o>.

O Canvas Modelo de Negócios foi projetado por meio de um processo de cocriação, onde mais de 200 especialistas do mundo inteiro foram colaboradores. Assim, todo um negócio, considerado complexo ou não, pode ser visualizado numa única página. Segundo o autor, “Um modelo de negócios descreve a lógica de como uma organização cria, entrega e captura valor“. A fácil utilização e prototipação permitem que essa ferramenta forneça uma análise rápida,

simplificando o trabalho do usuário (OSTERWALDER, 2010). A seguir, os nove blocos são caracterizados.

### **2.1.1 Segmento de clientes**

Define para quem o produto será vendido. Todo negócio deve ser desenvolvido a partir do ponto de vista do cliente.

### **2.1.2 Oferta de Valor**

Trata-se do benefício que é vendido aos clientes, o que seu produto traz de vantagens para quem o compra. Este tópico é importante quando deseja-se realizar uma análise comparativa com os concorrentes.

### **2.1.3 Canais**

Esta área é um elo entre as duas anteriores. Deve-se enumerar quais são os meios que a empresa usa para se comunicar e entregar os benefícios para o cliente. Eles podem referir-se à comunicação, vendas e distribuição de produto. Assim, o segmento definido no item um utiliza os canais para conhecer e avaliar a proposta de valor do produto, além de efetuar a compra do mesmo.

### **2.1.4 Relacionamento**

Com a finalidade de reter clientes, mecanismos de boa relação com os mesmos são definidos aqui. Deve-se evitar dar espaço aos concorrentes, mantendo sempre um bom relacionamento com os consumidores.

### **2.1.5 Fluxo de Receitas**

Descreve de quais formas a empresa receberá pelo valor que entrega ao cliente. Pode-se arrecadar dinheiro com vários tipos de receita, tais como venda do produto ou serviço, assinatura, revenda, aluguel, empréstimo e outras opções.

### **2.1.6 Recursos-Chave**

A partir daqui, inicia-se a parte esquerda do bloco, referente aos segmentos operacionais do negócio. Todos os instrumentos utilizados para a produção devem ser citados, sejam eles físicos ou intelectuais.

### **2.1.7 Atividades-Chave**

As atividades mais importantes que devem ser desenvolvidas para que o negócio funcione devem ser enumeradas aqui. Como exemplos, pode-se citar desenvolvimento de produto, produção, atualização de aplicativo, *marketing*, entre outros.

### **2.1.8 Parcerias-Chave**

Tudo aquilo que é terceirizado e depende de fornecedores é considerado uma parceria-chave. Empresas externas que auxiliam na construção da proposta de valor estão localizadas neste bloco.

### **2.1.9 Estrutura de Custos**

Por fim, os custos operacionais e que envolvem algum gasto financeiro são apontados. Na maioria das vezes, são provenientes dos recursos, atividades e parcerias-chave.

## **2.2 Microcontrolador**

Microcontrolador é um computador contido em apenas um *chip*. Nele, há um processador chamado Unidade Lógica e Aritmética --- ULA, memória, temporizadores, portas de entrada e saída. Com a contínua evolução e conseqüente aumento da complexidade dos circuitos eletrônicos digitais, surgiram os microcontroladores.

Em outra definição, pode-se dizer que eles são microprocessadores programados em determinada linguagem para executar tarefas variadas.

Geralmente, são usados dentro de outros dispositivos para controlar os circuitos eletrônicos.

Sua vantagem é a redução de custo e tamanho, fazendo-os uma opção viável na construção de projetos de engenharia. Além disso, seu consumo de energia é baixo. Tais fatores passaram a permitir a aplicação destes dispositivos em produtos menos sofisticados, como fogões, máquinas de lavar e outros. O resultado disso é a expansão cada vez maior desta tecnologia (DENARDIN, 2017).

### **2.3 Sensor de temperatura**

Sensor é um dispositivo que mensura a variável escolhida e transmite esta informação para o circuito de leitura. É muito importante que o projetista avalie todas as propriedades da aplicação, a fim de garantir medições precisas na faixa de temperatura desejada e no ambiente correto.

Os transdutores têm a capacidade de converter uma grandeza física em outra. No caso do sensor de temperatura, este converte uma temperatura em um sinal elétrico. Entre os diferentes tipos de transdutores existentes, os sensores de circuito integrado são os mais práticos de serem utilizados. Uma de suas principais vantagens é o fato de já fornecerem uma resposta linear a partir de seus componentes internos.

Eles necessitam de uma alimentação externa, fazendo-os sensíveis ao próprio aquecimento. Eventualmente, isso pode produzir alguns erros de medição. Geralmente, tais componentes são muito pequenos e, conseqüentemente, possuem configurações e faixa de temperatura reduzidas também (Instituto Newton C. Braga, 2017).

### **2.4 Sensor de luminosidade**

Os sensores de luminosidade ou fotoelétrico são utilizados em inúmeras aplicações, como sistemas de segurança, equipamentos industriais e médicos, eletrônicos, entre outros. Sua função é converter um sinal luminoso em um sinal elétrico, que em seguida será processado por um microcontrolador ou circuito eletrônico.

Assim como o sensor de temperatura, é preciso ficar atento à aplicação desejada para que a escolha do mesmo não comprometa as exigências do projeto.

Um sensor fotoelétrico é chamado de transdutor quando converte energia luminosa em energia elétrica. Em contrapartida, se o mesmo converte luz em uma variação de uma grandeza elétrica, como corrente ou resistência, o chamamos apenas de sensor.

Para definir qual dispositivo utilizar, deve-se levar em consideração algumas de suas principais características. São elas: sensibilidade, resposta espectral e velocidade (BOYLESTAD, 2017).

## **2.5 Sensor de umidade**

Conhecer a quantidade de água presente no solo é relevante para quem possui plantações e jardins. Dessa forma, é necessário que medições sejam realizadas constantemente. Sensores de umidade são empregados de acordo com sua precisão, aplicação, tempo de resposta e custo. Eles são classificados em métodos diretos e indiretos. No primeiro, retira-se a água do solo e a mesma é avaliada. No segundo, examina-se as propriedades físicas (resistência elétrica, pressão, capacitância, etc) que variam de acordo com a quantidade de água no solo (MENDES, 2006).

## **2.6 Sensor de nível de água**

Os sensores de nível identificam a posição de líquidos na altura em que estão instalados, emitindo um sinal ON/OFF na saída. Possuem aplicações em água, óleo, produtos químicos e fluidos em geral. Usualmente, esse sensor é acoplado à lateral de tanques na altura em que deseja-se detectar o nível.

Na prática, ele opera como uma chave magnética em formato de boia, entrando em curto quando a boia emerge e assim executando a aplicação programada (USINAINFO, 2016).

## 2.7 Diodo Emissor de Luz

O *led emitting diode* --- LED, ou diodo emissor de luz, refere-se a um diodo semicondutor convencional que, quando percorrido por uma corrente elétrica, emite uma radiação com uma frequência muito bem definida. Com a evolução da tecnologia, foram desenvolvidos materiais que permitiram a emissão de comprimentos de onda cada vez menores, tornando o espectro de luz visível aos olhos humanos (Instituto Newton C. Braga, 2017).

É utilizado em projetos de eletrônica para sinalização, de acordo com o estabelecido pelo fabricante. A Figura 2.2 apresenta o esquema interno de um led.

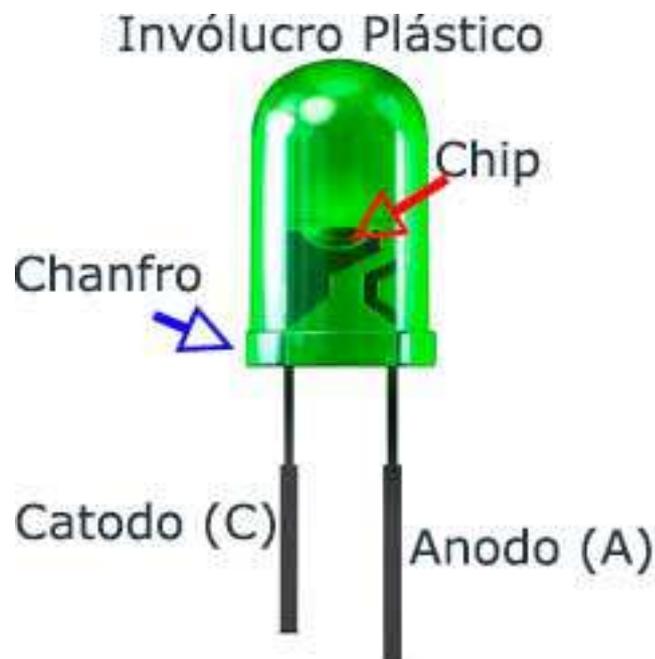


Figura 2.2 – Esquema interno de um LED.

Fonte: <http://bit.ly/2s3xNfm>.

## 2.8 Impressão 3D

A impressão 3D, ou *Fused Deposition Modeling* (modelagem por fusão e depósito), realiza a adição de camadas sobrepostas. Através de um *software* de modelagem em um computador, desenvolve-se o projeto a ser impresso. Assim, cada etapa do processo é constituída até a obtenção da forma final. O modelo tridimensional é enviado para o *software* da impressora e o usuário define as dimensões para que, depois de compilado, a impressão se inicie.

Em seguida, o bico da injetora esquenta e suga o filamento de plástico. Conforme o material vai derretendo, o mesmo é depositado numa base de fixação, que se move em dois eixos. A partir deste movimento, cria-se as camadas de impressão. Os dois materiais mais utilizados nessas impressoras são o plástico acrilonitrila butadieno estireno --- ABS e o ácido poliático --- PLA. O primeiro é resistente e flexível, enquanto o segundo é um polímero biodegradável.

A principal vantagem dessa tecnologia é a rapidez e o baixo custo das peças impressas, comparadas com outros métodos tradicionais. Assim, qualquer protótipo ou ferramenta pode ser criado através deste sistema. Para prototipagem rápida e projetos *makers*, tal inovação representa um grande avanço que traz inúmeras facilidades (TAKAGAKI, 2013).

## **2.9 Wireless**

*Wireless* remete a qualquer tipo de conexão para transmissão de dados sem fios. Assim, toda comunicação que ocorre sem a presença de cabos, pode ser chamada de *wireless*. *Bluetooth*, infravermelho e *Wi-Fi* são exemplos de tecnologias sem fio.

Para sua implementação, é necessário um aparelho que será o *Access Point* (ou ponto de acesso). Sua função é transmitir os dados da rede para outros dispositivos por meio de antenas (DORNAN, 2001).

## **2.10 Protocolo de comunicação**

Os protocolos são um grupo de regras de comunicação, definidos por alguns dados que os caracterizam. São eles: sintaxe, semântica e *timing*. Além disso, eles desempenham as funções de endereçamento, numeração e sequência, estabelecimento da conexão, controle de erros, retransmissão, confirmação de recebimento e conversão de código.

Em aplicações para a Internet das Coisas é importante escolher o protocolo de comunicação mais adequado. Aqueles mais consolidados, como Hypertext Transfer Protocol --- HTTP, não levam em conta as características do *hardware* pelo qual atuam. Dessa forma, novos protocolos foram surgindo com o objetivo de se adequarem ao local em que são empregados. São utilizadas mensagens de

tamanho reduzido de modo que a comunicação não seja comprometida em caso de um *hardware* pouco potente.

Esses protocolos podem ser caracterizados quanto ao propósito de uso e o escopo de operação. No primeiro caso, são divididos entre os que ressaltam a coleta de dados e aqueles que controlam dispositivos. Com relação ao escopo de operação, tem-se três categorias: comunicação entre dispositivos (*Device-to-device*), comunicação entre dispositivos e nuvem (*Device-to-server*) e comunicação entre usuários e dispositivos (*Device-to-human*) (DORNAN, 2001).

## 2.11 MQTT

O protocolo Message Queue Telemetry Transport (MQTT) é responsável pela comunicação entre máquinas e vem sendo muito utilizado em projetos de Internet das Coisas. Pode ser aproveitado em diversos ambientes, principalmente em sistemas embarcados.

O MQTT é projetado para operar numa baixa banda de dados e hardware, sendo leve e de fácil aplicação. Para que ocorra a troca de mensagens, o padrão *publish/subscribe* é empregado. Além disso, tem-se o chamado *broker*, que é responsável por receber e enviar as mensagens.

O *publisher* funciona conectando-se ao *broker* e publicando as mensagens. Por outro lado, o *subscriber* também conecta-se ao mesmo, mas só recebe as informações em que ele se inscreve para tal. Nesse momento, surge o conceito de tópico, que representa o tipo de dado que é enviado ou recebido. Da mesma forma que o *publisher* envia uma informação para o *broker* em um determinado tópico, ele recebe o comunicado e o encaminha para os *subscribers* que estiverem registrados. A Figura 2.3 ilustra esse esquema (VICENZI, 2015).

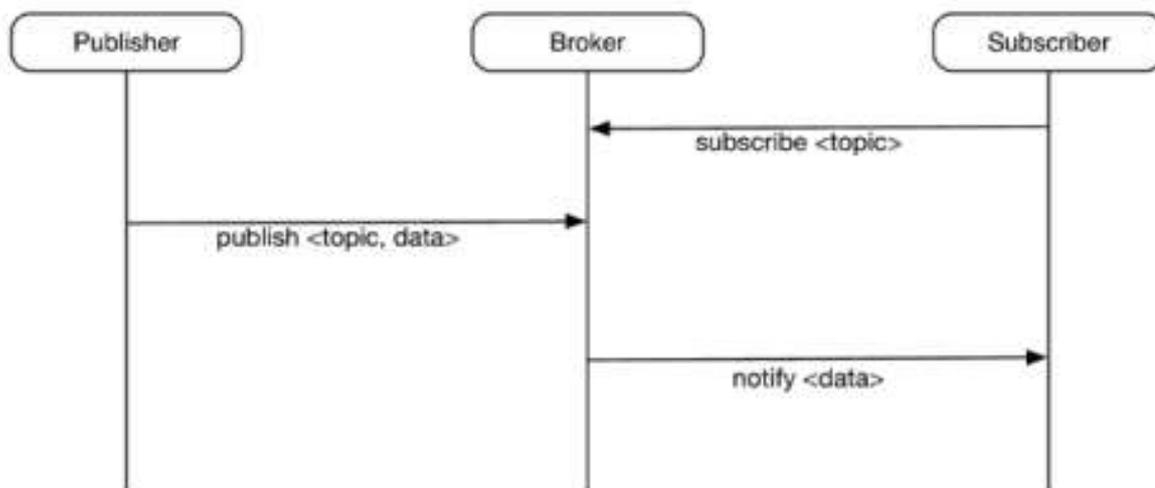


Figura 2.3 – Envio e recebimento de informações através do Broker.

Fonte: <http://bit.ly/2mbdNYL>.

## 2.12 Computação em nuvem

A computação em nuvem proporciona a possibilidade de usufruir das várias aplicações de um computador por meio da Internet, sem tê-las instaladas no mesmo. Servidores, armazenamento de dados, *software*, rede e bancos de dados são alguns dos serviços que podem ser utilizados através desse recurso. Eles podem ser acessados de qualquer lugar do mundo e em qualquer horário. A palavra nuvem é uma alusão à conexão remota à Internet. Na prática, há grandes instalações físicas com servidores que realizam o armazenamento dos dados salvos pelos usuários. O acesso ao serviço é fornecido mediante a utilização de um *login* e uma senha.

Entre as suas vantagens, pode-se indicar a mobilidade, integração de equipes, velocidade na troca de informações, menos custos, hospedagem de sites da *web* e criação de novos serviços. O usuário também não precisa conhecer todo mecanismo que ocorre por trás desta ferramenta, ele apenas necessita da aplicação funcionando. Quanto às desvantagens, a necessidade de conexão à Internet é a principal delas (RUSCHEL, 2010).

## 2.13 Placa de circuito impresso

A finalidade da placa de circuito impresso é ser a base para os componentes e traçar os caminhos que a corrente deve seguir para cumprir o

objetivo proposto para o circuito elétrico. Estes caminhos são feitos por uma camada de cobre, que formam as trilhas e então estabelecem as conexões.

Elas são constituídas por um material que não conduz eletricidade, como o fenolite, e por uma faixa de cobre, que é um ótimo condutor. Para a produção da placa, retira-se todo o cobre da mesma, com a exclusão daquele que fará a conexão entre os componentes. A Figura 2.4 exibe, resumidamente, as etapas dessa construção. Primeiramente, as trilhas de ligação junto com os furos; em seguida os componentes instalados e, por fim, os mesmos soldados à placa (LEMOS, 2014).

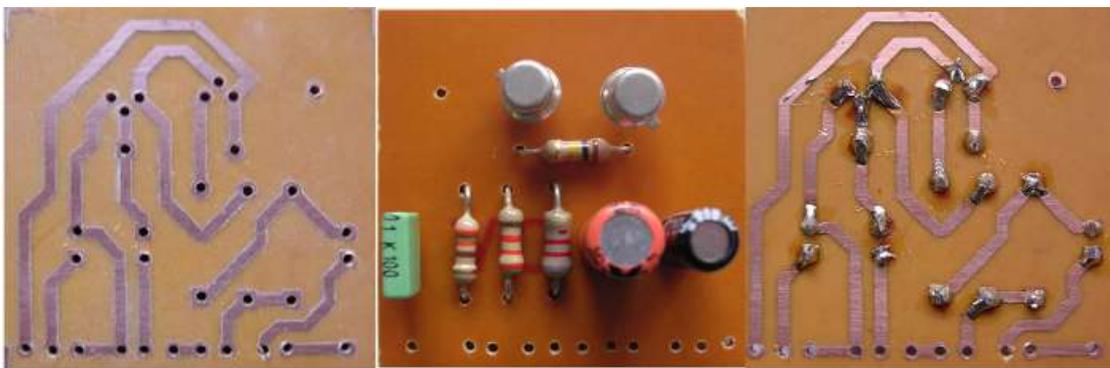


Figura 2.4 – Etapas da produção de uma placa de circuito impresso.

Fonte: <http://bit.ly/2sV4wDL>.

## 2.14 Capilaridade

A capilaridade é um fenômeno que acontece em algumas substâncias, fazendo-as subirem ou descerem por pequenos tubos, conforme elas molhem ou não a parede, e também se deslocarem por curtos espaços presentes em materiais porosos, como esponjas, papéis e cerâmicos. Esse deslocamento pode ocorrer até mesmo contra a força da gravidade.

Se um tubo de vidro que possui um diâmetro pequeno é imerso em outro recipiente, o líquido sobe pelas paredes do tubo, podendo chegar numa altura superior àquela do líquido no recipiente. A Figura 2.5 representa este fenômeno.

Alguns acontecimentos naturais ocorrem devido à capilaridade. Entre eles, pode-se enumerar a ascensão de água subterrânea até a superfície, a formação de bolhas e gotas e a capacidade das plantas de extrair a água do solo através de suas raízes (U.S GEOLOGICAL SURVEY, 2015).



Figura 2.5 – Capilaridade da água.

Fonte: <http://bit.ly/2zz53Rk>.

### 3 METODOLOGIA

No Capítulo 3, cada etapa do projeto desenvolvido será descrita minuciosamente, bem como a aplicação dos conceitos explicados no capítulo anterior.

#### 3.1 Modelo de Negócios

Inicialmente, identificou-se uma lacuna no cultivo *indoor* no mercado brasileiro. Dispositivos que proporcionam ao cliente a possibilidade de plantio com facilidade em ambientes fechados não são comuns no comércio nacional. Dessa maneira, idealizou-se uma mini-horta que promova o cultivo inteligente, atingindo aquelas pessoas que não têm tempo para criar suas próprias hortaliças e aquelas que desejam ter uma alimentação mais saudável.

Em seguida, identificou-se cada um dos concorrentes citados no capítulo 2. Foi realizada uma análise detalhada de todos eles, a partir de seus sites oficiais, redes sociais, comentários de usuários e sites de reclamações. O propósito desta pesquisa inicial é a definição de quais seriam os atributos do produto, especificações, dimensões e faixa de preço.

Posteriormente, utilizou-se a ferramenta Business Model Canvas para projetar o modelo de negócios do produto, permitindo uma análise rápida por parte da equipe. Foi realizado um *brainstorm* com o auxílio do supervisor deste projeto, no qual foram preenchidos todos os nove blocos deste método, como pode ser visto na Figura 3.1.

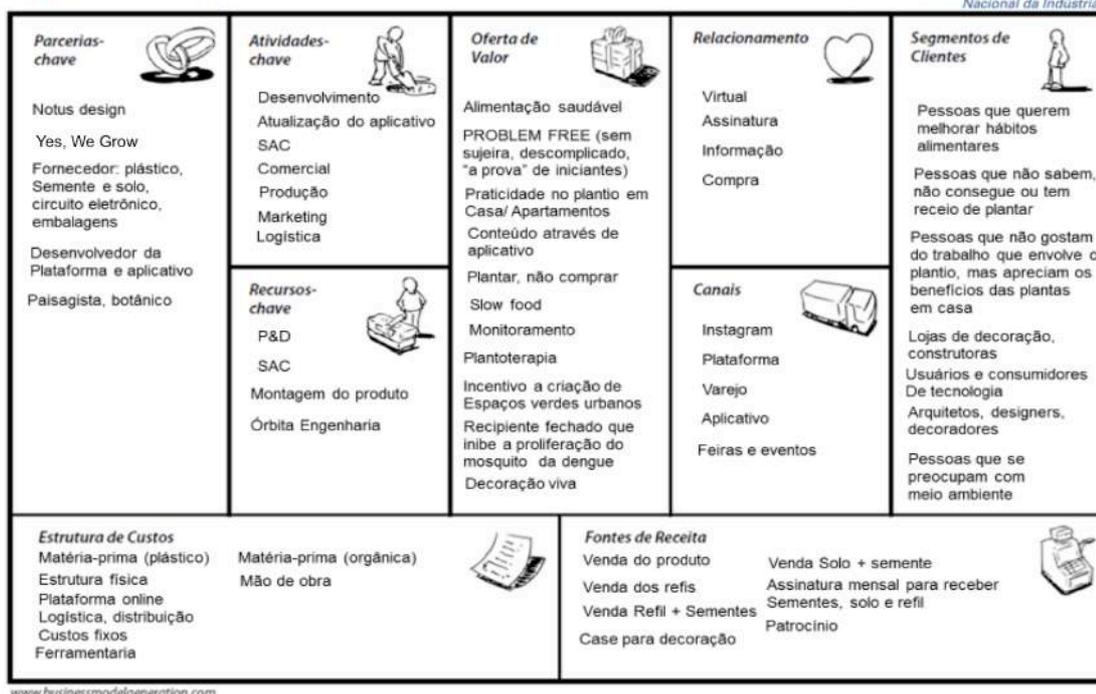


Figura 3.1 – Business Model Canvas para o projeto My Green Box.

Seguindo a sequência recomendada para o preenchimento, iniciou-se com os segmentos de cliente. Assim, determinou-se que pessoas que pensam em melhorar seus hábitos alimentares, não sabem plantar ou não apreciam todo o trabalho envolvido nesse trabalho, mas desfrutam de seus benefícios, são possíveis clientes. Além destes, usuários de tecnologia, bem como indivíduos que se preocupam com o meio ambiente também se encaixam em tal perfil. Por fim, deve-se explorar o potencial decorativo do produto, incluindo arquitetos, *designers* e decoradores.

A oferta de valor, que é aquilo que é entregue ao cliente, passa por vários fatores que procuram atingir diversas necessidades dos usuários. Principalmente, uma alimentação saudável em conjunto com um dispositivo livre de problemas e que oferece enorme praticidade ao consumidor. Ele simplesmente compra o produto e tem acesso ao monitoramento das informações da planta através de um aplicativo, contribuindo também para uma cidade mais verde enquanto decora sua própria residência.

Para entregar as propostas de valor aos clientes, exige-se certos canais de distribuição. Então, pretende-se atingi-los por intermédios das redes sociais, como

Instagram e Facebook, plataforma do usuário, vendas pelo varejo em grandes lojas, aplicativo em *smartphones*, além de feiras e eventos desta temática.

O relacionamento com os clientes se dará utilizando ferramentas virtuais, com atendimento personalizado com a opção de assinatura de produtos opcionais, como sementes por exemplo. Também se enumera o relacionamento durante as compras, para o fornecimento de informações.

Finalizando o lado direito do quadro, as fontes de receita podem ser consideradas uma das mais importantes da ferramenta. Nesse ponto, listou-se todas as maneiras por meio das quais o produto pode trazer capital para a empresa. De antemão, o produto pode ser vendido, bem como seu refil, sementes e solo. Além disso, é possível captar eventuais patrocínios e também atrair assinaturas mensais para sementes, solo, refil e conteúdo informativo..

Descreve-se com os blocos restantes todas as necessidades para que o lado esquerdo aconteça. O desenvolvimento do produto é essencial para as atividades. Ademais, o aplicativo sempre deve ser atualizado. No setor de vendas, um bom *marketing*, serviço de atendimento ao consumidor --- SAC e comercial são imprescindíveis. Para completar a organização, deve-se ter um sistema de produção estruturado e com uma logística bem planejada.

Com relação aos recursos, é necessário ter pesquisa e desenvolvimento --- P&D, SAC, estrutura para montagem do produto e a equipe da Órbita Engenharia.

Em seguida, as parcerias são importantes pois são elas que auxiliam na concepção do produto e da realização das atividades. A Notus Design é uma empresa parceira responsável pelo conceito visual do produto, enquanto a Yes We Grow será encarregada do setor de fitotecnia. Além dessas, ainda precisa-se encontrar fornecedores de plástico para fabricação da *case*, semente e solo, circuito eletrônico e embalagens. Por fim, um desenvolvedor de aplicativos e da plataforma *web*, e outro responsável pelo *marketing* do produto, setores nos quais a Órbita não possui *expertise*.

Finalmente, nas estruturas de custo, enumerou-se os componentes que são necessários para todo o desenvolvimento deste projeto. Uma estrutura física, como um galpão, por exemplo, traz consigo gastos fixos como água e energia. Para a fabricação, necessita-se também de mão de obra, ferramentaria e matéria-prima. Fechando as imposições determinadas, tem-se a logística de distribuição e a plataforma *online*.

Dessa maneira, concluiu-se o Business Model Canvas do produto. É possível, então, observar todo um modelo de negócio em apenas um quadro. É importante salientar que o mesmo está passível de mudanças a qualquer momento, deixando o projeto aberto às novas tendências que possam surgir.

### 3.2 Protótipo funcional

A construção do protótipo funcional deve ser concebida para a realização de testes e validação da placa eletrônica monitorando as informação do solo. A primeira etapa desse processo foi a elaboração de uma lista de materiais, que pode ser vista no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Lista de materiais e respectivos preços.

Materiais	Preço (R\$)
Arduino	25
Sensor de temperatura	4,50
Sensor de luminosidade	1,40
Sensor de umidade	11,89
3 LED's	1,50
Caixa impressa em 3D	0
Total	44,29

Nota-se que o preço do protótipo foi relativamente baixo. Os responsáveis mais significativos pelo custo são o Arduino e o sensor de umidade. A caixa foi produzida na impressora 3D da Órbita Engenharia, que também disponibilizou o PLA e o ABS consumido na fabricação da mesma, razão pela qual seu valor é relatado como zero no quadro 3.1.

#### 3.2.1 Modelagem mecânica

Nesta etapa do projeto, planejou-se a modelagem do protótipo num *software* específico para tal. A caixa foi dividida em vários compartimentos e desenhada separadamente de acordo com a aplicabilidade de cada partição. Primeiramente, o reservatório de água foi concebido de acordo com a Figura 3.2.

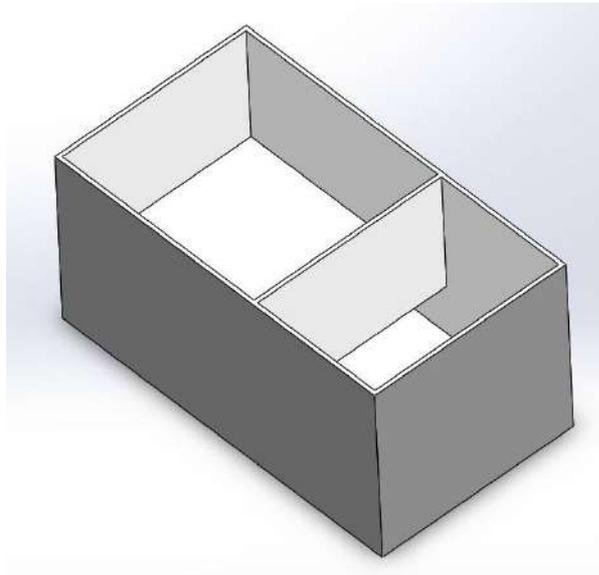


Figura 3.2 – Reservatório de água.

Abaixo do compartimento de água, localiza-se o espaço destinado ao circuito elétrico. Pode-se observar na Figura 3.3 que ele dispõe de uma altura relativamente baixa, com um furo para a entrada do cabo do Arduino e da saída do sensor de luminosidade, outros três para a dos leds e o último para trespassar o sensor de temperatura ao lado de fora da caixa.

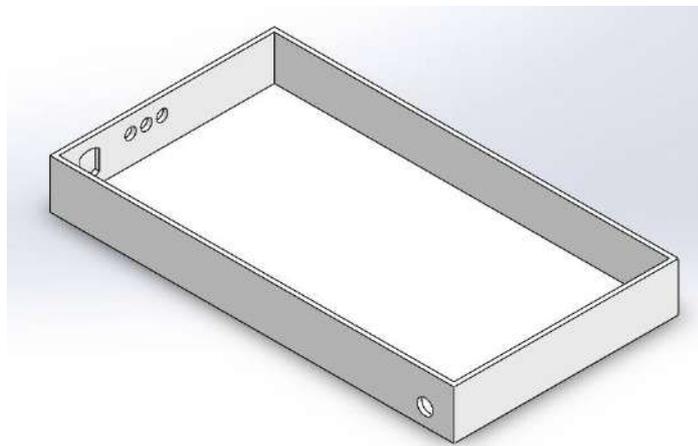


Figura 3.3 – Compartimento do circuito eletrônico.

Posteriormente, o local onde planta é inserida foi projetado, conforme visto na Figura 3.4. Este espaço deve ser preenchido pelo solo específico e só depois o vegetal é plantado. Abaixo, colocou-se o sensor de umidade em contato com a terra para que ele monitorasse a quantidade de água presente.

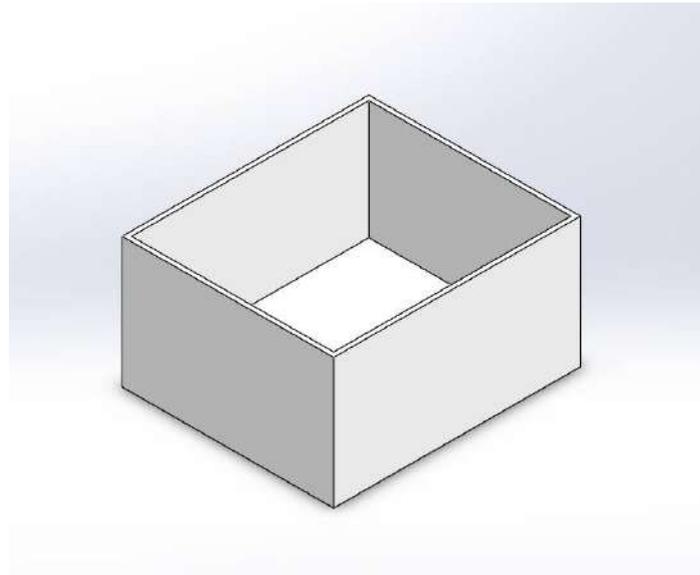


Figura 3.4 – Compartimento do solo.

Em seguida, desenhou-se uma seção fina que tampe todo o compartimento do solo, exceto um pequeno espaço para permita o crescimento do caule da planta. A Figura 3.5 mostra esta seção.

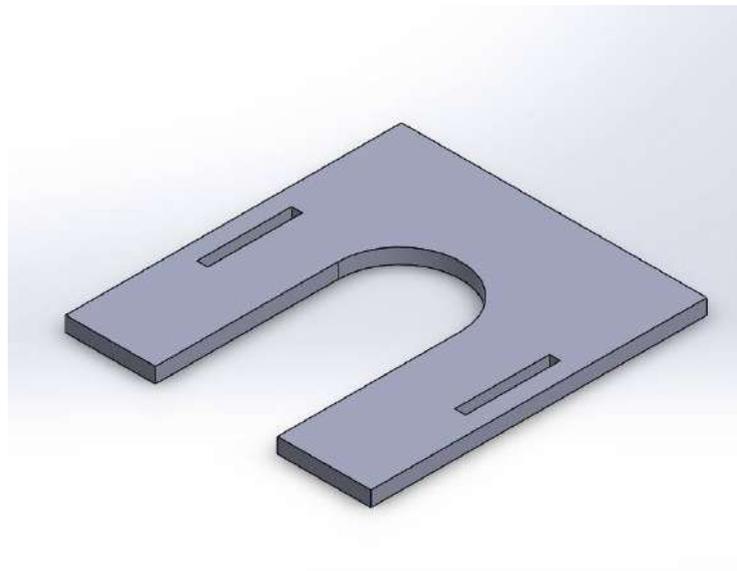


Figura 3.5 – Tampa do compartimento do solo.

Finalmente, a tampa do reservatório de água é modelada de acordo com a Figura 3.6. O usuário deve abri-la caso queira encher o recipiente.

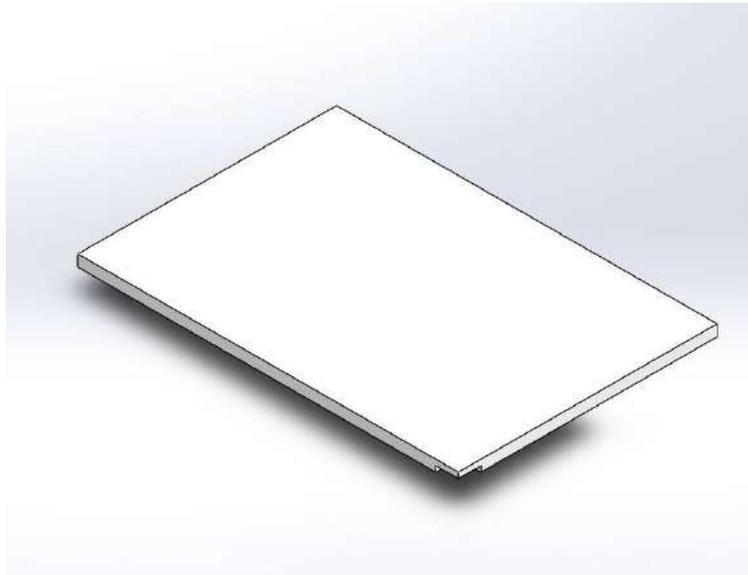


Figura 3.6 – Tampa do reservatório de água.

Todos os compartimentos relatados foram concebidos pela impressora 3D da Órbita Engenharia Integrada, utilizando os materiais PLA e ABS.

## 3.2.2 Eletrônica

### 3.2.2.1 Arduino

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto. Possui *hardware* e *software* onde o mesmo é programado através de um computador. São capazes de ler diversas entradas, como dados de sensores, e também de determinar saídas, ligando sinais luminosos, motores, etc. É programado por meio de instruções enviadas ao microcontrolador, utilizando a Integrated Development Environment --- IDE do Arduino.

Foi projetado na Itália como uma ferramenta de prototipagem rápida, a fim de facilitar a vida de *makers*. Tanto a placa quanto o *software* são totalmente código aberto, propiciando ao usuário a possibilidade de realizar adaptações de acordo com suas necessidades. Esta é uma das razões que explica o crescimento deste dispositivo.

O Arduino geralmente é escolhido por ser uma ferramenta de fácil acesso, inclusive para iniciantes. Além disso, pode ser utilizado em todos os sistemas operacionais. É excelente para prototipagem barata, acessível para qualquer tipo

de pessoa que consiga acompanhar as instruções passo-a-passo disponíveis em suas comunidades de compartilhamento. A Figura 3.7 exibe o Arduino tipo Uno.



Figura 3.7 – Arduino Uno.

Fonte: <http://bit.ly/2rk4y6m>.

Existem vários tipos de placa Arduino e suas aplicações são mais adequadas de acordo com a necessidade do usuário. O Arduino Uno é baseado no microcontrolador Atmega328P. Possui catorze pinos digitais e seis entradas analógicas. Para utilizá-lo, é necessário apenas conectá-lo ao computador por meio de um cabo *universal serial bus* --- USB. Devido a esses fatores, este foi o escolhido para ser aplicado neste projeto, atendendo à todos os requisitos propostos. A alimentação é feita via porta USB do computador, que fornece 5V.

Segundo o *datasheet*, cada porta digital do Arduino é capaz de oferecer até 40mA. Assim, definiu-se que a corrente que deve passar por cada led seria 10mA. Como a queda de tensão nos mesmos é, em média, 2V, as equações 3.1 e 3.2 apresentam o cálculo do valor dos resistores a serem conectados entre os *leds* e as portas digitais. Pela Lei de Ohm, tem-se:

$$R = \frac{V}{I} \quad (3.1)$$

$$R = \frac{5 - 2}{0,010} = 300\Omega \quad (3.2)$$

Onde, a tensão fornecida pela porta digital é 5V, a corrente é 10mA e a queda de tensão nos leds é 2V.

Para mais detalhes, deve-se consultar o Quadro 3.2 com as especificações técnicas do Arduino.

Quadro 3.2 – Especificações técnicas do Arduino Uno.

Microcontrolador	Atmega328P
Tensão de operação	5V
Tensão de entrada (recomendada)	7-12V
Tensão de entrada (limite)	6-20V
Entradas e saídas digitais	14 (das quais 6 fornecem saída PWM)
Saídas e entradas PWM	6
Pinos de entrada analógica	6
Corrente CC por pino I/O	20mA
Corrente CC no pino de 3,3V	50mA
Memória Flash	32KB
SRAM	2KB (Atmega328P)
EEPROM	1KB (Atmega328P)
Velocidade do clock	16MHz
Comprimento	68,6mm
Largura	53,4mm
Peso	25g

### 3.2.2.2 LM35

O sensor de temperatura escolhido foi o LM35. É um circuito integrado de precisão que tem uma tensão de saída linearmente proporcional à temperatura do ambiente em que ele se encontra. Não necessita ser calibrado para fornecer precisões de 0,25°C à temperatura ambiente e é projetado para atuar em uma faixa de temperatura de -55 °C a 150°C. Além disso, deve ser utilizado com fontes de tensão simples. Como demanda apenas 60µA de corrente da fonte, ele aquece menos de 0,1°C. O encapsulamento adotado foi o TO-92, que pode ser visto na Figura 3.8.



Seu princípio de funcionamento é determinado pelo efeito da fotocondutividade. Como são fabricados com materiais de alta resistência, eles possuem poucos elétrons livres em locais escuros e os liberam na existência de luz, elevando sua condutividade. Normalmente, dispões de uma resistência entre  $1M\Omega$  e  $10M\Omega$  no escuro e menos de  $100\Omega$  quando iluminados. A Figura 3.10 exibe o LDR.

Este sensor pode ser utilizado em várias aplicações, como acionamento de relés, sistemas de iluminação, controle remoto de dispositivos, luz intermitente, controle de flashes, compressores de áudio e para monitorar a iluminação de ambientes.

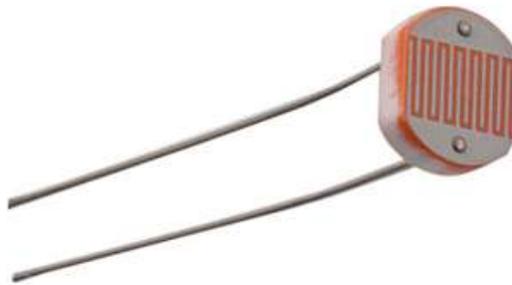


Figura 3.10 – LDR.

Fonte: <http://bit.ly/2sgpYoQ>.

Dessa forma, foi estabelecido que o LDR seria o sensor de luminosidade deste projeto. Além de sua fácil utilização, possui um preço muito baixo. O maior tempo de resposta deste sensor é  $200K\Omega/s$ , o que satisfaz os requisitos estabelecidos. A Figura 3.11 mostra seu esquema de ligação com o Arduino.

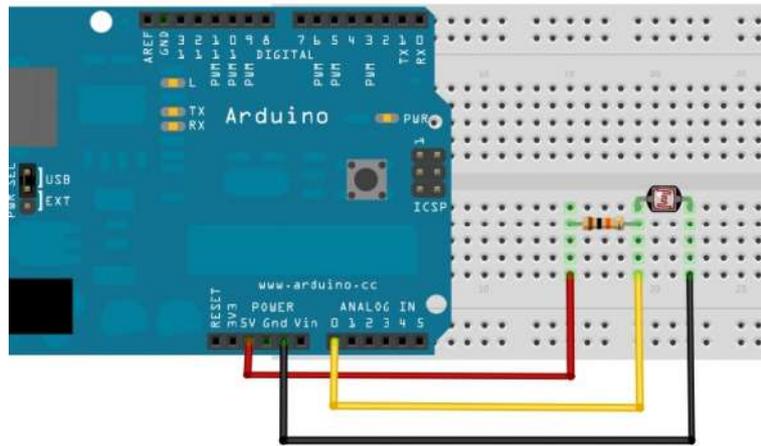


Figura 3.11 – Esquema de ligação do LDR.

Fonte: <http://bit.ly/2sVp6Uj>.

Na Figura 3.12, tem-se um resistor de  $1K\Omega$  que, juntamente com o LDR, acarretarão num divisor de tensão. Como a tensão e resistência total são fixas, o divisor de tensão vai variar conforme a resistência entre A0 e o *ground* --- GND.

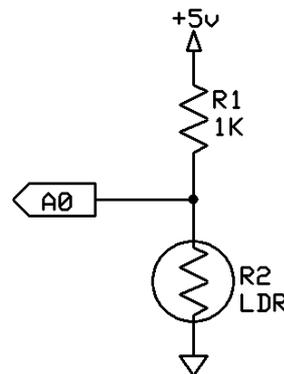


Figura 3.12 – Divisor de tensão com LDR.

Fonte: <http://bit.ly/2slB38J>.

#### 3.2.2.4 Sensor de umidade higrômetro

O higrômetro é apropriado para detectar variações de umidade no solo. Apesar de ser um sensor com uma tecnologia reduzida, é eficaz para examinar jardins urbanos em virtude de seu preço baixo. Para se obter uma leitura mais incisiva, é recomendado utilizar a saída analógica A0.

Este sensor é composto por duas partes distintas: um terminal que entra em contato com o solo e um módulo que contém um circuito integrado --- CI

LM393. Este último realiza a leitura dos dados enviados pelo sensor e os encaminham para o Arduino. Ele utiliza dois eletrodos que emitem uma corrente no solo, adquirindo o nível de umidade por meio de uma comparação com a resistência.

O módulo possui quatro terminais: um VCC de 3,3V ou 5V; um GND; uma saída digital D0 e uma saída analógica A0. A saída D0 fica em estado alto se o solo está seco, e em estado baixo quando está úmido. Para ajustar esse limite, deve-se regular o potenciômetro presente no sensor. Além disso, há um *led* que indica quando a placa está sendo alimentada e outro que liga quando a saída digital é ativada. Por fim, muita umidade diminui a resistência do solo, enquanto um solo seco diminui a condutividade.

O higrômetro foi utilizado neste projeto juntamente com sua saída analógica, que enviará valores de 0 a 1023 pro Arduino e, com o auxílio da programação, tal valor foi convertido para porcentagem. O sensor é apresentado na Figura 3.13.

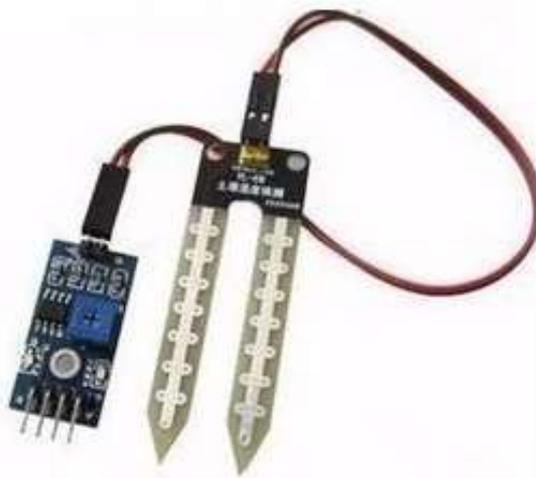


Figura 3.13 – Sensor de umidade.

Fonte: <http://bit.ly/2rou1v9>.

### 3.2.3 Programação

Para a programação do Arduino, dividiu-se o código em duas etapas principais: a leitura dos sensores e o acionamento dos sinais luminosos. Inicialmente, declarou-se as três portas analógicas às quais os sensores seriam conectados e também as portas digitais que seriam responsáveis por ligar os leds.

Em seguida, aborda-se o tratamento da temperatura. A mesma foi obtida através da leitura da porta analógica com o comando “analogRead“. O valor é multiplicado por uma variável de conversão para graus Celsius representado pelas equações 3.3 e 3.4.

$$CELSIUS\_BASE = \frac{5V \times 100\%}{1023} \quad (3.3)$$

$$CELSIUS\_BASE = \frac{5V \times 100\%}{1023} = 0,488758 \quad (3.4)$$

Onde 5V é a tensão de alimentação do sensor, 1023 é o número de bits máximo na porta analógica e 0,488758 é a variável de conversão para graus Celsius. Por fim, se a temperatura for maior que 30°C, o led de temperatura quente é aceso. Caso ela seja menor que 12°C, o led de temperatura fria é acionado. Tais valores foram definidos arbitrariamente apenas para a realização de testes no protótipo.

Seguindo para a análise da luminosidade, novamente utilizou-se o comando “analogRead“ para aferir-se a porta analógica referente a esse sensor. O comando “map(luminosidade, 1023, 0, 0, 100)“ converte o valor aferido de 0 a 1023 para uma porcentagem de 0 a 100%. Caso o valor lido seja menor que 60%, acende-se o led. Caso contrário, ele é apagado. Vale ressaltar que os valores variam de 0 a 1023 e, quanto maior a incidência de luz sobre o sensor, menor será o resultado na porta analógica.

Finalmente, a resposta do sensor de umidade é verificada por meio da leitura da terceira porta analógica. Novamente, por meio da função “map(umidade, 1023, 0, 0, 100)“, o valor aferido de 0 a 1023 é convertido proporcionalmente para porcentagem, variando de 0 a 100%. Se o valor lido for menor que 60%, o led é aceso. Caso ele seja maior, é apagado.

Assim, a cada cinco segundos os resultados das medições das três variáveis são impressos na janela serial do Arduino.

### **3.3 Métodos de irrigação**

A maneira mais usual de realizar a irrigação é através da superfície da planta, onde a água é despejada na terra e se infiltra por gravidade. Quando

utiliza-se vasos, a água escoar até o fundo. Apesar da facilidade desse método, alguns impedimentos trazem a necessidade da aplicação de outros mecanismos. O primeiro deles é o fato de escolher quais horários a planta deve ser irrigada. Não é viável exigir que o usuário dedique tempo integral para cuidar de sua horta. O segundo fator é o acúmulo de água no fundo, que pode encharcar a planta e até matá-la, além de gerar focos de dengue.

Dessa forma, a irrigação por capilaridade é indicada para este projeto por corresponder às necessidades da planta, além de proporcionar conforto ao usuário. Essa técnica funciona por meio de um reservatório com água na parte inferior e conectado ao solo por orifícios ou tubos. No caso desse projeto, utilizou-se um barbante. Como a própria planta se encarregará de captar os nutrientes necessários para seu desenvolvimento, basta que o cultivador encha o compartimento de tempos em tempos. A Figura 3.14 exibe o esquema de capilaridade numa planta.

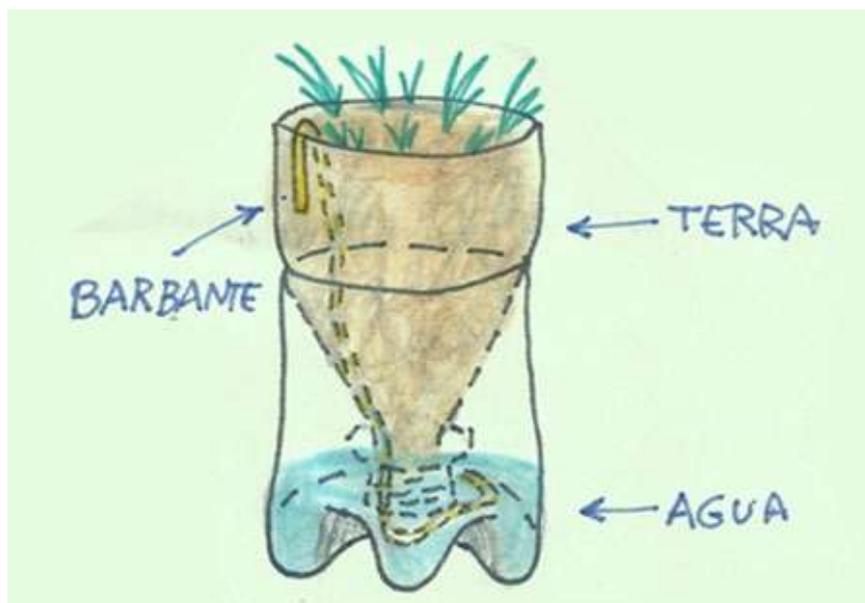


Figura 3.14 – Capilaridade nas plantas com barbante.

Fonte: <http://bit.ly/2hsfuQc>.

### 3.4 Protótipo mínimo viável

Com o avanço do projeto, percebeu-se a necessidade de criar um protótipo mais fiel ao produto final. O protótipo funcional foi importante para a realização de testes com sensores e validação da eletrônica, mas o cenário atual exige um

trabalho bem-apresentado. Dessa forma, foi elaborada uma lista de materiais que pode ser verificada no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 - Lista de materiais do protótipo mínimo viável.

Materiais	Preço (R\$)
Peça em acrílico branco	280
Peça em acrílico branco formato "T"	150
Conjunto formado por 7 peças planas de acrílico	260
Adesivo tamanho 75x4cm vinil leitoso de quatro cores	45
Módulo WiFi ESP8266 NodeMcu	47,95
LM35	4,50
Sensor de nível de água	10
Módulo fonte de tensão DC-DC	11,90
Barra de soquete fêmea	1,90
Resistor 10k	0,10
Led	0
Total	811,35

O acrílico é um material termoplástico rígido, considerado um dos polímeros mais modernos e com maiores aplicações no mercado. É atóxico, o que permite sua moldagem e pigmentação, além de ter alta durabilidade e resistência ao tempo e a fenômenos naturais.

A fabricação das peças em acrílico foi realizada por uma empresa terceirizada. Tal processo envolve a criação de moldes, corte a laser e até mesmo etapas manuais, razões que explicam o alto custo envolvido nessa construção.

O adesivo foi aderido à caixa para identificar e destacar o logo do My Green Box. O led está descrito com o valor zero no Quadro 3.2 pois foi cedido gratuitamente pelo parceiro responsável pela fitotecnia.

#### **3.4.1 Modelagem mecânica**

Na segunda etapa do projeto, primeiramente executou-se a modelagem da caixa em 3D com o intuito de explicitar todas as condições exigidas para o projeto de engenharia, tais como a altura do reservatório de água e do compartimento do

circuito elétrico. Em seguida, os desenhos foram enviados para a empresa sócia responsável pelo design do produto.

Foi elaborado um desenho geral da caixa com dois compartimentos unidos: a caixa em si e o led acoplado. Como exibido na Figura 3.15, há três espaços para os vasos destinados às plantas e um furo que é utilizado para o enchimento do reservatório de água. Além disso, a haste do led é conectada à caixa e está localizada na parte superior da mesma, de modo que a iluminação auxilie no crescimento das plantas.

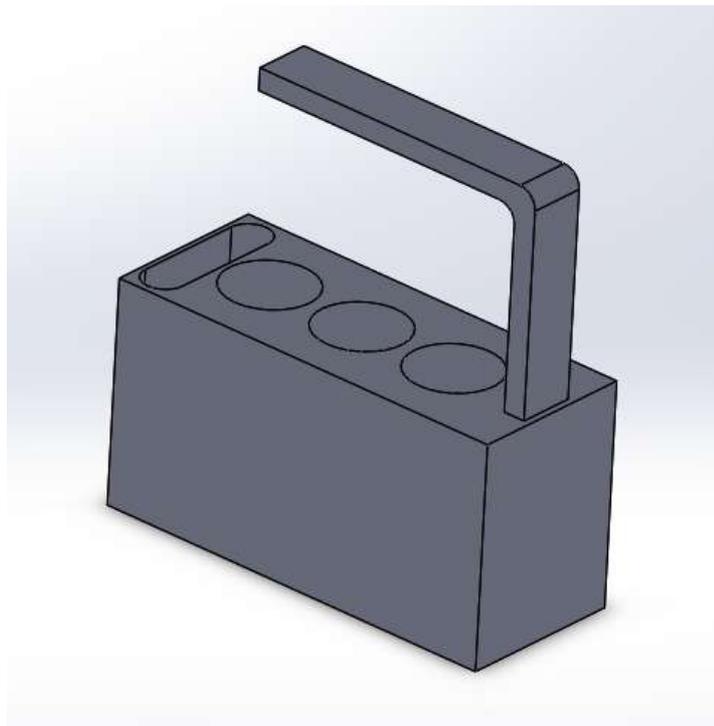


Figura 3.15 – Esboço da caixa.

Na Figura 3.16, pode-se verificar a vista lateral da caixa. Na base, tem-se a o compartimento do circuito eletrônico, que deve ser totalmente isolado do reservatório de água. Ademais, é necessário um acesso à haste, de modo que a fiação possa ligar o led. Acima da base, localiza-se o reservatório de água. À direita, nota-se uma pequena conexão para instalar o sensor de nível. À esquerda, o furo por meio do qual o usuário pode adicionar água.

Na parte superior, observa-se os três vasos para o cultivo das plantas. Eles possuem bicos que trespassam e chegam até o compartimento de fluidos. Para o produto final, pretende-se fabricar esse bico com algum material capilar, como cerâmicos ou esponjas. Para esse protótipo, apenas realizou-se um furo na base

do vaso e atravessou-se um barbante que possui o papel de levar água até o solo, de acordo com as necessidades da planta.

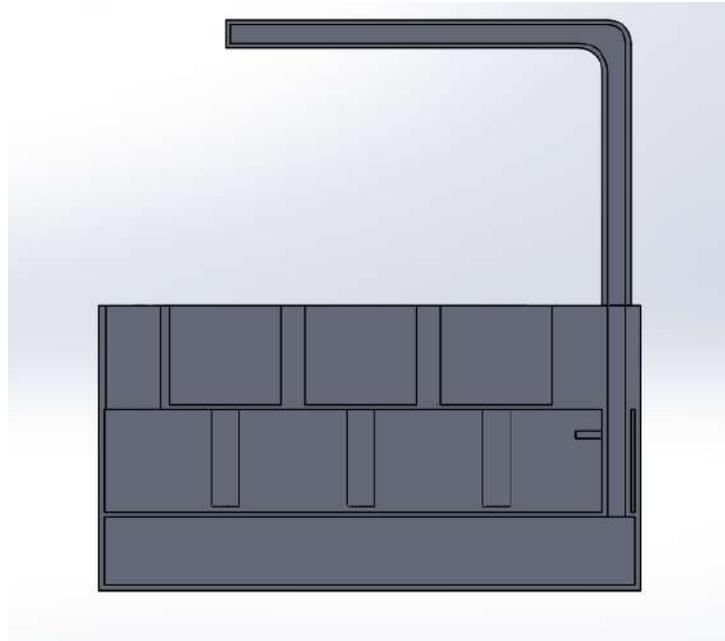


Figura 3.16 – Vista lateral da caixa.

## 3.4.2 Eletrônica

### 3.4.2.1 NodeMCU

O módulo WiFi ESP8266 NodeMCU é uma plataforma de desenvolvimento formada pelo chip ESP8266, uma interface usb-serial e um regulador de tensão de 3,3V. Uma de suas principais vantagens é poder ser programado através da IDE do Arduino.

O NodeMCU possui uma antena embutida e um conector para a porta usb do computador. Além disso, dispõe de onze pinos de entrada/saída e um conversor analógico-digital. Conta com três modos de operação: *station*, *access point* e *station + access point*, suportando também cinco conexões TCP/IP<sup>2</sup>.

A Figura 3.17 apresenta o módulo NodeMCU. Nota-se que seus pinos tornam sua utilização muito simples, até mesmo para encaixe em *protoboards*.

---

<sup>2</sup> O TCP/IP é um conjunto de protocolos de comunicação entre computadores em rede. Seu nome vem de dois protocolos: o TCP (*Transmission Control Protocol* - Protocolo de Controle de Transmissão) e o IP (*Internet Protocol* - Protocolo de Internet, ou ainda, protocolo de interconexão) (Stevens, 1993).

Uma de suas entradas, a  $V_{IN}$ , admite uma tensão de 4,5V a 9V. Dessa forma, ele pode ser alimentado tanto pela porta usb-serial quanto através dessa porta, seja por uma bateria ou fonte externa.

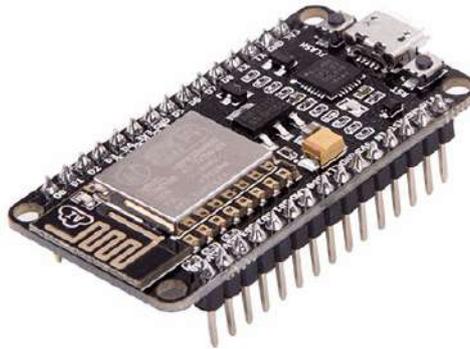


Figura 3.17 – NodeMcu.

Fonte: <http://bit.ly/2ApPEAP>.

A mudança de plataforma de desenvolvimento se deu pelo fato de o NodeMCU possuir todas as características do Arduino, porém já ter a comunicação WiFi embutida. Ademais, a Figura 3.18 exibe um quadro comparativo entre os dois módulos. O tamanho se encontra em milímetros e o preço em dólares.

Optou-se pela comunicação sem fio WiFi pois é o protocolo que permite o acesso de vários dispositivos à internet, além de que vários equipamentos como notebooks e celulares já trazem essa tecnologia embutida. Nas feiras e eventos que o projeto foi exibido, a maioria do público sugeriu que não há outra maneira melhor de estabelecer essa comunicação, visando o conforto e usabilidade do usuário. Com isso, os dados do cultivo podem ser enviados para um *website* e checados remotamente.

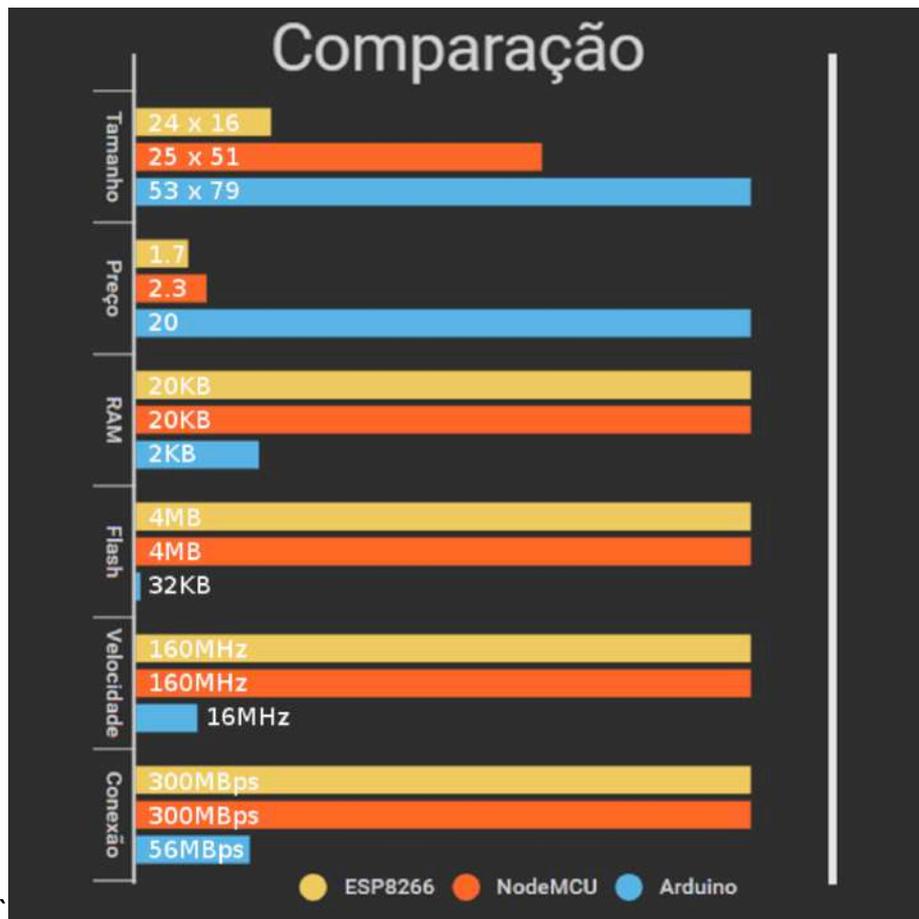


Figura 3.18 – Comparação entre o NodeMcu e o Arduino.

Fonte: <http://bit.ly/2zERaSH>.

### 3.4.2.2 Alimentação

Para realizar a alimentação do circuito, optou-se inicialmente pela utilização de um conversor AC/DC. A fonte estabilizada representada pela Figura 3.19 transforma a tensão alternada da tomada comum numa tensão contínua. Sua corrente máxima é 1A e pode ser ligada tanto em 127V quanto 220V. A tensão de saída é estabilizada em 12V<sub>DC</sub>.

Esse dispositivo conhecido como fonte chaveada pois possui um circuito interno que comuta a corrente, ligando e desligando rapidamente e mantendo a tensão de saída constante.



Figura 3.19 – Fonte chaveada.

Fonte: <http://bit.ly/2hba4FA>.

O conector P4 macho da fonte descrita encaixa-se no mesmo conector fêmea do módulo fonte de tensão DC/DC apresentado na Figura 3.20. Esse dispositivo permite uma alimentação entre 6 e 12V<sub>DC</sub> e possui um botão para ligar e desligar. Há três blocos de pinos distintos: um com tensão igual à da fonte de alimentação, outra regulada a 5V<sub>DC</sub> e a última de 3V<sub>DC</sub>. Dispõe também de um led que determina se o módulo está ligado ou desligado. Suas dimensões são 32mm(L) 19X mm(A) X 30mm(C).

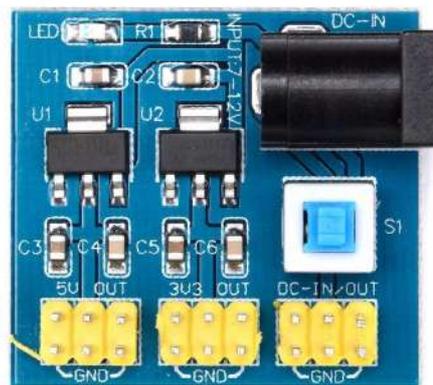


Figura 3.20 – Módulo fonte DC-DC.

Fonte: <http://bit.ly/2AqCOTc>.

### 3.4.2.3 Sensor de nível de água

O sensor de nível de água apresentado na Figura 3.21 é feito de polipropeno e contém uma haste que desliza um cilindro constituído de material flutuante. Basicamente, ele funciona como uma chave liga-desliga. O cilindro possui um ímã interno que aciona um sensor magnético, encarregado de fechar o contato entre os dois fios.

Pode ser utilizado de diversas formas: normal ou invertido, na parte de cima ou na parte de baixo do reservatório. Para a aplicação nesse trabalho, posicionou-se o sensor na parte inferior do compartimento, de modo que ele enviasse um sinal para o microcontrolador toda vez que a água estiver acabando.

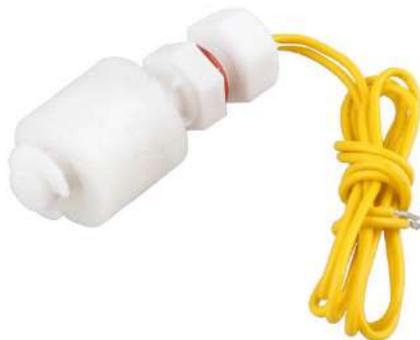


Figura 3.21 – Sensor de nível de água.

Fonte: <http://bit.ly/2hijOBg>.

### 3.4.3 Programação e Comunicação

#### 3.4.3.1 CloudMQTT

CloudMQTT é um servidor na nuvem construído através do protocolo MQTT e é muito utilizado em projetos IoT. Ele permite que o usuário concentre-se apenas na aplicação, em vez de dimensionar o *broker*. A Figura 3.22 representa

como se dá essa comunicação. Enquanto o NodeMCU envia os dados coletados pelos sensores ao ClouMQTT, o aplicativo conecta-se aos tópicos de interesse e exibe as informações na tela do celular.

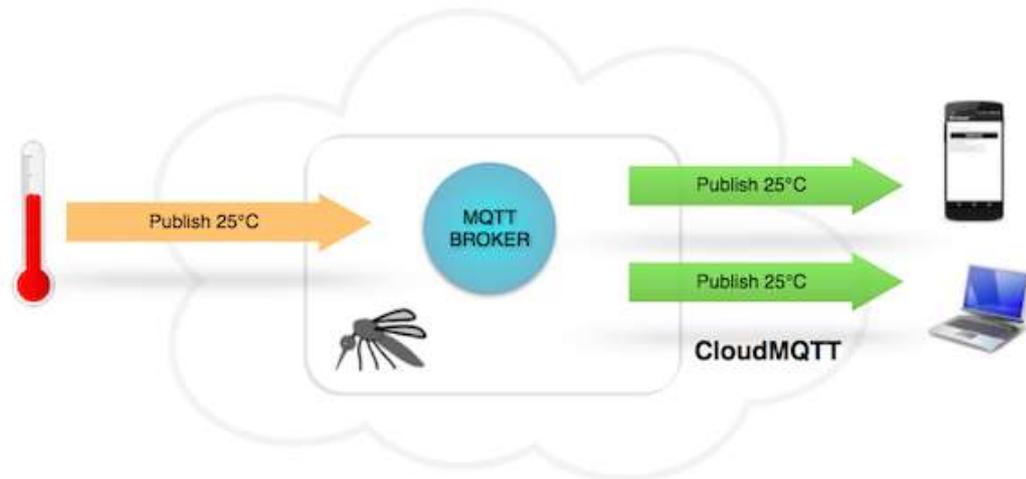


Figura 3.22 – Esquema de comunicação entre módulo, *broker* e celular.

Fonte: <http://bit.ly/2zN8h1b>.

Um dos planos desse servidor é gratuito: o Cute Cat. Após fazer a inscrição, obtém-se todos os detalhes da instância que serão utilizados em conexões com outros dispositivos. Todas as informações da conta podem ser verificadas na figura 3.23.

A imagem mostra a interface de usuário do CloudMQTT. No topo, há o logotipo "CloudMQTT" e o nome da instância "MyGreenBox". Abaixo, há uma barra de navegação com links para "DETAILS", "USERS", "BRIDGES", "AMAZON KINESIS STREAM", "LOG" e "WEBSOCKET UI". O conteúdo principal é dividido em duas seções. À esquerda, sob o título "Details", há um formulário com os seguintes campos: "Server" (m11.cloudmqtt.com), "User" (cwhzhghd) com um botão "Restart", "Password" (21NYhp92IXIE), "Port" (14951), "SSL Port" (24951), "Websockets Port (TLS only)" (34951) e "Connection limit" (10). À direita, sob o título "Active Plan", há um ícone de gato azul e o nome do plano "Cute Cat", com um botão "Upgrade Instance" em uma barra vermelha.

Figura 3.23 – Informações da instância do CloudMQTT.

### 3.4.3.2 Código do NodeMCU

A programação do módulo *WiFi* iniciou-se fornecendo um *login* e uma senha para que o mesmo possa conectar-se à rede. Além disso, também é necessário determinar as especificações do canal CloudMQTT para o qual as informações serão enviadas. Deve-se caracterizar o *server*, *user*, *password* e *port*.

Depois, o módulo confirma se conectou-se à rede e ao servidor MQTT. Ele também se inscreve nos tópicos de interesse: Temperatura e Reservatório de água.

Se o reservatório de água estiver vazio, o sensor digital estará em nível 1. Caso contrário, estará em nível 0. A temperatura lida pelo LM35 é convertida por meio da equação 3.5:

$$\text{Conversão} = \frac{3,3V \times 100\%}{1023} = 0.31964809 \quad (3.5)$$

Por fim, de cinco em cinco segundos o microcontrolador analisa os valores dos sensores e envia para a nuvem através do comando “client.publish”.

### 3.4.3.3 Código do Aplicativo

Para a interação entre o usuário e o dispositivo, foi desenvolvido um aplicativo Android funcional básico, apenas para mostrar as informações coletadas pelos sensores na tela do celular. Assim, utilizou-se o software livre Android Studio.

Basicamente, pode-se dividir um aplicativo em três segmentos: Main Activity, Android Manifest e Layout. No Activity, ocorre a representação da tela de interface com o usuário e suas funcionalidades. O conteúdo da mesma é exibido e as interações de interface são executadas. Em seguida, o Android Manifest é uma espécie de índice do aplicativo. Ele é encarregado de definir informações imprescindíveis para o sistema operacional Android. A partir dessas informações, o aplicativo é executado de acordo com as configurações estabelecidas. Por fim, o Layout é responsável pelo design do programa.

Assim, bem como no código do NodeMcu, deve-se informar as especificações do canal no CloudMQTT. Primeiramente, o usuário deve clicar no

botão “Conectar”. Após isso, o aplicativo se inscreve nos tópicos de interesse: Temperatura e Reservatório de água. Finalmente, todos os dados que são publicados nestes tópicos são exibidos na tela do *smartphone*.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, serão explicados os resultados obtidos no desenvolvimento desta primeira etapa da construção do My Green Box. Além disso, as conclusões finais são expostas, remetendo os objetivos descritos no início do trabalho. Por fim, são estabelecidas as próximas diretrizes para o prosseguimento do projeto.

### 4.1 Resultados e discussões

#### 4.1.1 Modelo de negócios

O modelo de negócios desenvolvido através da ferramenta Business Model Canvas permitiu que todo um projeto possa ser visualizado em um único quadro. Os nove blocos facilitam a compreensão de como eles se relacionam e geram influência sobre os outros. A facilidade gerada por essa ferramenta no sentido de apresentar o negócio para possíveis investidores e também para reuniões dentro da própria empresa.

Em suma, o produto poderá ser vendido tanto no comércio B2B quanto B2C. Apesar de não ser o primeiro item neste setor, procura-se captar mais clientes com um modelo de negócios melhor que o dos concorrentes. O foco no cliente e nas suas necessidades é um diferencial que deve ser explorado, unindo diversas funcionalidades não oferecidas por outras empresas do ramo. Finalmente, as premissas definidas serão importantes para as próximas etapas do projeto e respectivo progresso.

#### 4.1.2 Construção do protótipo funcional

Conforme foi estabelecido nos objetivos específicos, depois que todos os compartimentos da caixa foram impressos, eles foram unidos de modo que montassem o protótipo final. A Figura 4.1 exibe o resultado. Observa-se em detalhe as saídas dos *leds*, do cabo do Arduino e o compartimento para a localização do solo onde o usuário vai plantar o vegetal.



Figura 4.1 – Renderização do protótipo final.

É possível, utilizando a vista lateral mostrada na Figura 4.2, visualizar todos os compartimentos projetados previamente. A água deve ser despejada pelo cultivador na região direita, contanto que a tampa esteja aberta. Assim, ela pode ocupar até o espaço inferior à repartição da água. Outra observação é que o sensor de umidade sobe da seção destinada ao circuito eletrônico até a região com terra, de modo que realize todo o processo de monitoramento. A área pela qual ele faz esta passagem pode ser vista no lado esquerdo da imagem.

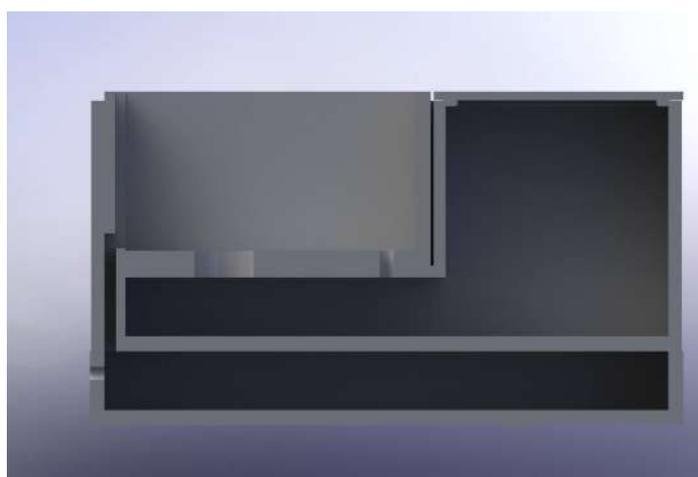


Figura 4.2 – Vista lateral do protótipo final.

Após a montagem descrita anteriormente, iniciou-se o estágio de plantio. Foi adquirido um solo específico e também sementes de pimenta para a

apresentação final do protótipo. Aqui, vale salientar a importância de um MVP<sup>3</sup>. O objetivo é não ter que direcionar grandes investimentos em um produto que ainda não possui mercado bem definido. Entre os fatores envolvidos, pretende-se validar as premissas sobre o mercado e construir um protótipo que soluciona o problema que está sendo trabalhado. Desta forma, o *minimum product viable* --- MVP desenvolvido atende às especificações determinadas, visto que possui as funcionalidades mínimas. A Figura 4.3 apresenta o resultado final. O protótipo poderá ser alterado de acordo com os estudos da equipe de design e limitação do processo de injeção.



Figura 4.3 – Protótipo final.

De acordo com o código programado no Arduino, os sensores monitoram a temperatura, a luminosidade e a umidade. A primeira é exibida em graus Celsius, enquanto as duas últimas são mostradas em porcentagem. A Figura 4.4 expõe a visualização que o usuário pode ter através da IDE do Arduino.

---

<sup>3</sup> Em empreendedorismo, principalmente no contexto de *startups*, um produto viável mínimo (MVP, de *Minimum Viable Product*) é a versão mais simples de um produto que pode ser lançada com uma quantidade mínima de esforço e desenvolvimento. (RIES, 2011).

Temperatura: 27  
Luminosidade: 40%  
Umidade: 70%

Figura 4.4 – Representação dos dados na IDE do Arduino.

Sobre as oportunidades do mercado, foram estabelecidas duas estratégias para alavancar a venda do produto. A primeira delas é a venda para empresas decorarem seus escritórios. A outra, seria a distribuição para grandes lojas do varejo. Para atingir o público interessado no assunto, é previsto ainda a participação em feiras e eventos relacionados ao mesmo.

Recentemente, o produto foi selecionado para participar da Feira Internacional de Negócios, Inovação e Tecnologia --- FINIT, evento que aconteceu em Belo Horizonte. A mídia se interessou pelo projeto e promoveram a ideia. A Figura 4.5 mostra o diretor de operações da Órbita Engenharia, Leonardo Campos, sendo entrevistado pelo MGTV.



Figura 4.5 – Entrevista sobre o My Green Box.

Além disso, houve duas reportagens, no MGTV (GLOBOPLAY, 2016) e no Diário do Comércio (DIÁRIO DO COMÉRCIO NA FINIT, 2016), que foram requisitadas pelos próprios jornalistas, que se interessam pelo projeto de maneira espontânea.

### 4.1.3 Construção do protótipo mínimo viável

A construção do protótipo mínimo viável foi um pouco diferente daquele promovido no início do trabalho. O objetivo da modelagem limitou-se a estabelecer as necessidades da engenharia para o projeto. Na parte de design, foi necessário um trabalho mais elaborado. Para isso, o desenho em 3D foi enviado para uma empresa parceira responsável por essa parte do projeto. Após algumas semanas de estudos, pesquisas com o público e testes, chegou-se ao design exposto na Figura 4.6.



Figura 4.6 – Design projetado.

Como visto na lista de materiais, algumas peças foram encaminhadas para um fornecedor terceirizado que foi incumbido de realizar a fabricação das mesmas em acrílico. Após o processo, realizou-se a montagem e junção de todas as partes. A Figura 4.7 exhibe o protótipo final. As mudas plantadas são de cebolinha e morango.



Figura 4.7 – My Green Box feito em acrílico.

Para o cultivo das plantas, projetou-se pequenos refis que poderiam acomodar a cultura de diversas hortaliças. A Figura 4.8 mostra o pequeno vaso obtido. No produto final, pretende-se projetar o refil com bico constituído por algum material capilar, tais como cerâmicos, esponjas, etc. No caso desse trabalho, a capilaridade se dará por meio de um barbante que, em contato com a água, faz com que a planta absorva o líquido de acordo com suas necessidades.



Figura 4.8 – Refil de plantas com barbante para capilaridade.

Para o desenvolvimento do circuito eletrônico, utilizou-se o módulo WiFi NodeMCU, um sensor de temperatura LM35, um resistor 10k $\Omega$ , um sensor de nível de água, além do módulo de alimentação DC-DC. Comparando-se esse circuito ao do primeiro protótipo, nota-se que o sensor de umidade foi substituído por um de nível de água e o sensor de luminosidade foi eliminado. O primeiro foi dispensável porque a planta é irrigada por capilaridade de acordo com sua demanda, então era necessário apenas garantir que o reservatório sempre tivesse água. No segundo caso, o controle de luminosidade pode ser substituído pela configuração do led ligado em períodos de tempo pré-determinados. O esquema de ligação pode ser verificado na Figura 4.9. O desenho foi criado no software de simulação Fritzing.

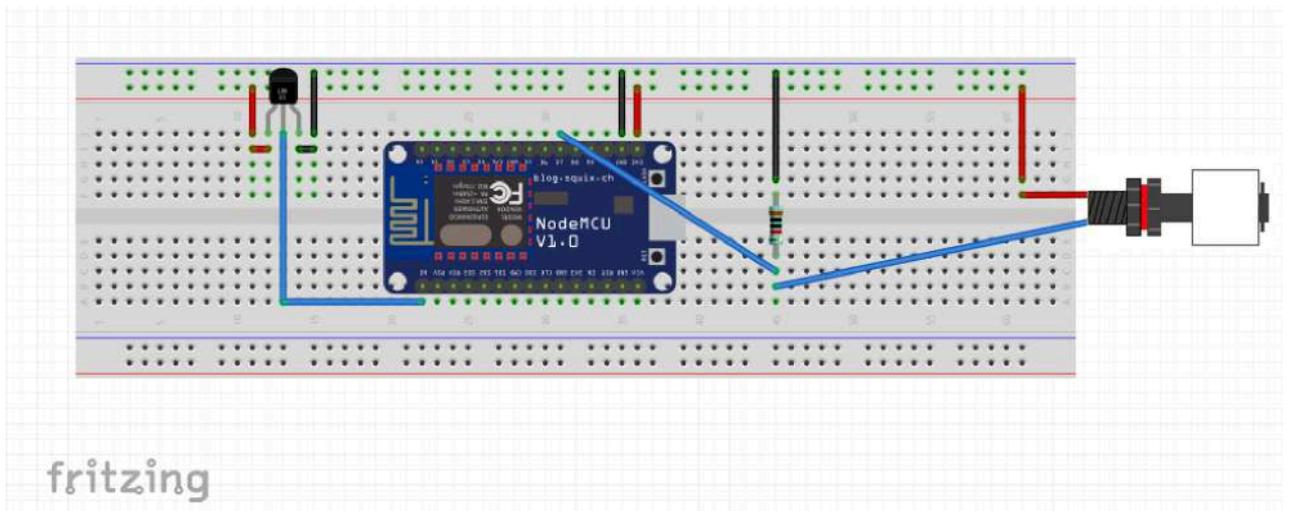


Figura 4.9 – Esquema de ligação do circuito eletrônico.

Em seguida, transferiu-se o diagrama do projeto para uma placa fenolite. A mesma foi corroída com o auxílio de uma solução de percloroeto de ferro e perfurada com um perfurador manual. Por fim, todos os componentes foram soldados utilizando estanho e ferro de solda. O NodeMCU foi acoplado a uma barra de pinos fêmea para evitar que seus terminais fossem ligados direto à placa. Isso evita danos ao hardware e facilita sua retirada em possíveis mudanças no projeto. A Figura 4.10 apresenta o resultado obtido.

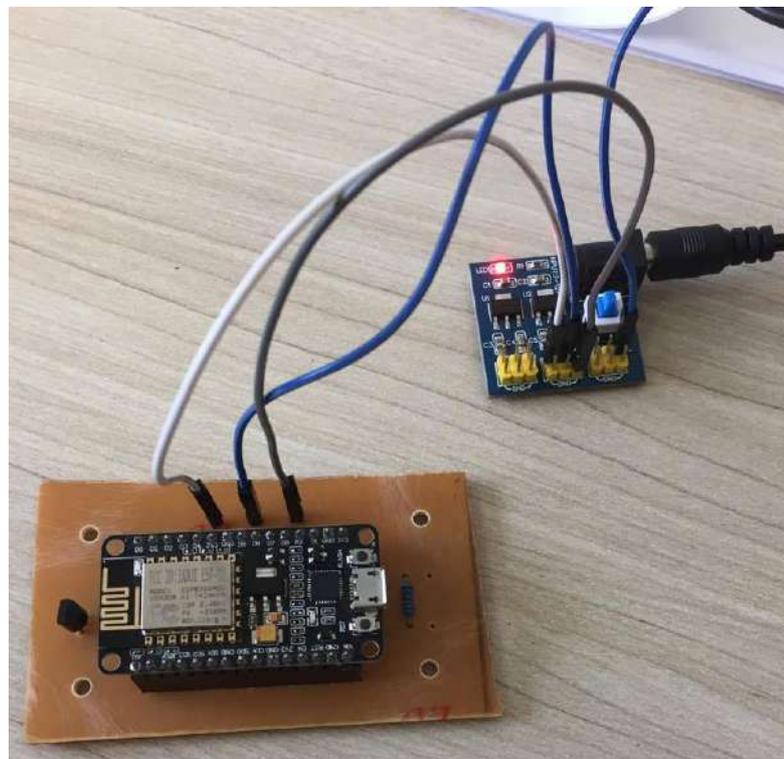


Figura 4.10 – Circuito eletrônico conectado ao módulo de tensão.

Também na Figura 4.10, pode-se verificar o conector jack (P4) que alimenta o módulo de tensão por meio da fonte chaveada. A partir deste último, *jumpers* fazem a ligação até o 3,3V e GND do NodeMCU, além do  $V_{CC}$  do LM35. Por fim, um último *jumper* parte do pino de 12V e realiza a alimentação do LED.

#### 4.1.4 Comunicação entre módulo WiFi, nuvem e aplicativo

Conforme o código programado no NodeMCU, os sensores monitoram a temperatura e o nível de água no reservatório. A cada cinco segundos, essas informações são enviadas para o canal no CloudMQTT. A Figura 4.11 expõe como esses dados são visualizados pelo usuário.

### Received messages

Topic	Message
Temperatura	25
Reservatório de água	Cheio

Figura 4.11 – Dados dos sensores no CloudMQTT.

Além disso, o aplicativo criado deve acessar as informações no canal e exibi-las na tela do celular. A Figura 4.12 mostra a interface desenvolvida. Vale ressaltar que não se preocupou com o design e funcionalidade do software. No estágio atual, empenhou-se apenas em transmitir os valores medidos para o *smartphone*.



Figura 4.12 – Interface entre usuário e celular.

Como validação da nova proposta de design, o My Green Box foi convidado para ser exposto em duas feiras: o InovaCampinas e novamente na FINIT BH, através do 100 Open Startups. A participação nesse tipo de evento é muito importante para estreitar o contato com o público, receber *feedbacks* e testar o produto com prováveis usuários.

## 4.2 Conclusões

De acordo com a proposta executada no início desse trabalho, a definição de todo o processo produtivo e o projeto do molde de injeção de plástico deveriam ser realizados. Entretanto, novas necessidades surgiram e o momento para executar tais etapas teve que ser adiado. De toda forma, esses processos serão realizados futuramente.

Com a execução de toda a metodologia descrita durante esse trabalho, infere-se que ambos os protótipos foram importantes, cada um com sua finalidade. O primeiro testou as funcionalidades e a relação entre a eletrônica,

relativo aos sensores e ao microcontrolador, e uma planta. O segundo é um dispositivo com um design que causa mais impacto, ideal para apresentação em feiras e eventos.

Os sensores apresentaram desempenho convincente perante o que é esperado e, levando em consideração o custo, ratificam a escolha no projeto. Além disso, a irrigação por capilaridade funciona bem e o barbante é capaz de levar água suficiente para as plantas. Para o produto final, deve-se fabricar o bico do refil com algum material capilar, tornando a tecnologia mais sofisticada. O NodeMCU é um *hardware* ideal para prototipagem, porém é caro para aplicações em larga escala. Então, deve-se optar pela utilização de seu chip isolado, o ESP8266.

De um modo geral, esse trabalho representa apenas algumas etapas do longo progresso que é o desenvolvimento de produtos. Ainda assim, pode-se constatar que a evolução foi satisfatória e que o projeto está no caminho certo.

### 4.3 Propostas de continuidade

Como exposto previamente no Canvas Modelo de Negócios, a intenção é operar com múltiplas fontes de receita. Uma delas seria a venda do refil, que já viria com solo e semente, facilitando a vida do usuário. Um dos maiores desafios na continuidade desse projeto é a tecnologia do desenvolvimento do solo. A cápsula apresentada na Figura 4.13 é do tipo que se expande quando hidratada. Dessa forma, alguns estudos serão realizados para desenvolver invólucros semelhantes, mas que se adaptem ao refil do produto.



Figura 4.13 – Cápsulas de solo.

O produto My Green Box deve ser lançado no fim de 2018. Desta forma, todo o projeto será gerido para que se alcance tal meta. O mesmo será dividido em dez frentes: Administrativo, Gerenciamento de Projeto, Construção do plano financeiro, Desenvolvimento dos circuitos eletrônicos, Suporte fitotécnico, Consolidação do design do produto, Molde de injeção, Marketing, Desenvolvimento *web* e Processo produtivo.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALECRIM, Emerson. **O que é Internet das Coisas (Internet of Things)?**. Disponível em <<https://www.infowester.com/iot.php>>. Acesso em 10 de abril de 2017.

ALMEIDA, José Maria Fernandes de. **Breve História da Internet**. 2005.

BORTOLUZZI, Matias. **Histórico da Automação Residencial**. Disponível em <[http://sraengenharia.blogspot.com.br/2013/01/historico-da-automacao-residencial\\_10.html](http://sraengenharia.blogspot.com.br/2013/01/historico-da-automacao-residencial_10.html)>. Acesso em 1 de maio de 2017.

BOYLESTAD, Robert L. **Dispositivos eletrônicos e teoria dos circuitos**, 8ª edição, Editora Prentice Hall.

CAPELLI, Alexandre. **Automação Industrial: Controle do movimento e processos contínuos**. Editora Érica. 2ª Ed. São Paulo, 2008. Acesso em: 7 de maio de 2017.

DENARDIN, Gustavo Weber. UDESC. **Microcontroladores**. Disponível em <[http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/eduardo\\_henrique/materiais/apostila\\_micro\\_do\\_Gustavo\\_Weber.pdf](http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/eduardo_henrique/materiais/apostila_micro_do_Gustavo_Weber.pdf)>. Acesso em 14 de maio de 2017.

DORNAN, Andy. **Wireless Communication: O Guia Essencial de Comunicação Sem Fio**. Tradução Fábio Freitas. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2001.

Eric Ries (2011). **The LEAN STARTUP**. United States of America: Crown Business. p. 77. ISBN 978-0-307-88789-4.

Facebook. **Diário do Comércio na FINIT**. Vídeo (1min06s). Disponível em: <[https://www.facebook.com/DiariodoComercio/videos/1160035324078839/?hc\\_ref=PAGES\\_TIMELINE](https://www.facebook.com/DiariodoComercio/videos/1160035324078839/?hc_ref=PAGES_TIMELINE)>. Acesso em: 08 jun. 2017.

FURLAN, Paula. **IoT vai dominar até 2019**. Disponível em <<http://www.b2bmagazine.com.br/index.php/2013-03-25-20-12-20/item/3800-internet-das-coisas-invadir-vida-das-pessoas-ate-2019>>. Acesso em 13 de abril de 2017.

GloboPlay. **Um dos maiores eventos de inovação da América Latina, Finit termina neste domingo em BH**. Vídeo (2min28s). Disponível em: <<https://globoplay.globo.com/v/5445686/>>. Acesso em: 08 jun. 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **IBGE** - <<http://www.ibge.com.br/home/>> - Acesso em 10 de abril de 2017.

Instituto Newton C. Braga. **Como funcionam os LEDs**. Disponível em <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/6097-art764>>. Acesso em 14 de abril de 2017.

Instituto Newton C. Braga. **Como funcionam os sensores de temperatura**. Disponível em <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/6097-art764>>. Acesso em 14 de abril de 2017.

Koiller, Belita. Instituto de Física, UFRJ. **A Arquitetura da Matéria**. Disponível em <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/belita.pdf>>. Acesso em 1 de maio de 2017.

LEMOS, Manoel. **Como fazer suas próprias PCBs - placas de circuito impresso**. Disponível em <<http://blog.fazedores.com/como-fazer-suas-proprias-pcb-placas-de-circuito-impresso/>>. Acesso em 23 de maio de 2017.

MENDES, Paulo Cesas de Souza. **Caracterização de um sensor para medição de umidade do solo com termo-resistor a temperatura constante**. 2006. 130 f. Tese (Mestrado em Ciências no domínio da Engenharia Elétrica) – Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2006.

MORIMOTO, Carlos E.. **A História da informática (Parte 6: Sistemas embarcados e supercomputadores)**. Disponível em

<<http://www.hardware.com.br/guias/historia-informatica/eniac.html>>. Acesso em 7 de maio de 2017.

OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. **Business Model Generation**. London: Wiley John & Sons. 2010.

PINHEIRO, José Maurício Santos. **A Domótica**. Disponível em <[http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo\\_domotica.php](http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_domotica.php)>. Acesso em 7 de maio de 2017.

ROUSE, Margaret. **Google Glass**. Disponível em <<http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Google-Glass>>. Acesso em 10 de junho de 2017.

RUSCHEL, Henrique; ZANOTTO, Mariana Susan; MOTA, WC da. **Computação em nuvem**. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brazil, 2010.

SANTAELLA, Lucia et al. **Desvelando a Internet das Coisas**. Revista GEMInIS, v. 1, n. 2 Ano 4, p. 19-32, 2013.

SEDRA, S.; SMITH, K.. **Microeletrônica**. 4ª Edição, Pearson Makron Books, São Paulo, Brasil, 2005.

TAKAGAKI, Luiz Koiti. **Tecnologia de impressão 3D**. RIT-REVISTA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, v. 2, n. 2, 2013.

Trend Micro. Disponível em <<http://blog.trendmicro.com.br/o-que-os-fabricantes-de-dispositivos-inteligentes-devem-fazer-para-impulsionar-a-revolucao-da-iot/>>. Acesso em 10 de abril de 2017.

UFSCar, Universidade Federal de São Carlos. **Da válvula ao transistor: a revolução dos semicondutores**. Disponível em

<[http://www.clickciencia.ufscar.br/portal/edicao14/materia4\\_detalhe.php](http://www.clickciencia.ufscar.br/portal/edicao14/materia4_detalhe.php)>. Acesso em 1 de maio de 2017.

USINAINFO. **Sensor de Nível de Água Tipo Boia**. Disponível em <<https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-nivel-arduino/sensor-de-nivel-de-agua-tipo-boia-2581.html>>. Acesso em 09 de agosto de 2017.

U.S. Geological Survey. (2015, August 7). **Capillary action**. In *The USGS water science school*. Disponível em: <http://water.usgs.gov/edu/capillaryaction.html>.

VICENZI, Alexandre. **Bustracker: Sistema de rastreamento para transporte coletivo**. 2015. 62 f. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) – Curso de Ciências da Computação, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, Santa Catarina. 2015.

STEVENS, W. Richard. **The Protocols** (TCP/IP Illustrated, Volume 1). Addison-Wesley Professional; 1st edition (December 31, 1993).

## APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE: ARDUINO

```
/*
 * ÓRBITA ENGENHARIA INTEGRADA
 * AUTOR: ALMIR LAMOUNIER MENDONÇA
 * PROJETO: MYGREENBOX
 */

const int LM35 = A0; // Define o pino que lera a saída do
LM35
const float CELSIUS_BASE = 0.488758; //Base de conversão para
Graus Celsius ((5*100 / 1023)
float temperatura; // Variável que armazenará a temperatura
medida

int portaLDR = A1; //Porta analógica utilizada pelo LDR
int portaLed = 10; //Pino ligado ao anodo do Led
int portaUMI = A2; //porta que le o sensor de umidade

float umidade;

void setup() {
  Serial.begin(9600); // inicializa a comunicação serial
  pinMode(6, OUTPUT); // Define o pino do led de temperatura
como saída
  pinMode(9, OUTPUT); // Define o pino do led de temperatura
como saída
  pinMode(10, OUTPUT); // LED de luminosidade como saída
  pinMode(11, OUTPUT); // LED de umidade como saída
}
void loop() {

  //-----Temperatura-----//

  temperatura = analogRead(LM35) * CELSIUS_BASE;
  delay(200);

  if (temperatura > 30)
  {
    digitalWrite(9, HIGH); // Liga o LED de temperatura alta
  }

  if (temperatura < 12)
  {
    digitalWrite(6, HIGH); // Liga o LED de temperatura baixa
  }

  Serial.print("Temperatura:");
  Serial.println(temperatura);

  //-----Luminosidade-----//
```

```

float luminosidade = analogRead(portaLDR); //Lê o valor
fornecido pelo LDR.
luminosidade = map(luminosidade, 1023, 0, 0, 100);

Serial.print("Luminosidade: ");
Serial.println(luminosidade);

if (luminosidade < 60) //Caso o valor lido na porta
analógica seja menor do que 60, acende o LED.
{
    digitalWrite(10, HIGH);
}
else //Caso contrário, apaga o led
{
    digitalWrite(portaLed, LOW);
}

//-----Umidade-----//

umidade = analogRead(A2);
umidade = map(umidade, 1023, 0, 0, 100);

if (umidade < 60)
{
    digitalWrite(11, HIGH);
}

else //Caso contrário, apaga o led
{
    digitalWrite(11, LOW);
}

delay(5000);

```

## APÊNDICE B - CÓDIGO FONTE: NODEMCU

```
/*
 * ÓRBITA ENGENHARIA INTEGRADA
 * AUTOR: ALMIR LAMOUNIER MENDONÇA
 * PROJETO: MYGREENBOX
 */

#include <ESP8266WiFi.h> // WiFi Library
#include <PubSubClient.h> // MQTT library

const char *ssid = "Almir's iPhone"; // cannot be longer
than 32 characters!
const char *pass = "Palermo10"; //

const char *mqtt_server = "m11.cloudmqtt.com";
const int mqtt_port = 14951;
const char *mqtt_user = "cwhzhghd";
const char *mqtt_pass = "21NYhp92iXIE";
const char *mqtt_client_name = "arduinoClient1"; // Client
connections cant have the same connection name

#define BUFFER_SIZE 100

unsigned long previousMillis = 0;
const long interval = 5000;

WiFiClient wclient; //Declares a WifiClient Object using
ESP8266WiFi
PubSubClient client(wclient, mqtt_server, mqtt_port);
//instanciates client object

//Function is called when a message is recieved in the MQTT
server.
void callback(const MQTT::Publish& pub) {
    //Serial.print(pub.topic());
    //Serial.print(" => ");
    if (pub.has_stream()) {
        uint8_t buf[BUFFER_SIZE];
        int read;
        while (read = pub.payload_stream()->read(buf,
BUFFER_SIZE)) {
            Serial.write(buf, read);
        }
        pub.payload_stream()->stop();

        /*//Check if the buffer is -1
        if(buf[0]=='-' && buf[1]=='1'){
            //Code to blink the LED -- its strange that I can't
blink the LED for more than 1sec.
            digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
            delay(1000);
            digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
        }
    }
}
```

```

    }*/

    //Serial.println("");
} //else
    //Serial.println(pub.payload_string());
}

void setup() {
    // Setup console
    Serial.begin(115200); //set the baud rate
    delay(10);
    Serial.println();
    Serial.println();

    pinMode(13, INPUT);
}

void loop() {
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) { //wifi not connected?
        Serial.print("Conectando a rede ");
        Serial.print(ssid);
        Serial.println("...");
        WiFi.begin(ssid, pass);

        if (WiFi.waitForConnectResult() != WL_CONNECTED)
            return;
        Serial.println("WiFi conectado.");
    }

    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        //client object makes connection to server
        if (!client.connected()) {
            Serial.println("Conectando ao servidor MQTT");
            //Authenticating the client object
            if
(client.connect(MQTT::Connect("mqtt_client_name").set_auth(mq
tt_user, mqtt_pass))) {
                Serial.println("Conectado ao servidor MQTT");

                //Subscribe code
                client.set_callback(callback);
                client.subscribe("Reservatório de água");
                client.set_callback(callback);
                client.subscribe("Temperatura");

            } else {
                Serial.println("Nao foi possivel conectar-se ao
servidor MQTT");
            }
        }

        if (client.connected())

```

```

        client.loop();
    }

    EnviaDados(); // this will send the dummy data reading
}

// Non-Blocking delay
void EnviaDados(){
    unsigned long currentMillis = millis();

    if(currentMillis - previousMillis >= interval) { // checks
if 10 delay is over
        // save the last time you read the sensor
        previousMillis = currentMillis;

        int nivelDeAgua = digitalRead(13);

        if (isnan(nivelDeAgua)) {
            Serial.println("Failed to read the sensor!");
            return; //This will ensure that data is always sent
        }

        Serial.print("Nível de Água: ");
        Serial.println(nivelDeAgua);
        if (nivelDeAgua == 1)
            client.publish("Reservatório de água",String(Vazio));
        if (nivelDeAgua == 0)
            client.publish("Reservatório de água",String(Cheio));

        delay(1000);

        float temperatura = analogRead(A0) * 0.31964809;

        if (isnan(temperatura)) {
            Serial.println("Failed to read the sensor!");
            return; //This will ensure that data is always sent
        }

        Serial.print("Temperatura: ");
        Serial.println(temperatura);

        client.publish("Temperatura",String(temperatura));
    }
}
}

```

## APÊNDICE C – CÓDIGO FONTE: APLICATIVO

### MainActivity.java

```
package me.yogeshwardan.mqttssubscriber;

import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
import android.util.Log;
import android.view.Menu;
import android.view.MenuItem;
import android.view.View;
import android.widget.EditText;
import android.widget.ImageView;
import android.widget.TextView;
import android.widget.Toast;

import org.eclipse.paho.android.service.MqttAndroidClient;
import org.eclipse.paho.client.mqttv3.IMqttActionListener;
import org.eclipse.paho.client.mqttv3.IMqttDeliveryToken;
import org.eclipse.paho.client.mqttv3.IMqttToken;
import org.eclipse.paho.client.mqttv3.MqttCallback;
import org.eclipse.paho.client.mqttv3.MqttClient;
import org.eclipse.paho.client.mqttv3.MqttConnectOptions;
import org.eclipse.paho.client.mqttv3.MqttException;
import org.eclipse.paho.client.mqttv3.MqttMessage;

public class MainActivity extends AppCompatActivity
implements MqttCallback{

    private static final String TAG = "MainActivity";
    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);
    }

    @Override
    public void connectionLost(Throwable cause) {

    }

    @Override
    public void messageArrived(String topic, MqttMessage
message) throws Exception {

        if(topic.equals("Reservatório de água")) {
            Log.d("Reservatório de água",
message.toString());

            Toast.makeText(MainActivity.this, "Topic: " +
topic + "\nMessage: " + message, Toast.LENGTH_LONG).show();
        }
    }
}
```

```

        EditText editTextRA = (EditText)
findViewById(R.id.editTextRA);
        editTextRA.setText(message.toString());
    }

    if (topic.equals("Temperatura")) {
        Log.d("Temperatura", message.toString());

        Toast.makeText(MainActivity.this, "Topic: " +
topic + "\nMessage: " + message, Toast.LENGTH_LONG).show();
        EditText editTextTemperatura = (EditText)
findViewById(R.id.editTextTemperatura);
        editTextTemperatura.setText(message.toString());
    }
}

@Override
public void deliveryComplete(IMqttDeliveryToken token) {

}

public void conectaMQTT(View view) {

    //MQTTConnect options : setting version to MQTT 3.1.1
    MqttConnectOptions options = new
MqttConnectOptions();

options.setMqttVersion(MqttConnectOptions.MQTT_VERSION_3_1);
options.setUsername("cwhzhghd");
options.setPassword("21NYhp92iXIE".toCharArray());

    //Below code binds MainActivity to Paho Android
Service via provided MqttAndroidClient
    // client interface
    //Todo : Check why it wasn't connecting to
test.mosquitto.org. Isn't that a public broker.
    //Todo : .check why client.subscribe was throwing
NullPointerException even on doing
subToken.waitForCompletion() for Async
connection establishment. and why it worked on subscribing
from within client.connect's onSuccess(). SO
    String clientId = MqttClient.generateClientId();
    final MqttAndroidClient client =
        new
MqttAndroidClient(this.getApplicationContext(),
"tcp://m11.cloudmqtt.com:14951",
        clientId);

    try {
        IMqttToken token = client.connect(options);
        token.setActionCallback(new IMqttActionListener()

```

```

{
    @Override
    public void onSuccess(IMqttToken
asyncActionToken) {
        // We are connected
        Log.d(TAG, "onSuccess");
        Toast.makeText(MainActivity.this,
"Connection successful", Toast.LENGTH_SHORT).show();
        //Subscribing to a topic door/status on
broker.hivemq.com
        client.setCallback(MainActivity.this);
        final String topic = "Temperatura";
        int qos = 1;
        try {
            IMqttToken subToken =
client.subscribe(topic, qos);
            subToken.setActionCallback(new
IMqttActionListener() {
                @Override
                public void onSuccess(IMqttToken
asyncActionToken) {
                    // successfully subscribed

                    Toast.makeText(MainActivity.this, "Successfully subscribed
to: " + topic, Toast.LENGTH_SHORT).show();

                }

                @Override
                public void onFailure(IMqttToken
asyncActionToken,
                    Throwable
exception) {
                    // The subscription could not
be performed, maybe the user was not
                    // authorized to subscribe on
the specified topic e.g. using wildcards

                    Toast.makeText(MainActivity.this, "Couldn't subscribe to: " +
topic, Toast.LENGTH_SHORT).show();

                }
            });
        } catch (MqttException e) {
            e.printStackTrace();
        } catch (NullPointerException e) {
            e.printStackTrace();
        }

        client.setCallback(MainActivity.this);
        final String topic1 = "Reservatório de
água";
        int qosT = 1;

```

```

        try {
            IMqttToken subToken =
client.subscribe(topic1, qosT);
            subToken.setActionCallback(new
IMqttActionListener() {
                @Override
                public void onSuccess(IMqttToken
asyncActionToken) {
                    // successfully subscribed

Toast.makeText(MainActivity.this, "Successfully subscribed
to: " + topic1, Toast.LENGTH_SHORT).show();

                }

                @Override
                public void onFailure(IMqttToken
asyncActionToken,
                    Throwable
exception) {
                    // The subscription could not
be performed, maybe the user was not
                    // authorized to subscribe on
the specified topic e.g. using wildcards

Toast.makeText(MainActivity.this, "Couldn't subscribe to: " +
topic1, Toast.LENGTH_SHORT).show();

                }
            });
        } catch (MqttException e) {
            e.printStackTrace();
        } catch (NullPointerException e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }

    @Override
    public void onFailure(IMqttToken
asyncActionToken, Throwable exception) {
        // Something went wrong e.g. connection
timeout or firewall problems
        Log.d(TAG, "onFailure");
        Toast.makeText(MainActivity.this,
"Connection failed", Toast.LENGTH_SHORT).show();
    }

});
} catch (MqttException e) {
    e.printStackTrace();
}
}
}

```

## AndroidManifest.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<manifest
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    package="me.yogeshwardan.mqttssubscriber" >

    <uses-permission
android:name="android.permission.WAKE_LOCK" />
    <uses-permission
android:name="android.permission.INTERNET" />
    <uses-permission
android:name="android.permission.ACCESS_NETWORK_STATE" />
    <uses-permission
android:name="android.permission.READ_PHONE_STATE" />

    <application
        android:allowBackup="true"
        android:icon="@mipmap/mgb"
        android:label="MyGreenBox"
        android:theme="@style/AppTheme" >
        <activity
            android:name=".MainActivity"
            android:label="@string/app_name" >
            <intent-filter>
                <action
android:name="android.intent.action.MAIN" />

                    <category
android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
                </intent-filter>
            </activity>

            <service
android:name="org.eclipse.paho.android.service.MqttService" >
            </service>

            <activity
                android:name=".Publisher"
                android:label="@string/title_activity_publisher"
            >
            </activity>
        </application>

</manifest>
```

## Layout.xml

```
<RelativeLayout
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:paddingLeft="@dimen/activity_horizontal_margin"
    android:paddingRight="@dimen/activity_horizontal_margin"
    android:paddingTop="@dimen/activity_vertical_margin"
    android:paddingBottom="@dimen/activity_vertical_margin"
    tools:context=".MainActivity"
    android:id="@+id/root">

    <TextView
        android:text="Clique para conectar"
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:id="@+id/textView"
        android:textSize="24sp"
        android:layout_alignBaseline="@+id/button"
        android:layout_alignBottom="@+id/button"
        android:layout_alignParentLeft="true"
        android:layout_alignParentStart="true" />

    <Button
        android:text="Conectar"
        android:onClick="conectaMQTT"
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:id="@+id/button"
        android:layout_marginTop="12dp"
        android:layout_alignParentTop="true"
        android:layout_alignParentRight="true"
        android:layout_alignParentEnd="true"
        android:layout_marginRight="14dp"
        android:layout_marginEnd="14dp" />

    <EditText
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:inputType="numberSigned"
        android:ems="10"
        android:layout_marginTop="46dp"
        android:id="@+id/editTextTemperatura"
        android:layout_below="@+id/button"
        android:layout_alignParentRight="true"
        android:layout_alignParentEnd="true"
        android:editable="false"
        android:clickable="false"
        android:cursorVisible="false"
        android:contextClickable="false"
        android:layout_alignLeft="@+id/button"
```

```

        android:layout_alignStart="@+id/button" />

<TextView
    android:text="Temperatura:"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:id="@+id/textView2"
    android:textSize="24sp"

    android:layout_alignBaseline="@+id/editTextTemperatura"
    android:layout_alignBottom="@+id/editTextTemperatura"
    android:layout_alignRight="@+id/textView"
    android:layout_alignEnd="@+id/textView" />

<TextView
    android:text="Reservatório de água:"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:id="@+id/textView3"
    android:textSize="24sp"
    android:layout_alignBaseline="@+id/editTextRA"
    android:layout_alignBottom="@+id/editTextRA"
    android:layout_alignRight="@+id/textView"
    android:layout_alignEnd="@+id/textView"
    android:layout_alignLeft="@+id/textView2"
    android:layout_alignStart="@+id/textView2" />

<EditText
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:inputType="numberSigned"
    android:ems="10"
    android:layout_marginTop="106dp"
    android:id="@+id/editTextRA"
    android:layout_below="@+id/button"
    android:layout_alignParentRight="true"
    android:layout_alignParentEnd="true"
    android:editable="false"
    android:clickable="false"
    android:cursorVisible="false"
    android:contextClickable="false"
    android:layout_alignLeft="@+id/button"
    android:layout_alignStart="@+id/button" />

</RelativeLayout>

```