



**Universidade Federal do Paraná**  
**Programa de Pós-Graduação Lato Sensu**  
**Engenharia Industrial 4.0**



KEVIN FELIPPE DE SOUZA  
MURYLO PELIÇARO LOPES  
TOMÁS BARBOSA MAGALHÃES

**ESTUFA INTELIGENTE PARA CULTIVO INDOOR: GREEN IN**

**CURITIBA**  
**2022**

KEVIN FELIPPE DE SOUZA  
MURYLO PELIÇARO LOPES  
TOMÁS BARBOSA MAGALHÃES

## **ESTUFA INTELIGENTE PARA CULTIVO INDOOR: GREEN IN**

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia Industrial 4.0. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Guy de Andrade

**CURITIBA  
2022**

## RESUMO

Durante a pandemia, muitos costumes mudaram. Evitou-se a saída desnecessária de casa e houve um cuidado maior com o que era transportado do ambiente externo para o ambiente interno. Sob essa justificativa e com a crescente popularidade da alta cozinha doméstica, o hábito de cozinhar em casa tornou-se mais relevante sendo que boa parte das pessoas estão ansiosas para desfrutar de hortaliças e temperos em casa a qualquer hora e por cultivo próprio. O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta de modelo de negócios baseado na venda de estufas domésticas inteligentes conectadas por meio de um aplicativo de celular. Desta forma o texto expõe desde as mudanças comportamentais que serviram de inspiração para a concepção do projeto até o detalhamento das tecnologias relacionadas à indústria 4.0 necessárias para a sua execução. Também neste trabalho será detalhado o modelo de negócios que envolve o projeto, onde a principal forma de monetização planejada ocorreria através de anúncios dentro do aplicativo que é necessário para a utilização do produto. A proposta pretende solucionar a problemática de sempre ter temperos/hortaliças frescos a qualquer momento em casa, através de um produto, que além de funcional, possa servir como item de decoração.

Palavras-chave: Estufa Inteligente. IoT. Aplicativo. Agronomia. Eletrodoméstico.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas da agricultura de precisão	17
Figura 2 - Canvas Ideação	23
Figura 3 - Fluxograma das principais etapas do trabalho.	24
Figura 4 - Informação técnica	26
Figura 5 - Modelamento gráfico da estufa Green In	28
Figuras 6 - Diagrama de comunicação	29
Figuras 7 - Sensores e Atuadores	30
Figura 8 - Sketch do aplicativo	31
Figura 9 - Sketch do marketplace	32
Figura 10 - Sketch da rede social	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de necessidades

9

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	6
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	7
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	8
1.3. JUSTIFICATIVA	8
1.4. HIPÓTESE	9
1.5. OBJETIVO	9
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	10
2.1. COCOONING	10
<b>2.1.1. Impacto sobre o mercado de trabalho</b>	10
<b>2.1.2. Impacto sobre o mercado de consumo</b>	11
2.2. SISTEMAS DE CULTIVO INDOOR	11
<b>2.2.1. Tipos de sistema de cultivo indoor</b>	12
2.2.1.1. <u>Sistemas à base de solo</u>	12
2.2.1.2. <u>Sistemas hidropônicos</u>	12
2.2.1.3. <u>Sistemas aquapônicos</u>	12
2.2.1.4. <u>Sistemas aeropônicos</u>	12
<b>2.2.2. Fatores ambientais para cultivo de plantas</b>	13
2.2.2.1. <u>Influência da temperatura</u>	13
2.2.2.2. <u>Influência da umidade relativa do ar</u>	13
2.2.2.3. <u>Influência da umidade do solo</u>	13
2.2.2.4. <u>Influência da radiação solar</u>	14
2.2.2.5. <u>Influência do Ph e a absorção de nutrientes no solo</u>	14
2.2.2.6. <u>Influência da presença de CO2</u>	14
2.3. AGRICULTURA DIGITAL	
2.4. AGRICULTURA DE PRECISÃO	15
<b>2.4.1. Sistemas de Controle</b>	17
2.4.1.1. <u>Arduino</u>	17
<b>2.4.2. Sensoriamento</b>	17
2.4.2.1. <u>Sensor de temperatura</u>	18
2.4.2.2. <u>Sensor de umidade relativa do ar</u>	18
2.4.2.3. <u>Sensor de umidade do solo</u>	18
2.4.2.4. <u>Sensor de Luminosidade</u>	19
2.4.2.5. <u>Sensor de vazão de água</u>	19
2.4.2.6. <u>Sensor de Ph</u>	19
2.4.2.7. <u>Sensor de CO2</u>	20
2.4.2.8. <u>Sensor de TDS e EC (Qualidade da água)</u>	20
2.5. IOT - INTERNET OF THINGS	20
<b>3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL</b>	21
3.1. PROJETO PRELIMINAR	23
<b>3.1.1. Estufa</b>	23
<b>3.1.2. Aplicativo</b>	24
<b>3.1.3. Relação de necessidades</b>	25
3.2. PROJETO INTERMEDIÁRIO	26
<b>3.2.1. Design</b>	26
<b>3.2.2. Arquitetura de Comunicação</b>	27
<b>3.2.3. Interface do aplicativo</b>	27
<b>3.2.4. Sistema de Controle</b>	32

<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>33</b>
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>34</b>
5.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	35
<b>6. REFERÊNCIAS</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a Internet continuou a evoluir exponencialmente. No início, sendo uma rede acadêmica e depois se tornando uma rede global. A principal característica para o seu rápido desenvolvimento é de fazer parte de um sistema de comunicação aberta e responsável por movimentar o conhecimento em diferentes áreas, abrindo oportunidades para novos serviços e conexões. (COSTA; OLIVEIRA; MÓTA, 2018)

É impossível falar de transformação social e digital sem falar desse fenômeno que atualmente está na pauta das grandes conversas sobre economia digital. Sua taxa de crescimento é potencializada pela natureza ilimitada de conteúdos e serviços, forçando a comunidade a se encaminhar para um novo mundo onde: entretenimento, aprendizado, trabalho, negócios e pesquisas científicas se voltam para essa tecnologia (BRITO; CAMPOS; ALVES, 1999).

A sociedade, por sua vez, está cada dia mais consciente da necessidade de uma vida mais saudável e esse desejo por qualidade de vida vêm transformando os hábitos e padrões de alimentação das pessoas. Outra sustentação é que essas se sentem, ainda mais, movidas por um cenário cada vez mais preocupante sobre os riscos dos alimentos que consomem. Os alimentos orgânicos, livres de defensivos agrícolas, envolvem um conceito muito mais abrangente do que apenas saúde pessoal. Assim, amplia-se e se olham-se as esferas:

- A esfera do meio ambiente - onde a água que tomamos, o ar que respiramos, seja igualmente adequada;
- A esfera de vida saudável - que é bem mais ampla e hoje engloba o desejo das pessoas;
- A esfera da produção agrícola - que em um cenário daquele que produz o alimento, o agricultor, acaba sendo o mais diretamente prejudicado por um modelo de agricultura que tem matado antes mesmo de atingir seu objetivo que deveria ser o de proporcionar saúde e bem estar.

A expansão da agricultura orgânica no mundo tem sido impulsionada em grande parte pelo aumento do custo de produção da agricultura convencional e seu declínio. Não só isso, mas também a intensa degradação ambiental e principalmente



pela exigência de consumidores cautelosos para consumir produtos livres de defensivos agrícolas. (JAILZA SIQUEIRA, 2016)

Por outro enfoque, os avanços na tecnologia subjacente permitem o uso de sensores e atuadores para identificar, detectar e controlar remotamente “coisas” (FENG; LAURENCE; LIZHE, 2012). Sendo assim, um novo conceito de uso da Internet surgiu, chamado de Internet das Coisas (IoT). O termo foi usado pela primeira vez em 1999 por Kevin Ashton. Em geral, IoT é entendido como a maneira pela qual os objetos físicos do nosso cotidiano estão conectados uns aos outros em uma rede, com muitos dispositivos incorporando inteligência e controlados pela internet.

O desenvolvimento da Internet das Coisas requer o suporte de tecnologias inovadoras como: identificação por radiofrequência (RFID), sensores, atuadores, *smartphones*, arquitetura de rede, protocolos, interoperabilidade e conectividade sem fio, sendo esses os pilares mais citados (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010; TAN, 2010).

Deve-se notar que esses componentes trouxeram enormes benefícios para a sociedade. Entre as aplicações vistas atualmente, a tecnologia é empregada em domótica (automação residencial), monitoramento remoto de pacientes, automação industrial, manufatura, logística, gestão de negócios, processos e transporte inteligente de pessoas e mercadorias (RITZ; KNAACK, 2017). Já no mundo do agronegócio, a IoT surgiu como um poderoso mecanismo para ajudar a controlar todos os níveis da cadeia alimentar.

Em suma, após essa breve introdução, juntando essas tendências de mercado e a Indústria 4.0, o objetivo deste trabalho é a ideação de uma estufa doméstica automatizada.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: na próxima seção será contextualizado o cenário atual da sociedade. Na sequência, será realizada uma revisão bibliográfica, abordando três assuntos latentes: Cocooning, sistemas de cultivo *indoor*, agricultura de precisão e IOT, que são os alicerces deste trabalho. Posteriormente é discutida a solução apresentada e as considerações finais.

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A vida das pessoas e de empresas de todos os setores teve uma grande transformação no primeiro trimestre de 2020. Em todo o planeta, a pandemia da Covid-19 gerou restrições ao deslocamento de consumidores, trabalhadores e de bens de consumo, impactando a logística dos negócios, atividades diárias e as interações pessoais.

Em comum entre todas as macro categorias, vemos que a pandemia provocou um aumento no lançamento de produtos que falam de mais naturalidade, funcionalidade e sustentabilidade. As novas demandas do consumidor por alimentos sustentáveis e o crescimento acelerado das startups do setor têm pressionado a indústria tradicional de alimentos a buscar caminhos mais rápidos para inovar.

## 1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Durante a pandemia muitos costumes mudaram, dentre eles o hábito de cozinhar em casa ganhou muito mais relevância, com a justificativa de evitar a necessidade de sair de casa e garantir uma melhor higiene dos alimentos.

Uma comida fresca é capaz de despertar todos os seus sentidos: visão, tato, olfato e paladar. Isso porque um alimento recém-colhido apresenta uma cor mais viva, uma textura mais firme, um aroma mais marcante e, claro, um sabor mais intenso. Sem contar que conhecer a origem daquilo que será consumido contribui para uma alimentação adequada e saudável. O consumidor começou a se preocupar muito mais com a sua saúde, de maneira holística, e com todo o sistema alimentar, de forma sustentável.

Isso somado com o ganho da relevância da alta gastronomia doméstica, criou-se um desejo de ter-se hortaliças e temperos frescos a qualquer momento nas próprias casas das pessoas.

## 1.3. JUSTIFICATIVA

O consumo de alimentos saudáveis, que já vinha ganhando força entre os brasileiros, foi acelerado pela pandemia. Em 2020, as vendas de produtos saudáveis atingiram R\$100 bilhões no País, segundo a Euromonitor International. Foi a maior

cifra para essa categoria de alimentos desde 2006, quando esse segmento começou a ser monitorado pela consultoria. (MARCIA CHIARA, 2021).

No pós-pandemia, um novo estilo de vida, centrado na casa, deve se consolidar. Um dos principais hábitos é o consumo de alimentos frescos, em que 89% dos consumidores têm em vista aumentar ou manter seus gastos atuais.

#### 1.4. HIPÓTESE

Seguindo nesta linha de pensamento, unindo uma forte tendência de mercado com uma lacuna deste tipo de tecnologia, idealizamos a startup Green.In, que possui como propósito reinventar a experiência de plantio de hortaliças e temperos dentro de casa, através de um produto eficiente, decorativo, acessível, de fácil uso e controlável por aplicativo. A tecnologia se baseia em diversos sensores que monitoram as condições ideais para cada planta e indicam através de notificações no aplicativo as necessidades de intervenção do usuário.

O produto tem um design diferenciado e moderno, podendo ser utilizado como objeto de decoração. O mesmo têm diversas funções que podem ser controladas remotamente facilitando mais ainda o cultivo das plantas, além de um aplicativo com diversas interfaces de usabilidade. A estufa doméstica da Green.In é a solução ideal para sempre ter hortaliças e temperos frescos a qualquer momento.

#### 1.5. OBJETIVO

Desenvolver uma proposta de estufa de pequeno porte com sistema integrado de controle e monitoramento de ambiente, permitindo a automação de parte do processo de cultivo de plantas em ambientes domésticos.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo destaca os fundamentos teóricos que fomentam o processo de cultivo de indoor, descrevendo o funcionamento desta estrutura em formato reduzido, os fatores climáticos que interferem na sua produção e as tecnologias que serão utilizadas para o desenvolvimento do sistema proposto.

### **2.1. COCOONING**

Cocooning é um conceito do inglês, traduzido como encasulamento (envolver-se em casulo). Ele significa o efeito de as pessoas se recolherem em casa, reduzindo as atividades realizadas na rua (NEGÓCIOS SC, 2020).

Segundo Celia Rodríguez, esse encasulamento pode ser definido como "a tendência de fazer de nossas casas uma fortaleza". Essa definição foi dada em fevereiro de 2020, durante uma conferência de tendências do consumidor para o mesmo ano, realizada na Espanha. O destaque foi feito antes mesmo de entrar em vigor a quarentena por causa do coronavírus no país ibérico (NEGÓCIOS SC, 2020).

Dentre os principais motivos que motivaram esta tendência global estão: economia (tanto de tempo quanto dinheiro, relacionados a sair da sua residência), proteção (pessoal e dos meios de locomoção particulares) e facilidade (buscando sanar todas as necessidades através do menor esforço possível).

#### **2.1.1. Impacto sobre o mercado de trabalho**

O efeito cocooning tem repercussões claras sobre o mercado de trabalho e de consumo, no qual pode-se citar como exemplo o home office. Ele deixou de ser uma opção ou um diferencial das empresas para se tornar a norma deste momento. (NEGÓCIOS SC, 2020)

Muitos negócios que ainda estavam receosos de adotar esse sistema de trabalho, quando já era perfeitamente possível, perceberam algumas vantagens. Por um lado, o investimento em espaço físico é menor; por outro, os colaboradores não perdem tempo com deslocamento e, assim, podem ter mais qualidade de vida. (NEGÓCIOS SC, 2020)

### 2.1.2. Impacto sobre o mercado de consumo

Com essa experiência, o consumidor está descobrindo novos serviços que antes não havia testado pela internet. Exemplifica-se: compras online pela primeira vez; cursos à distância; tarefas práticas estilo “faça você mesmo”, desenvolvendo assim novos hobbies.(NEGÓCIOS SC, 2020)

Um destes hobbies está relacionado à culinária doméstica, a qual aumentou significativamente durante a pandemia do coronavírus, devido a restaurantes muitas vezes nem permitirem o serviço presencial, e o receio do consumidor de receber algum produto contaminado.

A praticidade dos serviços digitais, que é a marca do encasulamento 2.0, continuará valendo após a pandemia, tendo conquistado muitos novos adeptos. Logo, será esperado um rol de produtos cada vez maior que entregue na porta de casa. Uma boa usabilidade on-line e conteúdos envolventes da marca finalmente serão percebidos pelas empresas como tão importantes para as vendas quanto a localização da loja física (NEGÓCIOS SC, 2020).

## 2.2. SISTEMAS DE CULTIVO INDOOR

Trata-se do cultivo em ambiente fechado, onde luzes artificiais e temperatura criam o ambiente ideal para o desenvolvimento das plantas. O exemplo mais comum são as estufas.

Atualmente, o uso de ambientes controlados e protegidos através das estufas é uma solução comumente adotada para o sucesso no cultivo de plantas variadas independente da região. Bezerra (2003) define estufas como “estruturas onde se pode criar e/ou manter microclimas favoráveis ao cultivo de qualquer espécie de planta, independente das condições ambientais existentes”. Além disso, a adoção das estufas permite o controle das condições ambientais e de pragas ou insetos nocivos que possam vir a danificar a produção, como formigas, lesmas e abelhas (BEZERRA, 2003).

Segundo Silva et al. (2014), o cultivo protegido consiste em uma técnica que possibilita certo controle de variáveis climáticas como temperatura, umidade do ar, radiação solar e vento. Esse controle se traduz em ganho de eficiência produtiva,

além de reduzir o efeito da sazonalidade, favorecendo a oferta mais equilibrada ao longo dos meses.

### **2.2.1. Tipos de sistema de cultivo indoor**

Segundo o laboratório de hidroponia da Universidade Federal de Santa Catarina existem três sistemas principais de cultivo indoor: sistemas baseados no solo, hidropônicos, aquapônicos e aeropônicos.

#### 2.2.1.1. Sistemas à base de solo

São semelhantes ao cultivo de plantas em um jardim ao ar livre, possuem vasos com solo de envasamento tradicional nas quais você pode plantar sementes e regar periodicamente.

#### 2.2.1.2. Sistemas hidropônicos

Neste sistema de cultivo, as plantas se desenvolvem e são alimentadas por meio de uma solução nutritiva, ou seja, em água onde são dissolvidos os sais contendo todos os nutrientes essenciais à sua sobrevivência e desenvolvimento.

#### 2.2.1.3. Sistemas aquapônicos

São semelhantes aos hidropônicos, mas usam peixes vivos na água, os resíduos do peixe fornecem nutrientes que ajudam as plantas a crescer, imitando um ecossistema natural.

#### 2.2.1.4. Sistemas aeropônicos

Considerada a forma mais avançada de hidroponia, usando ambientes de ar ou névoa em vez de solo. Esses sistemas pulverizam água rica em nutrientes nas raízes expostas da planta, enquanto os sistemas hidropônicos exigem que as plantas cresçam na solução.

### 2.2.1.5. Mini Estufas domésticas

Nos últimos anos, o jardim em apartamentos vem se popularizando. Em partes por causa dela, a pandemia, em partes pela opção de aproveitar um espaço da sacada para cultivo de plantas para consumo ou hobby. Caso o indivíduo não possua sacada, espaço nela ou prefere que ela seja utilizada somente para churrasco e varal de roupa, fica difícil criar uma horta. Então surgem as mini estufas domésticas, que ocupam pouco espaço e não dependem de fatores externos para proporcionar um ambiente propício para o plantio.

## **2.2.2. Fatores ambientais para cultivo de plantas**

A compreensão de alguns conceitos sobre a influência do ambiente sobre as plantas, como estas respondem aos estímulos ambientais e seus fatores de atuação são fundamentais para a correta compreensão dos sistemas de atuação climática no interior do cultivo protegido.

### 2.2.2.1. Influência da temperatura

Para Cermeño (1977), para cada função vital da planta existem temperaturas ótimas, sendo que abaixo ou acima destas o desenvolvimento produtivo está prejudicado. A temperatura exerce influência sobre funções vitais da planta como: respiração, fotossíntese, transpiração, germinação, crescimento, floração e frutificação. Cada planta necessita de uma faixa de temperatura específica para que seu ciclo de desenvolvimento seja otimizado. Faixas de temperatura adequadas permitem um crescimento efetivo das hortaliças, enquanto variações fora de seus limites geram perda em sua qualidade visual e sabor, podendo inclusive ocasionar sua morte.

### 2.2.2.2. Influência da umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar no interior de uma estufa é afetada diretamente pela temperatura, numa relação inversamente proporcional. Ela varia ao longo do dia de acordo com a presença de radiação em amplitudes que podem oscilar entre 30 a

100%. Ela está vinculada ao equilíbrio hídrico das plantas, onde um déficit pode alterar a evapotranspiração, alterando assim a capacidade do sistema radicular de absorver o soluto nutricional. Dessa forma, o manejo da umidade do ar, também dependerá da cultura visando-se atender sua fisiologia de crescimento e desenvolvimento (BRANDÃO FILHO; CALLEGARI, 1999).

#### 2.2.2.3. Influência da umidade do solo

Para Bezerra (2003), a umidade do solo interfere diretamente no comportamento nutricional da planta já que é através da água que os vegetais realizam sua nutrição. Um sistema de irrigação bem dimensionado, pode suprir as necessidades de forma perfeita para as plantas. Porém a demanda hídrica varia de acordo com o ciclo fenológico das culturas e deve ser ajustado periodicamente, um sistema de controle automatizado através de sensores permite que a água chegue na planta no momento exato em que ela necessita, o que representa melhor crescimento e produtividade e maior economia de água.

#### 2.2.2.4. Influência da radiação solar

Cassilhas (2000), afirma que a fotossíntese é um processo que consiste basicamente em sintetizar mediante o emprego de energia luminosa e clorofila, substâncias orgânicas, principalmente açúcares. No processo, a planta captura o gás carbônico presente na atmosfera, a água no solo, e os transforma em carboidratos através de estruturas especializadas em suas células. Fato este, que demonstra o quão importante é a energia luminosa para os vegetais, sendo esta a mola propulsora da fotossíntese, o principal processo metabólico das plantas.

#### 2.2.2.5. Influência do pH e a absorção de nutrientes no solo

A escala de pH varia de 0 a 14, com 0 sendo o mais ácido, 14 sendo o mais alcalino e 7 sendo o ponto de pH neutro. Todas as plantas são diferentes, no entanto, algumas preferem condições ácidas, enquanto outras podem exigir um ambiente alcalino (ANACLETO, 2022).



Um pH muito alto / alcalino pode impedir a absorção de nutrientes e levar a deficiências. A deficiência de ferro causa folhas pálidas ou amarelas nas plantas jovens, enquanto o empilhamento das folhas e queima nas pontas são ambos sinais de deficiência de cálcio. O cálcio também tende a formar sais que deixam depósitos brancos ou incrustações nas paredes do reservatório e no equipamento, o que, por sua vez, pode causar bloqueios e má circulação de água no sistema (ANACLETO, 2022).

#### 2.2.2.6. Influência da presença de CO<sub>2</sub>

Segundo Cermeño (1990), o gás carbônico é imprescindível para a vida das plantas, e na atmosfera destas, este composto decresce à medida que a fotossíntese é realizada. A quantidade de gás carbônico no ar varia ao longo do dia, atingindo maiores valores no período noturno e início da manhã e menores valores próximo do meio dia e início da tarde. O gás carbônico pode ser incrementado artificialmente no cultivo protegido, e atualmente existem diversos sensores para seu monitoramento.

### 2.3. AGRICULTURA DIGITAL

Com o advento da revolução verde, os sistemas de agricultura sofreram grandes transformações com a introdução de novas tecnologias de fertilização, correção da acidez do solo, irrigação, novas cultivares, mecanização e outras tecnologias (Tilmanet al., 2002). A nova era da agricultura deve integrar conhecimentos agrônômicos, grandes bases de dados agrícolas (Big Data), tecnologias inovadoras de sensores, satélites, veículos aéreos não tripulados, máquinas e robôs autônomos, softwares e plataformas em nuvens (em geral, a disponibilidade de recursos computacionais, especialmente armazenamento e processamento, que dispensa o gerenciamento ativo direto do usuário final) (BASSOI et al., 2020).

### 2.4. AGRICULTURA DE PRECISÃO

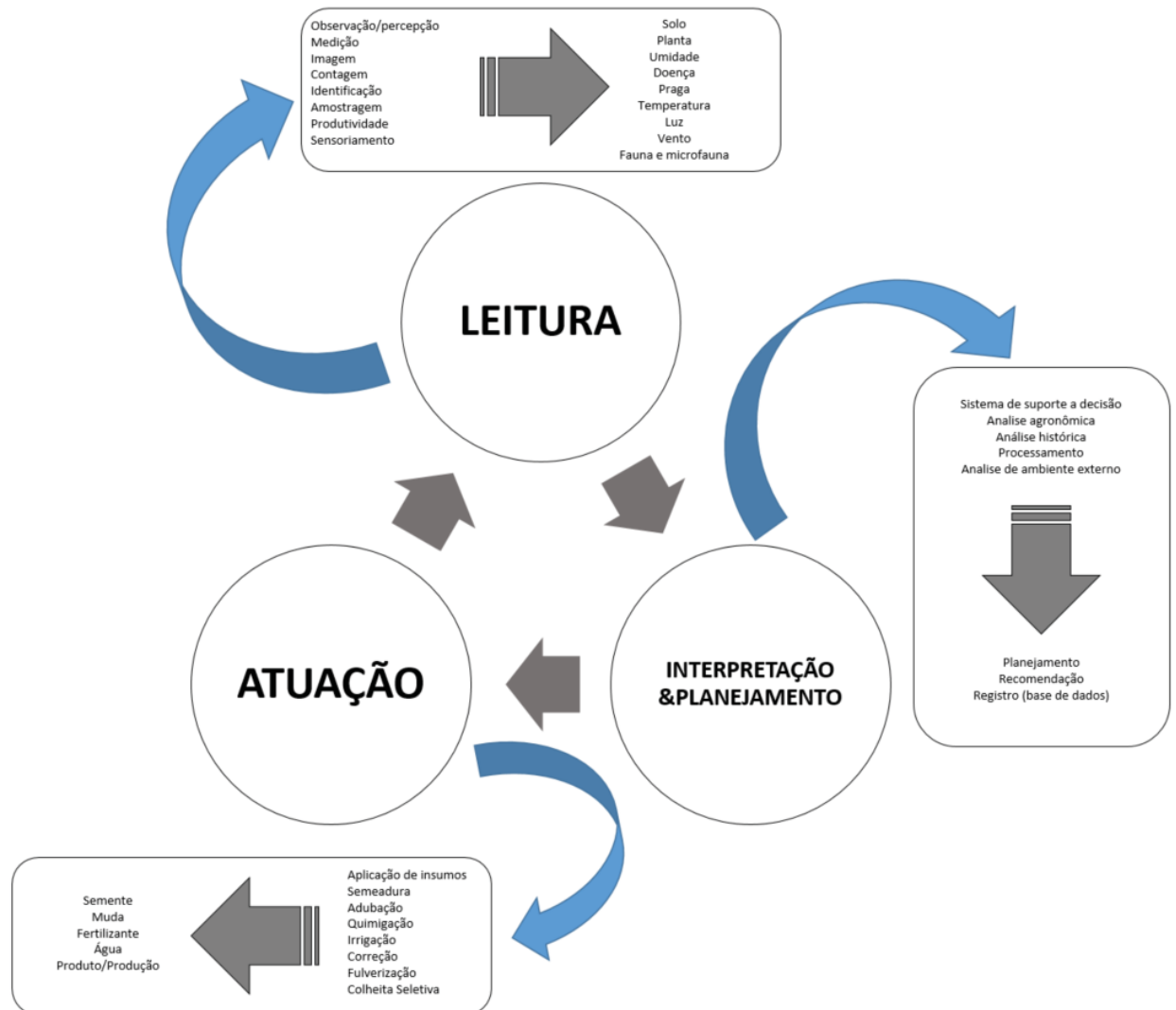
Segundo a Bassoi et al. (2019), agricultura de precisão pode ser definida como o uso de práticas agrícolas com base nas tecnologias de informação (TI) e

ferramentas da mecanização e automação, considerando a variabilidade do espaço e do tempo sobre a produtividade das culturas. Em outras palavras e de acordo com J.Pierce e Nowak (2018), agricultura de precisão proporciona ao cultivador fazer a coisa certa, no tempo certo, no lugar certo e da maneira certa.

A agricultura de precisão inclui o uso de equipamentos e sensores que avaliam as características das variáveis como: temperatura, umidade do ar e do solo, dentre outras, das plantas, animais e do solo com a finalidade de fornecer informações que contribuam com o aumento da produtividade, diminuição dos custos de produção e otimização de recursos naturais (BASSOI et al., 2019).

Os hardwares e softwares coletam e analisam os dados e os atuadores realizam as modificações necessárias. Na figura 1, pode ser observado o ciclo da agricultura de precisão em 3 etapas:

Figura 1 - Etapas da agricultura de precisão



Fonte: Adaptado de INAMASU e BERNARDI (2019)

### 2.4.1. Sistemas de Controle

Um sistema de controle é qualquer sistema destinado a controlar uma variável de saída ou controlada, através de outra variável, denominada variável de entrada do sistema ou manipulada. (LONGO; ABREU, 2021).

Segundo o dicionário Houaiss da língua portuguesa (HOUAISS, 2005), controle é um dispositivo ou mecanismo destinado a comandar ou regular o funcionamento de máquina, aparelho ou instrumento.

Para o projeto da estufa, foi implementado uma estrutura de controle que mantenha o sistema em equilíbrio, atuando nas variáveis manipuladas a fim de manter as variáveis controladas dentro de um ponto de operação desejável.

#### 2.4.1.1. Arduino

Arduino (2018) é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software projetados para serem fáceis de usar. Para realizar as configurações dos projetos, é utilizado o *software open-source* Arduino IDE, na escrita de códigos e no seu envio para dispositivos compatíveis, que podem ser tanto hardwares desenvolvidos pela própria Arduino, ou por outros desenvolvedores que possuem suporte na plataforma. Seu ambiente foi escrito em Java e Processing, sendo compatível com Windows, Mac OS X ou Linux. Para realizar as configurações, se utiliza da linguagem de programação Arduino (baseada em Wiring), consistindo em uma modificação da Linguagem C ++, sendo possível escrever códigos (*sketchs*) a partir dela. Pela IDE, também é possível observar a troca de informações da comunicação serial, além de outras funcionalidades (DIAS, 2021).

#### 2.4.2. **Sensoriamento**

A utilização de sensores tem sido uma interessante alternativa no desenvolvimento da agricultura de precisão. Por meio de diferentes técnicas é possível obter uma maior quantidade de informação sobre uma área em relação aos métodos tradicionais, geralmente baseados em amostragem. Informações de um alvo podem ser obtidas por meio de sensores com diferentes princípios de funcionamento (PUSCH et al. 2019).

Com a popularização do termo Agricultura Digital, cada vez mais as empresas, tanto grandes quanto pequenas, estão focando no desenvolvimento de sensores e inteligência artificial para monitorar as lavouras e tomar decisões automáticas. Porém, apesar de todo este desenvolvimento, são poucas as técnicas de sensoriamento que tem como foco a investigação especializada da lavoura (PUSCH et al. 2019). Nesse sentido, merecem destaque os seguintes tipos de sensores:

#### 2.4.2.1. Sensor de temperatura

A temperatura é a medida numérica do nível de energia térmica de um corpo, portanto diversos componentes estão disponíveis para execução desta tarefa. A tecnologia mais comum para aferição da temperatura em casas de vegetação é através de variação de resistência de alguns materiais com a temperatura do meio. O aumento da temperatura de um corpo, aumenta também a resistência elétrica do mesmo. Também temos transdutores eletrônicos baseados em circuitos integrados e semicondutores, bem como termistores que alteram sua corrente de saída de acordo com a temperatura do meio em que se encontram (FILHO, 2017).

#### 2.4.2.2. Sensor de umidade relativa do ar

Uma das formas de aferir a umidade do ar é realizada com a utilização de transdutores capacitivos. A tecnologia capacitiva utiliza o ar ou meio atmosférico como dielétrico de um capacitor, variando assim sua capacitância de acordo com a umidade relativa. Esse princípio é amplamente utilizado em transdutores eletrônicos, e possibilita que as leituras sejam facilmente convertidas em sinais de tensão, o que propicia sua leitura por diversos controladores comerciais (CASTILLA, 2005).

#### 2.4.2.3. Sensor de umidade do solo

Também chamado de higrômetro, esse sensor é utilizado para medir a resistividade da terra, ou seja, medir as oscilações da umidade do solo. Quando o solo está seco sua saída fica em estado baixo e quando está úmido sua saída fica em estado alto. O limite entre seco e úmido é configurado através do potenciômetro presente no sensor que regula a saída digital D0. (SIGMA SENSORES, 2021).

#### 2.4.2.4. Sensor de luminosidade

Conhecido como fotoresistor ou célula fotocondutiva, o LDR é um resistor dependente de luz, ou seja, ele varia sua resistência de acordo com a quantidade de luz que incide sobre ele. Quanto mais luz incidir sobre ele, mais baixa será sua resistência e quanto menor for a luz que incidir sobre ele sua resistência será maior.

Ele possui sensibilidade à luz visível e a luz infravermelha. O LDR possui dois terminais, não tem polaridade definida e é um componente eletrônico passivo (ALVES, 2021).

#### 2.4.2.5. Sensor de vazão de água

O sensor de vazão é baseado no efeito Hall. Conforme sua aleta interna gira com a passagem da água, pulsos são enviados para o microcontrolador. De acordo com a quantidade de pulsos é possível estimar qual o volume de água que está fluindo pelo sensor naquele determinado instante. (STRAUB, 2022).

#### 2.4.2.6. Sensor de Ph

O sensor de pH é um instrumento utilizado para aferir a acidez ou alcalinidade de uma determinada solução. Ele é formado por um eletrodo conectado a um potenciômetro. A partir dessa estrutura, é feita a conversão do valor de potencial do eletrodo em unidades de pH. Quando o eletrodo é submerso na solução a ser verificada, são produzidos milivolts, que posteriormente são transformados para escala pH, disponibilizada no display do aparelho. O resultado pode variar de 0 a 14. Quanto mais próximo de 14, a amostra é mais alcalina, pois há maior presença de íons  $H^+$ . Quanto mais próximo do zero o resultado, maior a acidez da solução e maior a concentração de íons de hidrogênio  $H^+$ . A solução é considerada neutra quando o valor do pH for igual a 7 (INSTRUTEMP, 2018).

#### 2.4.2.7. Sensor de CO2

O sensor de medição de  $CO_2$  funciona através de um emissor e um receptor de luz, que envia e recebe de um feixe com o comprimento de onda de absorção de dióxido de carbono e este feixe é atenuado proporcional à quantidade de dióxido de carbono presente no ar ou a mistura de gás que se está a analisar (APA, 2009).

#### 2.4.2.8. Sensor de TDS e EC (Qualidade da água)

Os Sólidos Dissolvidos Totais (TDS) representam o número de substâncias dissolvidas no líquido que são medidas pelo medidor TDS. Essas substâncias podem ser orgânicas, como minerais, sais, cálcio, e inorgânicas, como as contaminadas.

Portanto, o medidor de TDS mede tudo que pode ser encontrado na água analisada e não é um sólido em suspensão. A determinação do TDS é normalmente realizada detectando primeiro a concentração de íons na água (EC). Quando o nível de EC é determinado, o sistema executa um fator de conversão para determinar os níveis de TDS. O TDS é medido principalmente em partes por milhão (ppm), mas também em mg/L. A água considerada de boa qualidade tem um valor de TDS entre 0 e 600 ppm, enquanto os níveis insatisfatórios de TDS são superiores a 1200 ppm (DESCONHECIDO, 2019).

### 2.5. IOT - INTERNET OF THINGS

A miniaturização do hardware, o aumento crescente do poder dos microprocessadores, a redução do custo e a confiabilidade, além do avanço das telecomunicações impactaram em capacidades digitais de produtos da era industrial, como: carros, telefones, televisões, câmeras e até mesmo livros.

Com a capacidade digital embutida, tais produtos oferecem novas funções, taxas de desempenho e preços acessíveis, que transformam seu design, produção, distribuição e uso (Yoo, Henfridsson e Lyytinen, 2010).

A Internet das Coisas (ou IoT, do termo em inglês *Internet of Things*) é uma evolução dentro do paradigma de computação ubíqua, que consiste na presença pervasiva de objetos e “coisas” inteligentes ao nosso redor – tais como etiquetas RFID, sensores, telefones móveis – os quais estarão prontos para interagir e cooperar uns com os outros a fim de atingir um propósito específico (Atzori, Iera e Morabito, 2010).

Do ponto de vista econômico e de gestão, esse conceito foi primeiramente cunhado por Elgar Fleisch em 2010. O Conceito de IoT não é novo, mas só recentemente tornou-se relevante do ponto de vista prático nos negócios, em razão dos avanços no desenvolvimento de hardware, especialmente na última década (Fleisch, 2010)

A IoT inspira um novo modelo de negócios, o qual força organizações de vários setores a ajustar suas estratégias a fim de obter sucesso no mercado digital que se expandirá cada vez mais. Muitas empresas têm dificuldade de entender a complexidade sem precedentes de desenvolver modelos de negócio adequados à evolução das tecnologias digitais (Turber e Smiela, 2014). No futuro, a competição não se dará somente em termos de produtos e tecnologias, mas também em termos de modelo de negócio (Gassmann, Frankenberger e Csik, 2013).

De acordo com Mattern e Floerkemeier (2010), a IoT não é resultado de uma única tecnologia; é a combinação de diversas tecnologias complementares de desenvolvimento que fornecem capacidades, as quais auxiliam a preencher a lacuna existente entre o mundo virtual e físico. Essas capacidades incluem: comunicação e cooperação, endereçamento, identificação, detecção do ambiente, ação, processamento de informação embarcada, localização e interface com o usuário

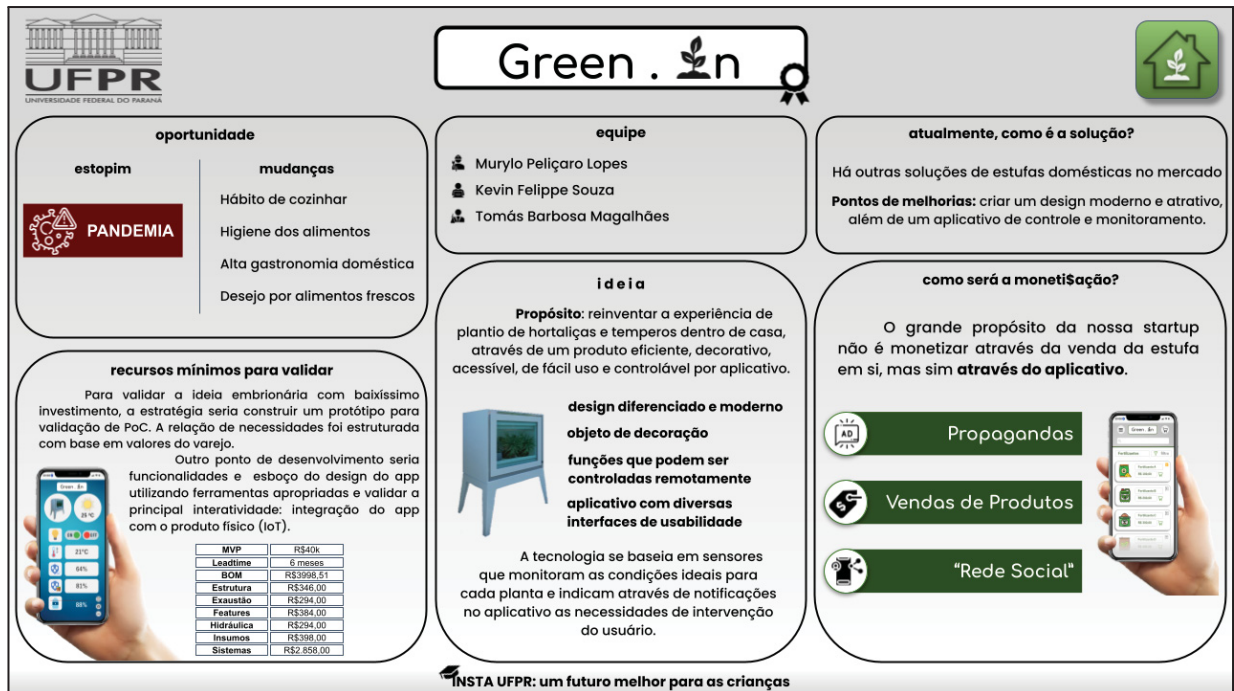
### **3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL**

O projeto desenvolvido levou em consideração algumas soluções já oferecidas para a automação de cultivo protegido, avaliando de forma coordenada todas as variáveis envolvidas nos sistemas, desde sua apresentação e interface com usuário, até capacidade de coleta de dados e precisão. Foi aproveitado o que está disponível na literatura e ainda incorporado inovações ao sistema eletrônico, como a orientação agrônômica relacionada à fenologia das culturas, o que até então não existia no mercado de controladores.

Através do método canvas ideação, ilustrado pela Figura 2, possibilitou identificar potenciais necessidades para implementação da solução, as características básicas, público alvo, e por fim, os custos e possível lucro com a utilização da ferramenta.



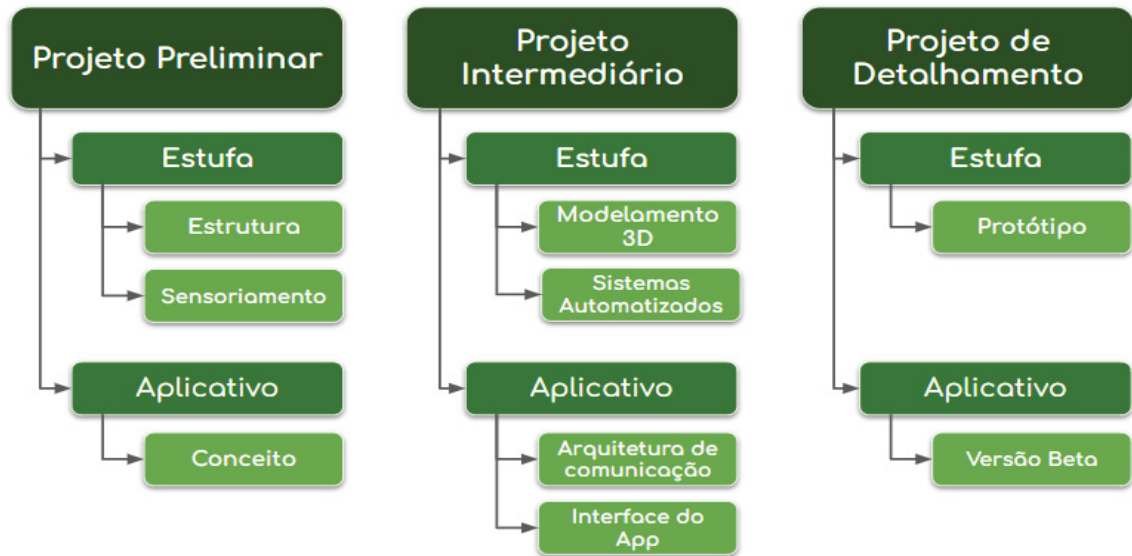
Figura 2 - Canvas Ideação



Fonte: Os autores (2022)

Assim, foi montado o fluxograma de etapas de desenvolvimento do projeto, que podemos ver logo a seguir, que tem como objetivo facilitar a criação da solução e trabalhar nos principais tópicos a serem desenvolvidos. Como pode-se ver na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma das principais etapas do trabalho.



Fonte: Os autores (2022)

### 3.1. PROJETO PRELIMINAR

O projeto preliminar será dividido em duas etapas: estufa e aplicativo de celular. Apesar da estufa ter sido pensada para ter dispositivos e sensores que possam se conectar ao aplicativo, decidiu-se descrevê-los separadamente nesta seção para melhorar a didática do texto.

#### 3.1.1. Estufa

A estufa foi inicialmente idealizada para ter sua cabine principal com oitenta centímetros de altura, sessenta centímetros de largura e sessenta centímetros de profundidade (modelo da estufa será mostrado posteriormente neste trabalho), além de pés estabilizadores que a deixam em torno de vinte centímetros do chão. A cabine principal será feita de aço pintado em pintura pó, com compartimentos de plástico para o plantio e sistema de iluminação e irrigação especiais. Importante ressaltar que o design da estufa será um dos diferenciais, com o objetivo de servir como item de decoração.

Os diversos sensores já citados anteriormente na revisão bibliográfica farão parte da estufa e todos estes serão controlados através de um microcontrolador ARDUINO.

Somando a iluminação/irrigação especiais com as lógicas de dados geradas pelos sensores e a inteligência de agronomia para o portfólio de plantas recomendadas, a estufa garantirá um cultivo eficiente. As informações técnicas para o consumidor podem ser vistas na Figura 4.

Figura 4 - Informação técnica



Fonte: Os autores (2022)

### 3.1.2. Aplicativo

O aplicativo foi inicialmente idealizado para ter três interfaces principais, a primeira delas será focada em acompanhamento *real time* dos plantios atuais na estufa, indicando se os níveis de água e nutrientes estão bons, se está na hora de colheita, replantio e etc. A segunda interface será focada em um *marketplace* de produtos de jardinagem. Finalmente a última interface será um tipo de rede social com artigos e conteúdos relacionados a jardinagem e gastronomia.

Vale destacar que o aplicativo será o principal diferencial do nosso produto, possibilitando o usuário de ter todo o suporte e acompanhamento de seus plantios de uma forma super didática e simples. Além de ser o principal diferencial, espera-se

que a monetização seja feita majoritariamente através dele, com propagandas e comissão das vendas realizadas dentro da sua plataforma.

O desenvolvimento do aplicativo será feito através da programação feita por uma empresa parceira.

### 3.1.3. Relação de necessidades

Toda a lista de materiais preliminares necessários para a construção de um protótipo da estufa pode ser vista na tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Relação de necessidades

Cluster	Descrição	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Estrutura	Gabinete MDF	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Estrutura	Estrutura de vidro (80 x 80cm x 1,60m);	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Estrutura	Pés de apoio	4	R\$ 24,00	R\$ 96,00
Sistemas Embarcados	Painel Quantum Grow Led 1000w Samsung Full Spectrum;	1	R\$ 879,90	R\$ 879,90
Exaustão	Exaustor Linear 150mm	1	R\$ 148,70	R\$ 148,70
Sistemas Embarcados	Timer Digital	1	R\$ 149,90	R\$ 149,90
Insumos	Substrato Mix Pronto Cultivo (5l por Embalagem)	3	R\$ 19,90	R\$ 59,70
Insumos	Sacos de Turfa Fértil (1,8kg por Embalagem)	3	R\$ 22,90	R\$ 68,70
Insumos	Fertilizante Fat Crystal Final 200g Fruit Booster (Crescimento)	1	R\$ 64,90	R\$ 64,90
Insumos	Fertilizante Fat Crystal Bloom 200g Flora Booster(Floração)	1	R\$ 64,90	R\$ 64,90
Insumos	Fertilizante Try Pack Basic 250ml (Booster Floração)	1	R\$ 139,90	R\$ 139,90
Features	Vasos especiais	9	R\$ 24,90	R\$ 224,10
Sistemas Embarcados	Arduino para controle automático de iluminação, ventilação e irrigação	1	R\$ 399,90	R\$ 399,90
Hidraulica/Irrigação	Sistema de bombeamento	1	R\$ 159,00	R\$ 159,00
Hidraulica/Irrigação	Válvula Solenoide	1	R\$ 80,00	R\$ 80,00
Hidraulica/Irrigação	Tubulações e mangueiras	1	R\$ 55,00	R\$ 55,00
Sistemas Embarcados	IHM indicadores de nível de água, irrigação e funcionamento	1	R\$ 630,00	R\$ 630,00
Features	Reservatórios plásticos: removíveis e de fácil higienização.	4	R\$ 6,50	R\$ 26,00
Features	Gaveta metálica removível	1	R\$ 95,00	R\$ 95,00
Features	Pazinha Larga para Jardinagem Tramontina	1	R\$ 9,00	R\$ 9,00
Sistemas Embarcados	Sensor de Luminosidade	1	R\$ 8,46	R\$ 8,46
Sistemas Embarcados	Sensor de vazão de água	1	R\$ 39,95	R\$ 39,95
Sistemas Embarcados	Termo-Higrômetro Digital com Sensor Externo (Umidade / Temperatura)	1	R\$ 50,60	R\$ 50,60
Features	Seleção de sementes	1	R\$ 29,90	R\$ 29,90
Sistemas Embarcados	Câmera de Vídeo Interna Inteligente intelbras Wi-Fi Full HD IM3 Preta	1	R\$ 260,00	R\$ 260,00
Sistemas Embarcados	Sensor de Ph	1	R\$ 159,00	R\$ 159,00
Sistemas Embarcados	Sensor de CO2	1	R\$ 30,90	R\$ 30,90
Sistemas Embarcados	Sensor de TDS e EC (Qualidade da água)	1	R\$ 169,90	R\$ 169,90
Sistemas Embarcados	Fiações, conexões elétricas, power cord, Botões	1	R\$ 80,00	R\$ 80,00
				<b>R\$ 4.429,31</b>

Fonte: Os autores (2022)

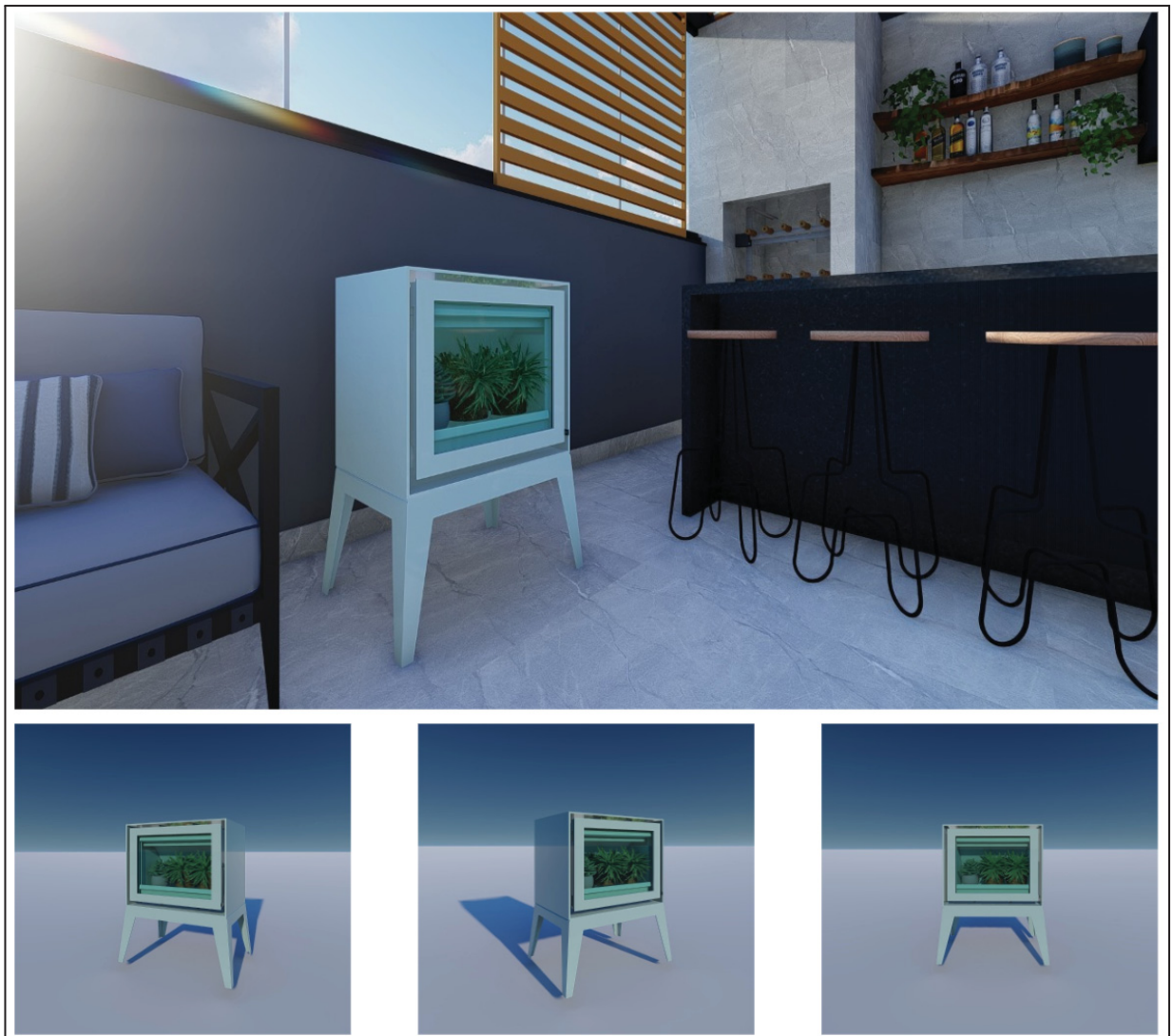
Os custos para execução do protótipo foram estimados em R\$4.429,31 considerando que a programação e o desenvolvimento do aplicativo seriam elaborados pelos autores.

## 3.2. PROJETO INTERMEDIÁRIO

### 3.2.1. Design

Foi realizado um modelamento gráfico utilizando o software “SketchUp” para ilustração da estufa doméstica. O resultado se encontra na figura 5 abaixo:

Figura 5 - Modelamento gráfico da estufa Green In



Fonte: Os autores (2022)

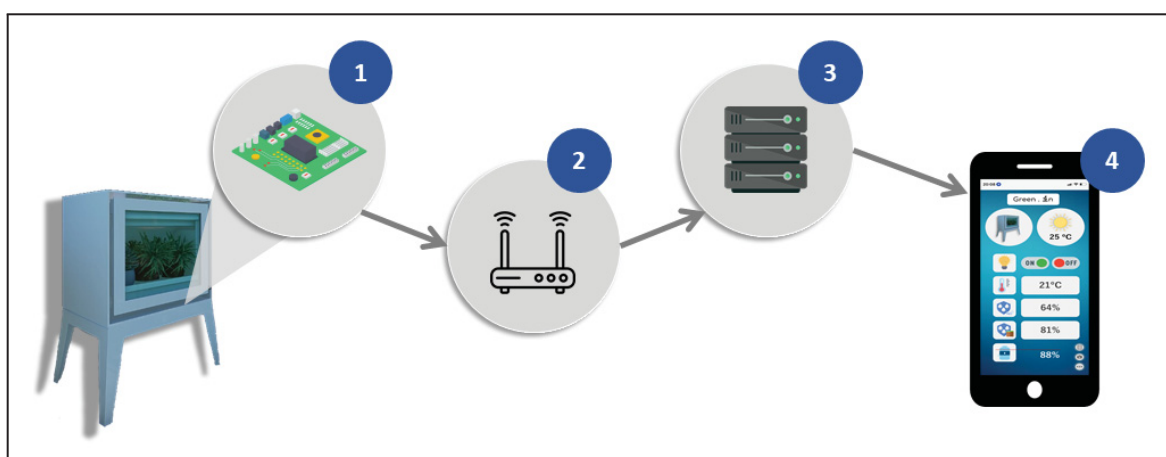
Um diferencial dessa estufa é justamente um design mais atrativo para o cliente. Considerando que o mesmo possa virar um objeto de decoração na casa do consumidor foi tomado a devida relevância ao design do produto. O mesmo contou

com a ajuda de uma profissional de design de interiores para modelamento e ilustração da estufa. A premissa foi feita com base nas demais estufas do mercado e foi agregado às tendências de consumo (linhas, curvas, material, pés da estufa)

### 3.2.2. Arquitetura de Comunicação

Na Figura 6, apresenta-se um diagrama de comunicação: tem-se o item (1) Estufa com o microcontrolador Arduino localizado dentro de uma caixa impermeável dentro da estufa coletando e processando os dados. Os mesmos geram as informações que são enviadas via WiFi (2) para um servidor com plataforma central (3) e realiza o cascadeamento para um smartphone (4) os seguintes dados da estufa: umidade, temperatura, precipitação, luminosidade e consumo de água do reservatório e demais.

Figuras 6 - Diagrama de comunicação



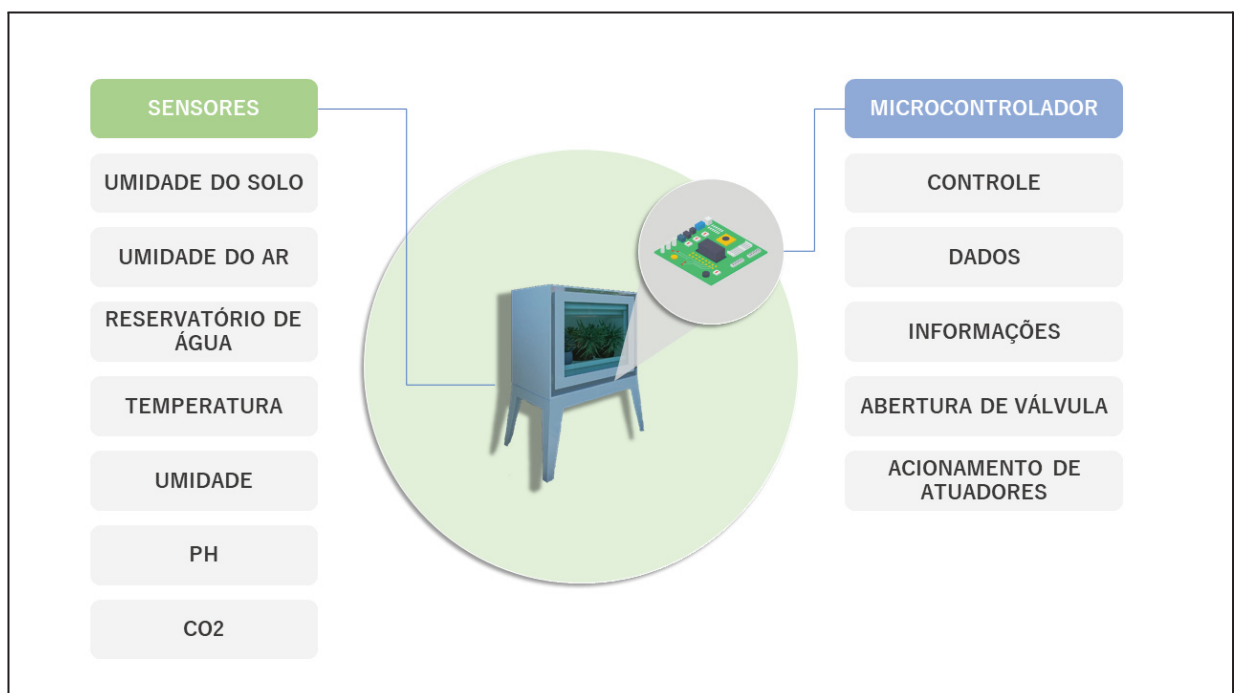
Fonte: Os autores (2022)

### 3.2.3. Interface do aplicativo

A Green in construiu um sistema de cultivo interno inteligente e elegante para ajudar os moradores ocupados da cidade a cultivar hortaliças em suas salas de estar enquanto gerenciam todo o processo a partir de seus smartphones. É um sistema de cultivo hidropônico totalmente automatizado, conectado e intuitivo. Ele usa uma variedade de sensores e atuadores para criar o ambiente de crescimento perfeito para as plantas, regando e nutrindo-as quando necessário.

O hardware está conectado à internet e há um aplicativo para smartphone que define as variáveis de crescimento corretas com base na planta escolhida. Seleciona-se o que se deseja cultivar e assim, parâmetros pré definidos são carregados para garantir que o crescimento da planta seja efetivo. O sistema inteligente desta estufa é flexível e escalável, sendo assim, pode-se personalizar o sistema de cultivo de acordo com as necessidades do usuário. A estufa é compacta e permite controlar e automatizar a análise de parâmetros importantes de suas plantas de forma automática ou manual, que conta com um guia passo a passo para escolher os parâmetros que melhor se adequam ao tipo de vegetação. Os parâmetros ajustáveis variam de temperatura, a luz, a ventilação, a umidade do solo e a quantidade de água necessária para manter as plantas saudáveis. A figura 7 ilustra melhor esses parâmetros e atuadores:

Figuras 7 - Sensores e Atuadores



Fonte: Os autores (2022)

O sistema da estufa possui um conjunto de componentes e sensores independentes que interagem com um controlador para gerenciar os parâmetros de acordo com o tipo de planta cultivada e todo o sistema pode ser controlado remotamente através de um smartphone. A programação inicial para validação dos

componentes e sensores, mais uma integração básica será feita diretamente pelos engenheiros fundadores.

Na figura 8, pode-se analisar um sketch de uma tela do aplicativo:

Figura 8 - Sketch do aplicativo

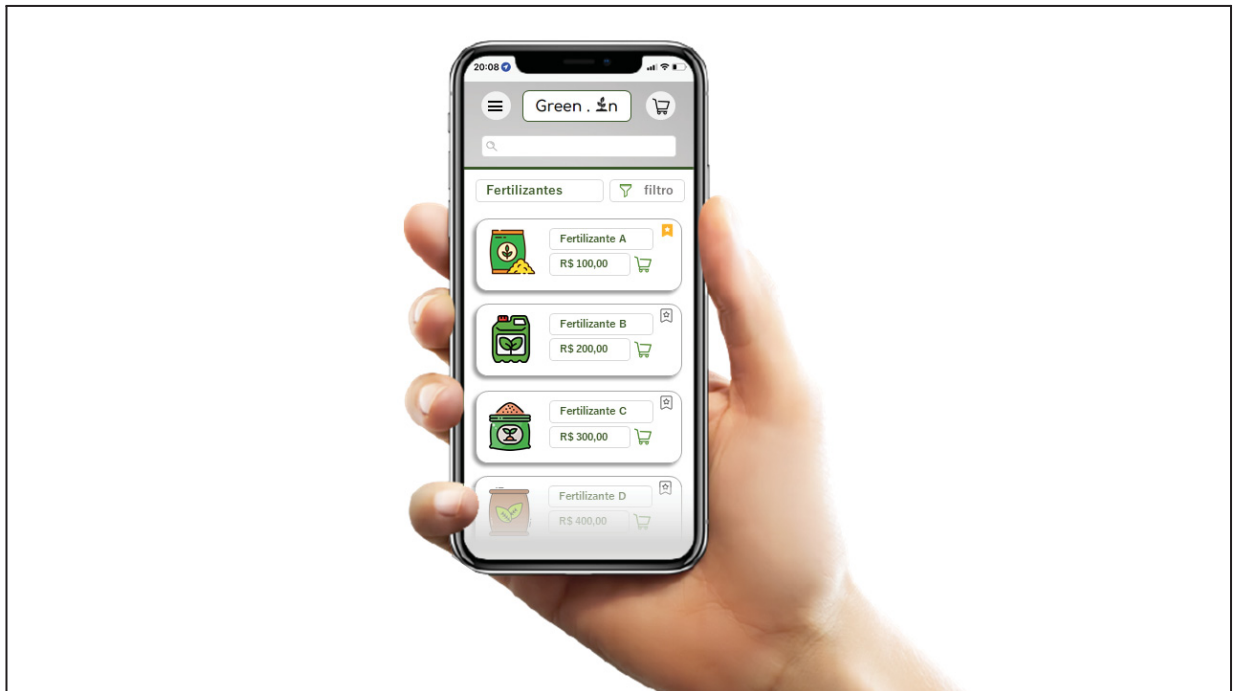


Fonte: Os autores (2022)

Conforme abordado no Canvas Ideação, um dos propósitos do projeto não é monetizar através da venda da estufa em si, mas sim através do aplicativo.

Outra forma de monetização seria através da venda de acessórios, como vasos, fertilizantes, terra e entre outros. Na figura 9, é ilustrado uma da telas do app direcionado para o *marketplace*:



Figura 9 - Sketch do *marketplace*

Fonte: Os autores (2022)

Algumas das funcionalidades são:

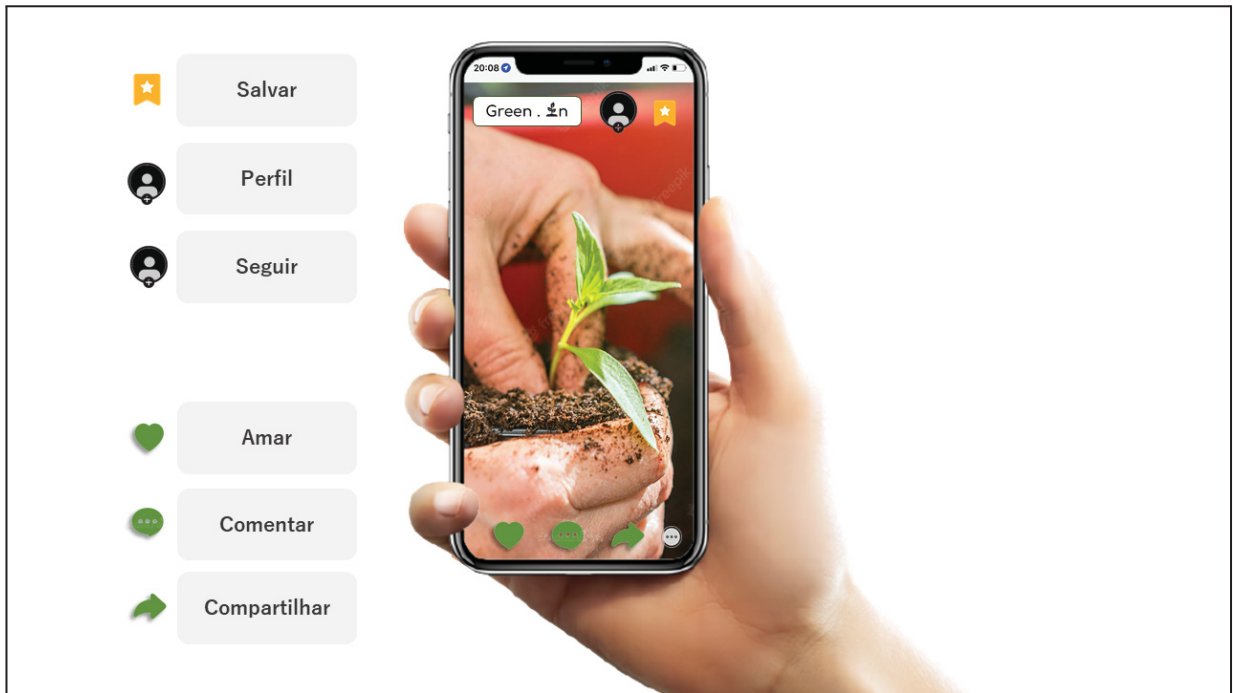
- Preços competitivos
- Fornecedores reconhecimentos no mercado
- Cupons de desconto
- Lista de favoritos
- UX friendly
- Carrinhos de compras
- Sugestões conforme plantio utilizado
- Predições de consumo
- Possibilidade de assinatura de insumos

A ideia principal é buscar clientes para realizar anúncios no app relacionados à jardinagem e gastronomia majoritariamente (utensílios gastronômicos, linha branca, móveis, entre outros).

No app, disponibilizaremos vídeos (idealmente de tempo reduzido, como exemplo a rede social Tik Tok) sobre assuntos de jardinagem e gastronomia, sendo

mais uma alternativa na qual poderemos realizar anúncios. Na figura 10, é ilustrado uma das telas do app direcionado para a “rede social”:

Figura 10 - Sketch da rede social



Fonte: Os autores (2022)

Das possibilidades:

- Salvamento dos conteúdos para posterior visualização.
- Criação do perfil do usuário para análise e posterior recomendação de conteúdo
- Seguir influencers
- E funcionalidades clássicas: amar, comentar e compartilhar

Um ponto a ser abordado é a parte agrônômica para pesquisa e inserção dos dados das culturas (hortaliças e vegetais). O aplicativo já vem com algumas hortaliças/temperos pré programados com as variáveis do processo de cultivo e seus parâmetros. A definição dos pré programados foi feita com base em uma pesquisa de relevância e quais são os temperos mais utilizados em uma cozinha com base em uma gama de receitas encontradas em sites especializados de culinária na internet. Porém, caso o cliente queira plantar outra coisa, ele pode entrar em contato com o suporte de atendimento para uma abertura de solicitação de cultivo. Assim, conforme

relevância e número de solicitações, um estudo pode ser realizado das variáveis de cultivo e seus parâmetros, e, em uma nova atualização, a hortaliça/tempero será incluída no aplicativo. Caso seja muito específico, o usuário pode pagar uma taxa de inserção personalizada no aplicativo. Mas nada impede também que o usuário possa configurar os parâmetros de cultivo de forma manual. A diferença é que não contará com um estudo de um profissional especializado em agricultura.

#### **3.2.4. Sistema de Controle**

O sistema de controle da estufa proposto deve ser capaz de gerenciar os níveis de umidade e acionar a irrigação quando for conveniente, além de controlar a luminosidade e temperatura, de modo que seja possível atender a fase de crescimento da cultura no processo de cultivo. Ambos são compostos por um conjunto de sensores e atuadores e serão comandados pelo mesmo microcontrolador.

O diagrama de blocos da Figura 7, representa as entradas e saídas do sistema utilizadas no controle da plantação. Como entrada, tem-se os sensores de temperatura, umidade do solo e luminosidade, trabalhando em conjunto para atender às necessidades do cultivo da cultura selecionada. Como saída, tem-se a ativação e desativação do relé pelo sensor de luminosidade, esse conjunto funciona como chave para o ligamento e desligamento da lâmpada com base na intensidade de luz do dia; ativação e desativação da bomba de água pelo sensor de umidade do solo, fazendo com que chegue água até a planta quando necessário; e por fim, a ativação e desativação da exaustão e ou sistema de iluminação pelo sensor de temperatura, este atuando nas ventoinhas e na lâmpada, criando um sistema de circulação de ar para diminuir a temperatura caso ultrapasse o valor desejado.

Dessa forma, todo o sistema é automatizado para que os sensores possam captar os dados do meio e controlarem os atuadores, proporcionando um ambiente adequado para a sobrevivência da cultura.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados, pôde-se, nos capítulos anteriores, analisar o modelo de negócio, o desenvolvimento do projeto preliminar e intermediário, a simulação do design do produto, os sketches do aplicativo e as funcionalidades dos sistemas de automação.

Quando se analisa os resultados físicos, as especificações seriam desenvolvidas em um projeto detalhado, cujo qual não é o foco deste trabalho.

O próximo passo mapeado seria uma estimativa de MVP (R\$ 40k) considerando o desenvolvimento de um aplicativo, construção e programação robusta da estufa para enfim realizar um piloto em escala maior.

Portanto, não haverá avanço para uma experimentação, apenas registro da ideia e os próximos passos avistados na conclusão.

Cabe ressaltar os:

- Pontos positivos: forte potencial de tendência de consumo, design diferenciado, aplicativo integrado e sistema de monetização;
- Pontos negativos: complexidade de montagem, suporte de especialista em agronomia, investimento inicial elevado (POC e MVP) para posteriormente diluição em larga escala

## 5. CONCLUSÕES

Pode-se concluir, analisando-se os resultados obtidos, de que através de aplicações integradas de diversas tecnologias da indústria 4.0, é possível criar uma solução focada em facilitar a vida das pessoas que buscam por alimentos frescos para melhorar suas refeições caseiras, ao mesmo tempo que gera um modelo de negócios lucrativo e sustentável.

O projeto teve como objetivo principal a criação de um modelo de estufa automatizada simples e barata para a utilização em residências a fim de promover o cultivo de hortaliças em qualquer lugar, com dados coletados em tempo real e integração com aplicativo de celular, o qual possuirá diversas funcionalidades úteis ao usuário. A automatização da estufa promove uma redução de erros, controle maior de pragas, além de um aumento da eficiência do cultivo, resultando em um ambiente ideal para o crescimento das plantas.

Com os caminhos para um futuro sustentável sendo repensados, as inovações na agricultura apresentam uma oportunidade para um progresso poderoso junto à nutrição humana e ao gerenciamento da cadeia de suprimentos. Além disso, estar em contato com a natureza através de fazendas que nascem e se desenvolvem nas cidades e ver o próprio alimento sendo cultivado de perto é acreditar que há outra maneira de se relacionar com os espaços públicos, com todas as pessoas que moram na cidade e com a alimentação de seus milhões de habitantes.

## 5.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Durante a análise e discussão dos resultados surgiram alguns questionamentos que não puderam ser confirmados neste trabalho, mas que serviram para apontar sugestões para a continuidade dos estudos. Essas sugestões são listadas na sequência:

- Execução do *mockup* da estufa para realização de testes na casa de consumidores, de modo a obter dados qualitativos e quantitativos sobre a performance do produto (estufa e aplicativo) e atendimento de requisitos do consumidor;
- Análise de redução de custo, com foco em uso de materiais recicláveis e alternativos para a estrutura, além de microcontroladores mais acessíveis. Esse projeto teria como finalidade criar uma versão da Green In de baixo custo para um público de entrada nesse tipo de negócio.
- Desenvolvimento de um sistema de controle para estufas utilizando conceito de *Machine Learning*. Com esse tipo de tecnologia espera-se que a estufa adquira dados de toda a comunidade Green In ao longo do tempo e compile os mesmo buscando melhores ambientes para cultivo de plantas de forma ágil e eficaz;

## REFERÊNCIAS

- ALVES, Pedro. **LDR – O que é e como funciona!** Disponível em: <<https://www.manualdaeletronica.com.br/ldr-o-que-e-como-funciona/>>. Acesso em: 15 mai. 2022.
- ANACLETO, Estêvão. **Equilíbrio do pH na absorção de nutrientes: Importância do nível de pH.** In: GroHO. Hidroponia Brasil. Brasil, 2 abr. 2022. Disponível em: <https://www.hidroponiabrasil.com/post/equilibrio-do-ph-na-absorcao-de-nutrientes#:~:text=As%20plantas%20s%C3%B3%20podem%20absorver,%2C8%2D6%2C5..> Acesso em: 15 mai. 2022.
- APA, Agência Portuguesa do Ambiente. **Qualidade do ar em espaços interiores.** Amadora, 2009. Disponível em: <[https://www.apambiente.pt/\\_zdata/Divulgacao/Publicacoes/Guias%20e%20Manuais/manual%20QARInt\\_standard.pdf](https://www.apambiente.pt/_zdata/Divulgacao/Publicacoes/Guias%20e%20Manuais/manual%20QARInt_standard.pdf)>. Acesso em: 16 jun. 2022.
- ARDUINO. **What is Arduino?**, 2018. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 16 mai. 2022.
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. **The Internet of Things: A survey.** Computer Networks, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010.
- BASSOI, Luís Henrique; INAMASU, Ricardo Yassushi; BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; VAZ, Carlos Manoel Pedro; SPERANZA, Eduardo Antonio; CRUVINEL, Paulo Estevão. **Agricultura de precisão e agricultura digital.** In: TECCOGS – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas, n. 20, jul./dez. 2019, p. 17-36.
- BEZERRA, F. **Produção de Mudanças de Hortaliças em Ambiente Protegido.** Fortaleza, Embrapa, 2003.
- BRANDÃO FILHO, J.U.T. CALLEGARI, O. **Cultivo de hortaliças de frutos em solo em ambiente protegido.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.64-68, set./dez. 1999.
- BRITO, P. Q.; CAMPOS, P.; ALVES, J. A. **O futuro da Internet: estado da arte e tendências de evolução.** 1a ed. Lisboa - Portugal: [s.n.].
- CASILLAS, A. M. **Determinação da eficácia luminosa natural e da variação das condições de exposição de superfícies transparentes à luz.** Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, PIBIC, CNPq, 2000, 48p. (Relatório final)
- CASTILLA, N. **Invernaderos de plástico – Tecnología y manejo.** Madrid: Mundi Prensa. 2005. 462p.
- CERMEÑO, Z. S. **Cultivo de plantas hortícolas em estufa.** Portugal: Litexa. 1977. 368p.
- COSTA, Cainã L.; OLIVEIRA, Letícia; MÓTA, Léia Michele S.. **Internet das coisas (IOT): um estudo exploratório em agronegócios.** 2018. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/cienagro/wp-content/uploads/2018/10/Internet-das-coisas-IOT-um-estudo-explorat%C3%B3rio-em-agroneg%C3%B3cios.docx-Cain%C3%A3-Lima-Costa.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2022.
- Desconhecido. **What is EC Meter and how it is different from TDS Meter?.** In: Uniglobal Business Products. Scientific Instruments. India, 1 jul. 2019. Disponível em: <https://uniglobalbusiness.com/what-is-ec-meter-and-how-it-is-different-from-tds-meter/#:~:text>

=Therefore%2C%20TDS%20meter%20measures%20everything,factor%20to%20determine%20TDS%20levels.. Acesso em: 16 mai. 2022.

DIAS, Paulo Vicktor Felix. **Sistema Automático de Irrigação e Controle de Temperatura para Estufas**. Orientador: Dr. Renato Santos Carrijo. 2021. 59 f. v. 1, TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, UBERLÂNDIA, 2021.

FENG, X.; LAURENCE, T. Y.; LIZHE, W. **Internet of Things**. International Journal of Communication Systems, v. 25, n. 9, p. 1101–1102, 2012.

FLEISCH, E., SARMA, S., & THIESSE, F. (2009). **Preface to the focus theme section: “Internet of things”**. Electronic Markets, 19(2-3), 99–102

GASSMANN, O., FRANKENBERGER, K., & CSIK, M. (2013). **The St. Gallen business model navigator**. Disponível em [http://www.im.ethz.ch/education/HS13/MIS13/Business Model Navigator.pdf](http://www.im.ethz.ch/education/HS13/MIS13/Business%20Model%20Navigator.pdf) [acessado em 24 de abril de 2022].

GODIO, Mili. **The 6 best indoor garden kits and systems, according to experts: a fresh garden doesn't have to be outside**. 2021. NBC news. Disponível em: <https://www.nbcnews.com/select/shopping/best-indoor-garden-kits-ncna1267376>. Acesso em: 13 maio 2022.

LabHidro - Laboratório de Hidroponia (UFSC). **HIDROPONIA: Sistemas de Cultivo Hidropônico**. Disponível em: <https://labhidro.cca.ufsc.br/sistemas-de-cultivo-hidroponico>. Acesso em: 13 mai. 2022.

HOUAISS, A. **Dicionário Houaiss Da Língua Portuguesa**. [S.l.]: 2009, 2005. v. 1. ISBN 978-8573029635

INAMASU, Ricardo Yassushi; BERNARDI, Alberto Carlos de Campos. **Agricultura de precisão**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114258/1/cap-1.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2022

INSTRUTEMP INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO LTDA. INSTRUTEMP. **Como funciona um medidor de pH?**. São Paulo: HUB, 2018. Disponível em: <https://instrutemp.com.br/como-funciona-um-medidor-de-ph/>. Acesso em: 15 mai. 2022.

J.PIERCE, Francis; NOWAK, Peter. **Aspects of Precision Agriculture**. Advances in Agronomy, Michigan, v. 67, p. 1-85, 11 abr. 2018 0065-2113. DOI: [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60513-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60513-1). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211308605131#section-cited-by>. Acesso em: 15 mai. 2022.

JAILZA SIQUEIRA (Sergipe). Associação de Engenheiros Agrônomos de Sergipe. **Produção e Consumo de Alimentos Saudáveis**. 2016. Disponível em: <http://www.aease.org.br/?p=1077>. Acesso em: 11 abr. 2022.

LONGO, Augusto Kesting; ABREU, Bruno Sabino. **Estufa automatizada: controle automático para o cultivo de hortaliças**. Trabalho de conclusão (Bacharelado em Engenharia Elétrica). Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão, 2021.

MÁRCIA DE CHIARA. Agência Estado. **A venda de alimentos saudáveis deve chegar a R\$100 bilhões em 2020, em meio à pandemia**. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/com-pandemia-venda-de-alimento-saudavel-bate-r-100-bi/>. Acesso em: 18 abr. 2022.



MARQUES FILHO, Aldir Carpes. **Sistema de Automação e Controle Inteligente para Cultivo Protegido – Tecnologia Acessível ao Pequeno Produtor: tecnologia acessível ao pequeno produtor**. Orientador: Jean Paulo Rodrigues,. 2017. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mecatrônica, Mecatrônica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina., Florianópolis, 2017.

MATTERN, F., & FLOERKEMEIER, C. (2010). **From the internet of computers to the internet of things**. *Communications of the ACM*, 64(6), 242–259.

NEGÓCIOS SC. **Efeito cocooning: o encasulamento como novo normal**. 2020. Disponível em:

<https://negociossc.com.br/blog/efeito-cocooning-o-encasulamento-como-novo-normal#:~:text=Cocooning%20%C3%A9%20um%20conceito%20do,as%20atividades%20realizadas%20na%20rua..> Acesso em: 03 mai. 2022.

PUSCH, M.; MACHADO, T.P.; AMARAL, L.R. **Introdução a Agricultura de Precisão**, 03/2019. Disponível em:<[www.feagri.unicamp.br/gitap](http://www.feagri.unicamp.br/gitap)>. Acesso em: 15 mai. 2022.

RITZ, J.; KNAACK, Z. **Internet of Things. Technology and engineering teacher**, v. 76, p. 6, 2017.

SIGMA SENSORS. **Sensor de umidade do solo**. Disponível em: <https://sigmasensors.com.br/sensor-de-umidade-do-solo>. Acesso em: 15 mai. 2022.

SILVA, Bruna Abrahão et al. **Cultivo Protegido: em busca de mais eficiência produtiva!**. Hortifruti Brasil, São Paulo, p. 1-9, mar. 2014.

STRAUB, M.G. **Sensor de refluxo de água para Arduino**, 2016. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-fluxo-de-agua-para-arduino-1-30-lmin/>. Acesso em 16 mai. 2022

SUNDMAEKER, H. et al. **Internet of Food and Farm 2020**. *Digital and Virtual Worlds*, n. January, p. 129–152, 2016.

TURBER, S., & SMIELA, C. (2014). **A business model type for the IoT**. In *Anais da 26th European Conference on Information Systems (ECIS)*. Tel Aviv: Tel Aviv University

TILMAN, D. et al. **Agricultural sustainability and intensive production practices**. *Nature*, v. 418, p. 671-677, 2002.

VEJA (Brasil). **Consumo e Pandemia: As mudanças de hábitos e padrões de comportamento provocados pelo coronavírus**. 2020. EY Parthenon. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/insights-list/insight-3/>. Acesso em: 24 abr. 2022.

YOO, Y., HENFRIDSSON, O., & LYYTINEN, K. (2010). **Research commentary - the new organizing logic of digital innovation: an agenda for information systems research**. *Information Systems Research*, 21(4), 724–735.