

Braz da Silva Ferraz Filho

**AGRICULTURA DE PRECISÃO EM CASAS DE VEGETAÇÃO:  
CONTROLE E GESTÃO DE CULTIVO EM PRODUÇÃO DE  
MUDAS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Tecnologias da Informação e Comunicação.

Orientador: Prof. Dr. Roderval Marcelino

Coorientador: Prof. Dr. Vilson Gruber

Araranguá  
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ferraz Filho, Braz da Silva  
Agricultura de Precisão em Casas de Vegetação :  
controle e gestão de cultivo em produção de mudas /  
Braz da Silva Ferraz Filho ; orientador, Roderval  
Marcelino, coorientador, Vilson Gruber, 2018.  
128 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós  
Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação,  
Araranguá, 2018.

Inclui referências.

1. Tecnologias da Informação e Comunicação. 2.  
Agricultura de Precisão. 3. Casas de Vegetação. 4.  
Produção de Mudanças. I. Marcelino, Roderval. II.  
Gruber, Vilson. III. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da  
Informação e Comunicação. IV. Título.

Braz da Silva Ferraz Filho

**AGRICULTURA DE PRECISÃO EM CASAS DE VEGETAÇÃO:  
CONTROLE E GESTÃO DE CULTIVO EM PRODUÇÃO DE  
MUDAS**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina.

Araranguá, 26 de fevereiro de 2018.



Prof. Andréa Cristina Trierweiler, Dra.  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**



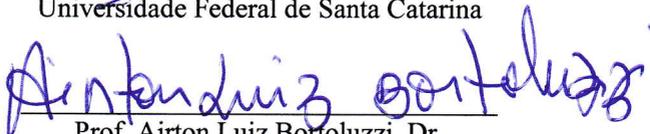
Prof. Roderval Marcelino, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Eliane Pezzebon, Dra.  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Anderson Luiz Fernandes Perez, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Airton Luiz Bortoluzzi, Dr.  
Instituto Federal Catarinense



Este trabalho é dedicado aos meus familiares e a todos os que contribuíram para o desfecho desta pesquisa.



## AGRADECIMENTOS

Meu muito obrigado a minha companheira Aline Zanotto, pela paciência, compreensão, apoio e entender as dificuldades para completar esta jornada.

Aos familiares, por acreditar que era possível e ao incentivo sempre incondicionais.

Aos colegas do mestrado, pelo companheirismo e pelos momentos compartilhados.

Aos colegas do Laboratório de Pesquisa Aplicada, pelas dicas e ao Renan Cunha pela imensa paciência e auxílio, obrigado.

Aos colegas de trabalho do Instituto Federal Catarinense – Campus Santa Rosa do Sul, à Direção e a Coordenação de Geral de Extensão pela parceria e acreditar no projeto.

Muito obrigado ao Prof. Eng. Agr. D.Sc Airton Luiz Bortoluzzi, por todo o empenho, auxílio técnico e conhecimentos necessários para aplicação da pesquisa.

A Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá e ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação pelos ensinamentos.

A banca, por disponibilizar seu tempo e conhecimento para engrandecer este trabalho.

Ao orientador, Prof. Dr. Roderval Marcelino, por todo apoio, por acreditar no potencial deste trabalho e por passar tranquilidade durante as etapas e dificuldades enfrentadas no decorrer da pesquisa. Meus sinceros agradecimentos, admiração, respeito e amizade.

E aos que aqui não citados, mas que de alguma forma estiveram envolvidos para o êxito desta dissertação, deixo os meus agradecimentos.



“A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

(Albert Einstein)



## RESUMO

A integração de Tecnologias da Informação e Comunicação está presente nas mais diversas áreas do conhecimento, dentre elas a agricultura. Entre as técnicas existentes voltadas para o setor, uma que vem ganhando destaque é a Agricultura de Precisão. Desta forma, a presente pesquisa tem como foco analisar a relação da Agricultura de Precisão e sua aplicação em casas de vegetação para a produção de mudas de tupinambor, araruta e açafrão-da-terra, visando aumentar e antecipar o cultivo das culturas analisadas. Para tanto, foi desenvolvido um protótipo utilizando sistemas computacionais embarcados Arduino, Raspberry, sensores e atuadores, contando também com um sistema web dedicado onde é possível monitorar as ações geradas pelo protótipo. Estes componentes foram instalados em uma casa de vegetação, com o intuito de controlar as variáveis internas, criando um ambiente propício para o desenvolvimento de mudas. Para validação da pesquisa, além da criação do protótipo, foi avaliado o cultivo de três tipos de cultura: tupinambor, araruta e açafrão-da-terra. Os propágulos destes cultivos foram plantados em três ambientes para fins de comparação: ambiente do protótipo, ambiente de casa de vegetação sem controle e ambiente externo. Assim, o estudo buscou observar os impactos causados pela utilização de Tecnologias da Informação e Comunicação na gestão dos cultivos selecionados em comparação aos outros ambientes de testes. Ao final da pesquisa, conclui-se que a Agricultura de Precisão aplicada à casas de vegetação possibilita uma maior gestão sobre as culturas monitoradas, controlando variáveis de temperatura, luminosidade, umidade do solo, o que possibilitou uma maior brotação dos propágulos no ambiente do protótipo, gerando mudas maiores em relação aos demais experimentos. Com estes resultados, as mudas puderam ser postas a campo com antecipação ao ciclo normal de plantio.

**Palavras-chave:** Tecnologias da Informação e Comunicação. Agricultura de Precisão. Casa de Vegetação. Produção de Mudas.



## ABSTRACT

The integration of Information and Communication Technologies is present in the most areas of knowledge, include agriculture. Among the existing techniques aimed at the sector, one that has been gaining prominence is Precision Agriculture. In this way, the present research focuses on the relationship between Precision Agriculture and its application in greenhouse for the production of jerusalem artichoke, arrowroot and tumeric, in order to increase and anticipate the cultivation of the analyzed crops. For that, a prototype was developed using embedded computational systems Arduino, Raspberry, sensors and actuators, also counting on a dedicated web system where it is possible to monitor the actions generated by the prototype. These components were installed in a greenhouse, with the purpose of controlling the internal variables, creating an environment conducive to the development of seedlings. To validate the research, besides the creation of the prototype, the cultivation of three types of culture was evaluated: jerusalem artichoke, arrowroot and tumeric. The propagules of these crops were planted in three environments for comparison purposes: prototype environment, greenhouse environment without control and external environment. Thus, the study sought to observe the impacts caused by the use of Information and Communication Technologies in the management of selected crops in comparison to other test environments. At the end of the research, it was concluded that Precision Agriculture applied to greenhouses allows greater management over monitored crops, controlling temperature, luminosity and soil moisture variables, which allowed a greater budding of the propagules in the prototype environment, generating larger seedlings in relation to the other experiments. With these results, the seedlings could be put into the field in anticipation of the normal planting cycle.

**Keywords:** Information and Communication Technologies. Precision Agriculture. Greenhouse. Seedling production.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do desenvolvimento da dissertação.....	32
Figura 2 - Casa de vegetação com estrutura de metal .....	43
Figura 3 - Pesquisas relacionadas à Agricultura de Precisão. ....	55
Figura 4 - AP associada a casas de vegetação e tecnologias.....	56
Figura 5 - Tipo de documentos. ....	56
Figura 6 – Número de publicações por ano. ....	57
Figura 7 - Publicação por país de origem. ....	58
Figura 8 - Áreas de concentração.....	58
Figura 9 - Palavras-chave mais encontradas .....	59
Figura 10 - Etapas de aplicação da pesquisa.....	65
Figura 11 - Visão geral do protótipo.....	66
Figura 12 – Sistemas embarcados Arduino e Raspberry Pi. ....	67
Figura 13 - protótipo montado na caixa hermética. ....	70
Figura 14 - Ambiente de pesquisa. ....	71
Figura 15 - Instalação do sistema.....	72
Figura 16 - Protótipo instalado no ambiente.....	73
Figura 17 - Disposição dos sensores e atuadores no ambiente.....	74
Figura 18 – Fluxograma do software do protótipo.....	75
Figura 19 - Site recebendo as leituras dos sensores e atuadores. ....	77
Figura 20 - Separação dos propágulos. ....	78
Figura 21 - Mudas plantadas no ambiente controlado. ....	79
Figura 22 - Mudas da casa de vegetação sem controle. ....	80
Figura 23 - Mudas do ambiente externo. ....	80
Figura 24 - Primeiras mudas germinando no ambiente controlado.....	84
Figura 25 - Registro dos ambientes após 30 dias. ....	86
Figura 26 - Registro dos ambientes após 45 dias. ....	87
Figura 27 - Registro dos experimentos após 55 dias.....	89
Figura 28 - Percentual de formação de mudas no ambiente externo.....	90
Figura 29 - Percentual de formação de mudas no ambiente sem controle. ....	90
Figura 30 - Percentual de formação de mudas no ambiente controlado.....	91
Figura 31 - Plantio das culturas de araruta e tupinambor nos canteiros. ....	95



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sensores utilizados. ....	68
Quadro 2 - Valores de medida da cultura tupinambor. ....	92
Quadro 3 - Valores de medida da cultura araruta. ....	94



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Contagem de germinação dos experimentos após 30 dias. ....	85
Tabela 2 - Contagem de germinação dos experimentos após 45 dias. ....	87
Tabela 3 - Contagem de germinação dos experimentos após 55 dias. ....	88



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP – Agricultura de Precisão  
CBAP - Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão  
CF – Comprimento da Folha  
Cobapla - Comitê Brasileiro de Desenvolvimento e Aplicação de Plásticos na Agricultura  
DHT – *Digital humidity and temperature*  
Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
FAO - *Food and Agriculture Organization*  
GPS - Sistema de Posicionamento Global  
IEEE - *Institute of Electrical and Electronics Engineers*  
IFC – Instituto Federal Catarinense  
IoT – *Internet of Things*  
LDR – *Light Dependent Resistor*  
LF – Largura da Folha  
LPA – Laboratório de Pesquisa Aplicada  
MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
NF – Número de Folhas  
OECD - *Organisation for Economic Co-operation and Development*  
PIB - Produto Interno Bruto  
PPGTIC – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação  
RSL – Revisão Sistemática da Literatura  
TIC – Tecnologias da Informação e Comunicação  
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina  
VANTs - Veículos Aéreos Não Tripulados  
WoS – *Web of Science*



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>25</b>
1.1	OBJETIVOS	28
1.1.1	Objetivo Geral	28
1.1.2	Objetivos Específicos	28
1.2	JUSTIFICATIVA	29
1.3	ESCOPO DO TRABALHO	30
1.4	ADERÊNCIA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO	31
1.5	METODOLOGIA	31
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	33
<b>2</b>	<b>AGRICULTURA NO BRASIL</b>	<b>35</b>
2.1	ALIMENTOS FUNCIONAIS	36
2.1.1	Tupinambor	37
2.1.2	Araruta	38
2.1.3	Açafrão-da-terra	39
2.2	PRODUÇÃO DE MUDAS	40
2.2.1	Casas de vegetação	42
<b>3</b>	<b>AGRICULTURA DE PRECISÃO</b>	<b>45</b>
3.1	DEFINIÇÃO	45
3.1.1	Aplicação	46
3.2	SISTEMAS EMBARCADOS	47
3.2.1	Plataformas	48
3.2.2	Sensores e atuadores	49
<b>4</b>	<b>ESTADO DA ARTE</b>	<b>53</b>
4.1	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	53
4.2	PROCEDIMENTOS ADOTADOS	54
4.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA	54
4.4	ANÁLISE DESCRITIVA	59
<b>5</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>65</b>
5.1	PROTÓTIPO	65
5.1.1	Arquitetura do sistema	65
5.1.2	Sistemas embarcados	67
5.1.3	Sensores	67
5.1.4	Atuadores	68
5.1.5	Aplicação Web	69
5.2	MONTAGEM DO PROTÓTIPO	69
5.2.1	Concepção	69
5.2.2	O ambiente	71
5.2.3	Software	74
5.2.4	Preparação	77
5.2.5	Plantio das culturas	78
5.2.6	Validação	81

<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>83</b>
<b>6.1</b>	<b>COLETA DOS DADOS .....</b>	<b>83</b>
<b>6.1.1</b>	<b>Primeiros resultados .....</b>	<b>83</b>
<b>6.1.2</b>	<b>Evolução da brotação dos propágulos.....</b>	<b>84</b>
<b>6.1.3</b>	<b>Percentual de brotação dos propágulos nos ambientes .....</b>	<b>89</b>
<b>6.1.4</b>	<b>Índice de crescimento das mudas .....</b>	<b>92</b>
<b>6.2</b>	<b>FINALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....</b>	<b>94</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>97</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>99</b>
	<b>APÊNDICE A – Código Fonte do Protótipo.....</b>	<b>111</b>
	<b>APÊNDICE B – Quadros dos valores de medidas das plantas .....</b>	<b>117</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em tempos em que a Tecnologia da Informação e Comunicação está onipresente no cotidiano das pessoas, de forma globalizada, conceitos e formas de aprender e ensinar, vestir-se, trabalhar, comunicar-se, têm sofrido visíveis transformações.

As Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) compreendem uma gama de recursos tecnológicos capazes de efetuar uma nova forma de comunicação, sendo considerada uma das ferramentas mais importantes da era atual, a era da informação (RODRIGUES; COSTA, 2016).

As TICs revolucionaram a maneira de receber e disseminar a informação e conhecimento, principalmente com a difusão da Internet, tornando impossível imaginar conviver sem estes recursos nos dias atuais.

Contribuições oferecidas pelas TICs podem ser percebidas e estão inseridas em várias áreas distintas, intermediando e automatizando processos e informações, tramitando entre o campo dos negócios, comércio, meio ambiente, agricultura, entre outras áreas (MASSRUHÁ; LEITE; MOURA, 2014).

Szilágyi (2012) afirma que as TICs são fatores críticos para o desenvolvimento econômico e social, alegando que as tecnologias são propulsores para inovação.

Embora as TICs possam ser aplicadas em diversas áreas, uma das que vem ganhando destaque é a agricultura.

De acordo com a Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro (2016), as Tecnologias da Informação têm transformando o agronegócio nos últimos anos, favorecendo o aumento da produtividade, gerando maiores lucros, e consumindo menos recursos. Conclui que nas próximas décadas, a agricultura terá muitos processos automatizados, provendo sustentabilidade e uma melhor gestão de insumos, tendo como suporte os recursos tecnológicos.

Exemplos de aplicações que fazem uso de TICs na agricultura são os sensores para monitoramento do clima e do solo, a agricultura de precisão, que utiliza sistemas embarcados, automação, irrigação, sistemas de processamento de imagens, monitoramento de pragas. Estas ferramentas podem propiciar novos rumos no desenvolvimento do agronegócio (MASSRUHÁ; LEITE; MOURA, 2014).

A agricultura é um dos setores de produção mais importantes para a sociedade e uma das bases da economia brasileira. Visto que o crescimento populacional aumenta a demanda por suprimentos oriundos

do meio agrícola, a preocupação com a utilização sustentável de recursos e aumento da qualidade e produtividade são temas discutidos constantemente (BERNARDI et al, 2014).

Pensando nesse aumento de produção e preocupação com qualidade, devem-se buscar soluções e métodos para vencer estes obstáculos.

É nesse contexto que surge a necessidade de aplicar técnicas para melhor desenvolver e realizar a gestão de cultivos, visando potencializar a utilização de recursos e aumentar a produtividade. Com isto, é imprescindível a utilização de técnicas para gerenciar estes aspectos, sendo uma delas a Agricultura de Precisão.

A Agricultura de Precisão é caracterizada como uma estratégia de gestão de grandes plantações até pequenos cultivos, que faz uso de recursos de Tecnologia da Informação e Comunicação, com o objetivo de reunir informações de vários meios e dar assistência na tomada de decisões em práticas agrícolas (LI; CHUNG, 2015). Ainda de acordo com Pascual et al (2015), é uma técnica que otimiza a produção e garante maiores lucros utilizando menos recursos, disponibilizando ao produtor dados precisos sobre os cultivos.

Para Gao e Du (2011), a evolução das tecnologias computacionais, sistemas embarcados, redes de sensores e Internet é que proporcionam novas aplicações para a Agricultura de Precisão, possibilitando maior análise de informações, com menores custos.

Desta forma, a agricultura tradicional vem ganhando um novo conceito, o de agricultura digital, onde cada etapa de plantio pode ser controlada e monitorada, criando condições para maior desenvolvimento e produção (MAT; KASSIM; HARUN, 2015).

Refletindo sobre a importância da agricultura para a sociedade de modo geral, pois é a fonte de alimento do ser humano, além de o trabalho no campo ser laborioso, recebe influência direta do clima e região onde as plantações são cultivadas. Assim, existe a preocupação de condições ambientais para o desenvolvimento satisfatório das plantações.

Bernardi et al (2014) afirmam que um dos maiores obstáculos para a produção agrícola são os fatores meteorológicos, uma vez que os cultivos a céu aberto estão vulneráveis às ações climáticas, podendo trazer danos ao cultivo e ao produtor.

Levando em consideração os aspectos meteorológicos, buscam-se formas de proteger as plantações contra intempéries, possibilitando um maior domínio sobre os aspectos do cultivo. Uma forma de cultivo de

proteção para as plantas é conhecida como casa de vegetação ou estufas de plantas.

Uma casa de vegetação pode ser definida como uma estrutura coberta de material translúcido, que pode abrigar diferentes tipos de plantas, formando uma proteção contra as intempéries climáticas, propiciando um meio de controle onde o desenvolvimento das culturas depende não só da proteção de eventos meteorológicos, mas também de luminosidade, irrigação e temperatura (BELTRÃO; FIDELIS FILHO; FIGUEIRÊDO, 2002).

As casas de vegetação são muito utilizadas para a produção de mudas, pois criam um ambiente propício para as fases de germinação e crescimento inicial da planta, possibilitando maior controle sobre as variáveis climáticas. Estes aspectos são os primeiros passos para obter uma produção de sucesso, pois gera mudas de maior qualidade e resistentes, o que aumenta a probabilidade de sobrevivência da planta quando posta no local de plantio definitivo (SILVA; MACHADO; CUNHA, 2015).

Apesar das casas de vegetação amenizarem os efeitos climáticos extremos, estes ambientes não são perfeitos, pois como são fechados, outros fatores como umidade e temperaturas locais desfavoráveis podem apresentar problemas no desempenho e produtividade da cultura (PEREIRA, 2006).

Desta maneira, é necessário controlar estes fatores que exercem influência direta no desenvolvimento e produtividade das plantações. Uma forma de tentativa de controle destas variáveis pode ser solucionada utilizando tecnologias computacionais, como a Agricultura de Precisão.

De acordo com Teruel (2010), a inserção de Tecnologias da Informação na agricultura, com foco específico em casas de vegetação, permite um maior controle das culturas, aumentando a produtividade e questões de aspectos qualitativos dos alimentos, inovando a forma de produção agrícola.

Atualmente, as TICs vêm sendo empregadas em crescente escala no meio agrícola. Isto se deve a redução do custo dos equipamentos e a maior capacidade dos sistemas, que possibilitam ao produtor ferramentas digitais para rastrear produtos agrícolas, obter previsões meteorológicas, gerenciar cultivos, efetuar sensoriamento remoto. Utilizando estas técnicas promovida pelas TICs, será possível um melhor planejamento das produções agrícolas, bem como melhor utilização dos recursos naturais, de infraestrutura e humano (LUCHIARI JUNIOR et al, 2014).

Com a necessidade crescente por produção de alimentos de qualidade, cada vez mais o produtor necessitará ter controle sobre as plantações, e com isso, deve-se buscar estratégias para criar ambientes propícios para aumentar a produtividade dos cultivares.

Considerando as informações acima apresentadas, o objetivo da pesquisa é aplicar técnicas de Agricultura de Precisão em casas de vegetação no cultivo de mudas. Assim, pretende-se responder o seguinte questionamento: **Aplicando agricultura de precisão para controle e gestão de casas de vegetação na produção de mudas, é possível acelerar e antecipar o desenvolvimento do cultivo dessas plantas?**

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Aplicar técnicas de agricultura de precisão e tecnologias computacionais em uma casa de vegetação no cultivo de mudas de tupinambor, araruta e açafrão-da-terra, analisando o impacto da utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação na gestão do crescimento destas culturas.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são elencados conforme as etapas necessárias para o desenvolvimento da pesquisa proposta no objetivo geral. São eles:

- Estudar os fundamentos teóricos, técnicos e científicos de agricultura de precisão aplicados ao cultivo em casas de vegetação;
- Desenvolver um protótipo capaz de controlar as variáveis ambientais de um cultivo em casa de vegetação;
- Aplicar o protótipo em um ambiente real no cultivo de mudas de tupinambor, araruta e açafrão-da-terra;
- Analisar a eficácia da aplicação de tecnologias computacionais na gestão e controle de casas de vegetação e suas contribuições na antecipação do cultivo de mudas.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Considerando as distintas áreas de produção, a agricultura pode ser considerada uma das mais inconstantes, pois as plantações, geralmente a céu aberto, estão vulneráveis aos fatores do clima, como ventos, granizo, geada e seca. Eventos climáticos extremos podem dificultar o desenvolvimento dos cultivos e ocasionar prejuízos ao produtor.

Atentando a estes fatores, surge a necessidade de cultivar em ambientes que possam prover algum tipo de proteção. Estes ambientes são conhecidos como casas de vegetação ou estufas de plantas.

Romanini et al. (2010), diz que um ambiente de cultivo protegido ou casa de vegetação é uma técnica que permite amenizar as ações climáticas adversas sobre as plantas, e possibilitando ambientes mais propícios ao desenvolvimento dos cultivos. Assim é possível controlar fatores como água, luminosidade, umidade.

Ambientes de cultivo protegido têm por principal função resguardar as plantas de fatores climáticos extremos, porém apesar da proteção, este local não exerce o controle preciso sobre as culturas. Segundo Beltrão, Filho e Figueirêdo (2002), casas de vegetação propiciam uma proteção contra as intempéries climáticas, porém o desenvolvimento das plantas não depende somente de proteção contra estes eventos e sim do controle sobre as variáveis locais.

Avaliando que o ambiente que possibilita uma maior proteção para o cultivo é uma casa de vegetação e que para que este local seja ideal, é necessário efetuar certo nível de controle, é imprescindível encontrar técnicas e tecnologias computacionais que executem estas tarefas com precisão.

Desta forma, Teruel (2010), afirma que aplicando técnicas de agricultura de precisão em ambientes de casas de vegetação e tecnologias computacionais, é possível aumentar a qualidade e produção dos plantios, além de diminuir prejuízos.

Para tanto, neste trabalho é idealizado um protótipo capaz de realizar a gestão e controle das variáveis locais do ambiente da casa de vegetação aplicando técnicas de agricultura de precisão, a fim de analisar a eficácia da aplicação de tecnologias computacionais no controle e desenvolvimento da produção agrícola.

Esta pesquisa tem caráter interdisciplinar, pois tem como foco aproximar a Tecnologia Computacional da área Agrônômica. A pesquisa é uma parceria da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Campus Araranguá com o Instituto Federal Catarinense (IFC)

Campus Santa Rosa do Sul. O IFC cedeu o espaço para aplicação do projeto, propondo a pesquisa com três culturas distintas, que possuem um período de plantio semelhante entre primavera e verão, além de ajuda técnica da área da agrônômica para conduzir o estudo.

As culturas selecionadas para a pesquisa (araruta, tupinambor e açafraão-da-terra) podem representar um novo nicho de mercado, visto que são cultivos de valor agregado relativamente elevado e são alimentos funcionais com demanda crescente. Desta maneira, além de realizar a gestão do cultivo, o protótipo aplicado busca antecipar o cultivo destas culturas criando um ambiente favorável, colocando-as à campo em época antecipada caso os resultados sejam positivos, aumentando a produtividade.

### 1.3 ESCOPO DO TRABALHO

A premissa desta pesquisa é analisar o impacto que a agricultura de precisão exerce na produção de mudas em casa de vegetação, utilizando um sistema de controle que efetue a leitura das variáveis climáticas e atue sobre estas quando necessário.

A fim de alcançar este propósito, além da pesquisa bibliográfica, desenvolveu-se um protótipo que faz uso de sensores que realizam leituras das variáveis do ambiente de uma casa de vegetação com 13 m<sup>2</sup>. Estes sensores enviam estas leituras a um sistema de computação embarcada, que de acordo com as variáveis estabelecidas, atuam neste ambiente. Estas variáveis também são enviadas para um sistema web, onde as leituras e ações que acontecem no ambiente podem ser observadas.

O protótipo monitora a temperatura ambiente, umidade relativa do ar, umidade do solo e luminosidade. Quando necessário o sistema aciona exaustores, acende as luzes artificiais, irriga e liga aquecedores (o protótipo foi projetado para cultivar as mudas durante o inverno).

O sistema busca investigar qual o impacto que as TICs têm na produção das mudas selecionadas. Sendo assim, foram plantadas mudas dentro do ambiente do protótipo, e para fatores de comparação, foram plantadas as mesmas mudas em uma casa de vegetação sem nenhum tipo de controle e em um canteiro no ambiente externo.

A ideia foi a utilização de equipamentos e componentes de baixo custo para criação do protótipo, sendo um teste de aplicabilidade para possíveis novas pesquisas relacionadas, sendo este trabalho apenas uma parte inicial de uma área promissora.

## **1.4 ADERÊNCIA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO**

O programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação (PPGTIC), fazendo uso de tecnologias computacionais, tem por objetivo impulsionar a inovação nas áreas de gestão, educação e tecnologia computacional, criando novas soluções para o avanço destes setores (PPGTIC, 2016). Ainda de acordo com o programa, as áreas de concentração são Tecnologia e Inovação sendo subdivididas em três linhas de pesquisa: Tecnologia Computacional, Tecnologia Gestão e Inovação e Tecnologia Educacional.

A linha de pesquisa para o qual este trabalho está voltado é a de Tecnologia Computacional. Esta linha tem como finalidade o desenvolvimento de novas soluções computacionais para a resolução de problemas de caráter interdisciplinar (PPGTIC, 2016).

Durante todo o trabalho de pesquisa podem ser observados indícios da proposta e sua aderência ao PPGTIC, sendo que uma das características desta pesquisa é ser interdisciplinar. No trabalho é explanado o desenvolvimento de um protótipo para controle e gestão de uma casa de vegetação de plantas de mudas de tupinambor, araruta e açafrão-da-terra, incorporando tecnologias computacionais para controle e monitoramento de variáveis do ambiente. Assim, a pesquisa faz uso de tecnologias computacionais aplicadas a gestão agrícola, o que vai de encontro a proposta de interdisciplinaridade da linha de pesquisa e do programa com um todo.

## **1.5 METODOLOGIA**

Esta seção da dissertação tem por objetivo descrever a metodologia empregada e classificar a pesquisa adotada.

Este trabalho é de caráter interdisciplinar, pois tramita entre as áreas de ciência da computação, agricultura e tecnologias da informação.

No que se refere à abordagem, neste estudo predomina a quantitativa. De acordo com Richardson (1999), a pesquisa é denominada quantitativa quando busca a medição de variáveis, estatísticas e comparações.

Quanto a sua natureza, a pesquisa é classificada como aplicada, pois utiliza recursos computacionais para gestão mais eficiente de ambientes de cultivo. Para Cervo, Bervian e Silva (2007), na pesquisa

aplicada o pesquisador busca a soluções com finalidades práticas e resolução de problemas específicos.

Em relação aos objetivos, esta pesquisa é considerada explicativa. Para Marconi e Lakatos (2001), a pesquisa do tipo explicativa visa explicar causa e efeito através de medição e controle de variáveis, normalmente realizando testes, buscando obter respostas para problemas com base em resultados experimentais.

Com relação aos procedimentos, o trabalho é de caráter bibliográfico, no que se refere à fundamentação teórica, e experimental, no que diz respeito aos testes e análise das variáveis de ambiente de cultivo.

Para amparar estes conceitos, Marconi e Lakatos (2001), afirmam que a pesquisa do tipo bibliográfica é essencial ao trabalho científico, que deve ser embasado por meio de estudos referentes ao tema pesquisado, podendo ser encontrado em diversas fontes analisadas e publicadas, como livros, artigos, monografias, teses.

Sobre o procedimento experimental, Gil (1999), caracteriza-o como a seleção de um objeto a ser estudado, selecionar as variáveis que afetam este objeto e buscar formas de controlar os efeitos destas variantes.

A Figura 1 exibe as etapas executadas durante o desenvolver da pesquisa com a finalidade de alcançar os objetivos propostos.

Figura 1 - Etapas do desenvolvimento da dissertação.



Fonte: elaborada pelo autor.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura desta dissertação é constituída em sete capítulos, referências bibliográficas e apêndices.

O Capítulo 1 traz a introdução ao tema, bem como os objetivos a serem alcançados na pesquisa, apresentando também a justificativa, a aderência da pesquisa ao PPGTIC, a metodologia e concluindo com a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 traz à tona o tema agricultura no Brasil, e a importância do agronegócio, destacando as culturas mais produzidas no país. Traz também conceitos sobre alimentos funcionais, um novo segmento que está mostrando potencial no mercado e alguns exemplos de culturas deste universo. O capítulo aborda o tema produção de mudas e a caracterização de casas de vegetação e possibilidades de cultivar nesses ambientes, destacando vantagens e empecilhos que este tipo de produção pode apresentar.

No capítulo 3 é abordado os conceitos da técnica de Agricultura de Precisão e as variedades de aplicações possíveis para a agricultura, como os sistemas embarcados e sistemas de sensores.

O capítulo 4 explana sobre as principais tecnologias computacionais aplicadas à ambientes de cultivo em casas de vegetação e o estado da arte envolvendo estas tecnologias.

O capítulo 5 retrata o arcabouço metodológico utilizado durante o desenvolvimento da pesquisa e demais procedimentos do estudo e como o protótipo foi aplicado para realizar a gestão e o controle das variáveis da casa de vegetação.

O capítulo 6 traz os resultados e discussões obtidos com a aplicação de tecnologias computacionais na realização do controle do ambiente e a análise destes resultados à fim de responder o questionamento inicial da dissertação.

No Capítulo 7 são exibidas as considerações finais, onde são discutidos os resultados com base na pesquisa e propostas para trabalhos futuros. Posteriormente são apresentados as referências e os apêndices do estudo.



## 2 AGRICULTURA NO BRASIL

A produção agrícola é um dos pilares da sociedade e um campo estratégico na economia global, pois é dela que o homem retira os alimentos consumidos e a matéria prima para a confecção de diversos itens como roupas, medicamentos e inclusive para a geração de energia.

O setor agrícola é considerado também de grande importância para a economia brasileira, representando competitividade no segmento do agronegócio, fato este que se deve a produção alimentos de qualidade e com nível de eficiência produtiva, agregando valorização aos produtos gerados (EMBRAPA, 2014).

Segundo dados da *Organisation for Economic Co-operation and Development* - OECD e *Food and Agriculture Organization* – FAO (OECD-FAO, 2015) a agricultura brasileira teve um grande desenvolvimento nos últimos trinta anos, duplicando a quantidade de produção se comparado aos dados catalogados da década de 90. Embora o nível alcançado no Produto Interno Bruto (PIB) seja baixo, em torno de 5,4%, o setor tem grande importância para a economia do país.

O Brasil é considerado destaque na produção agrícola, despontando entre os maiores do mundo no setor, responsável por comercializar alimentos e matéria prima tanto no mercado interno como externo (DELGADO; BERGAMASCO, 2017).

No mercado internacional, a exportação de produtos do agronegócio brasileiro é de grande importância, visto que o Brasil é o segundo maior exportador de produtos agrícolas do mundo, destacando-se como o maior fornecedor de café, açúcar e suco de laranja. É importante salientar a grande produção e fornecimento de soja, que no ano de 2013 ultrapassou países como Estados Unidos. O Brasil também é um grande produtor de milho e arroz, porém grande parte da produção é consumida dentro do país. Não esquecendo da importância da agropecuária para a produção de carnes, sobressaindo-se na produção de carne bovina e aves (OECD-FAO, 2015).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2017), no ano de 2017 a participação da agropecuária no PIB é de 5,7%. A indústria teve uma participação de 21,2% e o setor de serviços participou com 73,2%. No entanto, a participação do PIB do agronegócio leva em consideração, além das atividades realizadas nos estabelecimentos agrícolas, as atividades de transformação e de distribuição, elevando a participação do agronegócio no PIB para 23% a 24%. Na safra de 2016/2017 as cinco principais culturas em extensão de área plantada foram soja (33.252.000 ha), milho (15.923.000 ha), feijão

(2.837.000 ha), trigo (2.118.000 ha) e arroz (2.008.000 ha). Outras culturas como café, laranja, amendoim, banana, batata inglesa, cacau, cana-de-açúcar, cebola, fumo, mamona, mandioca, pimenta-do-reino, tomate, uva e maçã (VIEIRA FILHO; SOUZA JÚNIOR, 2017) estão bem estabelecidas e geram oportunidades de renda para os agricultores e em todas as suas cadeias produtivas.

Analisando as informações citadas acima, compreende-se a importância da agricultura para a economia brasileira. Apesar dos destaques para a produção de grãos como a soja, milho, feijão, trigo e arroz, existe uma gama de alimentos produzidos no país. Um novo mercado que vem mostrando potencial, é a produção de alimentos funcionais, pois de acordo com Brasil (2016), a busca por alimentos com maior equilíbrio de nutrientes e diferentes propriedades funcionais, está atraindo um maior número de consumidores, o que agrega maior valor aos produtos e abre oportunidades para novos mercados.

## 2.1 ALIMENTOS FUNCIONAIS

Um grupo de alimentos, os chamados alimentos funcionais, têm despertado o interesse dos consumidores e tem proporcionado oportunidades aos produtores.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), está pesquisando este novo mercado de alimentos funcionais, ressaltando o aumento da procura por este tipo de produto, pois além de elevado valor nutritivo, estes alimentos podem prevenir algumas doenças, proporcionando hábitos alimentares mais saudáveis. Além disso, este novo nicho de produção pode gerar oportunidades de negócios, pois está se tornando uma nova tendência no mercado mundial (BRASIL, 2016).

O interesse crescente dos consumidores por alimentos funcionais se deve ao aumento da consciência destes pela melhoria de qualidade de vida pela prática de hábitos de vida saudáveis e pelo consumo de alimentos que contribuam para a melhora do estado geral de saúde (NITZKE, 2012).

Alimentos funcionais são aqueles que além das propriedades nutricionais básicas e serem consumidos como alimentos comuns na dieta cotidiana, devem apresentar propriedades benéficas para a saúde, capazes de regular funções corporais e, assim, exercer proteção contra doenças tais como diabetes, hipertensão, câncer, osteoporose e coronariopatias (SOUZA, et al., 2003). Cândido e Campos (2005) definem alimentos funcionais como todos os alimentos ou bebidas que

podem promover benefícios fisiológicos específicos por possuírem ingredientes que promovem a saúde.

Existe uma extensa catalogação de alimentos funcionais, porém aqui são apresentados alguns exemplos nas próximas seções, que além dos benefícios para a saúde, podem oferecer potencial produtivo e novas possibilidades de renda para os produtores.

### 2.1.1 Tupinambor

O tupinambor (*Helianthus tuberosus L.*) pertence a família *Asteraceae* e é popularmente conhecido como Alcachofra de Jerusalém, Girassol-batateiro ou Topinambour (SILVA JÚNIOR, 2005), sendo uma planta nativa da América no Norte. Era cultivada pelos povos indígenas da região, e com a chegada dos europeus, a cultura foi levada à Europa onde se disseminou. A planta pode atingir dois metros ou mais de altura, produzindo tubérculos em sua parte inferior, que possuem nutrientes funcionais importantes (REBORA, 2008).

O tupinambor é do mesmo gênero do girassol (*Helianthus*), produz flores amarelas e tubérculos comestíveis (chamado de o girassol batateiro em Portugal). Seus tubérculos (batatas) são utilizados na alimentação e possuem elevados teores de inulina e antioxidantes (RANIERI, 2017; GALLEGO, 2012; KAYS; NOTTINGHAM, 2008).

A inulina, é um tipo de fibra vegetal, que traz muitos benefícios (especialmente para diabéticos), utilizada principalmente pelas indústrias farmacêuticas e de alimentos, para substituir gorduras e açúcares. A inulina pode ser encontrada em milhares de vegetais, porém o tupinambor é uma das espécies com maior teor de inulina, chegando a 20% de sua composição na massa de seus tubérculos *in natura* (LARA-FIALLOS et al., 2017).

Segundo Rebora (2008), os tubérculos produzidos pelo tupinambor além do seu uso na alimentação humana, são igualmente empregados na produção de combustível (etanol) e produtos industriais. Por este motivo o autor afirma que existe um crescente interesse pela produção deste vegetal.

A planta também é utilizada no Brasil como medicamento fitoterápico, um segmento que vêm se desenvolvendo no país. No estado de Santa Catarina, pequenos produtores fabricam o extrato retirado do tupinambor para comercialização como medicamento (MOURA; SILVA; SCALICE, 2014). Silva Júnior (2005) complementa que o pó produzido com a planta pode ser considerado uma medicina herbal,

agindo como um suplemento na alimentação e substituindo adoçantes dos alimentos.

O tupinambor é considerado uma planta de boa adaptação a diversos tipos de solos e condições climáticas, mesmo assim, a melhor época para plantio do tupinambor é entre a primavera e o verão, quando as temperaturas ficam mais elevadas. A cultura possui ciclo de 6 a 10 meses, sendo que a colheita é realizada antes do período de floração ou posterior a secagem da parte aérea da planta (RANIERI, 2014).

### **2.1.2 Araruta**

A araruta (*Maranta arundinaceae L.*) é uma planta herbácea que produz rizomas amiláceos, que pode atingir até 1,2 metros de altura. Com origem nas regiões de climas tropicais da América do Sul, com ocorrência no litoral desde o Rio de Janeiro até as Guianas, a araruta era bastante cultivada por povos indígenas, possuindo indícios de sua produção a mais de 7.000 anos (NEVES et al., 2005). Dos rizomas produzidos na parte inferior da planta, é possível extrair uma fécula, que pode ser utilizada em muitos pratos na culinária (GRANADOS et al., 2014).

A grande concentração de amido em seus tubérculos (superior à 20% da massa dos rizomas *in natura*), torna-a uma planta nutritiva, que aumenta a digestão, auxiliando em problema intestinais. Esta planta também é popular na medicina tradicional por suas propriedades demulcentes (evitando irritações na mucosa), além das descobertas feitas recentemente que este vegetal possui propriedades antidiarreicas notáveis (RAHMAN et al., 2015).

Além das propriedades apresentadas, a araruta não possui glúten na composição da sua fécula, podendo assim ser utilizada por pessoas com restrições alimentares a essa substância (SILVEIRA et al., 2015). O amido da araruta possui 45% de inulina em sua composição, o que o torna um alimento probiótico, juntamente com o tupinambor (ROSSI et al., 2011).

Segundo Silveira et al. (2015), o cultivo de araruta teve grande significado para a agricultura familiar no Brasil, principalmente na região da Bahia, porém perdeu espaço para outras fontes de amido, como a mandioca e o milho, que foram produzidos a nível industrial, o que levou a araruta a praticamente sumir do mercado. De acordo com Zárate e Vieira (2005), o preço do amido produzido pela araruta tem valor mais elevado, principalmente no mercado internacional, o que levanta certo interesse por parte das indústrias em produzi-lo.

Para Vieira et al. (2015), é de suma importância para a agricultura brasileira o resgate do cultivo dessa planta, por possuir valor de mercado agregado e por sua facilidade de cultivo, o que pode ser explorado pela agricultura familiar, tornando-se uma fonte de renda. Merece destaque o fato da busca por reinserir plantas com alto valor nutritivo para o consumo humano, que acabam sendo esquecidas devido a produção em massa exigidas pelo mercado.

Silveira et al. (2015) explicam que um dos fatores que prejudicam a revitalização da cultura de araruta no Brasil, é a produção de mudas, pois como a propagação é feita utilizando os rizomas, uma vez que os produtores param de produzir a cultura, fica difícil conseguir material propagativo.

O plantio da araruta é realizado utilizando os propágulos da planta, diretamente no solo, podendo ser cultivada em diversas condições ambientais, preferindo climas quentes e úmidos. Em épocas frias, a planta entra em estado de dormência, brotando a partir da base da planta e de seus rizomas geralmente em condições de temperatura acima de 20°C. Em regiões subtropicais, o cultivo é geralmente restrito aos meses de outubro a abril, quando as condições são mais favoráveis para a planta devido ao clima quente (BRASIL, 2010). O ciclo da araruta é em torno de 9 a 10 meses após o plantio, e devem ser colhidos quando as folhas aparentarem estado amarelado e seco (NEVES et al., 2005).

### **2.1.3 Açafrão-da-terra**

O açafrão-da-terra (*Curcuma longa L.*) conhecido também como cúrcuma, pertencente ao grupo *Zingiberales* (mesmo da araruta), é uma planta herbácea com cerca de 1,20 a 1,50 metros, que produz rizomas amiláceos tuberculosos com predominância de cor alaranjada no seu interior, devido à presença de curcumina (BERNI et al., 2014).

A cúrcuma é muito utilizada na culinária, especialmente na Índia, sendo consumida como corante natural para os alimentos, devido a sua coloração amarelada. Além da culinária, a cúrcuma tem propriedades digestivas, imunizantes, cicatrizantes e anti-inflamatórias (SUETH-SANTIAGO et al., 2015).

O açafrão ou cúrcuma, é proveniente da Ásia, sendo bastante cultivado em países como Índia, China, Japão e Indonésia. A espécie foi introduzida no Brasil e disseminada pelos bandeirantes em suas incursões em busca de minérios. É considerada um condimento especial,

por seus aspectos marcantes de cor, sabor e cheiro (ARAÚJO; LEON, 2001).

Outro uso para a planta é a extração de óleos essenciais, estendendo sua utilização ao mercado de perfumaria e de medicamentos. O óleo retirado da planta é também empregado no ramo têxtil, dando cor aos tecidos (PEREIRA; MOREIRA, 2009).

No Brasil, o açafão é mais comumente produzido na região centro-oeste do país e em Minas Gerais. Esta cultura prefere climas tropicais e subtropicais, prevalecendo em climas quentes e úmidos. Desta maneira, o plantio desta cultura é recomendado nos meses de outubro e posteriores, tendo como clima ideal para o açafão se reproduzir, temperaturas acima de 20°C (MUNIZ, 2011). Ainda que o centro-oeste brasileiro seja a região de maior produção desta cultura no país, a região norte utiliza o açafão em larga escala, sendo de grande relevância para a economia, principalmente na agricultura familiar (CHAVES et al., 2011).

Para Ishimine et al. (2004), a faixa ideal de temperatura para produção do açafão, tem uma variação entre 20°C até 35°C, sendo que a planta não consegue suportar temperaturas mais elevadas, como acima de 40°C. Os autores complementam que o ciclo da safra do açafão-da-terra é de cerca de 8 até 10 meses, sendo que a colheita dos rizomas é efetuada após a floração, quando a parte superior da planta seca.

O período de plantio da cultura de açafão tem influência expressiva na produtividade da planta, sendo a melhor época de plantio para a cultura no Brasil no fim do mês de novembro, podendo ser plantada também com bons resultados no mês de outubro, considerando que haja temperaturas ideais para a brotação dos rizomas (CECÍLIO FILHO et al., 2004).

## 2.2 PRODUÇÃO DE MUDAS

Produzir mudas é uma fase importante e essencial para a produção agrícola. Uma das etapas para se obter sucesso do cultivo, depende do plantio de mudas sadias e de boa qualidade. Este passo inicial pode viabilizar uma safra com maior rentabilidade ao produtor (NASCIMENTO; PEREIRA, 2016).

A definição para o termo “muda” pode ser esclarecida como uma estrutura vegetal, proveniente de uma cultura ou cultivo, que pode ser propagada em forma de sementes ou partes da planta, com objetivo de criar uma cadeia de produção para plantio na agricultura (SOUSA; LÉDO; SILVA, 1997). Os autores ainda ressaltam que para produzir

mudas de alto padrão, o produtor deve estar atento as etapas de produção da muda, aplicando técnicas necessárias de acordo com a cultura produzida.

Segundo Fronza e Hamann (2015) o processo de propagação das plantas dá-se de duas maneiras: por sementes (sexuada) ou por propágulos (assexuada).

Na propagação de mudas de forma sexuada, tem-se como insumo a utilização de sementes para gerar uma nova planta. A propagação sexuada é a forma como a maioria das plantas se disseminam, entre elas, culturas como o arroz, trigo e soja (FRONZA; HAMANN, 2015). A propagação assexuada, conhecida também por propagação vegetativa, é utilizada alguma parte da planta (propágulos) que seja possível multiplicá-la. As estruturas propagativas podem ser ramos, talos, raízes ou outras partes de um vegetal, permitindo a geração de novas mudas, que herdaram as características genéticas da planta original (WENDLING, 2003).

Escolher o método de propagação depende da espécie selecionada para plantio, porém deve-se priorizar material propagativo de qualidade para germinação das mudas, para assim obter plantas geneticamente e fisiologicamente saudáveis (FRONZA; HAMANN, 2015).

Plantar mudas de qualidade no campo, possibilita um aumento na produção do cultivo, além de ser a melhor maneira de diminuir a disseminação de doenças e pragas, consequentemente reduzindo a utilização de defensivos agrícolas (OLIVEIRA; BRAHM; SCIVITTARO, 2007).

Desta forma, faz-se necessário um local para melhor desenvolvimento das mudas, onde seja possível controlar fatores que interferem no seu crescimento, como exposição a climas extremos. Assim, uma técnica que vem sendo considerado como ideal para a produção de mudas, é o cultivo em casas de vegetação.

De acordo com Silva, Machado e Cunha (2015), produzir mudas em casa de vegetação, garante maior porcentagem de sobrevivência das mudas quando colocadas à campo, pois as fases críticas da planta, como germinação e crescimento inicial, estão em um ambiente com proteção contra fatores climáticos e contra pragas. Desta forma, é possível obter uma muda de qualidade até que ela seja posta em local definitivo de plantio.

A produção em casa de vegetação pode ser uma boa opção também para antecipar o cultivo em relação ao ciclo de plantio. Isso torna-se de grande importância principalmente para regiões de clima

subtropical, onde o período de plantio pode ser reduzido pela variação do clima (NEUMANN et al., 2017).

### **2.2.1 Casas de vegetação**

Em comparação aos diversos segmentos de produção, a agricultura pode ser considerada uma das mais instáveis, pois está sujeita as intempéries climáticas. Isso pode dificultar uma boa plantação e acarretar prejuízos ao produtor. Visando superar estes fatores adversos, uma das formas de plantio que possui um maior controle sobre estes aspectos climáticos é o cultivo em casa de vegetação, conhecida também como cultivo protegido.

Casas de vegetação podem ser definidas como estruturas com cobertura de material transparente, utilizada para abrigar e cultivar plantas, protegendo-as da exposição direta aos fatores climáticos, propiciando um meio de controle não só para fatores meteorológicos, mas também um maior domínio sobre as variáveis internas, como luminosidade, irrigação e temperatura (BELTRÃO; FIDELES FILHO; FIGUEIRÊDO, 2002).

As casas de vegetação em sua maioria possuem estrutura de metal, mas podem ser construídas com outros materiais, como madeira ou mesmo concreto, tendo diversos formatos, como do tipo capela, arco ou túnel. As estruturas das casas de vegetação são geralmente recobertas com material translúcido, sendo empregados materiais como vidro ou polietileno. A cobertura tem o intuito de manter uma temperatura equilibrada no ambiente e criar condições favoráveis para o crescimento das plantas. Em alguns casos utiliza-se materiais para criar sombreamento visando reduzir a temperatura no interior do ambiente (ÁSCOLI et al., 2015).

Segundo Lopes e Reis (2011), o surgimento das casas de vegetação deu-se inicialmente na Europa, e a criação desses ambientes tinham como finalidade o cultivo de hortaliças nas estações mais frias do ano. De acordo com os autores, as casas de vegetação surgiram no Brasil com maior representatividade nos anos 90, na região paranaense, posteriormente se expandindo e sendo utilizada amplamente em diversas regiões do país, para diversos tipos de cultivos.

Dados levantados pelo Comitê Brasileiro de Desenvolvimento e Aplicação de Plásticos na Agricultura (Cobapla), avaliam que existem em torno de 30 mil hectares de plantações utilizando casas de vegetação no Brasil, sendo o de maior destaque dentre os países sul americanos ao empregar esta técnica de cultivo (RODRIGUES, 2015). A autora

salienta que a adesão desta técnica aumentou nos últimos 20 anos em escala global em torno de 400%, passando de 700 mil hectares de plantio em cultivo protegido, para 3,7 milhões. Isto se deve ao fato de que a agricultura nesse tipo de sistema aumenta a produtividade e qualidade das culturas.

Inicialmente as casas de vegetação eram construídas com cobertura em vidro, atualmente sendo empregado o polietileno, por ser um material de custo reduzido e de fácil manuseio, além de suas propriedades que são indicadas para utilização nesses ambientes (PURQUERIO; TIVELLI, 2009). Os autores afirmam que o cultivo em casa de vegetação é um sistema que possibilita além do controle das condições e variações climáticas internas, este tipo de ambiente permite a produção de cultivos que não seriam possíveis em ambientes externos em determinadas estações.

A Figura 2 mostra um exemplo de uma casa de vegetação construída com uma estrutura de metal, em forma de arco e com cobertura de polietileno.

Figura 2 - Casa de vegetação com estrutura de metal.



Fonte: elaborada pelo autor.

Casas de vegetação são muito utilizadas principalmente na produção de mudas, que é a fase inicial de desenvolvimento da planta,

sendo uma das técnicas mais modernas para este segmento, propiciando uma produção de qualidade dos cultivares (MONTEIRO NETO et al., 2016).

Utilizar estes ambientes de cultivo pode apresentar tanto benefícios como dificuldades de implantação. Desta maneira, é interessante destacar as vantagens e as desvantagens ao utilizar estes ambientes para plantio.

Como vantagens em utilizar casas de vegetação para plantio, podem ser citadas a produção de plantas em diversas estações do ano, pois este tipo de ambiente facilita o controle de variáveis como temperatura e umidade, além de elevado índice de germinação e sobrevivência das plantas. Quanto às desvantagens de utilizar estes locais para cultivo, podem ser destacados os custos para construção do ambiente (este fator depende também do tipo de material empregado na construção), gastos com energia e água, além de necessitar de maior cuidado com a ocorrência de doenças nos cultivos produzidos no seu interior (FRONZA; DINIZ, 2015). Os autores ainda salientam que existem diferentes sistemas para estes tipos de cultivos protegidos, como sistemas de irrigação e nebulização manuais ou sistemas automatizados que controlam as variáveis locais, facilitando ao produtor no manejo das plantações.

Considerando as informações acima citadas, além das vantagens e desvantagens apresentadas em usar cultivo protegido para produção agrícola, deve-se pensar em como controlar os aspectos internos desses ambientes, proporcionando maior facilidade no manejo dos cultivares e aumentando sua qualidade.

De acordo com VIDA et al. (2004), no interior das casas de vegetação, o clima é mais quente e úmido. Estes aspectos influenciam na propagação de doenças nas culturas. Analisando estes fatores, é imprescindível técnicas para controlar estas variáveis.

Desta forma, Teruel (2010), afirma que aplicando técnicas de Agricultura de Precisão em ambientes de casas de vegetação e automação, é possível aumentar a qualidade e produtividade das plantações, diminuir prejuízos e custos, acelerando o retorno dos investimentos.

Tendo em vista que o ambiente mais propício para o cultivo é uma casa de vegetação e que para que este local seja ideal, é necessário um certo nível de controle sobre as variáveis locais, deve-se buscar técnicas e tecnologias de *hardware* e *software* que possam intermediar a execução destas tarefas.

### 3 AGRICULTURA DE PRECISÃO

Este capítulo contextualiza o tema Agricultura de Precisão, uma técnica que está em ascensão e revolucionando a forma de trabalho no campo. Assim, esta etapa do trabalho busca elucidar conceitos referentes a temática proposta, bem como as tecnologias envolvidas. O capítulo aborda também os sistemas embarcados, alguns dispositivos e sensores que fazem parte deste universo e que podem ser aplicados na área agrícola.

#### 3.1 DEFINIÇÃO

Tendo em vista o crescimento populacional e a demanda por suprimentos, faz-se necessário uma maior preocupação com a qualidade dos produtos, utilização de recursos e impactos ambientais, mantendo uma produtividade eficiente e rentável (TATIANA; JOSÉ; RAUL, 2015).

Desta forma, surge a necessidade de gerir plantações com eficiência que atenda a busca cada vez maior de produtos oriundos da agricultura, visando otimizar a utilização de recursos naturais sem prejudicar a produção.

Considerando as técnicas que proporcionam suporte, automação e controle de práticas do agronegócio, a Agricultura de Precisão tem surgido como destaque, tendo diversas aplicações dependendo da tecnologia e metodologia adotada (SOUSA; LOPES; INAMASU, 2014).

Neste contexto, a Agricultura de Precisão surgiu para dar uma nova direção para a área agrícola, possibilitando uma melhor gestão das plantações, aumentando o rendimento e diminuindo o consumo de insumos, visando sustentabilidade e segurança na produção de alimentos (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015).

A Agricultura de Precisão (AP) pode ser descrita como uma estratégia de gestão que faz uso de recursos de Tecnologia da Informação e Comunicação à fim de coletar informações de múltiplos meios e auxiliar na tomada de decisão de práticas agrícolas, que pode ser empregada tanto em grandes plantações como em pequenos cultivos (LI; CHUNG, 2015). Possibilita otimização da produção e maiores lucros gastando menos recursos, permitindo ao agricultor coletar dados precisos sobre as plantações e utilizar esse conhecimento para melhorar a forma de cultivo (PASCUAL et al., 2015).

O MAPA e a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP) caracterizam a AP como uma técnica de gestão agrícola, que leva em conta a variabilidade do campo, visando aumento de produtividade, utilização de recursos com menor desperdício, preocupando-se em causar menor dano possível ao meio ambiente (SOUSA; LOPES; INAMASU, 2014).

Há relatos de que a AP surgiu no início do século XX, porém foi a partir de 1990, com a criação do Sistema de Posicionamento Global (GPS), que efetivamente alavancou sua implementação (BRASIL, 2013).

Torres (2013) diz que as técnicas empregadas pela AP, além de aperfeiçoar o processo de produção, possibilita maior confiabilidade na tomada de decisões por disponibilizar parâmetros e informações sobre as plantações.

Assim a agricultura tradicional vem ganhando um novo conceito, o de agricultura digital, pois aplicando AP o agricultor pode gerenciar as variáveis relacionadas as suas plantações e efetuar ações tanto manuais como automáticas. Desta forma, cada parte de seu plantio poderá ser monitorado e controlado, criando condições para maior desenvolvimento e produção agrícola (MAT; KASSIM; HARUN, 2015).

### **3.1.1 Aplicação**

São diversos os tipos de aplicabilidade da AP na agricultura, dependendo da necessidade, existem serviços específicos. Bernardi et al. (2014) explica que as aplicações mais utilizadas de AP são os veículos aéreos não tripulados (VANTs), conhecido popularmente como drones, mapeamento e processamento de imagens, armazenamento de dados e informações, tecnologias de semeio, sensoriamento e dispositivos inteligentes.

Um exemplo de aplicação de AP é a robótica móvel, que emprega robôs equipados com sensores e atuadores, com o intuito de interação com o ambiente onde estão inseridos, efetuando ações com determinado nível de autonomia, realizando a coleta dos dados do campo e realizando ações com base nas informações obtidas (TORRES, 2013).

Levando em consideração que a AP aplica tecnologias computacionais em produções agrícolas, o estudo de Vieira et al (2003), afirma que uma das tecnologias que vem ganhando destaque na Agricultura de Precisão são as redes de sensores, que possibilitam monitoramento e controle de variados tipos de ambientes.

Os sistemas de posicionamento global ou GPS, também é amplamente utilizado na AP em colheitadeiras para o mapeamento das plantações, racionalizando a aplicação de insumos. A inteligência artificial também é empregada para tomada de decisões e diagnóstico das safras (REIFSCHNEIDER et al., 2010).

No Brasil, a aplicação de tecnologias de Agricultura de Precisão é bastante utilizada na adubação das plantações, fazendo uso de georreferenciamento para aplicação nas lavouras (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015).

Sousa, Lopes e Inamasu (2014) afirmam que entre as tecnologias da Agricultura de Precisão consideradas como auge, são os sistemas de sensoriamento local e remoto, sistemas de aplicação de insumos e sistemas de tomada de decisão. Os autores ressaltam que a aplicação destas técnicas é possível graças ao avanço da tecnologia embarcada (hardware e software), responsáveis pelo processamento das informações coletadas.

No Brasil, a Agricultura de Precisão teve uma visão equivocada, pois foi considerada inicialmente como uma técnica de custo muito elevado, que somente utilizava máquinas com alto grau de sofisticação. Como a AP usa tecnologias consideradas de última geração, criou-se a preocupação de investimento, considerando que a sua utilização deveria ser realizada apenas em grandes propriedades e com máquinas de grande porte (INAMASU; BERNARDI, 2014).

É possível criar sistemas para Agricultura de Precisão utilizando altas tecnologias e com pouco investimento, pois existem sistemas embarcados de baixo custo e sistemas de sensores que possibilitam uma gama de aplicações. Desta forma é possível que o pequeno agricultor faça uso de recursos de AP em suas plantações sem precisar gastar valores elevados com estes recursos (MORGENSTERN; BATTISTI; MARAN, 2015).

### **3.2 SISTEMAS EMBARCADOS**

Os sistemas embarcados estão presentes no cotidiano e aplicado em diversas áreas, podendo ser percebidos em equipamentos como celulares, computadores de bordo automotivos, micro-ondas, roteadores, máquinas, entre outros (RODRIGUES; PEDÓ; TEDESCO, 2013).

Oliveira e Andrade (2010) definem sistemas embarcados como circuitos eletrônicos (hardware) que possuem um software (firmware) de controle armazenado na memória do circuito integrado, que é capaz de executar funções específicas. Os autores ainda destacam que os sistemas

embarcados são capazes de realizar interação com o ambiente onde estão inseridos, por meio de sensores e atuadores, estando os sistemas embarcados presentes em diversos componentes eletrônicos comuns.

Cunha e Rocha (2015) esclarecem que a tecnologia embarcada tem sofrido transformações positivas e atualmente são empregadas em diversas áreas, impulsionando o desenvolvimento de diferentes tipos de aplicações.

Embora os sistemas embarcados tenham surgido e vêm sendo utilizados desde a década de 70, foi só recentemente que esta tecnologia recebeu atenção por parte dos pesquisadores (LEE; SESHIA, 2015).

A evolução dos sistemas embarcados pode ser creditado ao melhoramento constante das tecnologias computacionais, que possibilitam a construção e aprimoramento de diversos sistemas, englobando os sistemas embarcados.

Apesar de existir uma vasta gama de soluções de sistemas embarcados comercializados, é possível criar aplicações personalizadas utilizando equipamentos específicos.

De acordo com Cunha e Rocha (2015), há plataformas que facilitam a criação de sistema embarcados que podem ser utilizados mesmo por pessoas sem grande conhecimento na área.

### **3.2.1 Plataformas**

Existem uma série de plataformas para prototipação de sistemas embarcados, que podem ser empregados em diversas segmentos, como automação, sensoriamento e inclusive para a Agricultura de Precisão. Assim, aqui são citados alguns exemplos que podem ser utilizados para criar sistema embarcados personalizados.

Uma plataforma que pode ser utilizada para criar sistemas de controle é o Arduino. Para McRoberts (2011), o Arduino é conhecido como um sistema de computação embarcado com *hardware* e *software*, que pode ser empregado em diversos tipos de projetos. Monk (2014) complementa que é uma placa que possui um microcontrolador que pode ser programada e conectada a circuitos eletrônicos externos, como relés, sensores, motores, válvulas e outros, possibilitando uma automação a baixo custo e de fácil utilização.

Originalmente desenvolvido na Itália em meados de 2005, no *Interaction Design Institute*, o Arduino foi projetado para ser uma tecnologia de baixo custo e de fácil utilização, destinado inicialmente aos estudantes dos cursos de arte e design do Instituto. A popularidade do sistema e o número de adeptos cresceu o que fez com que a

plataforma passasse a ser vendida em larga escala (EVANS; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013). Os autores relatam que após o sucesso do Arduino, inúmeras versões surgiram, como o modelo Arduino Uno, Duemilanove, Ethernet, Arduino Mega, Lilypad, Arduino Nano, entre outras.

Outra tecnologia embarcada é o Raspberry Pi. O Raspberry Pi é considerado um minicomputador, de custo reduzido, amplamente comercializado a partir do início de 2012. A plataforma Raspberry possui um sistema Linux embarcado o que possibilita a criação de diversas aplicações, além de possuir interfaces onde podem ser conectados diferentes tipos de periféricos (HARO et al., 2014). Hein, (2013) diz que o Raspberry além de ser um computador de pequeno porte eficiente, é amplamente empregado como sistema embarcado em diversas concepções.

Os primeiros passos para o desenvolvimento do Raspberry foram em meados de 2006, pelo britânico Eben Upton e equipe. A ideia era criar minicomputadores do tamanho de cartões de crédito, com um valor reduzido. Para tanto, a equipe fundou a *Raspberry Pi Foundation*, e no início de 2012, lançaram a versão final da plataforma, que começou a ser comercializada, tornando-se um grande sucesso de vendas (HEIN, 2013).

O Galileo é uma placa de desenvolvimento, fabricada pela Intel, que tem compatibilidade com o Arduino Uno R3, além de compartilhar o mesmo IDE ou ambiente para o desenvolvimento que é usado no Arduino ao programar instruções para a placa. O foco desta placa Galileo é a computação embarcada, possibilitando uma variedade de projetos, como aplicação de Internet das Coisas, automação e outros (BERNARDO, 2015).

Atualmente existem duas versões do Galileo, sendo a primeira versão lançada no ano de 2013, nomeada como *Gen 1* e uma segunda lançada no ano de 2014, designada *Gen 2*. A plataforma Galileo possibilita uma diversidade de aplicações com elevados níveis de complexidade, dependendo o tipo de aplicação a que é destinada. Concebida inicialmente como ferramenta educacional, é amplamente utilizada por estudantes, professores e demais entusiastas (SÔNEGO, 2017).

### **3.2.2 Sensores e atuadores**

Sensores podem ser definidos como dispositivos capazes de realizar medições de grandeza física, como temperatura, umidade,

luminosidade, pressão. Os atuadores podem ser classificados como dispositivos que alteram essa quantidade física (LEE; SESHIA, 2015). Os autores assumem ainda que os sensores podem ser tanto analógicos, medindo qualquer valor dentro do seu alcance, quanto digitais, que admitem somente valores entre zero e um.

Existe uma gama de sensores no mercado, que efetuam a leitura de diversas variáveis, possibilitando a criação de inúmeros projetos. Alguns exemplos de sensores, podem ser citados como o *Light Dependent Resistor* conhecido pela sigla LDR, é um sensor de luz. O sensor funciona da seguinte forma: na ausência de luz, a resistência do resistor fica alta quando não há luminosidade, diminuindo-a quando existe incidência de luz (MCROBERTS, 2011).

Outro exemplo de sensor é o *Digital humidity and temperature*, conhecido como DHT11. Este sensor realiza a captura das variáveis de temperatura e umidade do local onde está inserido. As medidas que o sensor pode ler variam entre 0°C a 50°C para temperaturas e umidade entre 10 a 95% (MARCELINO et al., 2017). Outro sensor citado pelos autores é o higrômetro, que é um sensor de umidade do solo. Este sensor analógico possui duas hastes com revestimento metálico. A leitura da umidade do solo é efetuada por meio da medição da corrente gerada entre as hastes do sensor, perpassando um circuito com um potenciômetro ajustável.

Diversos tipos de sensores ainda são citados por Mcroberts (2011), tais como sonorizadores (sensores que disparam avisos sonoros), sensor de pressão (podem ser usados para leitura de pressão e temperatura), sensor serial de temperatura LM335 (lê temperaturas de 40°C negativos e temperaturas acima de 100°C positivos), telêmetro ultrassônico (detecta a distância em que se encontra de um objeto emitindo uma pulsação ao objeto, calculando o tempo de retorno do sinal).

Voltando ao tema sobre atuadores, Silva (2016) afirma que os atuadores são dispositivos que recebem sinais elétricos enviados pelas placas controladoras, como o Arduino por exemplo, e efetuam ações de controle em um ambiente. Geralmente essas ações estão associadas com a leitura de variáveis realizadas pelos sensores, portanto, os atuadores têm como intuito modificar ou exercer controle sobre estas variáveis. Exemplos que podem ser citados de atuadores, são as válvulas solenóides, relés, exaustores, ventiladores, sistemas de resfriamento, motores.

Desta forma, a junção destas tecnologias de sistemas embarcados, sensores e atuadores, possibilita um universo de ideias de aplicação para

a Agricultura de Precisão, criando sistemas com custos mais baixos, porém eficientes.



## 4 ESTADO DA ARTE

Este capítulo é dedicado a explorar a produção científica relacionadas a Agricultura de Precisão aplicada a casas de vegetação. Para tanto, é realizada uma Revisão Sistemática da Literatura a fim de elucidar em que patamar os estudos estão sendo realizados nesta área e que tipos de tecnologias e técnicas vêm sendo aplicadas a nível global.

### 4.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) pode ser definida como um método de identificação de um tema central de uma pesquisa, que utiliza critérios bem definidos para buscar produções científicas relevantes acerca de determinado assunto (MEDINA; PAILAQUILÉN, 2010). Sampaio e Mancini (2007) complementam que a RSL é de caráter exploratório, que tem por finalidade encontrar estudos semelhantes, com o intuito de avaliar e analisar os dados coletados.

Para Botelho, Cunha e Macedo (2011), a RSL pode ser considerada como o ponto inicial de constituição do conhecimento científico. Utilizando este método, é possível verificar brechas em determinado contexto, permitindo o surgimento de novos trabalhos e teorias.

Neste estudo, além da RSL, serão utilizadas técnicas de análise bibliométrica com o propósito avaliar os dados das produções encontradas na busca.

Entende-se por análise bibliométrica ou bibliometria, como uma área da Ciência da Informação que efetua um estudo quantitativo das produções científicas, analisando-as por meio de indicadores, que são utilizados para evidenciar a expansão de uma determinada área do conhecimento (FONSECA, 1986; SPINAK, 1996; ARAÚJO; ALVARENGA, 2011).

Freire (2013) ressalta que a análise bibliométrica avalia resultados de uma pesquisa bibliográfica sobre uma determinada questão de pesquisa, possibilitando mapear e gerar indicadores para o tratamento e gestão da informação e conhecimento.

Nas próximas seções, são identificados os procedimentos adotados para realizar a RSL e a análise bibliométrica, definindo o escopo da pesquisa e a justificativa dos critérios de inclusão e exclusão das produções.

## 4.2 PROCEDIMENTOS ADOTADOS

Para explorar os dados da pesquisa, foram utilizadas como fonte de informação três bases de dados: Scopus, Web of Science e IEEE Xplore.

A Scopus é uma base multidisciplinar da editora Elsevier, que conta com o maior número de textos completos, resumos e citações, possuindo diversas ferramentas de análises dos dados coletados (SCOPUS, 2016). A Web of Science (WoS) é considerada uma das maiores plataformas de pesquisa da atualidade, que possibilita analisar e compartilhar informações nas ciências, artes e humanidades, contendo uma ampla variedade de conteúdo. (WEB OF SCIENCE, 2016). A IEEE Xplore é uma biblioteca digital do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) que disponibiliza mais de quatro milhões de documentos científicos da área de ciência da computação, engenharia elétrica e eletrônica (IEEE XPLORE, 2016).

O acesso a estas bases foi efetuado através do Portal Capes que se encontra disponível no endereço eletrônico [www.peiodicos.capes.br](http://www.peiodicos.capes.br), estando conectado a rede da Universidade Federal de Santa Catarina.

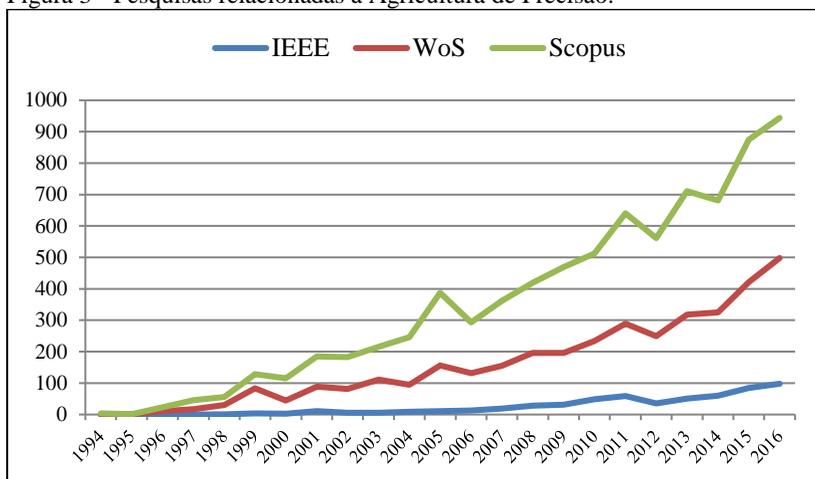
Objetiva-se com a pesquisa, identificar produções científicas que apliquem agricultura de precisão em casas de vegetação, buscando reconhecer tecnologias e técnicas empregadas.

Durante o processo de busca nas bases de dados acima citadas, foram utilizados termos para conseguir filtrar estudos relacionados ao que a pesquisa propõe. Para tanto, as palavras-chave (em língua inglesa, pois as bases são internacionais) empregadas durante a pesquisa nas três bases foram: *precision agriculture*, *greenhous\** e *technolog\**, buscando estes conceitos nos resumos, títulos e palavras-chave das produções disponíveis.

## 4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O primeiro passo para levantamento das produções relacionadas a temática, foi inserido o termo “*precision agriculture*” (Agricultura de Precisão) nas três bases de dados. Obteve-se um resultado de 8.834 pesquisas relacionadas ao assunto, sendo 4.325 na Scopus, 3.153 na Web of Science e 580 na IEEE Xplore. A evolução das produções nesta área pode ser observada na Figura 3, separadas por base.

Figura 3 - Pesquisas relacionadas à Agricultura de Precisão.



Fonte: Elaborada pelo autor.

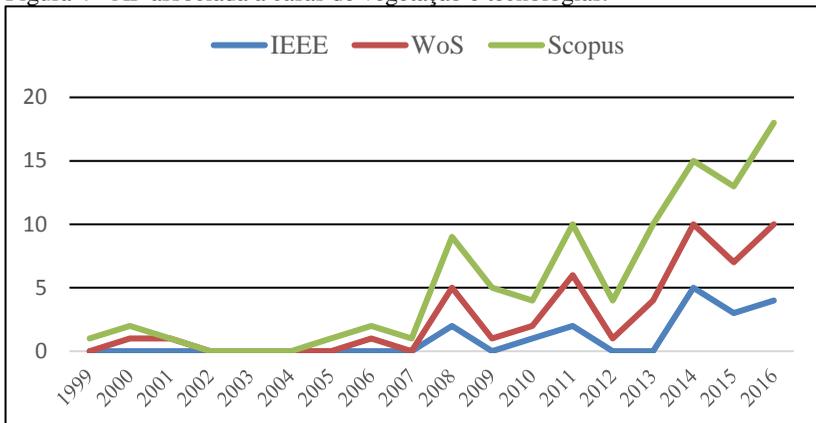
É possível observar no gráfico da Figura 3 que o tema teve suas primeiras publicações em 1994 e nos próximos anos, a quantidade de pesquisas relacionadas, tiveram um crescimento. Nota-se que o ano que mais ocorreram produções na área de Agricultura de Precisão foi em 2016. Neste ano, somando o resultado das três bases, obteve-se um total de 944 produções. Como o levantamento dos dados da pesquisa foi realizado no mês de novembro de 2016, esse indicador pode ser superado com o fechamento das pesquisas referentes ao ano corrente.

A próxima etapa da revisão, foi adicionar o segundo e o terceiro termo para direcionar a pesquisa para o foco principal. Para tanto foi inserido nas bases as palavras *greenhous\** e suas derivações, relacionado a casas de vegetação, e o termo *technolog\** e suas derivações. Estes termos combinados a Agricultura de Precisão, resultaram em 47 documentos encontrados na base de dados Scopus, 32 na WoS e 17 na IEEE, totalizando 96 publicações. Nota-se como diminuíram drasticamente o número de pesquisas quando o termo Agricultura de Precisão é associado a casas de vegetação, envolvendo tecnologias. Na Figura 4, é possível observar que somente em 1999 é que surgiram publicações que tratavam do tema específico da pesquisa.

Como evidenciado no gráfico da Figura 4, no ano de 2008 é que se teve um aumento significativo nas produções dos trabalhos indexados nas três bases. Por esta razão, o próximo filtro para o foco da pesquisa,

foi selecionar trabalhos apenas entre os anos de 2008 a 2016. O resultado deste foi de 42 produções na Scopus, 29 na WoS e 17 na IEEE.

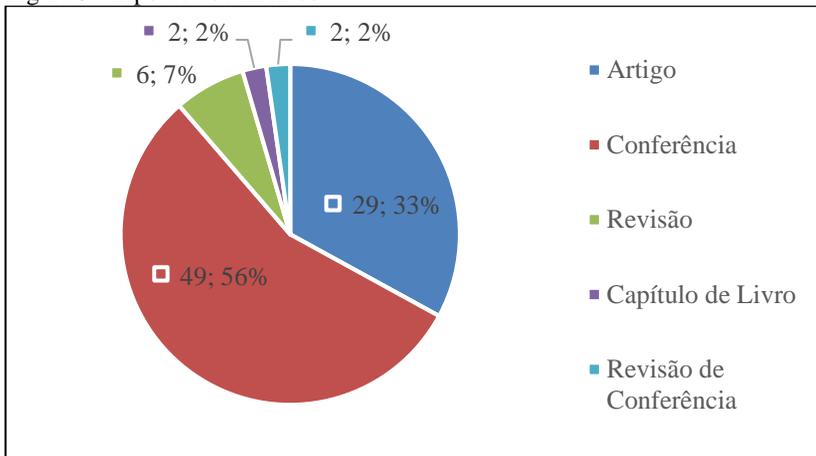
Figura 4 - AP associada a casas de vegetação e tecnologias.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Entre os trabalhos resultantes do filtro da pesquisa, os tipos de documentos identificados que retornaram das três bases, podem ser observados na Figura 5.

Figura 5 - Tipo de documentos.



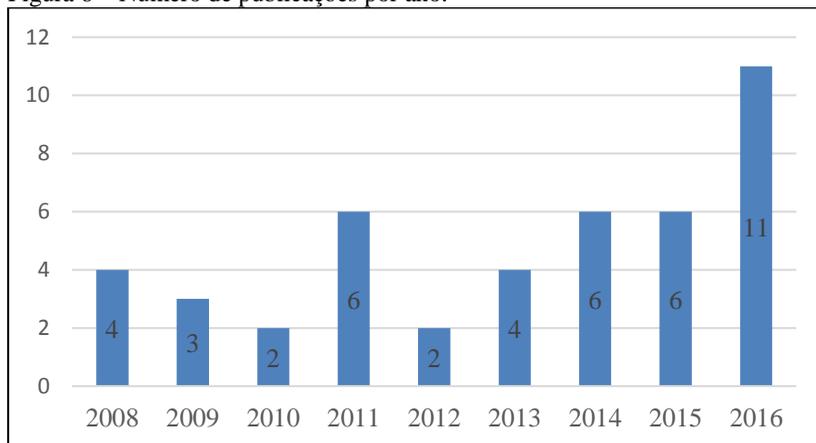
Fonte: Elaborada pelo autor.

É possível constatar no gráfico da Figura 5 a predominância de documentos do tipo artigos e publicações de conferência, somando um total de quase 70%. Levando este fator em consideração, foram selecionados para a próxima etapa, trabalhos publicados em conferência e artigos de revistas, selecionando também o idioma inglês, português e espanhol. Com isso teve-se um resultado de 33 produções na Scopus, 26 na WoS e 17 IEEE, totalizando 76 publicações.

Aplicando estes últimos filtros, as produções científicas encontradas nas três bases exportadas para o software gerenciador de referências *mendeley*, onde os trabalhos duplicados foram excluídos. Os trabalhos restantes, totalizando 44, são utilizados nas próximas etapas da análise.

As 44 produções restantes foram classificadas por ano de publicação e exibidas na Figura 6.

Figura 6 – Número de publicações por ano.

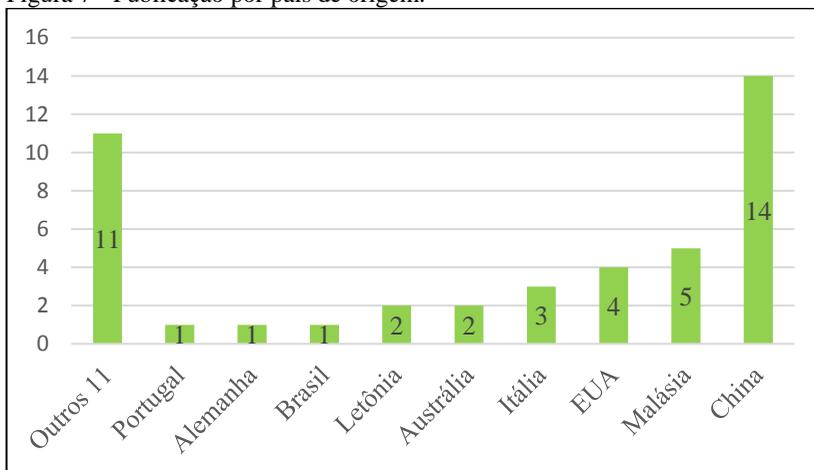


Fonte: Elaborada pelo autor.

É visível no gráfico da Figura 6 como o ano de 2016 teve destaque em relação aos outros anos, o que aponta um interesse recente em pesquisas que se apropriam do termo Agricultura de Precisão em casas de vegetação.

Para a próxima análise, são exibidos os países de maior destaque de publicações da área da pesquisa. Analisando a Figura 7, o país mais proeminente no assunto é a China, totalizando 14 produções científicas.

Figura 7 - Publicação por país de origem.

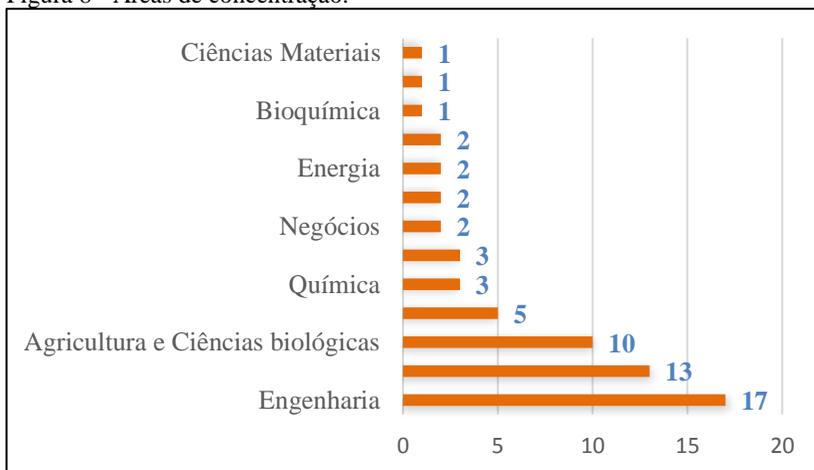


Fonte: Elaborada pelo autor.

Malásia aparece em segundo colocado, com 5 publicações, Estados Unidos com 4 e é possível perceber que o Brasil possui um trabalho que aborda o tema.

O próximo dado a ser explorado é a área de concentração das produções científicas restantes, expostas na Figura 8.

Figura 8 - Áreas de concentração.

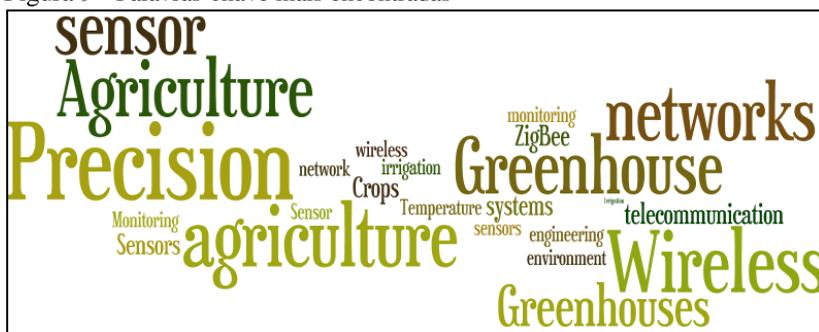


Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme comprovado na Figura 8, embora as produções tramitem em diversos segmentos, fica evidente a predominância de três grandes áreas: Engenharia, Ciência da Computação e Agricultura. Este resultado confirma a interdisciplinaridade da temática principal que a pesquisa busca.

Analisando o conjunto dos artigos, foram encontradas as 17 palavras-chave (*keywords*), de maior predominância nos textos. Na Figura 9 é possível observar a nuvem de *tags* formada pelos termos mais encontradas nos documentos pesquisados.

Figura 9 - Palavras-chave mais encontradas



Fonte: Elaborada pelo autor.

As palavras que têm maior destaque são *precision agriculture* (agricultura de precisão), agricultura (*agriculture*), casa de vegetação (*greenhouse*) e sensores (*sensor*) e redes sem fio (*wireless networks*). Os termos agricultura de precisão e casas de vegetação são o tema central, juntamente com a inserção de tecnologia, que pode ser evidenciado por sensores e redes sem fio como os de maior destaque. Tem-se ainda na nuvem outras palavras que representam a temática, sendo estas relacionadas a área agrícola ou tecnologia computacional, comprovando o foco dos estudos como proposto na revisão sistemática.

#### 4.4 ANÁLISE DESCRITIVA

Esta seção apresenta a análise descritiva dos artigos com maior destaque. Para tanto, foram efetuadas as leituras dos resumos dos 44 trabalhos explorados na seção anterior. Após as leituras das pesquisas, as dez publicações que mais se enquadraram com a temática foram

separadas e são comentadas a seguir, não considerando uma ordem cronológica, mas sim por interesse do autor pelo foco de cada pesquisa.

Com esta análise descritiva, objetiva-se elucidar o estado da arte das pesquisas relacionadas a Agricultura de Precisão em ambientes de cultivo em casas de vegetação, tecnologias e técnicas voltadas para esta área interdisciplinar, aliando TIC ao agronegócio.

O artigo intitulado “*Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks*” de Srbinovska et al (2015), diz que as sucessíveis reformas políticas agrícolas na União Europeia incentivam e propiciam espaço para inovações no setor, com o objetivo de aumentar a produção dos agricultores e facilidade de gerenciamento, o que contribui para o desenvolvimento sustentável da área agrícola. Assim, aplicando técnicas de agricultura de precisão, os autores projetaram uma arquitetura de baixo custo utilizando redes de sensores sem fio à fim de monitorar o cultivo de pimenta em um ambiente de estufa. O objetivo do trabalho no desenvolvimento do protótipo é monitorar e coletar dados de variáveis como iluminação, temperatura e umidade, visando melhoria das culturas bem como redução nos custos de monitoramento. Com a coleta dos dados através dos sensores sem fio, o agricultor pode ter informações precisas sobre o ambiente de plantio e tomar as medidas de gestão necessárias, podendo também automatizar ações como irrigação e exaustão.

A pesquisa de Mestre et al (2011) “*Propagation of IEEE802.15.4 in Vegetation*”, afirma que as comunicações de dados sem fio são uma tecnologia de grande importância na agricultura de precisão. No estudo os autores trazem uma tecnologia de rede de sensores sem fio denominada ZigBee, que é amplamente utilizada no meio agrícola, como estufas e campos de cultivo. Os autores afirmam que no processo de monitoramento de cultivos, é necessário levar em consideração a distância entre os nós dos sensores que formam a rede de comunicação para melhor propagação de sinal, obtendo informações mais precisas de leitura dos nós interconectados.

De acordo com Gao e Du (2011) em seu trabalho “*Design of greenhouse surveillance system based on embedded web server technology*”, novas tecnologias aplicadas a agricultura de precisão são possíveis graças aos avanços da eletrônica e computação, como Internet, redes de sensores sem fio e sistemas de informação geográfica. Estas tecnologias possibilitam a coleta de dados, análise e processamento de informações. Com isto, os autores sugerem um projeto de um sistema de monitoramento para estufas, utilizando um servidor web Linux ARM e sensores sem fio. No sistema proposto, os usuários poderão acessar

informações sobre a casa de vegetação através do navegador de Internet, tendo acesso em tempo real às condições do ambiente de cultivo.

Em seu artigo *“Controle automatizado de casas de vegetação: Variáveis climáticas e fertilização”*, Teruel (2010), traz uma revisão bibliográfica sobre a aplicação de tecnologias da informação e automação em casas de vegetação. A revisão traz tópicos sobre casas de vegetação, sistema de controle, sensores e identificação de variáveis a serem medidas em ambientes de estufa, como temperatura, umidade e concentração de dióxido de carbono. A autora constata que a aplicação de técnicas de agricultura de precisão visa obter maior qualidade e produção agrícola, porém existem poucos sistemas comerciais em operação desta natureza. Conclui que conforme a demanda do mercado surgir, as aplicações de tecnologias voltadas para agricultura irão prosperar e se estabelecerá uma relação de custo-benefício para efetivamente aplicar estas técnicas.

O trabalho de Akshay et al (2012) nomeado *“Wireless sensing and control for precision Green house management”*, aborda que a aplicação de agricultura de precisão em estufas aumenta o lucro e a eficiência na produção a longo prazo e minimiza efeitos indesejáveis ao ambiente de casa de vegetação. Enfatizam que as redes de sensores sem fio são uma tecnologia que vem sendo amplamente utilizada para realizar monitoramento e controle de parâmetros em cultivos, criando um sistema inteligente e automatizado. Em seu estudo, os autores criaram um sistema que consiste de uma CPU para monitorar os dados na plataforma LABVIEW, com o módulo de sensor ZigBee, para realizar a comunicação sem fio, em conjunto com um microcontrolador PIC. Desta forma, o objetivo é monitorar e controlar variáveis de ambiente como temperatura, umidade e irrigação de forma automatizada, implementando um sistema de baixo custo.

A pesquisa de Xu et al (2015) *“Wireless Sensors in Farmland Environmental Monitoring”*, propõe um sistema que utiliza rede de sensores, banco de dados remoto e tecnologias de redes móveis à fim de monitorar variáveis agrícolas, como temperatura atmosférica, dióxido de carbono, temperatura e umidade do solo, intensidade de luz. A construção do sistema contou com componentes de hardware e software e foram implementados e testados em um ambiente de estufa. As informações captadas pelos sensores são armazenadas em um banco de dados em um servidor web, assim o usuário pode obter as informações do cultivo a qualquer momento e de qualquer lugar.

O artigo *“Developing Ubiquitous Sensor Network Platform Using Internet of Things: Application in Precision Agriculture”*, de Ferrández-

Pastor et al (2016), confirma que aplicando tecnologias da informação em agricultura de precisão, as vantagens para o setor agrícola são perceptíveis, aumentando a produção, qualidade dos cultivos, minimizando impactos ambientais e custos. Porém, os autores ressaltam algumas dificuldades para a aplicação efetiva de tecnologia na agricultura, tais como equipamentos de custo elevado, problemas de operação e padrões de redes de sensores. Com o avanço de dispositivos embarcados e a crescente evolução da Internet das Coisas (IoT) e a rede de sensores ubíquos, possibilitam a construção de sistemas de custo reduzido e de fácil aplicação. Em sua pesquisa, os autores construíram uma rede de sensores e atuadores baseada em IoT para controle de estufa, com o objetivo de monitorar o ambiente. Os resultados obtidos mostram que a integração de IoT e redes ubíquas podem servir como impulsionadores da agricultura de precisão.

Nas pesquisas de Pascual et al (2015) tendo como título “*A Wireless Sensor Network using XBee for precision agriculture of sweet potatoes (Ipomoea batatas)*”, foram monitoradas duas culturas de batata doce, sendo uma em um ambiente controlado e outra em ambiente natural. A plantação em ambiente controlado é efetuada em uma miniatura de estufa, onde são monitoradas umidade do ar, do solo, temperatura, de acordo com as condições normais da cultura da batata doce, fazendo uso de uma placa Arduino e sensores. Cada uma das culturas está sendo monitorada por sensores usando protocolo de comunicação ZigBee e hardware XBee, que enviam as informações à um computador que são interpretados por um software denominado MATLAB. Avaliando os dados coletados dos cultivos, houve variações de temperatura e umidade durante o dia e a noite, o que pode prejudicar a plantação caso a temperatura for muito alta e abaixo do ideal. Assim, o desempenho da estufa foi maior, pois as variáveis puderam ser controladas, afirmando que aplicando agricultura de precisão, aumenta o rendimento e qualidade da produção.

No documento “*Precision agriculture applications using wireless moisture sensor network*” de Mat, Kassim e Harun (2015), os autores apresentam um modelo de um sistema de irrigação eficiente utilizando tecnologia de redes sensores sem fio, aplicando os princípios de agricultura de precisão. Fazendo uso de sensores de umidade sem fio em uma estufa para medir a quantidade de água, o sistema proposto pelos autores coleta informações dos sensores e ativa dispositivos de controle de irrigação caso necessário com base em valores preestabelecidos. Os testes mostraram que a economia de água chegou em 1.500 ml ao dia,

evidenciando a eficácia de aplicar tecnologias para controlar variáveis no setor agrícola, principalmente na irrigação.



## 5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta os procedimentos adotados para o desenvolvimento e aplicação do protótipo a fim de alcançar os objetivos propostos no Capítulo 1. Para tanto, é exemplificado na Figura 10 os passos que serão seguidos a fim de explicar todas as etapas no desenvolvimento do protótipo e da aplicação da pesquisa.

Figura 10 - Etapas de aplicação da pesquisa.



Fonte: elaborada pelo autor.

### 5.1 PROTÓTIPO

A fim de atingir os objetivos propostos no Capítulo 1, foi criado um protótipo para realizar o controle de uma casa de vegetação. Assim este capítulo aborda as etapas de desenvolvimento deste protótipo. Serão descritas as tecnologias empregadas, como sensores e sistemas embarcados, o esquema de funcionamento do ambiente, componentes utilizados para montagem no ambiente selecionado, variáveis de controle e métodos adotados para validação da pesquisa.

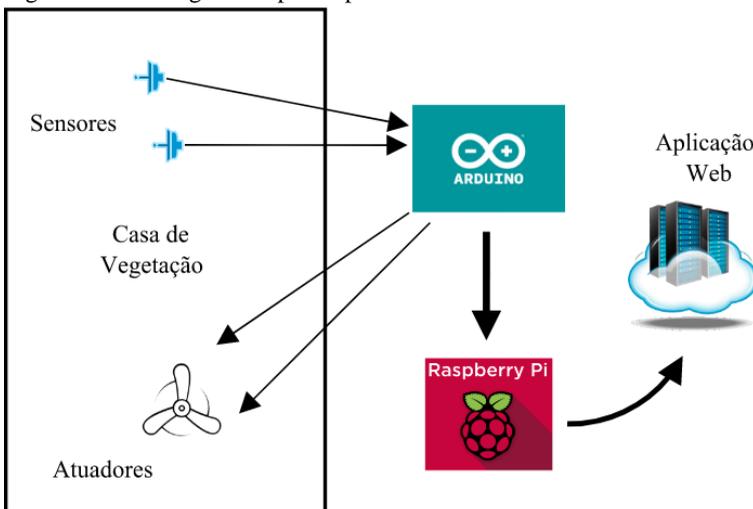
#### 5.1.1 Arquitetura do sistema

Com o intuito de responder à pergunta inicial da pesquisa, foi criado um protótipo para controlar as ações em uma casa de vegetação. A intenção da construção do protótipo foi o da criação de um sistema de

baixo custo utilizando recursos eficientes. Para tanto, foram empregados os seguintes componentes:

- Computação embarcada: Arduino e Raspberry;
- Sensores: solo, luz, temperatura e umidade;
- Atuadores: relés, exaustores, lâmpadas, válvula solenoide, microaspersores, aquecedores;
- Aplicação Web.

Figura 11 - Visão geral do protótipo.



Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 11 descreve em uma visão ampla como o protótipo foi projetado. Dentro da casa de vegetação existem sensores posicionados em locais específicos que realizam a leitura das variáveis do ambiente da casa de vegetação. Estas leituras são enviadas para o Arduino, que conforme informações recebidas, opera no ambiente por meio dos atuadores. Os processos realizados no ambiente controlado são enviados para outra unidade de processamento denominada Raspberry Pi, que recebe estes dados e os encaminha para a aplicação web. No sistema web as leituras e ações realizadas na casa de vegetação podem ser observadas pelos usuários por meio de navegadores de internet. O sistema funcionará de forma autônoma, e as ações serão tomadas com base na programação desenvolvida no Arduino.

Nas próximas seções, serão abordadas algumas tecnologias empregadas na construção do protótipo e suas características.

### 5.1.2 Sistemas embarcados

Na construção do protótipo serão utilizados dois tipos de plataforma de prototipagem: Arduino Mega 2560 e o Raspberry Pi B+ v2.

O Arduino é um sistema *open-source* que vem sendo amplamente utilizado por sua facilidade de programação e prototipagem, sendo aplicado em diversos tipos de projetos, tanto com níveis complexos quanto simples (ARDUINO, 2017). A escolha do modelo Arduino Mega 2560, deu-se pela quantidade de portas analógicas e digitais disponíveis, pois serão conectados diversos sensores na montagem do protótipo.

Outra plataforma utilizada foi o Raspberry Pi. Na Figura 12 é possível visualizar as duas plataformas que são a parte central da construção do protótipo.

Figura 12 – Sistemas embarcados Arduino e Raspberry Pi.



Fonte: elaborada pelo autor.

O Raspberry é um computador de pequeno porte com um sistema Linux embarcado, que possui conexões USB, HDMI e de rede. Executa funções de um computador desktop, porém não vem com periféricos, por isso tem um preço acessível (MONK, 2013). Foi utilizado o Raspberry para realizar o intermédio entre o Arduino e a aplicação web, sendo que testes foram realizados no Laboratório de Pesquisa Aplicada (LPA) da UFSC e o Raspberry obteve maior integridade no envio dos dados pela rede.

### 5.1.3 Sensores

Sensores são dispositivos que recebem estímulos e geram uma resposta por meio de sinais elétricos. Assim, são capazes de ler as variantes de um ambiente e o sinal pode ser convertido para informações

compreensíveis (MCGRATH; SCANAILL; NAFUS, 2014). Os autores complementam que existem diversos tipos de sensores, capazes de medir tensão, temperatura, luminosidade, som, solo, pressão, entre outros tipos.

Na construção do protótipo, foram selecionados três tipos de sensores para ler as variáveis do ambiente de casa de vegetação: sensores de umidade do solo, sensor de temperatura e umidade ambiente, sensor de luminosidade. Como sensor de solo será utilizado higrômetros. Para ler a temperatura e umidade ambiente será utilizado sensores DHT11 e como sensor de luminosidade o LDR digital.

No Quadro 1 é possível observar os sensores que serão empregados no protótipo.

Quadro 1 - Sensores utilizados.

Higrômetro – Sensor de umidade do solo analógico	
DHT11 – Sensor de temperatura e umidade analógico	
LDR – Sensor de luminosidade digital	

Fonte: elaborada pelo autor.

#### 5.1.4 Atuadores

Atuadores podem ser definidos como dispositivos que executam ações de controle, sendo utilizados quando há a necessidade de modificar e controlar variáveis de um determinado ambiente. São exemplos de atuadores as válvulas solenoides, motores, aquecedores e refrigeradores, relés, válvulas (SILVA, 2016).

Como atuadores, o protótipo contou com:

- Relés (que receberão os sinais do Arduino e acionarão os outros atuadores);
- Lâmpadas (para realizar a complementação de luz do fotoperíodo);

- Válvula solenoide (para abrir ou fechar a irrigação por microaspersão);
- Aquecedores (elevar a temperatura ambiente);
- Exaustores (renovar o ar, resfriamento, retirar umidade).

### 5.1.5 Aplicação Web

A aplicação web foi desenvolvida com a finalidade de proporcionar uma melhor gestão das informações geradas pelo protótipo e para eventuais consultas e monitoramento das ações no ambiente.

O sistema web foi desenvolvido usando Node.js. Segundo Marcelino et al (2017), o Node.js é uma plataforma de desenvolvimento para aplicativos do lado do servidor que usa a linguagem de programação JavaScript e mecanismos de JavaScript do Google V8.

Para armazenar as informações dos sensores e atuadores, o sistema web utilizará o Banco de Dados MongoDB. O MongoDB é um banco de dados não relacional, portanto quando necessário alterar as informações do banco, não é preciso reformular as tabelas inteiras (MONGODB, 2017). Isto irá facilitar quando houverem alterações de algum sensor ou atuador a serem exibidos no navegador para o usuário.

Os dados a serem armazenados no site, serão provenientes das leituras e ações geradas pelos sensores e atuadores, que serão enviadas pelo Arduino para o Raspberry Pi. No Raspberry terá um *script* em Python, que irá capturar estas leituras e irá enviá-las pela rede sem fio, e posteriormente para o sistema web, onde estas informações são gravadas no banco de dados. Com isso, o usuário poderá monitorar o que acontece no ambiente acessando o sistema por meio de um navegador de internet.

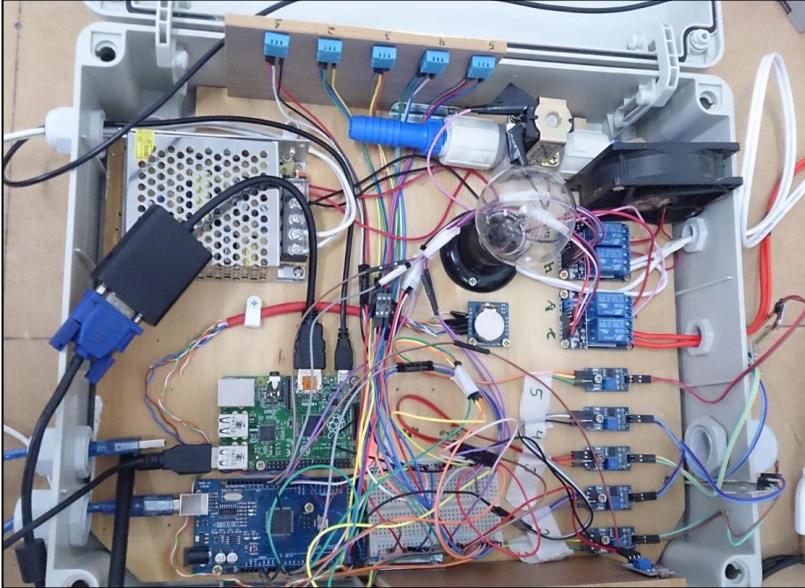
## 5.2 MONTAGEM DO PROTÓTIPO

Utilizando os componentes citados anteriormente, nesta etapa serão elencados os passos para o desenvolvimento e implantação do protótipo na casa de vegetação.

### 5.2.1 Concepção

Em um primeiro momento, o protótipo foi concebido e montado no interior de uma caixa hermética, instalando todos os componentes previstos para o ambiente real.

Figura 13 - protótipo montado na caixa hermética.



Fonte: elaborada pelo autor.

Na Figura 13 é possível visualizar os seguintes componentes acoplados a caixa hermética:

- Plataforma Arduino;
- *Protoboard* como extensor para alimentação elétrica dos componentes;
- 5 sensores DHT11 para medir a temperatura e umidade;
- 5 higrômetros para medir a umidade do solo;
- 1 sensor de luminosidade para verificar a precipitação de luz;
- 1 válvula solenóide para liberar a irrigação;
- 1 fonte de alimentação 12V para válvula solenóide;
- 1 Relógio de Tempo Real;
- 4 relés para acionar os atuadores
- 1 lâmpada;
- 1 *cooler* para simular os exaustores;
- Fiação para ligar os aquecedores;
- Microcomputador Raspberry Pi para coletar as informações do Arduino e Enviar para a aplicação web.

## 5.2.2 O ambiente

O protótipo foi montado em uma casa de vegetação localizada no IFC – Campus Santa Rosa do Sul, no setor da horta da instituição. O ambiente medindo 13m<sup>2</sup> foi totalmente fechado para melhor controlar as variáveis. Na Figura 14 é possível observar a parte externa e interna da casa de vegetação antes de realizar a montagem do protótipo no ambiente.

Figura 14 - Ambiente de pesquisa.



Fonte: elaborada pelo autor.

Com a casa de vegetação fechada, deu-se início a montagem do protótipo. Primeiramente foi realizada uma instalação elétrica para

fornecer energia para os equipamentos e posteriormente foi acoplada a caixa hermética na estrutura, para assim efetuar a instalação dos demais componentes. Na Figura 15 é possível visualizar a instalação do protótipo juntamente ao quadro elétrico.

Figura 15 - Instalação do sistema.



Fonte: elaborada pelo autor.

Para melhor distribuir os sensores dentro do ambiente, foi utilizado cabos de rede como extensores, montando os sensores DHT11 (na parte intermediária da casa de vegetação), LDR (na parte superior da casa) e Higrômetros (posteriormente colocados nos vasos com as mudas).

Na próxima etapa, foi instalado dois exaustores, sendo um na parte superior para retirar o calor do ambiente e outro na parte inferior para sugar o ar externo para dentro da casa de vegetação.

Foram instaladas seis lâmpadas de led de 6500 K, para realizar a complementação de luz do fotoperíodo, caso necessário. Segundo Santos (2017), o fotoperíodo é o número de horas de luz durante o período de 24 horas, podendo esse fator de luminosidade influenciar no desenvolvimento das plantas. Desta forma, o uso de iluminação artificial está sendo empregado com o objetivo de aumentar ou corrigir esse

fotoperíodo (SANTOS, 2017). O autor ainda ressalta que as lâmpadas de led 6500 K, que são luzes frias, são ideais para complementar as horas de luz, pois este tipo de luz é próximo a luz natural.

Com o intuito de manter a temperatura do ambiente sempre que possível acima de 20°C, foram instalados dois aquecedores. Isso deve-se ao fato que as culturas que foram utilizadas na pesquisa necessitam de uma temperatura mais elevada para a brotação, considerando que no período em que a pesquisa foi aplicada (agosto) a temperatura é menor.

Outra etapa foi a instalação da válvula solenoide ligada a tubulação de água e aos microaspersores para realizar a irrigação. Por fim, foi confeccionada uma bancada em madeira com as bandejas para dar suporte as plantas. A Figura 16 exibe o protótipo montado no ambiente e com os componentes alocados.

Figura 16 - Protótipo instalado no ambiente.



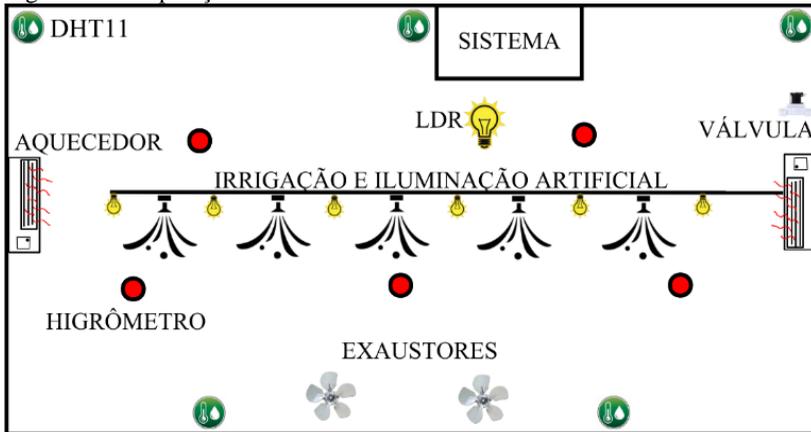
Fonte: elaborada pelo autor.

Como mencionado anteriormente, no ambiente do protótipo estão posicionados cinco sensores de temperatura e umidade DHT11 em pontos estratégicos com o intuito de efetuar as leituras. Cinco sensores de umidade do solo (higrômetro), alocados na bancada dos cultivos. Um sensor de luminosidade (LDR) na parte superior central da casa de

vegetação para verificar a incidência de luz natural. Além dos sensores, estão alocados atuadores que fazem a ação de controle de variáveis do ambiente, como os aquecedores, alocados nos extremos do ambiente, exaustores, válvula para liberar a irrigação e lâmpadas para realizar a complementação do fotoperíodo quando necessário. Todos estes equipamentos estão ligados diretamente ao sistema de controle, localizado dentro do ambiente.

Por intermédio da Figura 17 se pode verificar como estão posicionados os componentes no interior da casa de vegetação.

Figura 17 - Disposição dos sensores e atuadores no ambiente.



Fonte: elaborada pelo autor.

A montagem e instalação do sistema de controle para o ambiente do protótipo teve um custo de implementação em torno de US\$ 300,00 (dólares). Este valor não inclui a estrutura da casa de vegetação em si, mas somente os componentes de controle.

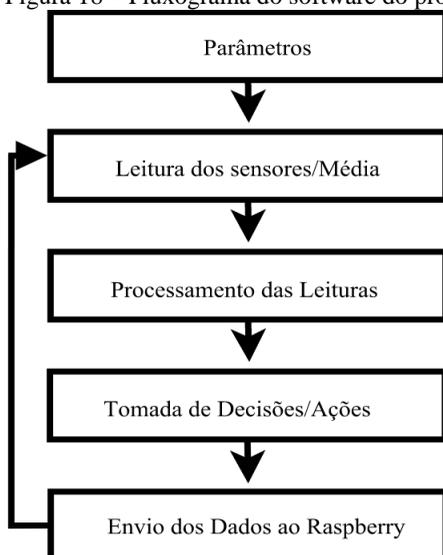
### 5.2.3 Software

Após montar os componentes no ambiente e realizar as conexões dos circuitos, deu-se início a elaboração da programação dos sensores e atuadores.

O Arduino possui uma IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado, do inglês *Integrated Development Environment*) que

possibilita a criação *sketches*<sup>1</sup>, programações simplificadas, que são enviadas para a placa e convertidas na linguagem de programação C (BANZI, 2011). Desta forma, foi criado um *sketch* para os sensores do protótipo realizarem a leitura das variáveis locais, para assim os atuadores entrarem em ação.

Figura 18 – Fluxograma do software do protótipo.



Fonte: elaborada pelo autor.

O fluxograma da Figura 18 é exibido de forma geral como são efetuadas as ações pelo Arduino de acordo com a programação. Primeiramente são lidos os parâmetros dos sensores e demais componentes conectados ao Arduino. Após, são realizadas as leituras dos sensores e efetuada a média das leituras. Em seguida as leituras são processadas pelo microcontrolador. Após processadas, são tomadas as

---

<sup>1</sup> Sketche é a programação efetuada na IDE do Arduino. É uma forma de programação mais fácil de compreender, que pode ser utilizada mesmo por pessoas que não tenham conhecimento como programadores. Ao enviar o sketche para a placa Arduino, ou seja, a programação criada na IDE, este código é traduzido para a linguagem de programação C que é a linguagem que o compilador do Arduino compreende. Desta forma os comandos efetuados podem ser executados pelo sistema (BANZI, 2011).

decisões das ações que os atuadores devem efetuar no ambiente. Por fim os dados são enviados ao Raspberry via porta Serial. Este ciclo se repete infinitamente.

Com base no fluxograma da Figura 18, foram atribuídos valores ideais para controle das variáveis e tomadas de decisão. Contando com apoio técnico dos profissionais da área agrônômica do IFC e com base nas culturas selecionadas, o ambiente controlado teve algumas variáveis consideradas desejáveis para acionar os atuadores. As variáveis de controle foram:

- Umidade do solo 65%. Os cinco sensores fazem a leitura e se a média destas leituras for menor que o valor estipulado, é acionado a irrigação, por meio da válvula solenoide.
- Temperatura ambiente igual ou superior à 20°C. Os sensores DHT11 fazem a leitura e caso a média da temperatura seja menor que 20°C, os aquecedores são acionados.
- Temperatura maior que 30°C, liga o exaustor. Ou se for entre 11hs e 12hs e a temperatura estiver maior ou igual a 22°C, ou entre 14hs e 15hs ou 17hs as 18hs, os exaustores são acionados para renovar o ar dentro do ambiente;
- Quando necessário, aciona a luz artificial para complementar o fotoperíodo em torno de 11 horas de luz diárias por meio das leituras efetuadas pelo LDR. Contudo, as lâmpadas somente são acionadas entre 7hs até 18hs;
- Se necessário, o exaustor retira a umidade do ambiente quando esta ultrapassar 80%, somente se a temperatura estiver acima de 22°C.

As leituras dos sensores são efetuadas a cada dois minutos, e os atuadores executam as funções até que as leituras dos sensores cheguem nos valores pré-estabelecidos.

Todas as leituras e ações realizadas por meio dos sensores e atuadores são enviadas para a aplicação web e armazenadas a cada dez minutos no banco de dados.

A Figura 19 exibe a página da aplicação web, recebendo os dados das leituras e ações.

Figura 19 - Site recebendo as leituras dos sensores e atuadores.



Fonte: elaborada pelo autor.

É possível acompanhar em tempo real o que acontece no ambiente controlado ou consultar valores anteriores de cada sensor ou atuador, acessando o site da aplicação por meio do navegador de internet no endereço <http://web2.santarosa.ifc.edu.br:8100>.

## 5.2.4 Preparação

Com o auxílio técnico do agrônomo do Setor de Produção de Mudas do IFC, iniciou-se os preparativos para o plantio dos propágulos das mudas.

Inicialmente foi preparado o substrato, ou seja, o solo utilizado para plantar os propágulos. De acordo com Kratz e Wendling (2013), o substrato tem o papel de fornecer os nutrientes que as plantas precisam, provendo condições para o desenvolvimento dos cultivos. Bautitz e Carvalho (2007), ressaltam que o substrato pode ser qualquer tipo de material onde as plantas podem se desenvolver e serem cultivadas fora de terra firme, podendo ser formado por diversos tipos e misturas de solo, tanto orgânico quanto mineral.

Para fazer o substrato, foram utilizados 4 tipos de materiais: solo argiloso (solo vermelho, aplicado a quantidade de 20% de material no substrato), solo ativo (solo escuro, aplicado 25%), cinza de casca de arroz parcialmente queimada (30%) e turfa (25%). Estes materiais foram peneirados manualmente de forma separada e posteriormente misturados até obter uniformidade. De acordo com a experiência dos profissionais do IFC, este tipo de mistura ajuda no desenvolvimento da muda pois propicia boa capacidade de retenção de água, aeração e drenagem.

Como visto no Capítulo 1, as culturas selecionadas para o experimento foram tupinambor, araruta e açafrão-da-terra. Assim, após preparar o substrato, foram separados os propágulos de cada uma destas culturas, utilizando material proveniente do próprio setor de mudas do IFC.

Na Figura 20 tem-se a separação e classificação por tamanho dos propágulos de tupinambor (1), araruta (2) e açafrão (3).

Figura 20 - Separação dos propágulos.



Fonte: elaborada pelo autor.

Após separar os tamanhos dos propágulos, estes foram lavados, cortados ou colocados inteiros (no caso do açafrão) e esterilizados, tendo como média 5 gramas por propágulo. A esterilização foi realizada em solução de cloro ativo na concentração de 0,5% durante dez minutos e posteriormente lavados em água corrente.

### 5.2.5 Plantio das culturas

Com os propágulos e substrato prontos, deu-se início ao plantio das culturas. O experimento foi realizado em três ambientes para fins de comparação entre as mudas. O primeiro ambiente é o ambiente controlado, a casa de vegetação onde foi implantado o protótipo. O segundo ambiente é uma casa de vegetação sem nenhum tipo de controle computacional. E um terceiro experimento foi aplicado em ambiente externo.

Nos ambientes de casa de vegetação, os propágulos foram plantados em copos descartáveis de 200 ml e colocados em bandejas e

no ambiente externo, diretamente no solo do canteiro. Os propágulos foram plantados com a seguinte proporção:

- **Ambiente Controlado:** no ambiente do protótipo foram plantadas 22 bandejas (ou 22 repetições), cada bandeja contendo 54 mudas. Por bandeja foram alocadas 18 mudas de tupinambor, 18 mudas de araruta e 18 mudas de açafraão. Com isso, foram plantados 396 propágulos de cada cultura, totalizando 1188 propágulos em todo o ambiente controlado;
- **Casa de vegetação sem controle:** foram plantadas duas repetições (duas bandejas) na casa de vegetação sem controle, com um total de 36 propágulos de cada tipo;
- **Ambiente Externo:** no ambiente externo, foram plantados 18 propágulos de cada uma das culturas (uma repetição) a fim de realizar a comparação dos três ambientes.

Por meio da Figura 21 é possível observar o ambiente com os propágulos plantados nos copos e dispostos na bandeja do ambiente controlado, onde é aplicado o protótipo. Foi aplicada uma camada de palha na superfície do substrato nos copos, possibilitando, de acordo com o apoio técnico, evitar o ressecamento do substrato na parte superior dos recipientes.

Figura 21 - Mudanças plantadas no ambiente controlado.



Fonte: elaborada pelo autor.

Na Figura 22 estão dispostas as bandejas com as culturas da casa de vegetação sem controle, para fins de comparação do experimento.

Figura 22 - Mudanças da casa de vegetação sem controle.



Fonte: elaborada pelo autor.

E a Figura 23 traz as mudas plantadas no canteiro no ambiente externo, onde também foi aplicada a camada de palha na superfície.

Figura 23 - Mudanças do ambiente externo.



Fonte: elaborada pelo autor.

### 5.2.6 Validação

Com o intuito de validar o experimento, além de realizar o plantio das culturas em locais distintos para fins de comparação (ambiente controlado, casa de vegetação sem controle e ambiente externo), o experimento foi acompanhado e foram realizados registros dos acontecimentos.

O experimento teve como data início no dia 15 de agosto de 2017, com o plantio das culturas de tupinambor, araruta e açafrão-da-terra nos três ambientes. No ambiente controlado (protótipo), o sistema foi acionado para realizar a gestão da casa de vegetação e executar as ações necessárias conforme as leituras e parâmetros estabelecidos citados anteriormente, lendo e controlando temperatura, umidade ambiente, umidade do solo (irrigação) e luminosidade. Nos ambientes da casa de vegetação sem controle e externo, foram realizadas ações manuais para manter as condições de desenvolvimento da planta, irrigando quando necessário.

A pesquisa teve duração de 55 dias. Durante o período, foram realizados registros fotográficos da evolução das mudas nos ambientes e a contagem de germinação, além de medição das mudas no momento final da pesquisa.

É importante ressaltar que o experimento teve uma data de início anterior ao período de plantação normalmente efetuado para as culturas do estudo. O período de plantio é geralmente no mês de outubro ou novembro, que possui temperaturas mais elevadas, criando um clima mais favorável para a brotação dos propágulos das culturas selecionadas. Assim a pesquisa busca verificar também a possibilidade de antecipar o cultivo destas culturas, colocando-as a campo antes da época normalmente realizada.



## **6 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O presente capítulo é dedicado a análise dos dados coletados durante os 55 dias de duração do experimento aplicado em três ambientes distintos: ambiente controlado (protótipo), casa de vegetação sem controle e ambiente externo. O experimento faz uso das culturas de tupinambor, araruta e açafrão como cultivos para validação dos dados. Durante as sessões do capítulo, são discutidos os resultados provenientes da pesquisa divididos por etapas, evidenciando se a aplicação de Agricultura de Precisão em casas de vegetação traz benefícios para a produção das culturas selecionadas.

### **6.1 COLETA DOS DADOS**

Os dados de contagem de brotação dos propágulos e o registro fotográfico do experimento, foram realizados a cada 3 ou 4 dias, porém somente as fazes mais significativas serão abordadas na análise dos resultados.

Deste modo, os resultados iniciais são apontados nos quinze primeiros dias de aplicação do estudo. Os demais resultados são exibidos ao completar 30 dias da pesquisa, aos 45 dias e ao término do experimento, com 55 dias.

Na fase final do experimento, considerando os três ambientes, além da realização da contagem de germinação dos propágulos por cultura, foram levantados os dados de altura de cada muda, quantidade de folhas por muda e a largura e comprimento da maior folha, com o intuito de comparar os experimentos.

#### **6.1.1 Primeiros resultados**

Passados 15 dias do início do experimento, mais precisamente no dia 30 do mês de agosto, apareceram os primeiros resultados de brotação dos propágulos. O ambiente controlado pelo protótipo deu sinais de brotamento de propágulos de tupinambor e araruta. No ambiente da casa de vegetação sem controle, não foi possível identificar mudas visíveis e no canteiro externo também não foram detectadas a brotação dos propágulos.

Como é possível verificar na Figura 24, algumas mudas de tupinambor e araruta estão aparentes, embora em estágio inicial de crescimento. Certamente nesta fase inicial não é possível afirmar que o ambiente controlado obteve melhores resultados, pois devido a

proporção de propágulos inseridos neste ambiente, a probabilidade de as primeiras mudas surgirem, pode ser maior.

Figura 24 - Primeiras mudas germinando no ambiente controlado.



Fonte: elaborada pelo autor.

Embora ainda não seja possível confirmar pelo fato de a pesquisa estar na fase inicial, o controle sobre as variáveis locais pode ter influenciado a brotação antecipada em relação aos outros ambientes, tendo em vista que o protótipo visa criar um local favorável para o desenvolvimento das mudas.

### 6.1.2 Evolução da brotação dos propágulos

Após 30 dias da aplicação da pesquisa, foi realizada a primeira contagem de mudas germinadas nos três ambientes. Por meio da Tabela 1, é possível acompanhar como foram os resultados da coleta das informações. Nas colunas da tabela estão dispostos os nomes das culturas, o ambiente em que estão localizadas, bem como a quantidade de brotação em cada ambiente. Há também a média de mudas por repetição, onde o cálculo é efetuado dividindo a quantidade de mudas germinadas, pela quantidade de mudas plantadas em cada ambiente.

Visualizando a Tabela 1, é possível perceber que neste momento da pesquisa, o ambiente controlado apresenta melhores resultados em relação aos demais ambientes se tratando da cultura de tupinambor. A média de mudas por repetição neste ambiente foi em torno de 6,4

mudas, enquanto os ambientes sem controle e externo apresentam apenas uma muda por repetição.

Tabela 1 - Contagem de germinação dos experimentos após 30 dias.

<b>Cultura</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Quantidade Brotada</b>	<b>Média por Repetição</b>
Tupinambor	Controlado	141	6,4
	Sem controle	2	1
	Externo	1	1
Araruta	Controlado	249	11,3
	Sem controle	24	12
	Externo	0	0
Açafrão	Controlado	0	0
	Sem controle	0	0
	Externo	0	0

Fonte: elaborada pelo autor.

Ao abordar o resultado da araruta, o brotamento foi semelhante nos ambientes com e sem controle, enquanto no ambiente externo não ocorreu nenhuma brotação. Tratando-se da cultura de açafrão, nenhum dos ambientes teve resultados na germinação dos propágulos.

Para exibir a evolução das mudas nestes trinta dias de experimento, a Figura 25 traz uma comparação dos ambientes controlado (1), sem controle (2) e externo (3).

Na imagem da Figura 25, o ambiente controlado apresenta mudas nitidamente maiores que os demais, principalmente comparado ao externo, que possui apenas uma muda de tupinambor pequena. O ambiente sem controle também possui apenas uma muda de tupinambor, porém está em estágio inicial de brotação e não é visível na figura.

Nesta fase do experimento, é possível perceber indícios de destaque para os resultados no ambiente controlado. Estes resultados podem ser provenientes do controle de temperatura e demais variáveis gerenciadas pelo protótipo, que podem ter influência direta no desenvolvimento destas plantas.

Figura 25 - Registro dos ambientes após 30 dias.



Fonte: elaborada pelo autor.

A próxima análise dos resultados foi efetuada ao completar 45 dias do experimento. Nesta etapa, as quantidades de propágulos brotados foram novamente contadas. Os dados da Tabela 2 demonstram a evolução das mudas, evidenciando resultados promissores no ambiente controlado para a cultura de tupinambor, que possui uma média de sete mudas por repetição enquanto os outros ambientes apenas uma cada.

Embora o ambiente sem controle apresente maior quantidade de mudas de araruta por repetição, o número é muito próximo ao ambiente controlado, demonstrando uma pequena diferença para esta cultura. Na cultura de araruta o ambiente externo ainda não possui nenhuma germinação. Isto se aplica a cultura de açafraão, que não germinou em nenhum dos três ambientes até esta fase da pesquisa.

Tabela 2 - Contagem de germinação dos experimentos após 45 dias.

<b>Cultura</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Quantidade Brotada</b>	<b>Média por Repetição</b>
Tupinambor	Controlado	164	7,4
	Sem controle	2	1
	Externo	1	1
Araruta	Controlado	268	12,1
	Sem controle	26	13
	Externo	0	0
Açafrão	Controlado	0	0
	Sem controle	0	0
	Externo	0	0

Fonte: elaborada pelo autor.

O registro fotográfico do crescimento das mudas do período destes 45 dias de experimento pode ser observado por meio da Figura 26, onde é realizada a comparação dos três ambientes.

Figura 26 - Registro dos ambientes após 45 dias.



Fonte: elaborada pelo autor.

Nesta fase, o percentual de brotação somente aumentou significativamente no ambiente controlado, como demonstrado na Tabela 2. Por meio da imagem da Figura 26, verifica-se o resultado no crescimento das mudas do ambiente controlado, que tem aparência maior do que os demais ambientes, principalmente o tupinambor, que nos ambientes sem controle e externo, são mudas em fase inicial de crescimento.

Ao final do experimento, passados 55 dias, foi realizada a última análise da brotação dos propágulos e formação das mudas. Por meio da Tabela 3, são explanadas as quantidades de germinação por experimento. Novamente verifica-se os resultados positivos para a germinação do cultivo de tupinambor em relação aos demais ambientes, embora o número de mudas por repetição não tenha aumentado em relação a leitura anterior, o resultado ainda é maior se comparado aos demais experimentos.

O ambiente sem controle teve um aumento significativo na germinação de tupinambor, embora com mudas em fase inicial de brotação. No ambiente externo brotou a primeira muda de araruta e no ambiente controlado surgiram as primeiras mudas de açafrão.

Tabela 3 - Contagem de germinação dos experimentos após 55 dias.

<b>Cultura</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Quantidade Brotada</b>	<b>Média por Repetição</b>
Tupinambor	Controlado	173	7,8
	Sem controle	8	4
	Externo	1	1
Araruta	Controlado	268	12,1
	Sem controle	26	13
	Externo	1	1
Açafrão	Controlado	4	0,1
	Sem controle	0	0
	Externo	0	0

Fonte: elaborada pelo autor.

Comparando esta fase final do experimento, é possível visualizar por meio da Figura 27, a diferença das mudas entre os três ambientes de pesquisa. Nitidamente o ambiente controlado tem mudas maiores que os demais, principalmente se comparado ao ambiente externo que possui uma única muda visível. Relacionando o ambiente controlado ao sem

controle, a araruta apresenta tamanhos semelhantes, mas as mudas de tupinambor são quase imperceptíveis no ambiente sem controle.

Figura 27 - Registro dos experimentos após 55 dias.



Fonte: elaborada pelo autor.

O fato das mudas terem maior tamanho no ambiente controlado pode ser associado a gestão e controle das variáveis locais, pois assim criou-se melhores condições climáticas para brotação dos propágulos.

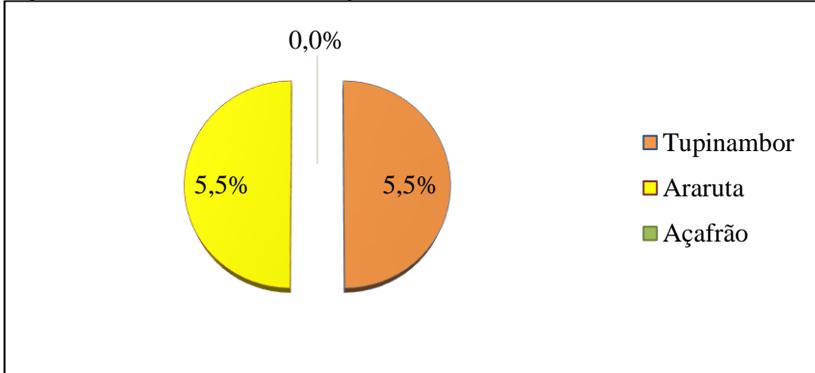
### 6.1.3 Percentual de brotação dos propágulos nos ambientes

Com o intuito de comprovar os resultados da pesquisa, em relação a formação de mudas das culturas nos três experimentos, são dispostos gráficos de porcentagem de brotação de cada cultivo separado por ambiente.

No gráfico da Figura 28, que mostra o percentual de germinação dos cultivos do ambiente externo, verifica-se que apenas 5,5% das culturas de tupinambor e araruta germinaram neste experimento. Este percentual corresponde a apenas uma muda de tupinambor e uma muda

de araruta no ambiente, como descrito na Tabela 3 da sessão anterior. O açafirão não teve nenhuma muda germinada, ficando em 0,0%.

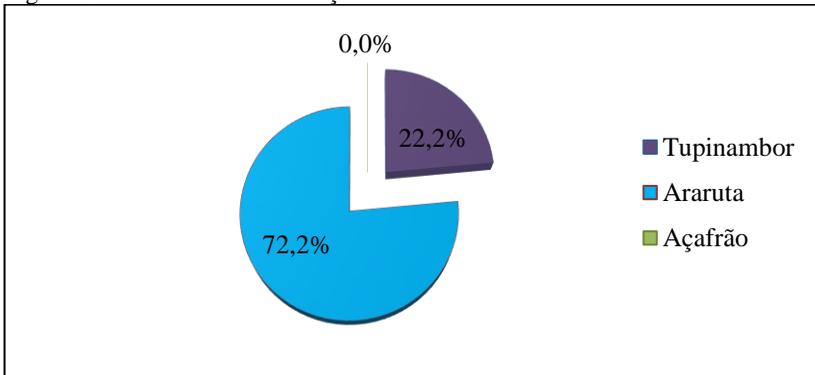
Figura 28 - Percentual de formação de mudas no ambiente externo.



Fonte: elaborada pelo autor.

Analisando o ambiente da casa de vegetação sem controle, com os dados exibidos no gráfico da Figura 29, constate-se um melhor desempenho na germinação dos propágulos em relação ao ambiente externo, tendo como resultado 22,2% de germinação de tupinambor, totalizando 8 mudas. A araruta teve 72,2% de propágulos brotados, totalizando 26 mudas no experimento. O açafirão ficou em 0,0%, com nenhuma muda germinada até a finalização do experimento.

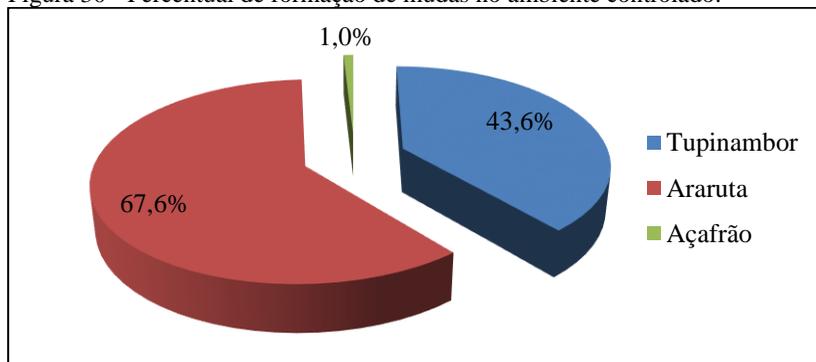
Figura 29 - Percentual de formação de mudas no ambiente sem controle.



Fonte: elaborada pelo autor.

E por fim tem-se o gráfico da Figura 30, que exibe os percentuais de germinação no ambiente controlado pelo protótipo. No ambiente controlado, a quantidade de propágulos germinados de tupinambor é de 43,6%, totalizando 173 mudas e araruta 67,6%, com um total de 268 mudas. A cultura de açafraão germinou 1,0% no ambiente controlado, com apenas 4 mudas da cultura.

Figura 30 - Percentual de formação de mudas no ambiente controlado.



Fonte: elaborada pelo autor.

Os resultados do ambiente controlado são muito superiores ao ambiente externo levando em consideração a quantidade de mudas formadas.

Apesar do ambiente sem controle possuir maior percentual de germinação da cultura de araruta, esta diferença é pequena quando comparada com a quantidade de mudas por repetição com o ambiente controlado. A diferença realmente aparece quando comparados os valores percentuais de germinação de tupinambor do ambiente controlado ao sem controle. O ambiente controlado tem quase o dobro de germinação da cultura de tupinambor em relação ao ambiente sem controle.

Embora o ambiente do protótipo ter as variáveis locais controladas, nem todas os propágulos germinaram ao final da pesquisa. Pode-se creditar este fato a qualidade do propágulo utilizado, ou falta de nutrientes no solo, ou ainda a necessidade de maior rigor no controle das variáveis climáticas da casa de vegetação. Contudo, nos demais ambientes os resultados não alcançaram a totalidade de germinação, o que leva a crer que existe uma variação de perda além do controle sobre o ambiente.

### 6.1.4 Índice de crescimento das mudas

Além da contagem de mudas durante as etapas e percentual de germinação dos três experimentos, foi realizada a medição destas ao completar 55 dias da pesquisa, levando em consideração apenas mudas com altura mínima de 1 centímetro, coletando dados de altura das plantas, quantidade de folhas, largura e comprimento da maior folha.

Clement e Bovi (2000) afirmam que existem diversas formas de mensurar e analisar o crescimento de uma planta, mas que as formas mais comuns são as medidas lineares, que são medidas de altura da planta, bem como medidas de largura e comprimento das folhas. Outra forma é a medida numérica, onde é realiza a contagem de folhas do vegetal. Os autores ressaltam que estes fatores de métrica auxiliam na análise de desenvolvimento da planta diante de diferentes aplicações e experimentos.

Por intermédio do Quadro 2, é possível observar os valores referentes aos três experimentos, onde são avaliados a altura da planta, número de folhas (NF), comprimento da folha (CF) e largura da folha (LF), exibindo o maior valor encontrado, menor, média e desvio padrão.

Quadro 2 - Valores de medida da cultura tupinambor.

<b>Estatística</b>	<b>Altura</b>	<b>NF</b>	<b>CF</b>	<b>LF</b>	<b>Cultura</b>
Ambiente controlado					
Maior	21 cm	18	11 cm	7 cm	Tupinambor
Menor	1 cm	4	2 cm	1 cm	
Média	8,8 cm	10	6,4 cm	2,3 cm	
Desvio Padrão	4,7 cm	2,42	1,2 cm	0,6 cm	
Ambiente sem controle					
Maior	1 cm	6	5,4 cm	2,5 cm	Tupinambor
Menor	1 cm	5	4 cm	1,2 cm	
Média	1 cm	5,5	4,7 cm	1,8 cm	
Desvio Padrão	0 cm	0,5	0,7 cm	0,6 cm	
Ambiente externo					
Maior	2 cm	8	9 cm	3,6 cm	Tupinambor
Menor	2 cm	8	9 cm	3,6 cm	
Média	2 cm	8	9 cm	3,6 cm	
Desvio Padrão	0 cm	0	0 cm	0 cm	

Fonte: elaborada pelo autor.

Comparando a cultura de tupinambor nos três ambientes, o que obteve a maior muda foi o ambiente controlado, com 21 centímetros de altura. No ambiente sem controle apenas 1 centímetro de altura e no ambiente externo com 2 centímetros. Vale ressaltar que no ambiente externo apenas uma muda germinou em comparação aos outros experimentos.

Outro fator interessante para analisar no Quadro 2 é a média da altura das mudas, que novamente o ambiente controlado obteve um maior valor, com 8,8 centímetros por planta. Enquanto isso, o ambiente sem controle ficou com a média de 1 centímetro por muda e o ambiente externo com 2 centímetros.

O ambiente controlado também superou os demais em número de folhas na cultura de tupinambor, com 18 folhas no maior índice encontrado e uma média de 10 folhas por planta. No ambiente sem controle o maior número de folhas encontrado foi de 6 e obteve uma média de 5 folhas por planta. Já no ambiente externo (que tem apenas uma muda), a quantidade de folhas é de 8.

Quando relacionado o comprimento e largura da maior folha, o ambiente controlado supera os demais. Considerando a quantidade de mudas no ambiente controlado, existe uma maior variação das amostras, porém as mudas de tupinambor tiveram maior produtividade no ambiente do protótipo em relação aos outros experimentos.

Para realizar a relação dos dados da cultura de araruta, foi criado o Quadro 3, onde estão disponíveis as medidas provenientes dos três experimentos.

Observando os valores exibidos no quadro, é possível verificar que o ambiente controlado mais uma vez tem a maior muda, com 13 centímetros, enquanto no ambiente sem controle a maior é de 9,5 centímetros e no ambiente externo apenas 3 centímetros.

Analisando a média das mudas dispostas no Quadro 3, constata-se que a média de altura das mudas de araruta do ambiente controlado e sem controle são iguais, com 6,1 centímetros e de apenas 3 centímetros no ambiente externo (apenas uma muda de araruta germinou no ambiente).

O maior número de folhas por muda também é idêntico nos ambientes controlado e sem controle, com 4 folhas como maior valor. A muda localizada no ambiente externo não apresentou nenhuma folha até o final do experimento.

Quadro 3 - Valores de medida da cultura araruta.

<b>Estatística</b>	<b>Altura</b>	<b>NF</b>	<b>CF</b>	<b>LF</b>	<b>Cultura</b>
<b>Ambiente controlado</b>					
Maior	13 cm	4	17 cm	6,5 cm	Araruta
Menor	1 cm	1	3 cm	1,5 cm	
Média	6,1 cm	3	11,1 cm	4,2 cm	
Desvio Padrão	2,2 cm	0,6	2,2 cm	0,9 cm	
<b>Ambiente sem controle</b>					
Maior	9,5 cm	4	14,5 cm	6,8 cm	Araruta
Menor	1 cm	2	3,7 cm	1,2 cm	
Média	6,1 cm	2,7	11,5 cm	4,5 cm	
Desvio Padrão	1,7 cm	0,5	2 cm	1 cm	
<b>Ambiente externo</b>					
Maior	3 cm	0	0 cm	0 cm	Araruta
Menor	3 cm	0	0 cm	0 cm	
Média	3 cm	0	0 cm	0 cm	
Desvio Padrão	0 cm	0	0 cm	0 cm	

Fonte: elaborada pelo autor.

Ao classificar o comprimento da maior folha de araruta, o ambiente controlado apresenta o valor de 17 centímetros de comprimento e como maior largura da folha 6,5 centímetros. Em contrapartida, o ambiente sem controle tem como maior comprimento de folha de 14,5 centímetros por 6,8 centímetros de largura. Como ambos os índices das mudas são próximos, é possível dizer que a variação entre os ambientes é pequena, embora o ambiente controlado apresente mudas maiores em relação ao sem controle.

A cultura de açafrão não entrou na tabulação dos quadros devido ao seu estado de brotamento ser inicial, não apresentando folhas e a altura ser inferior à 1 centímetro.

## 6.2 FINALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi finalizado no dia 09 do mês de outubro. Com a finalização da pesquisa, as mudas que estavam em fase de plantio foram retiradas do ambiente controlado e do ambiente sem controle e postas em canteiros.

Foram transferidas do ambiente controlado 171 mudas de tupinambor e 268 de araruta. No ambiente sem controle foram movidas 2 mudas de tupinambor e 25 mudas de araruta. As mudas foram alocadas em quatro canteiros onde poderão continuar a fase de crescimento. É possível observar na Figura 31 os canteiros com as mudas de araruta (1) e tupinambor (2).

Pela quantidade de mudas retiradas do ambiente controlado, é possível perceber o sucesso do experimento, evidenciado também nas sessões anteriores.

Figura 31 - Plantio das culturas de araruta e tupinambor nos canteiros.



Fonte: elaborada pelo autor.

As mudas foram colocadas no canteiro de forma antecipada em relação ao período regular de plantio. Os resultados, principalmente na cultura de tupinambor do ambiente controlado, são promissores, o que corrobora que aplicando Agricultura de Precisão em casa de vegetação pode trazer benefícios na produção destas culturas.



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O intuito desta pesquisa foi contextualizar o tema Agricultura de Precisão, uma nova tendência para a área agrícola que está sendo desenvolvida e impulsionada pelas evoluções das Tecnologias da Informação e Comunicação.

Outro foco do estudo é o cultivo em casa de vegetação e a produção de mudas nestes ambientes. Desta forma o trabalho buscou associar a temática Agricultura de Precisão a casas de vegetação, mostrando a viabilidade de inserir esta técnica nestes ambientes de cultivo.

Durante o estudo foi apontado as vantagens e desvantagens de cultivar em casa de vegetação, que apesar de amenizar as ações de eventos climáticos extremos, estes locais podem apresentar problemas, por isso deve-se obter maior controle sobre as variáveis internas e criar um ambiente ideal para o desenvolvimento dos cultivares.

A pesquisa objetivou a comprovação da eficácia em aplicar Agricultura de Precisão para realizar a gestão e o controle do ambiente de uma casa de vegetação ao produzir as mudas selecionadas, acelerando o crescimento destas plantas e colocá-las a campo com antecipação.

Para tanto, foi desenvolvido um protótipo com o intuito de controlar as variáveis internas de uma casa de vegetação na produção de mudas de tupinambor, araruta e açafrão-da-terra. O experimento foi aplicado em outros dois ambientes para fins de comparação, sendo eles um ambiente de casa de vegetação sem controle e um canteiro no ambiente externo.

Como resultado, as mudas do ambiente controlado pelo protótipo tiveram um maior desempenho no crescimento e brotação quando comparado aos demais ambientes, principalmente na cultura de tupinambor. As plantas retiradas do experimento foram postas à campo antes do período normal de cultivo, geralmente semeadas no início da primavera, entre fim de outubro e novembro. Porém com a aplicação do sistema de controle, foram geradas mudas que foram postas no campo antes do ciclo, possuindo um tamanho considerável no início do mês de outubro. Estes aspectos podem acarretar em maior produção no tempo de colheita.

Assim, a questão levantada pela pesquisa teve uma resposta positiva, corroborando que a Agricultura de Precisão aplicada a ambientes de casa de vegetação pode trazer benefícios para a produção de mudas.

Por fim, o estudo realizado evidenciou a possibilidade que as Tecnologias da Informação podem oferecer para o desenvolvimento das práticas agrícolas, salientando a importância de trabalhar de forma interdisciplinar, aproximando áreas do conhecimento distintas.

Refletindo sobre a ampliação da pesquisa, podem ser apontados para trabalhos futuros a modificação do sistema do protótipo para ambientes maiores, bem como novas funcionalidades, como acionamento de cortinas e sombrites, sistemas de nebulização para resfriamento, monitoramento de outras variáveis como temperatura do solo e níveis de CO<sub>2</sub>.

Realizar testes de alcance para sensores com fio, se existe interferência e perda de sinal, utilizando também sensores sem fio para comparação. O fator de iluminação artificial pode ser ampliado para verificar a eficiência de luz complementar, aplicando 16 horas de luz diárias por exemplo. Alarmes ou avisos podem ser inseridos no sistema para advertir o usuário de situações críticas no ambiente.

Outro ponto importante é a realização de pesquisas referentes a suficiência energética para manter autonomia do sistema. Fatores como melhoramento da curva das variáveis também devem ser considerados, bem como testes de diferentes sensores e componentes.

## REFERÊNCIAS

AKSHAY, C. et al. **Wireless sensing and control for precision Green house management**. 2012 Sixth International Conference on Sensing Technology (ICST). **Anais...**2012.

ARAÚJO, Ronaldo Ferreira; ALVARENGA, Lidia. A bibliometria na pesquisa científica da pós-graduação brasileira de 1987 a 2007. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, Florianópolis, v. 16, n. 31, p.51-70, maio 2011.

ÁSCOLI, A. A. et al. Ambientes protegidos e substratos para mudas de bociuiva oriundas do campo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 2, n. 3, p. 23-28, jul./set. 2015.

ARDUINO. **What is Arduino?**. 2017. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

ASSOCIAÇÃO PARA PROMOÇÃO DA EXCELÊNCIA DO SOFTWARE BRASILEIRO (São Paulo). **Cadernos temáticos do observatório: TIC no agronegócio**. São Paulo: Softex, 2016.

BANZI, Massimo. **Primeiros passos com Arduino**. São Paulo: Novatec, 2011.

BAUTITZ, Francine; CARVALHO, Ruy Inacio Neiva de. Propagação vegetativa de estrelitzia com diversos tipos de mudas e substratos. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 1, p.47-55, jan/mar. 2007.

BELTRÃO, Napoleão E. de M.; FIDELES FILHO, José; FIGUEIRÊDO, Ivana C. de M.. Uso adequado de casa-de-vegetação e de telados na experimentação agrícola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p.547-552, dez. 2002.

BERNARDI, A. C. DE C. et al. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Embrapa, 2014.

BERNARDO, Alexandre Moretti. **Proposta de sistema embarcado para auxílio e monitoramento do idoso**. 2015. 171 f. TCC

(Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2015.

BOTELHO, Louise Lira Roedel; CUNHA, Cristiano Castro de Almeida; MACEDO, Marcelo. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, [s.l.], v. 5, n. 11, p.121-136, 2 dez. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Embrapa terá unidade dedicada a alimentos funcionais, aromas e sabores**. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/embrapa-tera-unidade-dedicada-a-alimentos-funcionais-aromas-e-sabores>>. Acesso em: 03 jan. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de Precisão - Boletim Técnico**. Brasília: MAPA/ACS, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de hortaliças não-convencionais**. Brasília : Mapa/ACS, 2010, 92 p.

CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Alimentos funcionais: uma revisão. **Boletim da SBCTA**, v. 29, n. 2, p. 193-203, 2005.

CECÍLIO FILHO, Arthur Bernardes et al. Época e densidade de plantio na produção de cúrcuma. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, jul./ago. 2004.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 162 p.

CHAVES, Francisco C. M. et al. **Influência do peso de rizomas-semente na produção de açafrão**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51., 2011, Viçosa. **Anais...** Viçosa: ABH, 2011, p. 4787-4792.

CLEMENT, Charles R.; BOVI, Marilene Leão Alves. Padronização de medidas de crescimento e produção em experimentos com pupunheira para palmito. **Acta Amazonica**, [s.l.], v. 30, n. 3, p.349-349, set. 2000.

CUNHA, K. C. B. da; ROCHA, R. V. Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma Arduino. **RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 1, n. 2, p. 62-74, jul./dez. 2015.

DELGADO, Guilherme Costa; BERGAMASCO, Sonia Maria Pessoa Pereira (Org.). **Agricultura familiar brasileira: desafios e perspectivas de futuro**. Brasília : Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2017.

EMBRAPA. **Visão 2014-2034 : o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira – síntese**. Brasília: Embrapa, 2014. 53 p.

EVANS, Martin; NOBLE, Joshua; HOCHENBAUM, Jordan. **Arduino em Ação**. São Paulo: Novatec, 2013.

FERRÁNDEZ-PASTOR, F. et al. Developing Ubiquitous Sensor Network Platform Using Internet of Things: Application in Precision Agriculture. **Sensors (Switzerland)**, v. 16, n. 8, p. 1141, 22 jul. 2016.

FONSECA, E. D. (Org). **Bibliometria: teoria e prática**. São Paulo: Cultrix, Ed. da USP, 1986.

FREIRE, Patrícia de Sá. **Aumente a qualidade e quantidade de suas publicações científicas: manual para elaboração de projetos e artigos científicos**. Curitiba: CRV, 2013.

FRONZA, Diniz; HAMANN, Jonas Janner. **Viveiros e propagação de mudas**. Santa Maria: UFSM, 2015.

GALLEGRO, Marina Sanz. **Utilización del cultivo plurianual de pataca (Helianthus tuberosus L.) para la producción de hidratos de carbono fermentables a partir de los tallos**. 2012. 264 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrônômica, Departamento de Producción Vegetal: Botánica y Protección Vegetal, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Madri, 2012.

GAO, J.; DU, H. **Design of greenhouse surveillance system based on embedded web server technology**. Procedia Engineering. **Anais...**2011.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GRANADOS, Clemente et al . Propiedades funcionales del almidon de sagu (maranta arundinacea). **Rev. Bio. Agro**, Popayán , v. 12, n. 2, p. 90-96, dez. 2014.

HEIN, Werner. Raspberry Pi aplicado a projetos do mundo real. **Linux Magazine**, [s.l.], v. 100, p.60-65, mar. 2013.

HARO, Luis Fernando D. et al. Low-Cost Speaker and Language Recognition Systems Running on a Raspberry Pi. **IEEE Latin America Transactions**, [s.l.], v. 12, n. 4, p.755-763, jun. 2014.

IEEE XPLORE. [200-?]. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/aboutUs.jsp>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

INAMASU, Ricardo Y.; BERNARDI, Alberto C. de Campos. Agricultura de Precisão. In: MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira et al (Ed.). **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 21-33.

ISHIMINE, Y. et al. Effects of planting date on emergence, growth and yield of tumeric (*Curcuma longa* L.) in Okinawa Prefecture, Southern Japan. **Japanese Journal of Tropical Agriculture**, v. 48, n. 1, p. 10-16, 2004.

KAYS, Stanley J.; NOTTINGHAM, Stephen F.. **Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke: Helianthus tuberosus** L. Boca Raton: Crc Press, 2008. 498 p.

KRATZ, Dagma; WENDLING, Ivar. Produção de mudas de eucalyptus dunnii em substratos renováveis. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 1, p.125-136, jan/mar. 2013.

LARA-FIALLOS, Marco et al. Avances en la producción de inulina. **Tecnología Química**, Santiago de Cuba, v. 37, n. 2, p.220-238, ago. 2017.

LEE, Edward Ashford; SESHIA, Sanjit Arunkumar. **Introduction to Embedded Systems: a cyber-physical systems approach**. 2. ed. Leeshesia.org, 2015. 589 p.

LI, M.; CHUNG, S. Special issue on precision agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 112, n.1, 2015.

LOPES, Carlos Alberto; REIS, Ailton. **Doenças do tomateiro cultivado em ambiente protegido**. (Circular Técnica) Brasília: Embrapa-Centro Nacional de Pesquisas de Hortaliças, 2ª ed., 2011. 17 p.

LUCHIARI JUNIOR, Ariovaldo et al. AgroTIC em agricultura de precisão e automação agrícola. In: MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira et al (Ed.). **Tecnologia da informação e comunicação e suas relações com a agricultura**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 191-213.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio Brasil: 2016/17 a 2026/27** projeções de longo prazo. 8. ed. Brasília: MAPA, 2017.

MARCELINO, Roderval et al. Internet of Things Applied to Precision Agriculture. **Online Engineering & Internet Of Things**, [s.l.], p.499-509, 13 set. 2017.

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira; LEITE, Maria Angélica de Andrade; MOURA, Maria Fernanda. O papel das TIC na agricultura: Os novos desafios e oportunidades das tecnologias da informação e da comunicação na agricultura (AgroTIC). In: MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira et al (Ed.). **Tecnologia da informação e comunicação e suas relações com a agricultura**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 23-38.

MAT, I.; KASSIM, M. R. M.; HARUN, A. N. **Precision agriculture applications using wireless moisture sensor network**. 2015 IEEE 12th Malaysia International Conference on Communications. **Anais...IEEE**, nov. 2015.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

- MCGRATH, Michael J.; SCANAILL, Clíodhna Ni; NAFUS, Dawn. **Sensor Technologies: Healthcare, Wellness and Environmental Applications**. New York: Apress, 2014.
- MCROBERTS, Michael. **Arduino básico**. São Paulo: Novatec, 2011.
- MEDINA, Eugenia Urra; PAILAQUILÉN, René Mauricio Barría. Systematic Review and its Relationship with Evidence-Based Practice in Health. **Revista Latino-americana de Enfermagem**, [s.l.], v. 18, n. 4, p.824-831, ago. 2010.
- MESTRE, P. et al. **Propagation of IEEE802.15.4 in Vegetation**. Proceedings of the World Congress on Engineering 2011, (WCE 2011). **Anais...**2011.
- MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R. DO; COLAÇO, A. F. **Agricultura de Precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- MONGODB. **What is MongoDB?**. Disponível em: <<https://www.mongodb.com/what-is-mongodb>>. Acesso em: 12 nov. 2017.
- MONK, Simon. **30 projetos com Arduino**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- MONK, Simon. **Programando o Raspberry Pi: primeiros passos com python**. São Paulo: Novatec, 2013.
- MONTEIRO NETO, J. L. L. et al. Produção de mudas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em diferentes ambientes e substratos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias – Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, Recife, v. 11, n. 4, p.289-297, dez. 2016.
- MORGENSTERN, Marcos Sulzbach; BATTISTI, Gerson; MARAN, Vinicius. Processo de desenvolvimento de um nó para uma rede de sensores sem fio no contexto da agricultura de precisão. In: SEMINÁRIO DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA, 5., 2015, Ijuí. **Anais...** . Ijuí: Unijuí, 2015.
- MOURA, Cassiano Rodrigues; SILVA, José Oliveira da; SCALICE, Régis Kovacs. Development of equipment for jerusalem artichoke

processing. **Product Management & Development**, [s.l.], v. 12, n. 1, p.41-48, jun. 2014.

MUNIZ, Edgard Alves. **Avaliação de esterco na produção do açafraão-da-terra (Curcuma Longa L.) no cerrado**. 2011. 46 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de Brasília Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2011.

NASCIMENTO, Warley Marcos; PEREIRA, Ricardo Borges (Ed.). **Produção de mudas de hortaliças**. Brasília: Embrapa, 2016.

NEVES, M. C. P.; COELHO, I. da S.; ALMEIDA, D. L. de. **Araruta**: Resgate de um cultivo tradicional. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 79).  
**Biblioteca(s)**: Embrapa Agrobiologia.

NEUMANN, Édina Regina et al. Produção de mudas de batata doce em ambiente protegido com aplicação de extrato de *Ascophyllum nodosum*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p.490-498, out./dez. 2017.

NITZKE, Julio Alberto. Alimentos funcionais: uma análise histórica e conceitual. In: DÖRR, Andréa Cristina; ROSSATO, Marivane Vestena; ZULIAN, Aline (Org.). **Agronegócio**: panorama, perspectivas e influência do mercado de alimentos certificados. Curitiba: Appris, 2012. p. 11-23.

OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development; FAO, Food and Agriculture Organization. **OECD/FAO The Agricultural Outlook 2015-2024**. Paris: OECD Publishing, 2015.

OLIVEIRA, André Schneider de; ANDRADE, Fernando Souza de. **Sistemas Embarcados**: Hardware e Firmware na Prática. 2. ed. São Paulo: Érica, 2010. 320 p.

OLIVEIRA, Roberto P de; BRAHM, Rafael U; SCIVITTARO, Walkyria B. Produção de mudas de morangueiro em casa-de-vegetação utilizando recipientes suspensos. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 25, n. 1, p.107-109, jan./mar. 2007.

PASCUAL, R. L. et al. **A Wireless Sensor Network using XBee for precision agriculture of sweet potatoes (Ipomoea batatas)**. 8th IEEE

International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM). **Anais...IEEE**, dez. 2015.

PEREIRA, Gilberto Alves. **Sistema experimental de monitoramento e controle para casas de vegetação baseado em redes de controle distribuído lonworks**. 2006. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PEREIRA, Rita de Cássia Alves; MOREIRA, Márcia da Rocha. Cultivo de Curcuma longa L. nas condições edafoclimáticas do Ceará, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 17., 2009, Aracaju. **Anais...** . Sergipe: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009.

PPGTIC. **Linhas de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação**. 2016. Disponível em: <<http://ppgtic.ufsc.br/linhas-de-pesquisa/>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

PURQUERIO, Luis Felipe Villani.; TIVELLI, Sebastião Wilson. **Manejo do ambiente em cultivo protegido**. Manual técnico de orientação: projeto hortalimento. São Paulo: Codeagro, 2006. p. 15-29.

RAHMAN, Md. Khalilur et al. Evaluation of Antidiarrheal Activity of Methanolic Extract of Maranta arundinacea Linn. Leaves. **Advances In Pharmacological Sciences**, [s.l.], p.1-6, jul. 2015.

RANIERI, Guilherme. **Tupinambos Viajantes**: primeira e segunda safra. 2014. Disponível em: <<http://www.matosdecomer.com.br/2014/06/tupinambos-viajantes-primeira-e-segunda.html>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

RANIERI, Guilherme Reis. **Guia prático sobre PANCs**: Plantas alimentícias não convencionais. São Paulo: Instituto Kairós, 2017. 44 p.

REBORA, C. Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.): usos, cultivo y potencialidad en la región de Cuyo. **Horticultura Argentina**, La Consulta, v. 27, n. 63, p.30-37, maio/ago. 2008.

REIFSCHNEIDER, Francisco José Becker et al. **Novos ângulos da história da agricultura no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

RODRIGUES, Antonia Zeneide; COSTA, João Bosco Araújo da. As Tecnologias de Informação e Comunicação na Era da Informação. In: I SEMINÁRIO NACIONAL DE SOCIOLOGIA DA UFS, 1., 2016, Sergipe. **Anais...** . Sergipe: UFS, 2016. v. 1, p. 640 - 657.

RODRIGUES, Evandro; PEDÓ, Ricardo; TEDESCO, Leonel Pablo. Sistemas embarcados e sua aplicação na indústria. In: WORKSHOP EM SISTEMAS E PROCESSOS INDUSTRIAIS, 2., 2013, Santa Cruz do Sul. **Anais...** . Santa Cruz do Sul: Wspi, 2013. p. 1 - 9.

RODRIGUES, Paula. Cooperação prevê avanços tecnológicos no cultivo protegido de hortaliças. Embrapa. **Hortaliças em Revista**, Brasília, v. 4, n. 17, p. 6-9, jul./set. 2015.

ROMANINI, Carlos E. B. et al. Desenvolvimento e simulação de um sistema avançado de controle ambiental em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p.1193-1201, 2010.

ROSSI, Daniele Misturini et al. Triagem preliminar da presença de inulina em plantas alimentícias. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 2, p.247-250, abr./jun. 2011.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, [s.l.], v. 11, n. 1, p.83-89, fev. 2007.

SANTOS, Pietros André Balbino dos. **Micrometeorologia em ambiente protegido para cultivares de soja sob diferentes lâminas de irrigação**. 2017. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

SCOPUS. 2016. Disponível em:

<<https://www.elsevier.com/solutions/scopus>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

SILVA, Ana Paula Jasper da; MACHADO, César; CUNHA, Leila Chaves. Custo de produção de mudas em viveiro: um estudo de caso na Associação de Preservação do Meio Ambiente e da Vida - Apremavi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 22., 2015, Foz do Iguaçu. **Anais...** . Foz do Iguaçu, 2015.

SILVA, Clarence Wilfred de. **Sensors and Actuators: Engineering System Instrumentation**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2016.

SILVA JÚNIOR, A. A. **Tupinambor**: fitoadaptógeno da vitalidade e da longevidade. Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 39-41, 2005.

SILVEIRA, Jorge Raimundo Silva et al. Avaliação de propágulos de araruta 'comum' (Maranta arundinacea L.) para produção de mudas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 9., 2015, Belém. **Anais...** . Belém: Cadernos de Agroecologia, 2015. v. 10.

SOUSA, J.A. de; LÉDO, F.J. da S.; SILVA, M.R. da. **Produção de mudas de hortaliças em recipientes** . Rio Branco: Embrapa-CPAF/AC, 1997. Circular Técnica 19, 19p.

SOUSA, Rafael Vieira de; LOPES, Wellington Carlos; INAMASU, Ricardo Yassushi. Automação de máquinas e implementos agrícolas: eletrônica embarcada, robótica e sistema de gestão de informação. In: MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira et al. **Tecnologia da informação e comunicação e suas relações com a agricultura**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 215-232.

SOUZA, P. H. M. et al. Componentes funcionais nos alimentos. **Boletim da SBCTA**, v. 37, n. 2, p. 127-135, 2003.

SÔNEGO, Arildo Antônio. **A internet das coisas aplicada ao conceito de eficiência energética**. 2017. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2017.

SPINAK, E. **Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciométrica e informétrica**. Montevideo: UNESCO, 1996.

SRBINOVSKA, M. et al. Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks. **Journal of Cleaner Production**, v. 88, p. 297–307, 2015.

SUETH-SANTIAGO, Vitor et al. Curcumina, o pó dourado do açafreão-da-terra: introspecções sobre química e atividades biológicas. **Química Nova**, [s.l.], v. 38, n. 4, p.538-552, mar. 2015.

SZILÁGYI, Róbert. New information and communication technologies in agriculture - factors, drivers and application possibilities. **Journal Of Agricultural Informatics**, [s.l.], v. 3, n. 1, p.10-18, 14 jun. 2012.

TATIANA, P.; JOSÉ, B.-C.; RAUL, M. Tecnologias da eletrônica e da computação na recolha e integração de dados em agricultura de precisão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 291–304, 2015.

TERUEL, B. J. Controle automatizado de casas de vegetação: Variáveis climáticas e fertigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 237–245, 2010.

TORRES, Clayton José. **Arquitetura supervisória aplicável na robótica agrícola móvel**. 2013. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

VIEIRA, Janiele C. Barbosa et al. Desempenho da araruta ‘Viçosa’ consorciada com crotalária. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, Recife, v. 10, n. 4, p.518-524, dez. 2015.

VIEIRA, M. A. M. et al. **Survey on wireless sensor network devices**. IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation. **Anais...IEEE**, 2003.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; SOUZA JÚNIOR, J. R. de C. Carta de Conjuntura. Seção II, **Economia Agrícola**, IPEA, n. 36, p.1-31, jul. 2017. Disponível em

<[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8047/2/cc\\_36\\_economia\\_agr%C3%ADcola.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8047/2/cc_36_economia_agr%C3%ADcola.pdf)> acesso em 05/01/2018.

VIDA, João Batista et al. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 355-372, jul./ago. 2004.

WEB OF SCIENCE, [200-?]. Disponível em:

<[http://wokinfo.com/training\\_support/training/web-of-knowledge/](http://wokinfo.com/training_support/training/web-of-knowledge/)>. Acesso em: 02 nov. 2016.

WENDLING, Ivar. **Propagação vegetativa**. In: SEMANA DO ESTUDANTE UNIVERSITÁRIO, 1., 2003, Colombo. Florestas e Meio Ambiente: palestras. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1 CD-ROM.

XU, J. et al. **Wireless Sensors in Farmland Environmental Monitoring**. 2015 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery. **Anais...**2015.

ZÁRATE, Néstor Antonio Heredia; VIEIRA, Maria do Carmo. Produção da araruta 'Comum' proveniente de três tipos de propágulos. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 29, n. 5, p.995-1000, out. 2005.

## APÊNDICE A – Código Fonte do Protótipo

```

int umidade_solo; //Média da umidade do solo
float temperatura_ambiente; //Média do ambiente
float umidade_ambiente; //Média umidade do ambiente
int luminosidade; //Luz solar

#define PORTA_U1 A0 //Umidade do solo porta analógica A0
#define PORTA_U2 A1 //Umidade solo porta analógica A1
#define PORTA_U3 A2 //Umidade solo porta analógica A2
#define PORTA_U4 A3 //Umidade solo porta analógica A3
#define PORTA_U5 A4 //Umidade solo porta analógica A4

#define RELE_1 4 //Relé na porta digital 4 - Válvula
#define RELE_2 5 //Relé na porta digital 5 - Aquecedor
#define RELE_3 6 //Relé na porta digital 6 - Exaustor
#define RELE_4 7 //Relé na porta digital 7 - Lâmpadas

#define PORTA_D9 9 //Porta digital 9 do sensor de luminosidade LDR

#include <DS1307.h> //Carrega a biblioteca do RTC DS1307
DS1307 rtc(A6, A7); //Módulo RTC DS1307 ligado as portas A14 e
A15 do Arduino

#include "DHT.h"
#define PORTA_U8 A8 //Umidade e temperatura DHT11 - sensor 1
#define PORTA_U9 A9 //Sensor 2
#define PORTA_U10 A10 //Sensor 3
#define PORTA_U11 A11 //Sensor 4
#define PORTA_U12 A12 //Sensor 5

#define DHT_UT DHT11

DHT dht1 (PORTA_U8, DHT_UT);
DHT dht2 (PORTA_U9, DHT_UT);
DHT dht3 (PORTA_U10, DHT_UT);
DHT dht4 (PORTA_U11, DHT_UT);
DHT dht5 (PORTA_U12, DHT_UT);

Time t;

```

```

void setup()
{
  pinMode(RELE_1, OUTPUT); //Pino Digital do Relé 1
  pinMode(RELE_2, OUTPUT); //Pino Digital do Relé 2
  pinMode(RELE_3, OUTPUT); //Pino Digital do Relé 3
  pinMode(RELE_4, OUTPUT); //Pino Digital do Relé 4
  pinMode(PORTA_D9, INPUT); //Sensor de luminosidade LDR

  rtc.halt(false); //Aciona o relógio

  //As linhas abaixo setam a data e hora do modulo e podem ser
  comentadas apos a primeira utilizacao
  //rtc.setDOW(WEDNESDAY); //Define o dia da semana
  //rtc.setTime(10, 03, 0); //Define o horario
  //rtc.setDate(06, 9, 2017); //Define o dia, mes e ano

  //Definicoes do pino SQW/Out
  rtc.setSQWRate(SQW_RATE_1);
  rtc.enableSQW(true);

  Serial.begin(9600);

  //Serial.println("Projeto Agricultura de Precisão");
  //Serial.println();
  dht1.begin();
  dht2.begin();
  dht3.begin();
  dht4.begin();
  dht5.begin();

}
void loop()
{
  t = rtc.getTime(); //Busca as informações do relógio DS1307

  int umidade_solo1 = analogRead(PORTA_U1); //Sensor umidade
  solo 1
  int solo1 = map (umidade_solo1, 0, 1023, 100, 0); //Converte o valor
  de 0 a 1023 para 0 a 100

```

```

int umidade_solo2 = analogRead(PORTA_U2);
int solo2 = map (umidade_solo2, 0, 1023, 100, 0);

int umidade_solo3 = analogRead(PORTA_U3);
int solo3 = map (umidade_solo3, 0, 1023, 100, 0);

int umidade_solo4 = analogRead(PORTA_U4);
int solo4 = map (umidade_solo4, 0, 1023, 100, 0);

int umidade_solo5 = analogRead(PORTA_U5);
int solo5 = map (umidade_solo5, 0, 1023, 100, 0);

umidade_solo = (solo1 + solo2 + solo3 + solo4 + solo5)/5; //Média da
umidade do solo

float h1 = dht1.readHumidity(); // Lê a umidade DHT11 - sensor 1
float t1 = dht1.readTemperature(); //Lê temperatura DHT11 - sensor 1
float h2 = dht2.readHumidity();
float t2 = dht2.readTemperature();
float h3 = dht3.readHumidity();
float t3 = dht3.readTemperature();
float h4 = dht4.readHumidity();
float t4 = dht4.readTemperature();
float h5 = dht5.readHumidity();
float t5 = dht5.readTemperature();
umidade_ambiente = (h1 + h2 + h3 + h4 + h5)/5; //Média 5 valores
temperatura_ambiente = (t1 + t2 + t3 + t4 + t5)/5; //Média 5 valores

int luminosidade = digitalRead(PORTA_D9); //Lê a luminosidade

char Aux[20];
String str;
dtostrf(umidade_solo,4,2,Aux);
str += Aux;
str += ",";
dtostrf(umidade_ambiente,4,2,Aux);
str += Aux;
str += ",";
dtostrf(temperatura_ambiente,4,2,Aux);
str += Aux;

```

```

str += ";";
dtostrf(luminosidade,4,2,Aux);
str += Aux;
str += ";";

```

```

if (umidade_solo <67){ //Se a umidade do solo for menor que x(25),
liga rele e irriga

```

```

digitalWrite(RELE_1,LOW);
str += "1";
str += ";";
}

```

```

else{
digitalWrite(RELE_1,HIGH);
str += "0";
str += ";";

}

```

```

if (temperatura_ambiente <20){ //Se a temperatura ambiente for menor
que x(20C), liga o aquecedor

```

```

digitalWrite(RELE_2,LOW);
str += "1";
str += ";";
}

```

```

else{
digitalWrite(RELE_2,HIGH);
str += "0";
str += ";";
}

```

```

if (temperatura_ambiente > 30 or (t.hour >=11 && t.hour <12 &&
temperatura_ambiente >22) or (t.hour >=14 && t.hour <15 &&
temperatura_ambiente >22)

```

```

or (t.hour >=17 && t.hour <18 && temperatura_ambiente >22)){ //Se
a umidade do ambiente for maior que x(65%), liga o exaustor

```

```

digitalWrite(RELE_3,LOW);
str += "1";
str += ";";
}

```

```
else{
    digitalWrite(RELE_3,HIGH);
    str += "0";
    str += ",";
}

if (luminosidade ==1 && t.hour >=7 && t.hour <18){ //Se a
luminosidade baixa (1) e hora está entre 7hs e 18hs, liga as lâmpadas
    digitalWrite(RELE_4,LOW);
    str += "1";
    str += ",";
}

else{
    digitalWrite(RELE_4,HIGH);
    str += "0";
    str += ",";
}
Serial.println(str);
delay(120000);
}
```



### APÊNDICE B – Quadros dos valores de medidas das plantas

Ambiente	Cultura	Altura (cm)	Quant. Folhas	Compr. F. (cm)	Larg. F. (cm)
Controlado	Tupinambor	8,5	10	7	2,5
		1	6	4	2
		1	6	5	2
		9	10	6	2
		10	12	8	2,5
		13	13	11	7
		12	11	7	3
		8	7	5	2
		4	11	5	2,2
		10	10	6	2
		11	10	6	2
		5	10	8	3
		12	10	6	2
		6	11	6	2
		11	9	4,5	1,5
		5	12	5	2
		8	10	6	2
		8	10	6	1,5
		10	7	6	2
		11	12	5	2
		12	8	7	2,5
		4	7	4	1
		2	9	5	2
		5	6	8	2
		1	6	5	2
		2	10	6	2
		10	10	7	2,6
		11	13	6,5	2,5
		2	9	6,5	2,5
		2	8	5,5	2,5
		4	10	7	2,6
		3	10	7	3
		1	7	6,5	2,6
		11,5	9	6	2,4
		10	13	6,5	2
		15	14	7	2
		5	10	5,5	2,3

		9	10	6	2
		13,7	14	6,5	2,4
		4	5	6,6	2
		13,5	9	7,3	2,4
		13	10	6,9	2,6
		14,5	10	7	2,8
		10	8	6,5	2,5
		13,5	9	7,6	3
		16,5	12	7,3	2,8
		17	10	7,9	3,2
		12	10	7	2,5
		17	10	8,5	3,3
		16,5	10	9,2	3,5
		2	8	6,5	2,2
		15,5	10	7,9	2,8
		12,5	12	7	2,7
		9,5	6	6,7	2,2
		15	11	7	2,4
		21	12	8,3	3
		17,5	11	7,3	2,5
		6	10	7	2,4
		10,5	11	7,6	2,7
		15	12	6,5	2,6
		18	12	7,6	3,1
		18	8	6,8	2,7
		16	10	8	3,1
		3	4	7,2	2,9
		2	9	7,7	2,9
		9	9	6,5	2
		1	5	4,6	1,2
		11,5	8	6,4	2,5
		15	11	8	3
		14	11	7	2,5
		12,5	12	7	2,8
		2	8	5,9	2,2
		9,5	8	6	2
		2,5	8	6,4	2,3
		16	12	6,8	2,5
		9,5	8	7	2,2
		9	10	6	2
		15	12	5,7	2,6

		15	9	5,8	2,2
		11	10	7	2,1
		3,5	11	5,8	2
		9	18	5,3	2
		4,5	6	7	2,5
		4,5	5	4,6	1,7
		14	10	7,6	2,2
		13,5	10	6,8	2,3
		12,5	8	7	3,5
		7,3	10	7	1,9
		9	11	6,7	2,1
		2,5	6	5,2	2
		4,5	12	7,5	2,5
		8	10	6,7	2
		11	14	6,5	2
		11,5	10	6,6	1,7
		13	14	8,4	2,9
		12,3	10	6	2
		15,3	12	8,5	2,8
		14,9	12	7	2,7
		9,5	11	7,2	2,8
		7	10	6	2,1
		1	8	3,5	1,5
		2	12	7,5	2,9
		7	11	7	2,5
		8,5	15	6	2,3
		5,5	13	4,5	1,4
		6	7	4,8	1,5
		9,3	11	7,2	2,8
		10	10	7	2,5
		5,5	8	8	2,5
		5,5	7	7	2,5
		3	4	6,2	2,5
		2	9	7,7	2,9
		8,5	12	6	2,4
		7,5	11	6,5	2,3
		3,5	9	6	1,7
		1	6	2	1
		1	6	3,1	1
		12,5	15	7,4	2,1
		1	8	6	2,4

		4,5	10	6,2	2
		1,5	6	4,2	1,5
		2,5	13	8	2,6
		4	15	5,3	2,3
		10	8	5,7	2,2
		12	13	8	2,6
		6,3	7	4,8	1,5
		12,5	15	6	2,1
		9	15	5,9	2,2
		11,2	12	7,1	2,3
		9,5	13	6,6	2,1
		9,2	12	6,5	3
		6	11	6,6	2,1
		12	12	5	1,5
		11	11	7,2	2,5
		12,5	11	7	3
		5,5	8	8	2,5
		15	11	7	2,3
		10,6	10	6,6	2,1
		5,5	10	6	2,1
		8,5	13	6,8	2,2
		13,2	9	7	2,6
		11	11	7	2,3
		13	8	8	2,8
		7	10	6	2,2
		8	10	7	2,5
		1	6	4	1,7
		16	10	7	2,8
		15	10	8	3
		15	12	7,6	2,2
		11,5	12	7,5	2,5
		9	10	5,5	1,9
		12	15	6	2,2
		5,5	6	5	1
		11	11	5	1,5
		10	10	5	1
		1	7	5	2,1
		1	6	6	1,8
		15	10	6	1,8
		16,5	8	7,5	2,5
		11,5	11	6,8	1,7

		2,5	6	6,8	2,2
		6	11	6	2
		11	11	6,5	2,2
		5	6	6,2	2
		11,5	10	7,5	2,5
		9	10	7,8	2,9
		8	10	7,5	2,8
		10,6	12	8	3,5
		1	5	2,8	1,7
		5	9	6,1	2,2
		10	12	7,2	2,5

<b>Ambiente</b>	<b>Cultura</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Quant. Folhas</b>	<b>Compr. F. (cm)</b>	<b>Larg. F. (cm)</b>
Controlado	Araruta	3	3	7	3,2
		4	1	7	2
		3,5	2	8	2,5
		4	2	8,5	3,5
		4	3	11,5	5
		3,5	3	9	3,4
		4	3	9,5	3,7
		2	4	3	1,5
		5	4	11	3,7
		5	3	11	3,6
		2	1	3	1,5
		4,5	3	8,5	3
		5,5	4	11	4,5
		6	4	11	4,4
		5,5	3	12,4	4,8
		6,5	3	12	4
		6	3	11	4,2
		6	3	12,5	4,5
		6	2	11,5	3
		4,5	3	11	4
		7	4	12,5	5
		5	3	8	3
		6	3	11	5
		6,5	4	12,4	4,9
		8	3	12,5	5,2
		5	3	12	4,4
		6	4	11	4

		4	3	9,5	4
		7	2	12,5	4,7
		5	3	9	3,8
		7	3	11,5	4,7
		7	3	10	4
		5	2	9,5	3
		5	4	10	3,8
		5	4	11	4,8
		6	4	12,5	4,5
		5	4	10	4,5
		5	3	10	3,5
		3	3	9	3
		4	3	10	3,5
		6	3	11	4
		3,5	3	9	3
		6	2	8,8	3,5
		7	3	13	4,7
		7	3	12	4,2
		6	3	11	4,5
		8	4	13	5,5
		7	4	10	5
		6	2	12	5
		7	4	12	5
		3	3	9	3
		7,2	3	10,5	5
		3,2	3	9,5	3,2
		4,4	3	10	3,5
		6	3	11	4
		5,9	3	10	3,9
		2,5	2	7,5	2,8
		6,5	4	13	5
		5,5	4	11	4,7
		5	4	12	4,3
		4,5	3	12	4,2
		6	3	11	4,3
		6	4	12	4,7
		7	4	13,5	5,6
		6,5	3	10	4,2
		5,5	2	10	3,5
		7,5	2	11	4,5
		7	3	11,5	4,8

		7,5	3	12,5	5
		3,5	1	5,5	3,5
		7	4	11,5	4,8
		5	4	12	4,8
		6	3	10,5	4,2
		6,5	4	13	5,3
		10	2	14	5,2
		7	2	12	4,3
		6	3	11,5	5
		8	3	14	5,2
		7	3	13	5
		3,5	2	7,5	3,5
		3	1	5,5	2,7
		10,5	3	13	5
		11	3	14	6
		6	3	11	4,1
		10	3	16	4,9
		6	3	13	5,5
		6	3	13	5
		7	3	11	4,7
		6,5	2	11,6	3,9
		8	3	12,6	5
		8	3	13,5	5,3
		10	3	14	5,3
		6,5	2	10	4
		6	3	11	4,2
		6,5	2	9,5	3,7
		3	2	10	4,2
		5	2	10,5	3,2
		5	3	8	3
		4,5	3	9	3,3
		2,5	2	7,5	2,9
		3,5	3	7,2	3,1
		3,5	4	8,3	3,7
		3,5	4	8,6	3,4
		5,5	3	10,2	3,5
		3	3	8,2	3,7
		2	2	7,6	2,6
		3,5	3	8,5	2,9
		3,5	3	8	3,6
		2	3	7,5	3

		7	3	10,6	4,2
		9,5	4	12,6	4,5
		8,5	3	11,7	5,1
		6,5	3	10,2	4,5
		9	3	14,6	6,2
		7,5	2	7,7	3,2
		7	3	11,5	4,7
		5	3	10,4	4,7
		5	3	9	4
		6	2	12	4,5
		6,5	3	12,3	3,9
		8,5	3	12,4	4,4
		10	3	13,9	5
		9	3	13,5	4,3
		10	4	14,2	5,5
		8	2	10,3	4
		7	3	10,2	3,8
		6,5	3	10,1	4,6
		7	3	13,5	4,7
		9	3	12,2	4,4
		7,5	3	9	3,8
		7	3	12,5	4,2
		7,5	3	10,5	4
		3,5	3	9,6	3,2
		3	2	7,5	2,3
		3	3	8,3	3,2
		4	3	10,4	3,8
		2,5	2	9	3,1
		4	2	10,6	4,4
		4	3	9,6	3,5
		5,5	2	11,2	3
		3	3	8,8	2,9
		3	4	8,7	3,2
		5	3	10,3	3,7
		4	3	8	2,6
		2,5	2	6	2,4
		2,5	2	7,6	3
		4	3	9,5	3,5
		4,5	3	10	4
		4	3	9,5	3,5
		3,5	2	7	2,2

		5,5	3	11	3,5
		4	3	9,6	3,9
		3	3	7,2	3
		4,5	3	10	3,1
		4,5	3	8,5	2,9
		4,5	3	10	4,3
		3	3	10	3,3
		4	3	9,5	3,3
		4,5	3	8,6	3,1
		5,5	3	11	3,5
		4	3	9,7	3,6
		2	3	7	2,3
		3	3	8,4	3,5
		1	3	5,2	2,7
		6,5	4	10,2	3,9
		3	3	7,5	2,9
		4,5	2	9,3	3,5
		3,5	3	8,5	3,6
		5,5	3	8,6	3,7
		4	2	6,5	3,5
		6	3	11,5	4,3
		10	3	11,5	5,9
		6	4	12,7	4,8
		4	3	10	3,5
		4	3	8,8	3,6
		9,5	3	15	5,2
		6	4	10,2	3,5
		5	3	11,9	4
		6,5	3	10	3,3
		6	4	11,1	4,3
		6	4	12,6	4,9
		7	3	16,6	4,3
		7,5	3	12,4	4,3
		7	3	12,6	4,8
		6	2	12,5	4,2
		5	3	10,5	4,2
		8	3	12,5	5
		5,5	3	11,5	4,2
		7	4	10,5	4
		5	4	11	4,5
		6	4	10,4	4,1

		7,6	3	13,9	5,3
		7,5	2	13,7	4,6
		7	2	12,2	4,5
		8	3	12,6	4,6
		9,5	3	17	6
		9	3	12,6	4,8
		6	3	10,6	3,2
		6	3	12	4,2
		7	3	12,5	4,5
		5,5	3	11,5	4,4
		7	4	11,8	5,2
		7,7	3	11,4	3,2
		9	4	13,8	5
		7	3	12,7	4,4
		7	4	11,9	3,8
		6	2	10,8	4,5
		6	3	12,6	4,3
		6,5	3	11,2	5,1
		9,5	4	13,1	5,5
		8,5	4	12	4,6
		9	3	12	4,6
		8	3	11	4,8
		10	3	14,3	5,5
		9,5	3	13	6,1
		8,5	3	13,2	5,4
		6	3	10,3	3,6
		10	4	15,1	5,5
		7,5	3	14	4,5
		11,5	3	15,6	6,1
		12	3	16	6,4
		10	3	13,5	5,3
		10,5	3	14,5	5,2
		11,5	3	14,6	6,1
		13	3	16,6	6,4
		10,5	3	13,6	5,6
		9	3	13,7	5,4
		9,5	4	14	5,2
		8,5	3	14,2	5,3
		5,5	3	12,5	5,5
		10	4	13,9	5,2
		8	3	11,5	5

		9	3	13	4,9
		8,5	3	14	4,9
		11	3	14,5	5,8
		9,5	4	12,5	4,6
		10,5	4	14	6
		9	3	13,2	5,3
		6	2	10,8	4,5
		11	3	16,2	6
		8,5	3	13	5
		6	3	12	4,3
		6	3	11	4,3
		9	3	13	5,7
		6,5	3	12	5
		7	3	13,6	4,9
		5	2	10,1	4,5
		7	3	12	3,8
		6	2	10,5	4
		7	3	12,3	4,9
		7	2	10,5	3,8
		7	3	12	4,5
		2	2	7,2	2,5
		6,5	4	11,5	5
		7	4	12,5	5,3
		5	3	11	4,1
		7	4	12	4,6
		6	4	12,2	4,9
		7	4	12,2	4,4
		8	3	13,4	6,5
		5	2	9,2	4,5
		9,5	4	13,2	5,4
		5,5	4	12,5	5,2
		6,5	4	12,2	4,9
		6,5	4	11	4,1
		7,5	3	12,2	5,7
		7,5	4	12,5	5,3
		5	4	12	5

<b>Ambiente</b>	<b>Cultura</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Quant. Folhas</b>	<b>Compr. F. (cm)</b>	<b>Larg. F. (cm)</b>
S/Controle	Tupinambor	1	5	4	1,2
		1	6	5,4	2,5

<b>Ambiente</b>	<b>Cultura</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Quant. Folhas</b>	<b>Compr. F. (cm)</b>	<b>Larg. F. (cm)</b>
S/Controle	Araruta	9,5	3	12,3	6,2
		5	4	11	4,2
		5,5	2	13	4,9
		5	2	11,6	4
		5,5	3	11	4,3
		5,6	3	11,3	4,2
		6,5	3	13,3	4,6
		9	3	13,6	6,8
		3,5	2	10	4,1
		5,5	3	8	3,2
		7	3	14,5	5,6
		6,5	3	11,6	5
		1	2	3,7	1,2
		6,5	3	11	4,1
		8	3	13,2	6
		7,5	3	12,5	5,2
		5,5	3	11	4,2
		7	3	13,1	4,9
		6,5	2	10,6	4,6
		6	2	12	4,5
		9	2	14	5,5
		7	3	11,5	4,7
		8	3	11	4,4
		5	3	12,5	4
		5,5	3	11,2	5
		4,5	2	11	4,1

<b>Ambiente</b>	<b>Cultura</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Quant. Folhas</b>	<b>Compr. F. (cm)</b>	<b>Larg. F. (cm)</b>
Externo	Tupinambor	2	8	9	3,6

<b>Ambiente</b>	<b>Cultura</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Quant. Folhas</b>	<b>Compr. F. (cm)</b>	<b>Larg. F. (cm)</b>
Externo	Araruta	3	0	0	0