

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
APLICADA E SUSTENTABILIDADE

APRIMORAMENTO TECNOLÓGICO NO TESTE DE  
EMERGÊNCIA DE SEMENTES DE SOJA EM LEITO DE AREIA

Autor: Ederson Afonso Daniel  
Orientador: Prof. Dr. Geraldo Andrade de Oliveira

RIO VERDE - GO  
Junho - 2020

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
APLICADA E SUSTENTABILIDADE

APRIMORAMENTO TECNOLÓGICO NO TESTE DE  
EMERGÊNCIA DE SEMENTES DE SOJA EM LEITO DE AREIA

Autor: Ederson Afonso Daniel

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Andrade de Oliveira

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de Concentração Engenharia Aplicada e Sustentabilidade.

RIO VERDE - GO  
Junho – 2020

## FICHA CATALOGRÁFICA

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

Aa Afonso Daniel, Ederson  
APRIMORAMENTO TECNOLÓGICO NO TESTE DE EMERGÊNCIA  
DE SEMENTES DE SOJA EM LEITO DE AREIA / Ederson  
Afonso Daniel; orientador Geraldo Andrade de  
Oliveira; co-orientador Jacson Zuchi . -- Rio  
Verde, 2020.  
139 p.

Dissertação ( em PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA APLICADA E SUSTENTABILIDADE) -- Instituto  
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

1. Emergência em areia. 2. Tecnologias. 3.  
Condições ambientais. 4. Automação . 5. Controle  
temperatura da areia. I. Andrade de Oliveira,  
Geraldo, orient. II. Zuchi , Jacson , co-orient.  
III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA APLICADA E  
SUSTENTABILIDADE**

**APRIMORAMENTO TECNOLÓGICO NO TESTE DE EMERGÊNCIA DE  
SEMENTES DE SOJA EM LEITO DE AREIA**

Autor: Ederson Afonso Daniel  
Orientador: Prof. Dr. Geraldo Andrade de Oliveira

*TITULAÇÃO:* Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade - Área de  
Concentração Engenharia Aplicada e Sustentabilidade.

APROVADO em 30 Junho de de 2020.



Prof. Dr. Geraldo Andrade de Oliveira  
*Presidente da Banca*  
IFG - Campus Valparaíso



Prof. Dr. Jacson Zuchi  
*Avaliador Externo*  
IF Goiano – Campus Rio Verde



Prof. Dr. Márcio Silva Vilela

*Avaliador Interno*

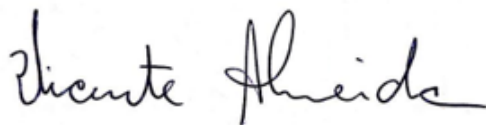
IF Goiano – Campus Rio Verde



Prof. Dr. Fernando Menezes Campello  
Souza

*Avaliador Externo*

UFPE – Campus Recife



Prof. Dr. Vicente Pereira de Almeida

*Avaliador Externo*

IF Goiano – Campus Rio Verde



Luiz Eduardo Bueno Borges

*Autoridade Convidada*

Grupo TEC AGRO

## DEDICATÓRIA

*À minha esposa e filho, Ana Clara Cabral  
Furquim Daniel e Felipe, pelo carinho e amor.*

*Ao meu colega de trabalho e amigo, Luiz  
Eduardo Bueno Borges, por todo apoio e  
paciência.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela concepção da minha existência e, por me fortalecer com sabedoria, coragem e persistência me direcionando no caminho correto para vencer as dificuldades desta jornada.

A minha esposa e filho, Ana Clara Cabral Furquim Daniel e Felipe Furquim, que com amor e sabedoria me ajudaram a superar as dificuldades dessa jornada. Agradeço, por nunca me deixarem desistir dos meus sonhos.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, Ana Eloísa, Caroline e Aline que sempre me deram apoio e estímulo, em especial, ao Luiz Eduardo Bueno Borges, mentor e real incentivador dos meus estudos de pós-graduação, que nunca mensurou esforços para me impulsionar a seguir em frente e me ajudar.

Ao Grupo TEC AGRO, que forneceu auxílio financeiro e propiciou o desenvolvimento deste trabalho. Ao Campus Rio Verde do Instituto Federal Goiano, pela qualidade de ensino proporcionado a todos os discentes.

Aos colegas do mestrado, Nivalda, Larissa, Lucas e Jonathan, pelo companheirismo e amizade que se construiu durante esse período.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, do Instituto Federal Goiano, por todo conhecimento compartilhado, em especial ao meu orientador Prof. Dr. Geraldo Andrade de Oliveira e ao coorientador Prof. Dr. Jacson Zuchi, que com serenidade e perspicácia direcionaram todos os meus passos como pesquisador e me fizeram acreditar no meu trabalho.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Ederson Afonso Daniel, filho de José Sady Daniel e Iracema Afonso Daniel, nascido em 22 de agosto de 1982 na cidade de Nova Cantu, Paraná. Concluiu o ensino médio no Colégio Integrado, localizado em Campo Mourão – PR no ano de 1999. Concluiu a graduação em Engenharia de Produção Agroindustrial pela Universidade Estadual do Paraná, no ano de 2004 e no ano 2010 conclui a MBA em Gestão Empresarial Estratégica em Agribusiness pela FGV – Fundação Getúlio Vargas. No ano de 2018 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada em Sustentabilidade, com área de concentração em “Engenharia Aplicada e Sustentabilidade” e linha de pesquisa em “Eficiência Energética e Sustentabilidade”.



## RESUMO

DANIEL, EDERSON AFONOSO. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, junho de 2020. **Aprimoramento Tecnológico no Teste de Emergência de Sementes de Soja em Leito de Areia.** Orientador: Dr. Geraldo Andrade de Oliveira. Coorientador: Pós Dr. Jacson Zuchi.

O agronegócio exerce importante papel na economia brasileira com expressiva representatividade na composição do PIB. Inserido neste contexto, tendo a cadeia produtiva da soja que contribuí significativamente para formação deste PIB. Dada a importância desta cadeia, o mercado tem buscado continuamente novas tecnologias, a fim de otimizar os processos produtivos e como resultado, obter maior produtividade e qualidade das sementes produzidas, com isso, aumentando sua rentabilidade. A qualidade das sementes é um aspecto de extrema relevância, sendo notável a adoção de tecnologias e biotecnologia como forma de assegurar a produção de sementes de alta qualidade. As empresas que apresentam bons programas de produção de sementes têm condições de oferecer o produto na expedição com germinação acima de 90% e vigor não inferior a 80%. Como forma de avaliar esses parâmetros, aplica-se o teste de germinação em rolo de papel em laboratório com as condições ambientais totalmente controladas e, de forma complementar, o teste de emergência de sementes de soja em leito de areia sem controle das condições ambientais. A responsabilidade pela aplicação dos testes cabe ao departamento de Controle da Qualidade de Sementes, que devem realizá-los durante o processo de produção, garantindo a qualidade das sementes, bem como, prover informações que auxiliem na tomada decisões das indústrias de beneficiamento de sementes e para o produtor uma segurança no momento que antecede o plantio, portanto é importante que o tempo de resposta seja o menor possível. Diante do exposto, o presente trabalho tem como finalidade, desenvolver e avaliar a eficácia da implementação de instrumentos tecnológicos na casa de vegetação de um laboratório de análise de sementes e, avaliar o impacto na redução do tempo de resposta do teste de emergência de semente de soja em leito de areia. A metodologia desenvolvida foi segmentada em 6 fases, sendo elas: planejamento, projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação para produção e validação. Obteve-se como resultado, um dispositivo viável tanto pelos aspectos técnicos, quanto econômicos e, que proporcionou a redução de 50% no teste de emergência de semente de soja em areia, fazendo com que este estudo seja uma importante referência para a implantação dessa tecnologia em estudos futuros.

Palavras-chave: Teste de emergência. Tecnologias. Semente de soja. Controle das condições ambientais.

## ABSTRACT

DANIEL, EDERSON AFONSO. Goiano Federal Institute – Rio Verde Campus– GO, June of 2020. **Technological Improvement in the Soybean Seed Emergency Test in Sand Bed.** Advisor: DSc. Geraldo Andrade de Oliveira. Co-advisor: DSc. Jacson Zuchi.

Agribusiness plays an important role in the Brazilian economy with a significant representation in the GNP composition. Inserted in this context, there is the soy production chain that contributed significantly to this GNP formation. Given the importance of this chain, the market has been continuously seeking for new technologies in order to optimize the production processes and, as a result, obtain greater productivity and quality of the seeds produced, thereby increasing its profitability. Seed quality is an extremely important aspect, with the adoption of technologies and biotechnology as a way of ensuring a high-quality seeds production. Companies with good seed production programs are able to offer the product on dispatch with germination above 90% and vigor not less than 80%. As a way of evaluating these parameters, the germination test on a paper roll in the laboratory with fully controlled environmental conditions is applied and, in a complementary way, the emergency test of soybean seeds in sand bed without environmental conditions control. The responsibility by tests application rests with the Seed Quality Control department, which must perform them during the production process, guaranteeing the seed quality, as well as providing information to assist in the seed industries process decision as well for the producer, a security before the planting, so it is important that the response time is as short as possible. In view of the above, the present work aims to develop and evaluate the effectiveness of implementing technological instruments in a seed analysis laboratory greenhouse and to evaluate the impact of reducing the soybean seed emergency test response in sand bed. The methodology developed was divided into 6 phases, namely: planning, informational design, conceptual design, detailed design, preparation for production and validation. As a result, a viable device was obtained both for technical and economic aspects and, which provided a 50% reduction in the soybean seed emergency test in sand bed turning this study an important reference for this technology implementation in future studies.

Keywords: Emergency test. Technologies. Soybean seed. Environmental conditions control

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Faixa ideal de temperatura.....	28
TABELA 2 – Principais problemas levantados.....	62
TABELA 3 – Requisitos da empresa quanto ao conceito proposto .....	63
TABELA 4 – Value-focused brainstorming.....	63
TABELA 5 – Investimento do projeto .....	64
TABELA 6 – Valores de máxima, média e mínimo da aquisição de dados para calibração do sensor de umidade da areia realizado no LASP de Semente Goiás .....	71
TABELA 7 – Dados da estatística descritiva .....	78
TABELA 8 – Matriz de correlação dos dados entre ambientes .....	78
TABELA 9 - Teste Mann-Whitney .....	79

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Estrutura da cadeia agroindustrial .....	21
FIGURA 2 – Elos da cadeia produtiva da soja.....	22
FIGURA 3 - Uso e destino da soja brasileira .....	22
FIGURA 4 - Analogia da semente de soja com “chip” .....	25
FIGURA 5 - Atuação do laboratório de análise de sementes nas fases de produção e comercialização de semente de soja .....	26
FIGURA 6 - Sete dias após a semeadura a plântula atingiu o estágio V1 .....	30
FIGURA 7 - Termômetro a mercúrio.....	32
FIGURA 8 - Termopar com junções quentes e frias .....	33
FIGURA 9 - Milivolts por tipos de termopares x temperaturas .....	33
FIGURA 10 - Sensor capacitivo.....	34
FIGURA 11 – Fotodiodo.....	35
FIGURA 12 - Sistema de controle em malha fechada .....	35
FIGURA 13- Ilustração de aquecimento de tanque de água por dissipação de calor .....	36
FIGURA 14 – (A) Ilustra o controle On/Off ; (B) chaveamento liga/desliga produz potência oscilante.....	36
FIGURA 15 – Controle PID .....	37
FIGURA 16 - Comunicação entre circuitos integrados: (A) SPI e (B) I2C .....	38
FIGURA 17 - Aquisição e armazenamento de dados.....	39
FIGURA 18 – Local onde foi desenvolvida a pesquisa .....	51
FIGURA 19 – Fluxo do processo de desenvolvimento do dispositivo .....	52
FIGURA 20 – Configuração, escopo contraído .....	54
FIGURA 21 – Configuração: escopo expandido.....	55
FIGURA 22 – Procedimento de utilização.....	56
FIGURA 23 – (A) Demonstra o Tabuleiro de ferro; (B) Preparo do canteiro para semeadura com tabuleiro de ferro.....	58
FIGURA 24 – Semeadura das sementes em leito de areia .....	58
FIGURA 25 – Processo de preparação para semeadura em papel toalha .....	59
FIGURA 26 – (A) Acondicionamento sala germinação; (B) Sementes em papel toalha .....	60
FIGURA 27 – (A) Demonstra o processo de classificação de plântulas e preparo para secagem; (B) Preparo das plântulas.....	60
FIGURA 28 – (A) demonstra o equipamento utilizado; (B) Pesagem das amostras após processo de secagem na estufa .....	61
FIGURA 29 – Método desenvolvido.....	66

FIGURA 30 - (A) Demonstra sistema de irrigação e iluminação; (B) Posição do sensor de umidade e iluminação; (C) Módulo Arduino para coleta e armazenamento de dados.....	67
FIGURA 31 – Instalação do cabo de calefação.....	68
FIGURA 32 – Temporizador para controle de iluminação .....	68
FIGURA 33 – Unidade para de controle de temperatura, circuito elétrico .....	69
FIGURA 34 – Diagrama de blocos do fluxo de comunicação entre Arduino e os nanoshield	70
FIGURA 35 – Monitoramento da temperatura do substrato de areia durante 10 dias .....	72
FIGURA 36 – Monitoramento e controle da umidade do substrato de areia .....	73
FIGURA 37 – Imagens do volume radicular 6 dias após a semeadura, (A) representa canteiro aberto; (B) representa canteiro estufa aprimorado e (B) canteiro estufa sem controle .....	74
FIGURA 38 – Apresenta o gráfico da soma da matéria seca total acumulada da amostra de plântulas, 10 dias após a semeadura .....	75
FIGURA 39 – Percentual de plântula fortes (A), fraca (B) e não emergidas (C) de semente Glycine max, submetidas a diferentes condições de emergência após 6 dias de semeadura, da cultivar 8579 .....	76
FIGURA 40 - Percentual de plântula fortes (A), fraca (B) e não emergidas (C) de semente Glycine max, submetidas a diferentes condições de emergência após 6 dias de semeadura, da cultivar 74i77 .....	77
FIGURA 41 – Comparação da distribuição da média de plântulas forte em relação ao ambiente estufa aprimorado (A), comparação da média de plântulas fraca em relação ao ambiente (B), comparação da média de plântulas não emergidas em relação ao ambiente. ....	79

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

<b>ABRATES</b>	- Associação Brasileira de Tecnologia de Semente;
<b>CEPEA</b>	- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada;
<b>CNA</b>	- Confederação Nacional da Agricultura;
<b>CONAB</b>	- Companhia Nacional de Abastecimento;
<b>CPA</b>	- Cadeia de Produção Agroindustrial;
<b>CSA</b>	- <i>Commodity System Approach</i> ;
<b>EMBRAPA</b>	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;
<b>I2C</b>	- <i>Inter Integrated Circuit</i> ;
<b>IA</b>	- Inteligência Artificial;
<b>LASP</b>	- Laboratórios de Análise de Semente
<b>OMC</b>	- Organização Mundial do Comércio
<b>PIB</b>	- Produto Interno Bruto
<b>SNPC</b>	- Serviço Nacional de Proteção de cultivares
<b>SPI</b>	- <i>Serial Peripheral Interface</i> ;
<b>PID</b>	- Proporcional Integral Derivativa;
<b>PDP</b>	- Processo de Desenvolvimento de Produto;
<b>CI</b>	- Comunicação entre circuitos integrados;
<b>RAS</b>	- Regras de Análise de Sementes;

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	5
AGRADECIMENTOS .....	6
BIOGRAFIA DO AUTOR.....	7
RESUMO .....	8
ABSTRACT .....	9
LISTA DE TABELAS .....	10
LISTA DE FIGURAS .....	11
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES .....	13
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	17
1. INTRODUÇÃO.....	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1. EVOLUÇÃO DA AGROINDÚSTRIA NO BRASIL .....	20
2.1.1. Cadeia produtiva da soja e importância econômica .....	21
2.1.2. Soja: grão e semente .....	24
2.1.3. Controle de qualidade da semente de soja.....	24
2.2. INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NO CULTIVO .....	27
2.2.1. Influência da temperatura .....	27
2.2.2. Influência da umidade do solo.....	28
2.2.3. Influência da luz solar.....	29
2.3. TECNOLOGIAS APLICADAS EM CASA DE VEGETAÇÃO .....	31
2.3.1. Sensores .....	31
2.3.1.1. Sensor termopar .....	32
2.3.1.2. Sensor de umidade do solo por capacitância .....	33
2.3.1.3. Sensor de luminosidade .....	34
2.3.2. Sistemas de controle .....	35
2.3.3. Unidades de controle, aquisição e armazenamento de dados.....	37
2.4. REFERÊNCIAS .....	40
3. LINHA DE PESQUISA E ENQUADRAMENTO NOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA CAPES .....	44
4. OBJETIVOS.....	46

4.1.	GERAL.....	46
4.1.1.	Específicos.....	46
5.	CAPÍTULO I.....	47
5.1.	INTRODUÇÃO.....	49
5.2.	MÉTODO.....	50
5.2.1.	Caracterização da área de estudo.....	50
5.2.2.	Método proposto.....	51
5.2.2.1.	Planejamento.....	52
5.2.2.2.	Projeto informacional.....	52
5.2.2.3.	Projeto conceitual.....	53
5.2.2.4.	Projeto detalhado.....	55
5.2.2.5.	Preparação para produção.....	56
5.2.3.	Metodologia para validação do dispositivo.....	56
5.2.3.1.	Teste emergência de sementes de soja em substrato de areia.....	57
5.2.3.2.	Teste de germinação de semente de soja em laboratório.....	59
5.2.3.3.	Matéria seca.....	60
5.2.3.4.	Procedimento estatístico.....	61
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	61
6.1.	ENTREVISTA E OBSERVAÇÕES DIRETAS: TESTE DE EMERGÊNCIA DE SEMENTES.....	62
6.2.	REQUISITOS DA EMPRESA SOBRE O CONCEITO PROPOSTO.....	62
6.3.	REQUISITOS DO DISPOSITIVO.....	63
6.4.	INVESTIMENTO DO PROJETO.....	64
6.5.	DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO PROPOSTO.....	65
6.6.	TERMOSTATO DIGITAL.....	69
6.7.	MÓDULO ARDUINO.....	69
6.8.	CONTROLE DE TEMPERATURA.....	72
6.9.	CONTROLE DE UMIDADE.....	73
6.10.	CONTROLE DE ILUMINAÇÃO.....	73
6.11.	MATÉRIA SECA.....	74
6.12.	VALIDAÇÃO ESTATÍSTICA.....	75
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
7.1.	SÍNTESE DOS RESULTADOS.....	81
7.2.	LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	83



7.3. PROPOSIÇÃO PARA ESTUDOS FUTUROS .....	83
7.4. INFORME DE SUBMISSÃO DO ARTIGO .....	84
8. REFERÊNCIAS .....	85
APÊNDICES .....	86
APÊNDICE A – Procedimento para execução do teste de Germinação de sementes de soja, conforme com (BRASIL, 2009) .....	87
APÊNDICE B – Procedimento para execução do teste de tetrazólio, conforme (BRASIL, 2009).....	97
ANEXOS .....	103

## **ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

Os capítulos deste trabalho estão organizados de modo a contextualizar a importância da aplicação de recursos tecnológicos, como forma de aprimorar o teste de emergência de semente de soja em areia, utilizado pelo controle de qualidade em uma indústria de sementes.

O capítulo 1 refere à introdução sobre a pesquisa, expondo os desafios da produção de sementes de alta qualidade, a complexidade do controle da qualidade da semente, e a importância da aplicação de recursos tecnológicos para otimizar o teste de emergência em areia.

O capítulo 2 apresenta o desenvolvimento da pesquisa, com a fundamentação teórica sobre o a evolução do agronegócio, o cenário agroindustrial brasileiro, com ênfase em soja. Aborda sua importância, os aspectos na cadeia produtiva, diferença entre grão e semente, bem como a importância do controle de qualidade da semente e os testes aplicados e, por fim, expõe sobre as tecnologias aplicadas em casa de vegetação.

O capítulo 3 descreve de maneira sucinta e objetiva como projeto se enquadra na linha de pesquisa e quais são os benefícios que o trabalho deixará para o PPGEAS e para a sociedade.

O capítulo 4 lista o objetivo geral e os objetivos específicos que foram determinados, visando o direcionamento e desenvolvimento da pesquisa.

O capítulo 5, apresenta a metodologia empregada na pesquisa e seus procedimentos realizados para a obtenção de dados, a fim de alcançar os objetivos específicos.

O capítulo 6, descreve os resultados e as discussões sobre a pesquisa, bem como as limitações do trabalho e as proposições de estudos futuros.

Os anexos constam informações adicionais de análise sobre os dados da pesquisa desenvolvida.

E por fim, são apresentadas as Referências Bibliográficas que serviram de base para o trabalho, além dos anexos com informações e detalhes adicionais sobre o estudo realizado.

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de sementes de soja, com qualidade, é um desafio constante, principalmente para as empresas situadas na região central brasileira, no bioma do cerrado, cujas condições climáticas se caracterizam por ter alta umidade relativa e alta temperatura no período da safra (FRANÇA-NETO *et al.*, 2016). Além disso, os índices pluviométricos neste período são elevados, podendo causar danos diretos às sementes e interferir na logística operacional da colheita e de pré-processamento das sementes (ÁVILA; ALBRECHT, 2011).

As empresas que apresentem bons programas de produção de sementes têm condições de oferecer o produto na expedição com germinação acima de 90% e vigor não inferior a 80%. Segundo a Associação Brasileira de Tecnologia de Semente – ABRATES (2013), através do teste de tetrazólio, pode-se considerar como vigor alto o lote de sementes de soja que apresente entre 84 e 75% das sementes nas classes 1, 2 e 3 e de vigor médio quando entre 74 e 60% das sementes estejam nestas referidas classes.

A qualidade da semente é o somatório integrado de quatro atributos, que podem ser categorizados em atributos físicos, genéticos, fisiológicos e sanitários (KRZYZANOWSKI; FRANÇA-NETO; HENNING, 2018). Estes atributos, individualmente, favorecem o desempenho de um lote de sementes de diferentes maneiras, seja pela facilidade e uniformidade de semeadura, pela resistência a fatores ambientais desfavoráveis na germinação, pela rapidez de emergência, pelo acúmulo de fitomassa nas fases vegetativa e reprodutiva, e pela obtenção de maior produtividade e lucratividade do cultivo.

Neste contexto, o laboratório de controle de qualidade tem como objetivo proporcionar informações seguras do real estado de qualidade da semente, subsidiando a tomada de decisões de uma empresa produtora de sementes (GOULART, 2018). Para tal, as interpretações são baseadas em testes, análises, resultados e parâmetros de qualidade.

A título de exemplo, a empresa Sementes Goiás Ltda., que comercializa, por ano, aproximadamente 800 mil sacas de sementes de soja de 40 quilogramas (2000 lotes de 16 toneladas), gera a solicitação de, ao menos, 3 coletas de amostra/lote para realizar análises de controle de qualidade das etapas de pós-beneficiamento, pré-expedição e análise oficial, demandando aproximadamente 10.000 análises. Isso evidencia a complexidade desta atividade e o quanto a aplicação de tecnologias, a profissionalização e a precisão dos testes e análises são importantes para o sucesso na produção de sementes de soja.

Entre essas análises, o teste de emergência em leito de areia é muito importante, o mesmo pode apresentar boa correlação com os resultados de germinação, na ocasião da semeadura pelos agricultores (SCHUAB *et al.*, 2006). Contudo, a estimativa da porcentagem de emergência não é simples, tanto é, que até o momento, não foi desenvolvida metodologia padronizada e totalmente eficiente para as diversas variações e sazonalidades das regiões produtoras de sementes de soja no Brasil.

Neste sentido, o aperfeiçoamento das máquinas, dos equipamentos, processos por meio do uso de novas tecnologias, permite com mais assertividade o monitoramento e o controle dos sistemas produtivos (YAMAGUCHI, 2006), bem como o desenvolvimento de ferramentas, parâmetros e critérios técnicos para otimizar o teste de emergência, em condições controladas, que fortalecerá programas de produção de sementes de soja e de controle de qualidade nos laboratórios, elevando a eficiência do processo produtivo, desde a obtenção de lotes até a semeadura em campo.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver e avaliar a eficácia da implementação de instrumentos tecnológicos na casa de vegetação. Assim, pretendendo responder ao seguinte questionamento: A aplicação de instrumentos tecnológicos para controle das condições ambientais de cultivo na casa de vegetação promoverá a redução no tempo para execução do teste de emergência de semente de soja em leito de areia?

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento da pesquisa, abordando o cenário agroindustrial brasileiro, com ênfase na semente de soja. Abrangendo aspectos sobre controle de qualidade de sementes de soja, influência dos fatores ambientais de cultivo e tecnologias aplicadas em casa de vegetação.

### 2.1. EVOLUÇÃO DA AGROINDÚSTRIA NO BRASIL

No contexto histórico e na atualidade a agricultura tem contribuído significativamente para evolução econômica mundial e do Brasil. A partir dos anos de 1950, iniciou-se o processo chamado de industrialização da agricultura, sendo este um sistema de produção dependente do uso de insumos químicos e máquinas agrícolas. Posteriormente, este sistema ficou conhecido internacionalmente como agronegócio (MENDONÇA, 2015).

A concepção do termo Agronegócio ocorreu, em 1957 com a publicação do livro *A Concept of Agribusiness*, este livro tem como abordagem central as transformações que a revolução tecnológica estava proporcionando aos métodos de trabalho do segmento agrícola (MENDONÇA, 2015).

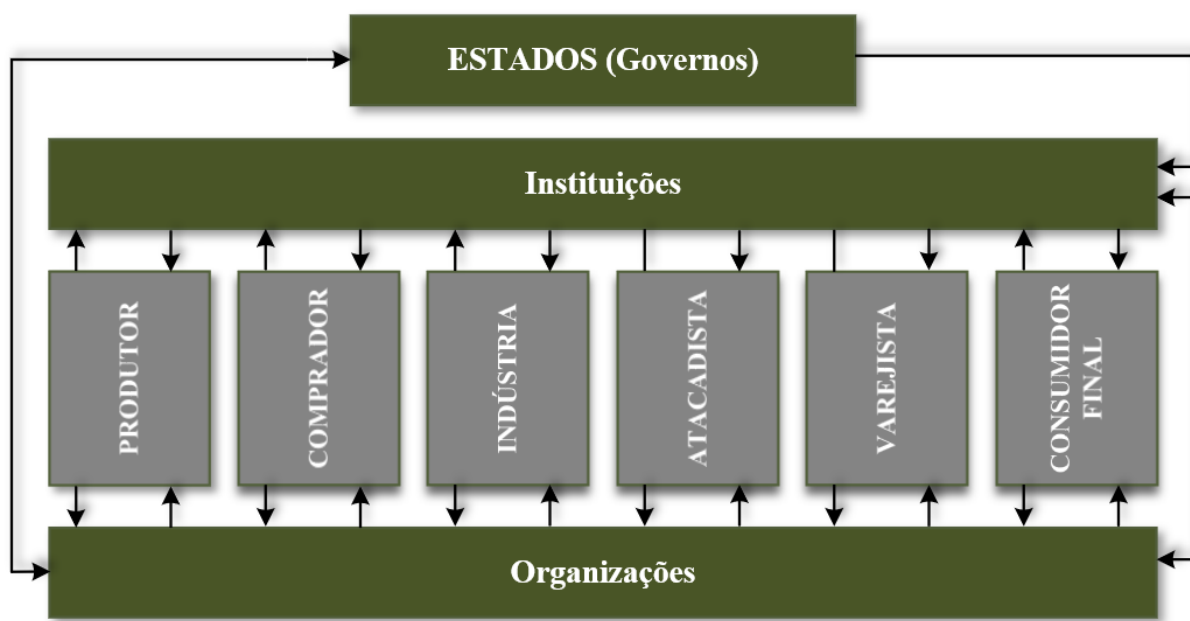
O Brasil, entre as décadas de 1960 e 1970, inseriu em seu contexto o termo “agronegócio”, no intuito de trazer a visão mais moderna para a exploração das áreas agrícolas, porém, foi só a partir de 1980 que este termo foi incorporado ao discurso e análise de alguns estudiosos, sendo associado à dicção “Complexo Agroindustrial” (MATOS; PESSOA, 2011). Desde então, a expressão foi difundida, caracterizando o sistema produtivo capitalista no campo. Este novo modelo de trabalho baseado e estruturado a partir de aparatos técnicos-científicos e tecnológicos trouxe o desenvolvimento da agricultura no Brasil.

Para Assis, Lacerda e Lacerda (2004) o conceito de agronegócio abrange toda cadeia produtiva, ou seja, desde as operação de produção nas unidades agrícolas, armazenamento, processamento até a distribuição dos produtos para o cliente final. Ainda, segundo este autor, a agricultura não pode mais ser abordada de maneira segregada dos outros agentes responsáveis na cadeia. Na opinião de Silveira (2004) uma cadeia de operações organizadas ocorre de forma

vertical, ou através de agentes que interagem ao longo da cadeia e que influenciam de maneira direta ou indireta no produto final, conforme Figura 1.

Portanto, de acordo com os conceitos e definições citadas, pode-se descrever o agronegócio como um conjunto de transações envolvendo a agricultura que movimenta a economia do setor.

**FIGURA 1** – Estrutura da cadeia agroindustrial.



Fonte: adaptado de Freitas (2006).

Diante deste contexto, é importante ressaltar que o agronegócio desempenha papel de relevância estratégica no desenvolvimento socioeconômico do país. Tal evidência é obtida quando se observam os resultados do PIB do agronegócio brasileiro que, em 2019, cresceu 3,81%. Com esse desempenho, o PIB do agronegócio representou 21,4% do PIB brasileiro (CNA; CPEA, 2020). Um dos fatores que contribuiu para este desempenho é que o agronegócio é uma cadeia dinâmica e competitiva, decorrente da forte relação da aplicação de recursos tecnológicos e da tecnologia da informação no setor (CAVALHEIRO *et al.*, 2013).

### 2.1.1. Cadeia produtiva da soja e importância econômica

Inserido no contexto do agronegócio, a cadeia produtiva da soja tem papel relevante para o crescimento do agro brasileiro, sendo uma das principais *commodities* negociadas no

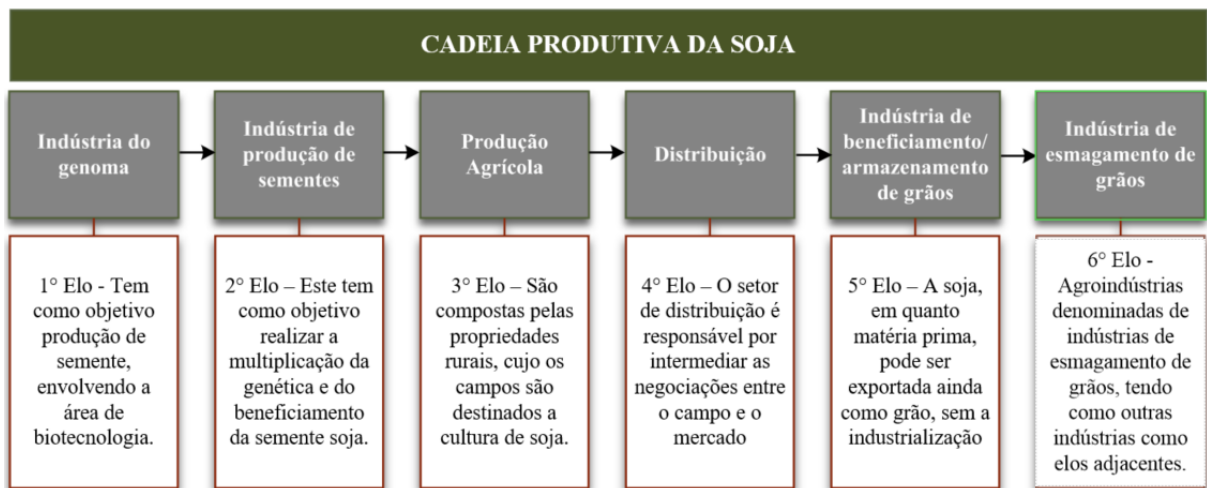
mercado internacional. Segundo projeções da Organização das Nações Unidas, o Brasil, até o ano de 2026, irá ultrapassar os Estados Unidos como o maior produtor mundial de soja (ONU, 2017).

De acordo com Haguenuer *et al.* (2001) a cadeia produtiva, em visão geral, pode ser conceituada como sendo o conjunto das atividades, nas etapas de processamento, que transforma e agrega valor à matéria-prima básica e entrega um produto final.

Para Farina e Zylbersztajn (1991) a cadeia produtiva pode ser definida como um recorte dentro do complexo agroindustrial mais amplo, privilegiando as relações entre agropecuária, indústria de transformação e distribuição em torno de um produto final.

A cadeia produtiva da soja pode ser dividida em seis grandes elos, sendo eles: Indústria do Genoma, Indústria de Produção de Sementes, Produção Rural, Distribuição, Indústria de Beneficiamento/Armazenamento de Grãos e Indústria de Esmagamento de Grãos (MICHELS *et al.*, 2003). A Figura 2 demonstra a descrição técnica de cada um desses elos.

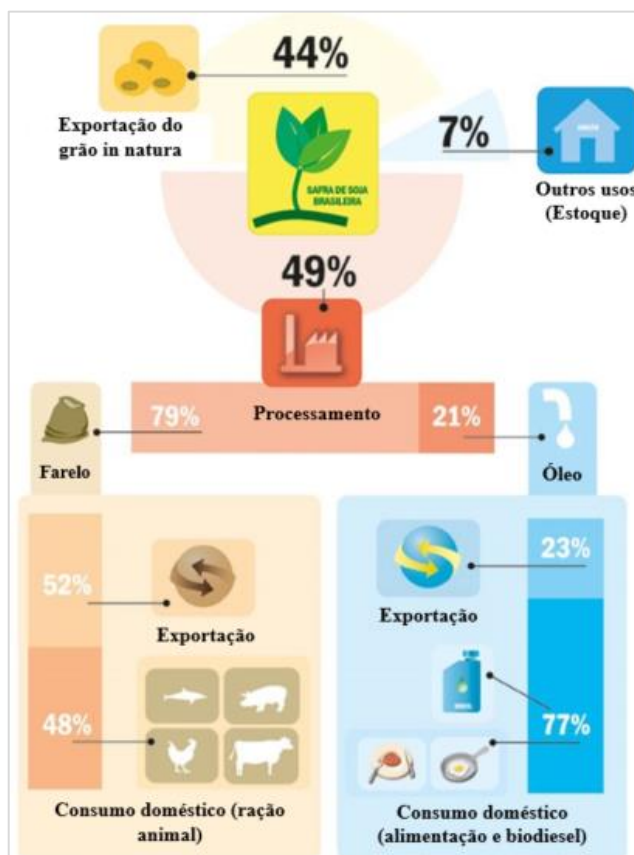
**FIGURA 2** – Elos da cadeia produtiva da soja.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Tendo como base os elos descritos na Figura 2, pode-se então estabelecer um fluxograma de interligação do destino e uso da soja brasileira, conforme pode ser observado na Figura 3.

**FIGURA 3 -** Uso e destino da soja brasileira.



Fonte: Aprosoja, (2016).

Em relação aos resultados econômicos e de produção, no panorama da safra 2018/19, mesmo sofrendo redução 3,6% na produção, ainda atingiu 115 milhões de toneladas de soja, com crescimento na área de plantio em 2,1% (CONAB, 2019), sendo este resultado maior que o apresentado na safra 2016/2017, que foi de 113,93 milhões de toneladas de soja, colocando o Brasil na segunda posição mundial em produção e no primeiro lugar na exportação (CONAB, 2017).

É interessante ressaltar que, de acordo com (YEARBOOK, 2018), o estado de Goiás no ciclo 2017/2018 teve a segunda maior produção de sementes do Brasil, com o total de 1,583 milhão de toneladas, sendo 1,211 milhão de toneladas de semente de soja.

A Associação Brasileira de Sementes considera que existem cerca de 300 produtores de sementes espalhados por todo o território nacional. Contudo, estima-se que apenas 70% destes são licenciados, ou seja, fornecem produtos referenciados. Nessa proporção, com plantio aproximado de 36 milhões de hectares de soja, o consumo de sementes brasileiro fica em cerca de 35 milhões de sacas de 40 quilos, gerando a receita de aproximada de 5,3 bilhões para o setor (YEARBOOK, 2018).



Nesse contexto, estando o Brasil em ascensão como maior produtor de soja no mundo e, considerando a diversidade de uso e aplicação dessa matéria-prima, torna-se relevante a adoção e difusão de tecnologias e pesquisas, aumentando sua competitividade no mercado.

### 2.1.2. Soja: grão e semente

A diferença básica entre semente e grão de acordo com (VIGNOLI, 2017) é que a semente precisa estar viva e ser capaz de gerar uma nova planta, enquanto o grão é o resultado final da colheita e são destinados para as indústrias como matéria-prima.

A semente possui atributos de qualidade genética, física, fisiológica e sanitária que um grão não possui. Então, isso inviabiliza o uso do grão para semeadura (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2008), pois impossibilita o estabelecimento de nova lavoura.

O termo grão conforme Júnior *et al.* (2000) é caracterizado como sendo o produto do cultivo da soja para fins de comercialização que, posteriormente, será destinado a industrialização ou ao processamento, dando origem ao farelo de soja ou óleo, ou ainda, ao consumo *in natura*.

Por sua vez, segundo Júnior *et al.* (2000), o termo semente se caracteriza por ser o material reprodutivo das plantas, que foram cultivadas de acordo com as prescrições da Lei 10.711 de 2003, as quais serão destinadas a propagação da cultura.

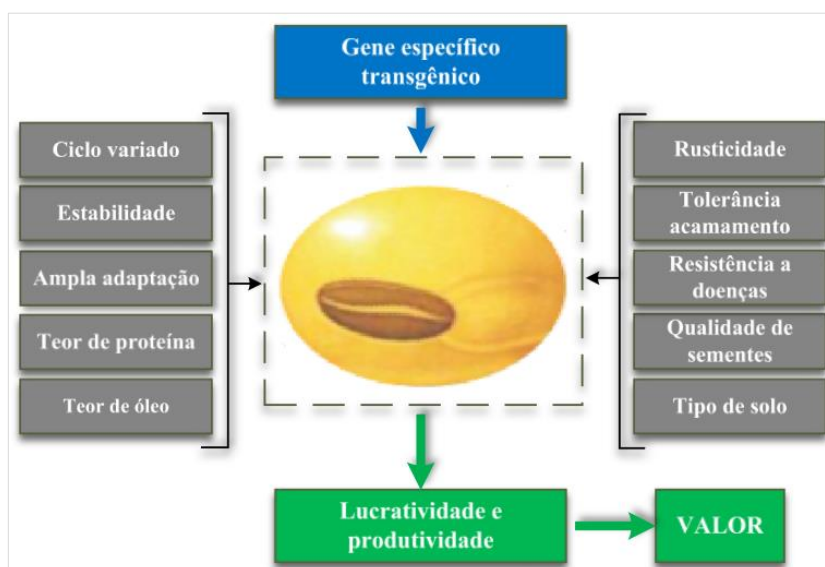
Concluindo, a qualidade da semente é medida pelos atributos genéticos, físicos fisiológico e sanitário, ao passo que a qualidade do grão é aferida por sua aparência e pelas propriedades físico-químicas que caracterizam sua aptidão para consumo *in natura* ou para industrialização (BORGES, 2019).

### 2.1.3. Controle de qualidade da semente de soja

Tendo em vista que os fatores climáticos não são controlados, a alta qualidade das sementes de soja é um fator importante para a produção, pois, possuem atributos de qualidade genética, física, fisiológica e sanitária que lhe conferem a garantia de um alto desempenho agrônomico, sendo fundamental para o sucesso de uma lavoura (KRZYZANOWSKI; FRANÇA-NETO; HENNING, 2018). Além disso, a semente é um dos insumos mais nobres da agricultura, bem como detém praticamente todos os avanços tecnológicos (UHDE, 2014). A

Figura 4, faz uma analogia da semente com “*chip de computador*”, pois ambos estão em constante desenvolvimento e aperfeiçoamento e, são fontes agregadoras do conhecimento e dos avanços tecnológicos.

**FIGURA 4** - Analogia da semente de soja com “*chip*”.



Fonte: adaptado de Ivan Schuster e Ivo Carraro, (2008).

A evolução do conceito da qualidade das sementes, de acordo com (NETO, 2016), ocorreu em virtude de diversos fatores, dentre eles vale ressaltar: o desenvolvimento e a adoção de novas tecnologias e técnicas de produção específicas para cada espécie e o desenvolvimento da área de controle de qualidade, devido ao aprimoramento dos seguintes teste de qualidade: germinação, vigor, viabilidade e caracterização varietal, além da necessidade de implementação do sistema de gestão da qualidade (NBR ISO/IEC 17025 e 9001).

O controle de qualidade tem como objetivo a obtenção de resultados assertivos por meio dos testes de qualidade e, assim, prover informações que auxiliem na tomada de decisões em cada etapa do processo de produção (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2008), bem como superar as limitações impostas pelos diversos fatores que podem afetar a qualidade de sementes ao longo de sua produção. A Figura 5 demonstra as fases da produção de semente e atuação do laboratório de análise de sementes.

**FIGURA 5** - Atuação do laboratório de análise de sementes nas fases de produção e comercialização de semente de soja.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Todos os atributos de qualidade das sementes apresentam importância equivalente, porém, o potencial fisiológico tem recebido maior atenção da pesquisa, pois, acredita-se, que este atributo é mais prático de ser avaliado pelo produtor “*in loco*” (FILHO, 2013). Contudo, isso não é uma tarefa simples, pela marcante influência dos fatores ambientais durante a germinação e o desenvolvimento das plantas, bem como as diferenças no histórico dos lotes (FILHO, 2013). Para controlar estes fatores são aplicados vários testes de qualidade, tais como germinação, vigor e emergência.

Os testes de germinação e vigor são utilizados para avaliar a qualidade fisiológica dos lotes de sementes, identificando aqueles que terão melhor desempenho no campo e na armazenagem (SCHUAB *et al.*, 2006), sendo importante ressaltar que o teste de germinação em laboratório deve ser realizado em ambiente com dispositivos para controle das condições ambientais (BRASIL, 2009).

De forma complementar e não oficial, pode-se utilizar o teste de emergência em leito de areia, pois ele pode apresentar boa correlação com os resultados de emergência das plântulas no campo, além de evitar descarte de lotes de boa qualidade que, normalmente, seriam descartados, caso apenas o teste de germinação em substrato rolo de papel fosse utilizado (NETO; HENNING, 1992), havendo possibilidade de reanálise oficial. Este teste normalmente é realizado em ambientes sem controle das condições ambientais.

Diante do exposto, observa-se a importância da implementação de recursos tecnológicos para o controle ambiental de todos os testes de qualidade de sementes, sejam eles conduzidos dentro do ambiente de laboratório, seja em canteiro, pois ambos se complementam para a interpretação dos resultados.

## 2.2. INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NO CULTIVO

O conhecimento de alguns conceitos sobre a influência do ambiente no desenvolvimento das plantas e, como estas respondem aos estímulos ambientais são importantes para o correto entendimento da aplicação de sistemas de atuação climática no interior das casas de vegetação (FILHO, 2017).

Para Filgueira (2008), o conceito de “ambiente” trata-se de um conjunto de fatores agroecológicos e agrotecnológicos externos à planta que impactam diretamente no seu desenvolvimento e na sua produção, a exemplo de tais fatores: clima, tipo de solo, adubação, irrigação, iluminação dentre outros.

Além destes fatores, tem o genótipo da planta que são as características genéticas, que ao interagirem com o ambiente irão expressar uma resposta (fenótipo), ou seja, se o ambiente for hostil irá apresentar certas características de fenótipo, se o ambiente for adequado, as características de fenótipo será outra (FILGUEIRA, 2008).

Esta pesquisa, delimitou-se a estudar somente a influência dos fatores de temperatura do substrato, disponibilidade hídrica e iluminação, pois de acordo com (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007) estes são os que mais afetam o desenvolvimento e a produtividade da soja.

### 2.2.1. Influência da temperatura

Cada cultura possui um faixa termoclimática ideal para seu desenvolvimento. As variações nessa temperatura, quando abaixo do ótimo, podem alongar seu ciclo vegetativo, ou provocar florescimento prematuro. As temperaturas acima do ideal podem afetar de forma negativa a sua fisiologia (FILGUEIRA, 2008).

A temperatura exerce influência sobre as funções vitais da planta como, respiração, fotossíntese, transpiração, germinação, crescimento, floração e frutificação (CERMEÑO, 1997).

No trabalho apresentado por Vidal *et al.* (2007), que trata do impacto da temperatura e outros fatores na emergência e germinação de *Conyza banariensis* e *Conyza canadensis* evidenciou que a elevação da temperatura de 10°C para 30°C promoveu incremento na

germinação até um pico próximo de 20°C e, subsequentemente, redução da germinação em temperaturas maiores.

Durante a pesquisa não foi encontrado estudos que correlacionavam a variação de temperatura com o desempenho da emergência e germinação com a espécie *Glycine max*. Contudo, de acordo com (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007) a soja tem melhor adaptação às regiões com temperaturas que variam entre 20°C e 30°C, sendo que a temperatura próximo de 30°C é ideal para seu desenvolvimento.

Recomenda-se que sua sementeira não deve ser realizada em substrato com temperatura média inferior a 20°C, pois pode resultar em redução nos índices de germinação e de emergência, além de provocar lentidão nesse processo. Isso pode ocorrer em sementeiras anteriores à época indicada em cada região, especialmente nas regiões frias (GARCIA et al., 2007), sendo 25°C a temperatura do substrato ideal para emergência rápida e uniforme.

No Quadro 1, é apresentado a faixa ideal para o desenvolvimento da cultura de soja e alguns efeitos decorrentes de temperaturas abaixo ou acima da faixa ideal.

**TABELA 1** – Faixa ideal de temperatura.

<b>Faixa térmica ideal 20 °C a 30 °C</b>	
<b>Temperaturas baixas (abaixo de 20°C)</b>	<b>Temperaturas elevadas (acima de 30°)</b>
Inibem o crescimento;	Reduzem a taxa de crescimento;
Temperaturas baixas na colheita associado com a alta umidade, provocam atrasos na colheita e retenção foliar.	Causam floração precoce (com plantas baixas); Prejudicam a floração; Diminuem retenção de vagens; Aceleram a maturação; Promovem danos mecânicos (c/ baixa umidade); Diminuem a qualidade das sementes.

Fonte: adaptado de Farias – Embrapa, (2010).

### 2.2.2. Influência da umidade do substrato

Para Filho (2017), a umidade do substrato é um fator que afeta diretamente o comportamento nutricional da planta, pois é por meio da água que os vegetais realizam sua nutrição.

A água constitui aproximadamente 90% do peso da planta de soja, sendo responsável por praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos e, por isso a disponibilidade de

água é importante para planta de soja principalmente em dois períodos, na germinação-emergência e floração-enchimento (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007). No primeiro período, tanto o excesso quanto a falta de água são prejudiciais, logo é necessário um equilíbrio. Nessa fase o conteúdo de água no substrato não deve exceder a 85% da capacidade de campo e nem ser inferior a 50% (EMBRAPA, 2010).

Quando se fala sobre o conteúdo ideal de água no substrato para soja é importante lembrar que cada tipo de substrato possui uma capacidade de retenção de água, ou seja, uma capacidade de campo. Essa informação é importante, pois indica em que condições hídricas o substrato se encontra.

A determinação da umidade do substrato pode ser utilizada como parâmetro para quantificar o volume de água a ser aplicado por um sistemas de irrigação (SILVA; JÚNIOR; SANTOS, 2015). Para o cálculo da capacidade de campo pode ser utilizado o Manual de Métodos de Análises de Solo – Análises físicas página 13 a 89 (EMBRAPA, 2011).

### 2.2.3. Influência da luz solar

Para a cultura da soja, a radiação solar está relacionada com a fotossíntese, alongação de haste principal e ramificações, expansão foliar, pegamento de vagens e grãos e, fixação biológica (CÂMARA, 2000). De acordo com Shibles e Weber (1966), o total de fitomassa seca produzida pela soja, depende da percentagem de radiação fotossinteticamente ativa interceptada e da eficiência de utilização dessa energia pelo processo fotossintético.

Os fatores hídricos e térmicos, também influenciam na produtividade e no desenvolvimento da cultura de soja, tem ainda o fator luz. A luz é fundamental para converter o dióxido de carbono atmosféricos em açúcares e água para formar hidrocarbonetos, ambos são responsáveis para formar as estruturas básicas e complexas para manutenção da vida na planta (WHATLEY; WHATLEY, 1982).

O fotoperíodo é o quantitativo de horas que a planta fica exposta a luz. Este fator provoca mudanças qualitativas na soja ao longo do seu ciclo, porém a resposta a esse fator não é linear durante o seu desenvolvimento, pois existem períodos que ela é incapaz de perceber esses estímulos (RODRIGUES *et al.*, 2001). Entre a emergência (estádio VE) e primeira folha verdadeira (estádio V<sub>1</sub>) as plantas de soja não percebem o estímulo do fotoperíodo.

Uma plântula está em (estádio V<sub>1</sub>) quando as folhas unifoliadas estiverem completamente desenvolvidas, ou seja, quando os bordos dos folíolos da primeira folha trifoliolada não mais se tocarem, conforme Figura 6. A partir daí, a fotossíntese das folhas e a absorção de água e nutrientes pelas raízes da planta em desenvolvimento já são capazes de sustentá-la (NEUMAIER *et al.*, 2000).

**FIGURA 6** - Sete dias após a semeadura a plântula atingiu o estágio V<sub>1</sub>.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2010).

A luz solar serve não só como fonte de energia para fotossíntese, mas também como sinal que regula diversos outros processos de desenvolvimento da planta. A luz solar pode causar mudanças fenotípicas, um exemplo disso é o fototropismo que altera os padrões de crescimento em resposta à direção da radiação incidente (TAIZ *et al.*, 2017).

Outro fenômeno regulado pela luz e que influencia na quebra de dormência e na germinação das sementes é um processo chamado de fotoblastia. A luz é requerida pelas sementes pequenas de várias espécies herbáceas e campestres, muitas das quais permanecem dormentes se estão enterradas abaixo de uma profundidade na qual a luz penetra (TAIZ *et al.*, 2017).

Em trabalhos apresentados por Colli e Souza (2006), identificou-se que as sementes de soja germinaram na presença de luz e no escuro, portanto podem ser consideradas fotoblásticas neutras, ou seja, com um contato mais próximo da luz solar ou mais profundamente no substrato, essas sementes germinam em qualquer circunstância.

## 2.3. TECNOLOGIAS APLICADAS EM CASA DE VEGETAÇÃO

A Indústria 4.0, quarta Revolução Industrial, está promovendo uma revolução digital nos sistemas de produção e impulsionado o avanço tecnológico no mercado. Isso se deve a implementação de tecnologias e mecanismos “inteligentes” e à conectividade oferecida pela internet (SANTOS *et al.*, 2018).

Essa revolução tecnológica possibilitou avanços não somente nas indústrias, mas também na agricultura. A partir dessa evolução surge o conceito de agricultura 4.0 ou agricultura digital, definida como sendo um conjunto de tecnologias e ferramentas digitais integradas e conectadas por meio de softwares, sistemas e equipamentos com capacidade de melhorar a produção agrícola em todas as etapas produtivas (ESPERIDIÃO; SANTOS; AMARANTE, 2019).

A agricultura 4.0 aplicado ao método de cultivo em casa de vegetação tem apresentado bons resultados. O cultivo em casa de vegetação mais conhecido é aquele realizado em estufas, muito utilizados na produção de mudas e hortifrutis, uma vez que proporcionam maior produtividade e qualidade (ABRAHÃO; RODRIGUES; PAGIUCA, 2014).

Em qualquer método de cultivo, os fatores ambientais são fundamentais para o desenvolvimento das plântulas, podendo afetar de forma positiva ou negativa (SANTOS; JUNIOR; NUNES, 2010). Com a implementação de soluções tecnológicas em ambientes protegidos, é possível minimizar o impacto dos seguintes fatores ambientais: temperatura do substrato, umidade do substrato e luminosidade, por meio de sistemas microeletromecânicos, redes de sensores, unidades de controle e armazenamento de dados, sistemas de transmissão de dados e algoritmos de controle (TERUEL, 2010).

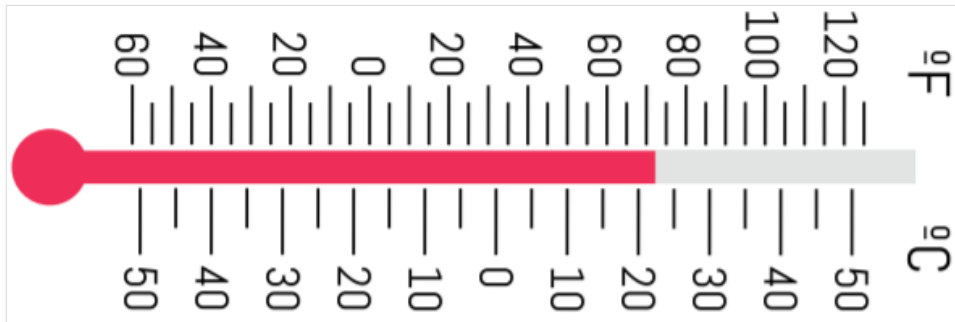
### 2.3.1. Sensores

Os sensores são aparatos capazes de mensurar grandezas físico-químicas. Utiliza-se, portanto, elementos que em intervalo de tempo proporcionam resposta linear quando submetidos à grandeza a qual se pretende mensurar (C. DUNN, 2018). A Figura 7 ilustra um termômetro contendo mercúrio no interior. O mercúrio é elemento sensível a variação de temperatura e compõe o aparato sensor de temperatura. Contudo, faz-se necessário traduzir a



variação de contração e expansão do mercúrio em escala linear de valores de temperatura, sendo que isto é feito pelo transdutor. Cada sensor possui um ou mais transdutores. O transdutor pode converter uma escala de temperatura de  $-100^{\circ}\text{C}$  a  $1000^{\circ}\text{C}$  para sinal de tensão com escala de 0 a 10 volts, permitindo, assim a transmissão desta informação.

**FIGURA 7** - Termômetro a mercúrio.



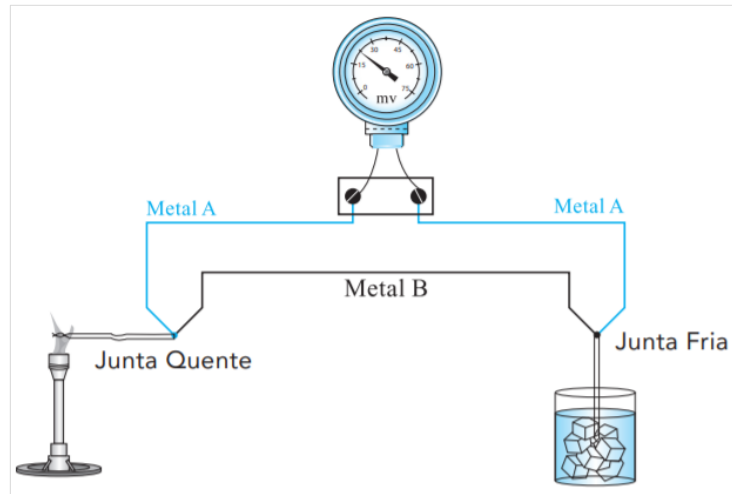
Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

### 2.3.1.1. Sensor termopar

Outra forma de mensurar a temperatura é por sensor termopar. O termopar é formado pela junção entre dois tipos de metais diferentes, conforme ilustra a Figura 8. Quando o metal A e o metal B estão em temperaturas diferentes, uma pequena força eletromotriz se desenvolve através das junções, de modo que, quanto maior a diferença de temperatura, maior será a força eletromotriz. Esse fenômeno é chamado de efeito Seebeck, em homenagem ao seu inventor, o físico alemão Thomas Seebeck (BARTLETT, 2011).

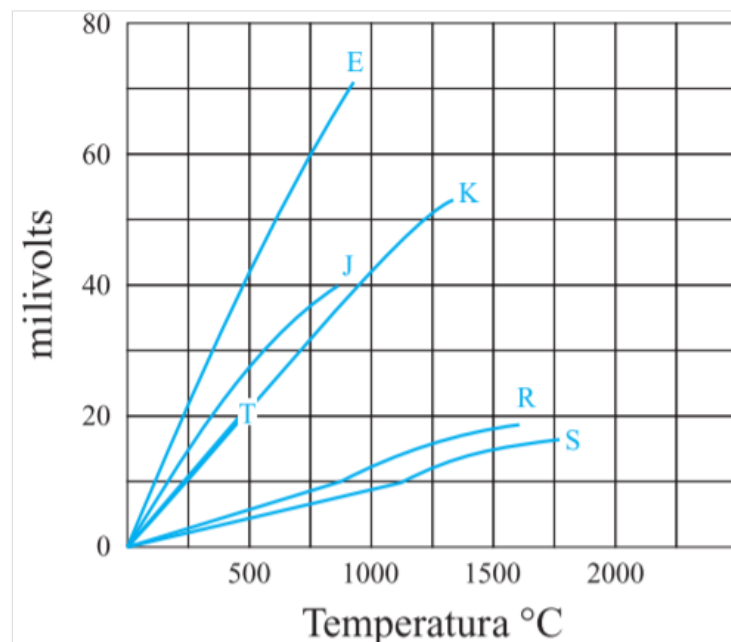
Para cada tipo de mensuração de temperatura de processos físico-químicos, adota-se tipos diferentes de metais. A Figura 9 ilustra a performance dos principais tipos (E, J, K, R, S) de termopares, e no eixo x se observa a variação de temperatura e no eixo y a sensibilidade em mV, de acordo com a variação de temperatura, isto é, à medida que a temperatura aumenta a resposta em milivolts se torna maior; observa-se que todos os tipos de termopares possuem resposta linear quando expostos a temperaturas de até  $500^{\circ}\text{C}$ . O tipo E, formado por ligas metálicas de cromel e constantan, é o mais sensível a variação de temperatura, indicado para processos em ocorrem incrementos fracionários de temperatura ou transdutores de baixa precisão.

**FIGURA 8** - Termopar com junções quentes e frias.



Fonte: Aung-Thwin, (2017).

**FIGURA 9** - Milivolts por tipos de termopares x temperaturas.



Fonte: Aung-Thwin, (2017).

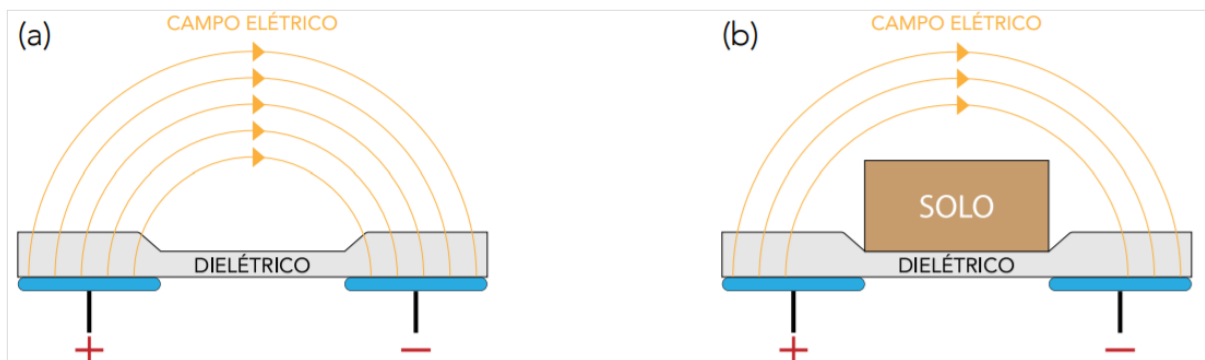
### 2.3.1.2. Sensor de umidade do substrato por capacitância

Para aferir a umidade do substrato, pode ser aplicado aparatos que se utilizam do efeito capacitivo para associar a variação da capacitância com a variação da umidade no substrato. Ao aproximar duas placas condutoras e adicionar sobre material isolante (dielétrico), conforme ilustra Figura 10 (a), o conjunto passa a se comportar como capacitor. A capacitância do

conjunto depende do tipo do material dielétrico, do tamanho e distância entre as placas condutoras (BORIM; PINTO, 2006).

O solo é corpo particulado formado por partículas de areia, silte ou argila. A argila proporciona ao solo capacidade de reter água por maior período, sendo que os solos mais argilosos apresentam maior umidade do que solos arenosos se submetidos a mesma ambientação climática (MARTINS, 2015). Portanto, ao adicionar um tipo de solo sobre a superfície dielétrica do sensor, conforme ilustra Figura 10 (b), a capacitância do conjunto sofrerá variações de acordo com a umidade presente neste solo.

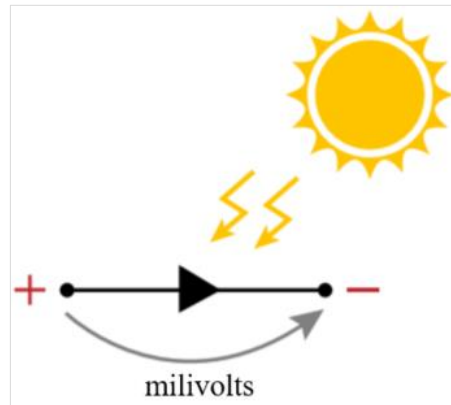
**FIGURA 10** - Sensor capacitivo.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

### 2.3.1.3. Sensor de luminosidade

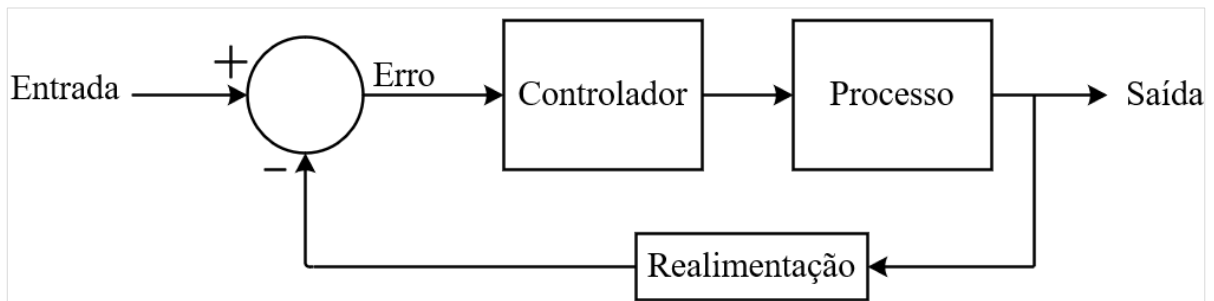
Fotodiodo é o componente eletrônico comumente utilizado por aparatos que mensuram a intensidade luminosa de determinado ambiente. Das diversas formas que diodos são construídos, a mais comum é por material semicondutor com duas dopagens diferentes, P e N. Sendo o tipo N, material semicondutor dopado com impurezas com cinco elétrons na camada de valência e do Tipo P, material semicondutor dopado com impurezas com 3 elétrons na camada de valência. O diodo de junção PN ao receber corrente elétrica produz luz. Quando recebe incidência de fótons de luz na junção semicondutora, sua resistência elétrica reduz proporcionalmente, formando condução de corrente elétrica, produzindo milivolts em seus terminais, conforme ilustra Figura 11. Por conseguinte, quanto maior a intensidade da luz, maior será a tensão produzida nos terminais do fotodiodo, sendo esta relação linearmente proporcional (TAVERNIER; STEYAERT, 2013).

**FIGURA 11** – Fotodiodo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 2.3.2. Sistemas de controle

Segundo Mansour (2011), os sistemas de controle são conjuntos de tecnologias aplicadas para controlar variáveis de um processo, tais como temperatura, velocidade, posição, pressão, volume, fluxo, peso dentre outras aplicações. A Figura 12 ilustra o sistema de controle em malha fechada, em que: a entrada é o valor desejado para a variável a ser controlada; a realimentação é o valor mensurado da variável por sensor, após atuação do sistema de controle; e o erro é o sinal passado ao controlador da diferença entre o valor desejado e o valor mensurado na realimentação. Um sistema de controle que não possua realimentação é considerado sistema de controle em malha aberta.

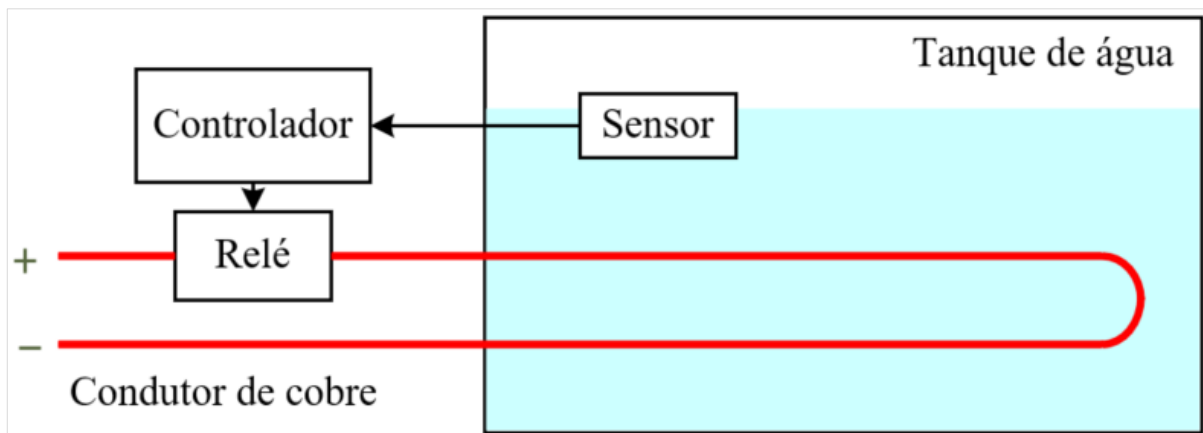
**FIGURA 12** - Sistema de controle em malha fechada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Ao aplicar corrente elétrica em um condutor, quantidade proporcional de calor é produzida. Esta relação é dada na lei de Joule-lenz, na qual a potência do aquecimento é proporcional ao produto entre a resistência e o quadrado da corrente:  $P = R \cdot I^2$  (ANSERMET;

BRECHET, 2018). A Figura 13 ilustra o aquecimento de um tanque de água por dissipação de calor através de um condutor de cobre. O controle de temperatura da água é dado pela variação da potência Joule dissipada pelo condutor. Com a resistência fixa a potência é controlada pela variação da corrente que percorre o condutor. Um relé em série com o condutor, pode chavear liga/desliga para interromper o fluxo da corrente por pequenos períodos, permitindo o controle *On/Off* da temperatura da água.

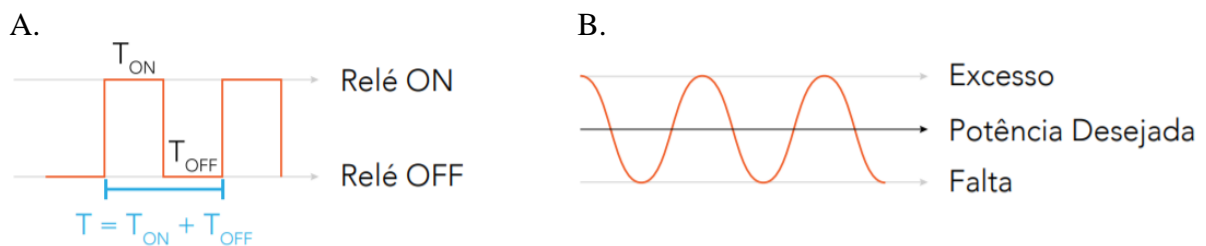
**FIGURA 13-** Ilustração de aquecimento de tanque de água por dissipação de calor.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

A Figura 14 (A) ilustra o controle *On/Off* por chaveamento liga/desliga, e o período no qual o relé está com chave seccionada é  $T_{ON}$  e o período com chave aberta é  $T_{OFF}$ , sendo o ciclo completo de chaveamento dado por  $T = T_{ON} + T_{OFF}$ . A limitação deste tipo de controle é ilustrada na Figura 14 (B) em que o chaveamento liga/desliga produz potência oscilante, para a qual, o sistema de controle não se estabiliza na potência desejada, e, portanto a água do tanque apresentará oscilações de temperatura (VISIOLI, 2006).

**FIGURA 14 –** (A) Ilustra o controle *On/Off* ; (B) chaveamento liga/desliga produz potência oscilante.



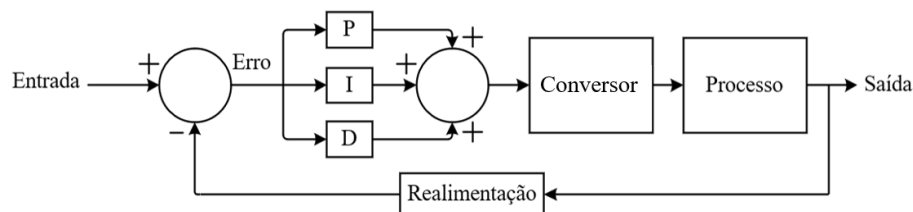
Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Para processos que requerem maior assertividade no controle da variável, adota-se o controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID), sendo este o sistema de controle mais utilizado em processos industriais. A Figura 15 (A) ilustra o sistema de controle PID, no qual, a ação proporcional, como o nome sugere, é proporcional à diferença entre a saída e a resposta desejada, ou *set point*, sendo que a ação integral atua somando a integral do erro anterior à ação proporcional e a ação derivativa tem como função diminuir o erro durante o período transitório (OGATA, 2010).

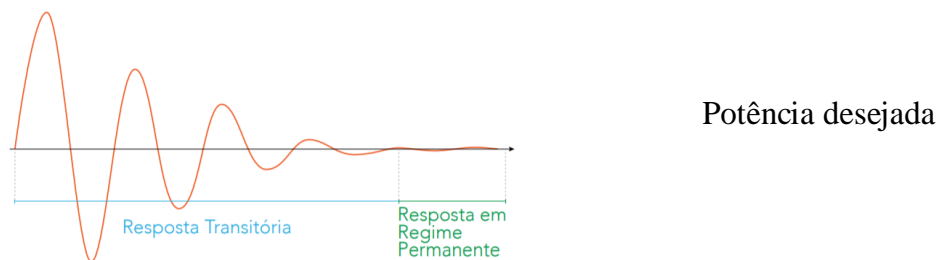
A Figura 15 (B) ilustra uma típica resposta de um sistema subamortecido, que não está devidamente calibrado para operar, e a resposta transitória é o período que ocorre os ajustes dos ganhos das ações proporcional, integral e derivativa. Quando a resposta do processo entra em regime permanente, o controlador alcança o valor desejável para a variável controlada. Em alguns processos, o valor desejado não pode ser alcançado, no entanto, o controlador ajusta para o valor mais próximo possível. A diferença entre o valor desejado e o valor alcançado em regime permanente é denominado erro em regime permanente (NISE, 2011).

**FIGURA 15** – Controle PID.

A.



B.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

### 2.3.3. Unidades de controle, aquisição e armazenamento de dados

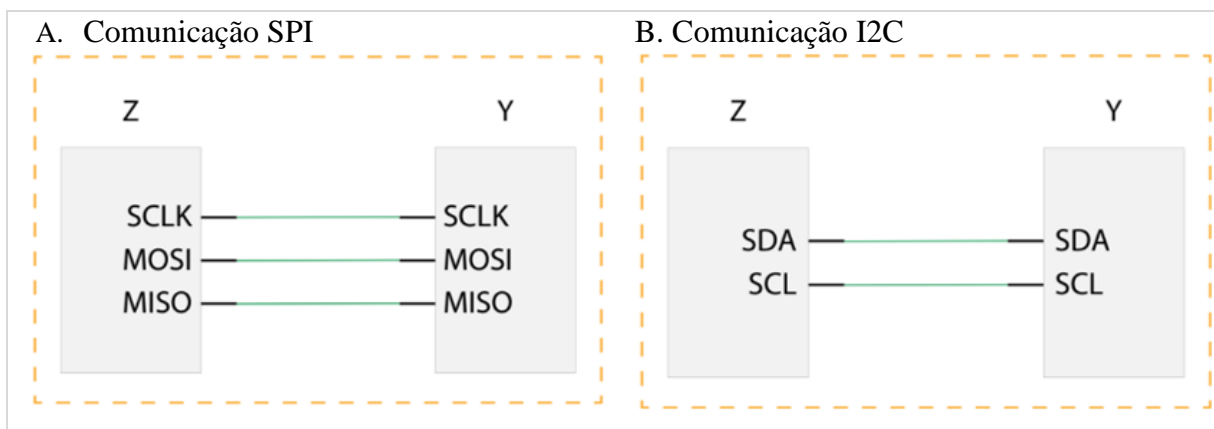
Microcontroladores (MCU) são unidades lógicas programáveis que comportam processadores, memória, entradas e saídas configuráveis em um único circuito integrado. O

processador do microcontrolador pode ser programado através de instruções lógicas utilizando de linguagens de programação como *assembly* ou C. As entradas do microcontrolador podem obter sinais analógicos ou digitais, enquanto as saídas geram apenas sinais digitais. O microcontrolador comporta memória volátil e não volátil, no entanto para maior armazenamento de dados se faz necessário adicionar unidades de armazenamento de memória, como por exemplo *SD Cards*. Dispositivos para controle, aquisição e armazenamento de dados comportam um ou mais microcontroladores (CAMERON, 2019).

A comunicação entre circuitos integrados (C.I.) ocorre de modo binário, utilizando de pelo menos duas vias de conexão, transmissão/recepção e sincronização. Comumente a comunicação ocorre de dois modos principais i) *half-duplex* e ii) *full-duplex*. Na comunicação em modo *half-duplex*, ambos comunicantes podem transmitir e receber dados, no entanto não simultaneamente. Para que os comunicantes possam transmitir e receber ao mesmo tempo, utiliza-se o modo *full-duplex* (ZANCO, 2014).

Para garantir que a informação seja corretamente transmitida e recebida, implementa-se o uso de protocolos. Os protocolos i) *Inter-Integrated Circuit (I2C)* e ii) *Serial Peripheral Interface (SPI)* são comumente adotados para comunicação *half-duplex* e *full-duplex*, respectivamente, entre circuitos integrados. A Figura 16 (A) ilustra a comunicação SPI, na qual se faz necessário ao menos três vias de conexão: SCLK, sincronização; MOSI, transmissor de Z e receptor de Y; MISO, receptor de Z e transmissor de Y. A Figura 16 (B) ilustra a comunicação I2C, e se faz necessário ao menos duas vias de conexão: SDA, transmissor e receptor de Z e Y; SCL, sincronização (ZANCO, 2014).

**FIGURA 16** - Comunicação entre circuitos integrados: (A) SPI e (B) I2C.



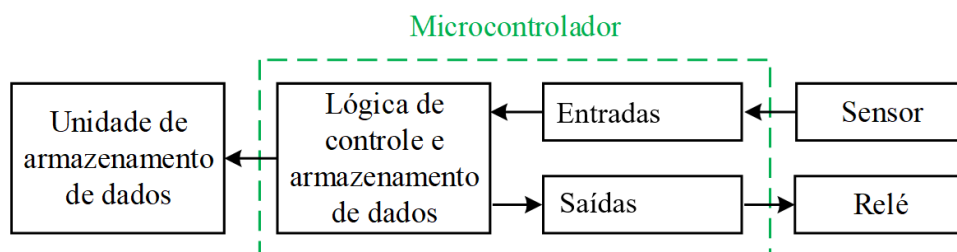
Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

A Figura 17 (A) ilustra o fluxo simplificado da obtenção de dados e atuação do microcontrolador. Os sensores modernos, são portadores de transdutores que comumente convertem a grandeza mensurada para sinal de tensão com escala de 0 a 10 volts. Este sinal é aplicado a uma entrada com conversão analógica-digital do microcontrolador. A Figura 17 (B) ilustra a digitalização do sinal analógico, em intervalos regulares de tempo (amostragem) é mensurado o nível de tensão aplicado na entrada. Em uma conversão de 10 bits o valor de tensão é então convertido em valor decimal de uma escala de 0 a 1024, sendo que a taxa de amostragem está associada a frequência do sinal amostrado e, de acordo com teorema da amostragem, a taxa de amostragem deve ser maior que o dobro da frequência presente no sinal amostrado, permitindo a digitalização mais fidedigna do sinal. Após a obtenção do sinal e interpretação o microcontrolador poderá armazenar o valor mensurado em unidade de armazenamento de dados separada (RAFIQUZZAMAN, 2005).

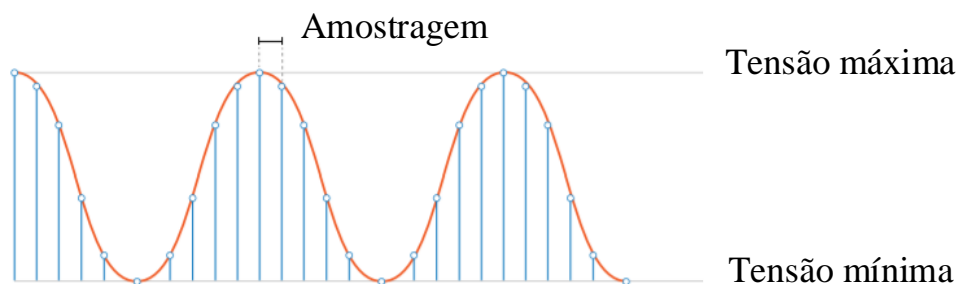
O controlador da Figura 13 pode ser representado pela forma simplificada ilustrada na Figura 17 (A). Portanto uma unidade de controle PID é em essência um microcontrolador contendo o algoritmo de controle, capaz de receber dados de sensores e atuar dinamicamente (por relés ou transistores de potência) para efetuar controle na variável pretendida.

**FIGURA 17** - Aquisição e armazenamento de dados.

A.



B.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).



## 2.4. REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, B.; RODRIGUES, A.; PAGIUCA, L. G. Cultivo Protegido: Em Busca de Mais Eficiência. **Hortifruti Brasil**, p. 10–18, 2014.
- ANSERMET, J.-P.; BRECHET, S. D. **Priniples of Thermodynamics**. New York: Cambridge University press, 2018. v. 53.
- ASSIS, P. C. D. O.; LACERDA, M. A. D. DE; LACERDA, R. D. DE. A participação da fruticultura no agronegócio brasileiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 1, 2004.
- ÁVILA, M. RI.; ALBRECHT, L. P. Isoflavonas e a qualidade das sementes de soja. **Informativo Abrates**, v. 20, p. 015–029, 2011.
- BAJER, L.; KREJCAR, O. Design and realization of low cost control for greenhouse environment with remote control. **IFAC-PapersOnLine**, v. 28, n. 4, p. 368–373, 2015.
- BARTLETT, T. **Industrial Automated Systems: Instrumentation and Motion Control**. 1<sup>o</sup> Edição ed. New York: Cengage Learning, 2011.
- BELTRÃO, N. E. DE M.; FIDELES FILHO, J.; FIGUEIRÊDO, I. C. DE M. Uso adequado de casa-de-vegetação e de telados na experimentação agrícola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 547–552, 2002.
- BORGES, L. E. B. VIABILIDADE ECONÔMICA DE IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA RFID NA INDÚSTRIA DE SEMENTE DE SOJA. **Journal of Chemical Information and Modeling**, n. 9, p. 76, 2019.
- BORIM, A. C. A.; PINTO, C. A. R. **Medição de umidade no solo através de sensores capacitivos**, 2006.
- BRASIL. **REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES**. 1<sup>a</sup> edição. ed. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.
- C. DUNN, W. **Fundamentals of industrial instrumentation and process control**. 2<sup>o</sup> Edição ed. New York: Mc Graw Hill Education, 2018.
- CAMERON, N. **Arduino Applied: Comprehensive Projects for Everyday Electronics**. Edinburg, UK: Apress, 2019.
- CAVALHEIRO, D. DA S. et al. A Tecnologia da Informação no Agronegócio: uma Revisão Bibliográfica. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013.
- CERMEÑO, Z. S. **Cultivo de plantas Hortícolas em estufa**. Portugal: Litexa, 1997.
- CNA; CPEA. **PIB DO AGRONEGÓCIO CRESCE 3,81% EM 2019**, 2020. Disponível em: <[www.cnabrasil.org.br](http://www.cnabrasil.org.br)>. Acesso em: 19 mar. 2020
- COLLI, Á. M. T.; SOUZA, L. V. Contaminadas pelo Fungo Phakopsora Parchyrhizi Submetidas a Diferentes Tratamentos. **Revista FAFIBE**, v. 2, p. 4, 2006.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2016/2017. **Monitoramento agrícola-Safra 2017**, v. 3, n. 9, p. 1–163, 2017.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. **Companhia Nacional de Abastecimento**, v. 5, n. 4, p. 1–113, 2019.

EMBRAPA. **Sistema de Produção 14 - Tecnologias de Produção de Soja – Região Central do Brasil 2011**Londrina - PR, 2010.

ESPERIDIÃO, T. L.; SANTOS, T. C. DOS; AMARANTE, M. DOS S. Agricultura 4.0:software de gerenciamento de produção. 2019.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da Soja - Circular Técnica 48**Embrapa SojaLondrina - PREmbrapa Soja, , 2007.

FARINA, E. Q. M.; ZYLBERSZTAJN, D. **Relações tecnológicas e organização dos mercados do sistema agroindustrial de alimentos**Caderno de Ciência & Tecnologia, 1991. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/9051>>. Acesso em: 01 Abr 2020.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura AGROTECNOLOGIA MODERNA NA PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE HORTALIÇAS**. 3ª Edição ed. Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa, 2008.

FILHO, A. C. M. Sistema De Automação E Controle Inteligente Para Cultivo Protegido-Tecnologia Acessível Ao Pequeno Produtor. p. 1–134, 2017.

FRANÇA-NETO, J. et al. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. 2016.

GARCIA, A. et al. Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas. **Embrapa Soja**, n. Circular Técnico 51, p. 11, 2007.

GOULART, A. C. P. **Fungos em Sementes de Soja, detecção, importância e controle**. 2º Edição ed. Brasília, Distrito Federal: Embrapa Agropecuária Oeste, 2018.

HAGUENAUER, L. et al. Evolução das Cadeias Produtivas Brasileiras na Década de 90. **IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, n. 786, p. 1–63, 2001.

HENRIQUE SCHUSTER, C.; JONATHAN SCHUSTER, J.; SILVA DE OLIVEIRA, A. Application of the Mudge diagram and QFD using the hierarchization of the requirements for a flying car as an example. **Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 10, n. 1, p. 197–214, 2015.

JÚNIOR, J. M. B. et al. Produção de sementes oleaginosas. 2000.

KRZYZANOWSKI, F. C. et al. **A Semente de Soja Como Tecnologia e Base Para Altas Produtividades**Embrapa, 2008a.

KRZYZANOWSKI, F. C. et al. **O controle interno de qualidade agregando valor à semente de soja**Circular técnica 54, 2008b.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. DE B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**Circular Técnica 136, 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177391/1/CT136-online.pdf>>. Acesso em: 10 Jan 2020.

MANSOUR, T. **PID Control , Implementation and Tuning Edited by Tamer Mansour**. [s.l: s.n.].

- MARTINS, D. W. P. Dispositivo para ensaio automático de sedimentação e análise granulométrica do solo. p. 1–99, 2015.
- MATOS, P. F.; PESSOA, V. L. S. A Modernização Da Agricultura No Brasil E Os Novos Usos Do Território. **Geo UERJ**, v. 2, n. 22, p. 290–322, 2011.
- MENDONÇA, M. L. O Papel da Agricultura nas Relações Internacionais e a Construção do Conceito de Agronegócio. **Contexto Internacional**, v. 37, n. 2, p. 375–402, 2015.
- MICHELS, I. L. et al. Estudo das Cadeias Produtivas de Mato Grosso do Sul: Sojicultura. v. 10, 2003.
- MONDO, V. H. V. et al. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero digitaria. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 131–137, 2010.
- NETO, J. DE B. F. Evolução do conceito de qualidade de sementes. **Informativo Abrates**, n. 2, p. 33–40, 2016.
- NETO, J. DE B. F.; HENNING, A. A. **Diagnóstico completo da qualidade da semente de soja** EMBRAPA-CNPq Londrina - PR, 1992.
- NEUMAIER, N. et al. Estádios de desenvolvimento da cultura de soja. **Estresse em Soja**, p. 19–44, 2000.
- OGATA, K. **Modern control engineering**. 1 edição ed. New York: Pearson, 2010.
- OLIVEIRA, C. E. L. DE et al. Comparação do coeficiente global de perdas de calor para casa de vegetação aquecida usando diferentes técnicas para eficiência energética. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 2, p. 354–364, 2006.
- ONU. **Perspectivas Agrícolas OCDE-FAO: Brasil vai ultrapassar os Estados Unidos como o maior produtor de soja até 2026**. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/992186/>>. Acesso em: 9 abr. 2020.
- RAFIQUZZAMAN, M. **Microcontroller Theory and applications with the PIC18F**. [s.l.: s.n.].
- RODRIGUES, O. et al. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 431–437, 2001.
- ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de Produtos: Uma referência para melhoria do processo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2015.
- SANTOS, B. P. et al. Indústria 4.0: Desafios E Oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, p. 111–124, 2018.
- SANTOS, L. L.; JUNIOR, S. S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 83–93, 2010.
- SCHUAB, S. R. P. et al. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, 2006.
- SHIBLES, R. M.; WEBER, C. R. Interception of Solar Radiation and Dry Matter Production by Various Soybean Planting Patterns 1. **Crop Science**, v. 6, n. 1, p. 55–59, 1966.
- SILVA, L. G.; JÚNIOR, E. F. F.; SANTOS, R. A. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE

DE CAMPO DO SOLO EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO E CAMPO. **XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem**, n. 31, p. 1550–1555, 2015.

SILVEIRA, D. C. Proposta De Um Modelo De Avaliação De Desempenho De Cadeias Produtivas Agroindustriais: Estudo Da Cadeia Da Soja No Brasil. p. 113, 2004.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal Diversidade vegetal**. [s.l.: s.n.]. v. 6 ed.

TAVERNIER, F.; STEYAERT, M. **High-Seed Optical Receivers with Integrated Photodiode in Manoscale CMOS**. New Yourk: Springer, 2013. v. 53

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.

UHDE, S. QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA AVALIADA PELO TESTE DE TETRAZÓLIO: ESTUDO DE CASO NA EMPRESA DIMICRON. p. 51, 2014.

VIDAL, R. A. et al. Impacto da temperatura, irradiância e profundidade das sementes na emergência e germinação de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* resistentes ao glyphosate. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 309–315, 2007.

VIGNOLI, N. G. **Grãos, sementes e cereais: quais são as diferenças? Entenda cada grupo alimentar**. Disponível em: <[https://www.conquistesuavida.com.br/noticia/graos-sementes-e-cereais-quais-sao-as-diferencas-entenda-cada-grupo-alimentar\\_a7267/1](https://www.conquistesuavida.com.br/noticia/graos-sementes-e-cereais-quais-sao-as-diferencas-entenda-cada-grupo-alimentar_a7267/1)>. Acesso em: 30 Dez 2019.

VISIOLI, A. **Practical PID Control**. London: Springer, 2006.

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. **A LUZ E A VIDA DAS PLANTAS**. São Paulo: Edusp, 1982.

YAMAGUCHI, M. Y. Sincronização das bases de tempo de CLPs distribuídos numa rede de automação de processo industrial. **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, p. 139, 2006.

YEARBOOK, S. B. Anuário Brasileiro de Sementes. p. 54, 2018.

ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físicos-químicos para análise de alimentos**. IV edição ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

### **3. LINHA DE PESQUISA E ENQUADRAMENTO NOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA CAPES**

Dentro do contexto da CAPES, a área de Engenharias I tem como foco desenvolver trabalhos relacionados aos temas da atualidade em razão de sua estreita ligação com a vida econômica e social, cultural, ambiental etc. do país. Sendo uma das quatro Grandes Áreas da Engenharia.

Os desafios da atualidade se traduzem, em especial, na possibilidade de aumento de produtividade e de fazer uso positivo dos avanços do conhecimento científico e tecnológico para o desenvolvimento e bem-estar de nossa sociedade e, de forma ampla, da humanidade. Uma lista não exaustiva, com alguns desafios para as Engenharias I, são aqui reunidos em seis grupos:

- Os avanços em tecnologia de informação e comunicação (big data, data miner, realidade virtual, realidade aumentada, internet das coisas etc.);
- Uso mais intensivo da computação, automação e inteligência artificial (robôs, drones, condução veicular autônoma etc.);
- O desenvolvimento e uso de novos materiais, notadamente nano e biomateriais;
- As novas formas de trabalho e de produção cooperativa de conhecimento;
- As crescentes exigências em termos de sustentabilidade ambiental e eficiência energética e responsabilidade social;
- As necessárias regulações técnicas, econômicas e jurídicas como também as novas questões éticas trazidas por tais avanços.

Diante disso, o Programa de pós-graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade (PPGEAS) tem por objetivo geral a qualificação de profissionais nas diferentes áreas de Engenharia I, sobretudo para a solução dos problemas diagnosticados nos mais diversos setores. Além disso, busca a qualificação dos profissionais do mercado, a otimização dos processos produtivos, almejando a eficiência e a sustentabilidade, o aprofundamento dos conhecimentos técnicos especializados na área, a promoção do desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação. Atualmente o PPGEAS, possui duas linhas de pesquisa, sendo: i) Tecnologia e Ciência dos Materiais e ii) Eficiência Energética e Sustentabilidade.

Este trabalho segue a linha de pesquisa 2 – Eficiência Energética e Sustentabilidade, tendo como proposta o estudo de mecanismos para a melhoria da eficiência de um teste realizado pela empresa Sementes Goiás, aplicado para validar a qualidade das sementes e, conseqüentemente mitigar os impactos ambientais em decorrência dessa atividade.

Para melhor compreensão dos impactos ambientais em decorrentes desta atividade alguns aspectos relevantes serão explanados.

Atualmente, para atender a demanda dos testes de emergência de sementes de soja em areia, a empresa utiliza de uma área de aproximadamente 500 m<sup>2</sup> e cerca de 300 m<sup>3</sup> de areia, anualmente. Este volume de areia pode variar para mais, em caso de falha humana no acompanhamento dos testes. Outro aspecto observado é o impacto ambiental, pela utilização do recurso hídrico para irrigação dos canteiros, este que até o início da pesquisa era realizado manualmente e sem critério. Ainda cabe ressaltar também, que a Sementes Goiás Ltda. almeja aumentar sua produção para os próximos anos e, para isso, será necessário dobrar a área de uso do solo e conseqüentemente os demais recursos empregados nos testes.

Do ponto de vista econômico, ao melhorar a eficiência e o controle deste teste por meio da implementação de tecnologias, será possível racionalizar de forma mais assertiva os recursos disponíveis, proporcionando economicidade para a empresa, bem como, reduzir os desperdícios causados por falha operacional. Já no âmbito comercial, com a redução do tempo de resposta do teste de emergência, a empresa terá um diferencial competitivo, já que o resultado de teste de emergência no mercado é obtido entre 10 a 12 dias.

Como terceiro pilar, a contribuição que este projeto de pesquisa pode proporcionar para a sociedade, no sentido de disponibilizar uma alternativa de baixo custo para as empresas que realizam o teste de emergência de sementes em areia ou em outro tipo de substrato, como método para validar a qualidade de seu produto, em regiões em que as condições ambientais não sejam favoráveis para cultura em questão. Além disso, a pesquisa pode ser empregada para produção de hortaliças e outros tipos de cultivo. Vale ressaltar que durante a pesquisa se observou que o controle de temperatura dos substratos aplicado em casa de vegetação normalmente não é realizado de forma direta, conforme é a proposto nesse projeto.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. GERAL

Propor um dispositivo para o controle automatizado da temperatura do substrato de areia, iluminação artificial, irrigação, na casa de vegetação e verificar o impacto deste na redução do tempo do teste de emergência de semente de soja em leito de areia.

#### 4.1.1. Específicos

- a) Desenvolver um dispositivo capaz de controlar as seguintes variáveis ambientais de cultivo: temperatura do substrato de areia, iluminação artificial e irrigação em uma casa de vegetação;
- b) Aplicar o dispositivo em uma casa de vegetação, utilizada por um laboratório de análise de sementes para realizar o teste de emergência;
- c) Realizar pesquisa aplicada por meio da análise da eficácia da aplicação de tecnologias no controle das condições ambientais de cultivo na casa de vegetação e suas contribuições na redução do tempo do teste de emergência de semente soja em leito de areia.

## 5. CAPÍTULO I

### SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS PARA O TESTE DE EMERGÊNCIA DE SEMENTES DE SOJA EM LEITO DE AREIA

(Normas de acordo com a Revista BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL)

#### RESUMO

Os testes de vigor são empregados pelas empresas produtoras de sementes, no controle interno da qualidade. Dentre estes, o teste de emergência de sementes de soja em areia é utilizado para este fim. Contudo, o tempo de resposta do teste é 10 a 12 dias dependendo das condições climáticas. Assim, o trabalho objetivou avaliar o impacto da aplicação de recursos tecnológicos no controle das condições ambientais de temperatura, umidade do substrato de areia e iluminação no teste de emergência para a redução do tempo de resposta. Avaliou-se a qualidade fisiológica 2 cultivares de sementes de soja, cada cultivar representada por 2 lotes, um classificado com bom (90 % germinação) e outro como ruim (80% germinação), por meio dos testes de emergência e germinação. Os testes foram realizados em 4 ambientes diferentes definidos como: i) canteiro estufa sem controle; ii) canteiro aberto; iii) canteiro estufa aprimorado e iv) sala de germinação em laboratório. As médias foram comparadas pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk e posteriormente as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Utilizando como controle positivo a sala de germinação e controle negativo o canteiro aberto. No 6º dia, após a semeadura as plântulas foram classificadas como forte, fracas e não emergidas. Nos ambientes em que houve controle das condições ambientais, obteve-se maior percentual de plântulas fortes ( $p < 0,05$ ), quando comparado com os demais ambientes e os recursos tecnológicos implementados demonstraram controle satisfatório das condições ambientais aplicados.

**Palavras-chave:** Recursos tecnológicos. Temperatura da areia. Condições ambientais.



## **ABSTRACT**

The vigor tests are used by seed producing companies, in the internal quality control. Among these, the soybean seed emergency test in sand is used for this purpose. However, the test response time is 10 to 12 days depending on weather conditions. Thus, the work aimed to evaluate the impact of the technological resources application in the environmental conditions control of temperature, soil moisture and lighting in the emergency test to reduce the response time. The physiological quality of 2 soybean cultivars was evaluated, each cultivar represented by 2 lots, one classified as good (90% germination) and the other as poor (80% germination), by means of emergency and germination tests. The tests were carried out in 4 different environments defined as: i) greenhouse construction without control; ii) open construction site; iii) improved greenhouse and iv) germination room in the laboratory. The means were compared using the Shapiro-Wilk normality test and subsequently the means were compared using the Dunnett test at 5% probability. Using as a positive control the germination room and negative control the open bed. On the 6th day after sowing, seedlings were classified as strong, weak and not emerged. In environments that there was environmental conditions control, a higher percentage of strong seedlings was obtained ( $p < 0.05$ ), when compared to other environments and the technological resources implemented demonstrated satisfactory control of the applied environmental conditions.

Keywords: Technological resources. Soil temperature. Environmental conditions.

## 5.1. INTRODUÇÃO

A alta qualidade das sementes soja é um fator importante para produção. Ela possui atributos de qualidades genética, física, fisiológica e sanitária que lhe confere a garantia de um alto desempenho agrônomico, sendo fundamental para o sucesso de uma lavoura (KRZYZANOWSKI; FRANÇA-NETO; HENNING, 2018), tendo em vista que a agricultura é uma atividade de alto risco, já que os fatores climáticos não são controlados. Neste sentido, a aplicação de instrumentos tecnológicos pode contribuir com a agricultura em todas as etapas do processo, reduzindo custos, perdas e otimizando o tempo no planejamento e na tomada de decisões. Em particular, quando empregado para melhorar a eficiência dos controles e análises relacionados com a qualidade da semente, pode reduzir o tempo de resposta de alguns testes executados pelo controle de qualidade.

Os testes de germinação e vigor são utilizados para avaliar a qualidade fisiológica dos lotes de sementes, identificando aqueles que terão melhor desempenho no campo e na armazenagem (SCHUAB *et al.*, 2006). Uma das premissas para a avaliação destes testes se refere à obtenção de resultados assertivos em período relativamente curto, de forma a auxiliar na tomada de decisões nas operações colheita, beneficiamento e comercialização. É importante ressaltar que o teste germinação em laboratório deve ser realizados em ambiente com dispositivos para controle das condições ambientais (BRASIL, 2009).

De forma complementar e não oficial, pode ser utilizar o teste de emergência em leito de areia, pois ele pode apresentar boa correlação com os resultados de emergência das plântulas no campo, além de evitar descarte de lotes de boa qualidade, que normalmente seriam descartados, caso apenas o teste de germinação em substrato rolo de papel fosse utilizado (NETO; HENNING, 1992), havendo possibilidade de reanálise oficial. Este teste normalmente é realizado em ambientes sem controle das condições ambientais.

De acordo com Beltrão, Fideles Filho e Figueirêdo (2002) o cultivo em casa de vegetação possibilita o controle de determinadas condições ambientais, tais como: temperatura ambiente, umidade do ar, radiação luminosa, vento e composição atmosférica. Para isso, é necessário a utilização de instrumentos e dispositivos de controle. Isso, no interior de ambientes protegidos, são fatores que exercem influência sobre as funções vitais das plantas e seu controle é considerado essencial (MONDO *et al.*, 2010).

Para o controle das condições ambientais (BAJER; KREJCAR, 2015), sugere a utilização da plataforma Arduino para criação de um sistema de controle em casa de vegetação, com armazenagem de dados em cartão SD. Segundo os autores, optaram por este controlador por seu baixo custo e praticidade de programação. Contudo, diferente do trabalho de pesquisa proposto (OLIVEIRA *et al.*, 2006) realizados em casa de vegetação, além do controle umidade e luz, pretende-se controlar a temperatura do substrato de areia de forma direta.

Diante do exposto, considerando que o controle das condições ambientais impacta no desenvolvimento das plantas. O presente trabalho, então, tem como objetivo desenvolver e avaliar a eficácia da implementação de instrumentos tecnológicos na casa de vegetação. Assim, pretende-se responder o seguinte questionamento: A aplicação de instrumentos tecnológicos para controle das condições ambientais de cultivo na casa de vegetação, promoverá a redução no tempo para execução do teste de emergência de semente de soja em leito de areia?

## 5.2. MÉTODO

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento do dispositivo, a fim de reduzir o tempo do teste emergência de sementes de soja em leito de areia, bem como os procedimentos utilizados para validação do dispositivo.

### 5.2.1. Caracterização da área de estudo

O lócus da pesquisa onde foi realizado o estudo e implementação do dispositivo é a Sementes Goiás Ltda., localizada no município de Rio Verde, sudoeste de Goiás Figura 18, com CNPJ 03.482.332/000148, inscrição estadual 10.322.5366, localizada no endereço, Rodovia GO 174, KM 03 à esquerda, zona rural, que possui as seguintes coordenadas: - 17.44'52"S -50° 57' 19" W. Empresa do agronegócio que atua no mercado nacional, especializada na produção, comercialização e distribuição de semente de soja. Possui uma estrutura com mais 80.000m<sup>2</sup> utilizada para beneficiamento e industrialização de semente de soja.

**FIGURA 18** – Local onde foi desenvolvida a pesquisa.

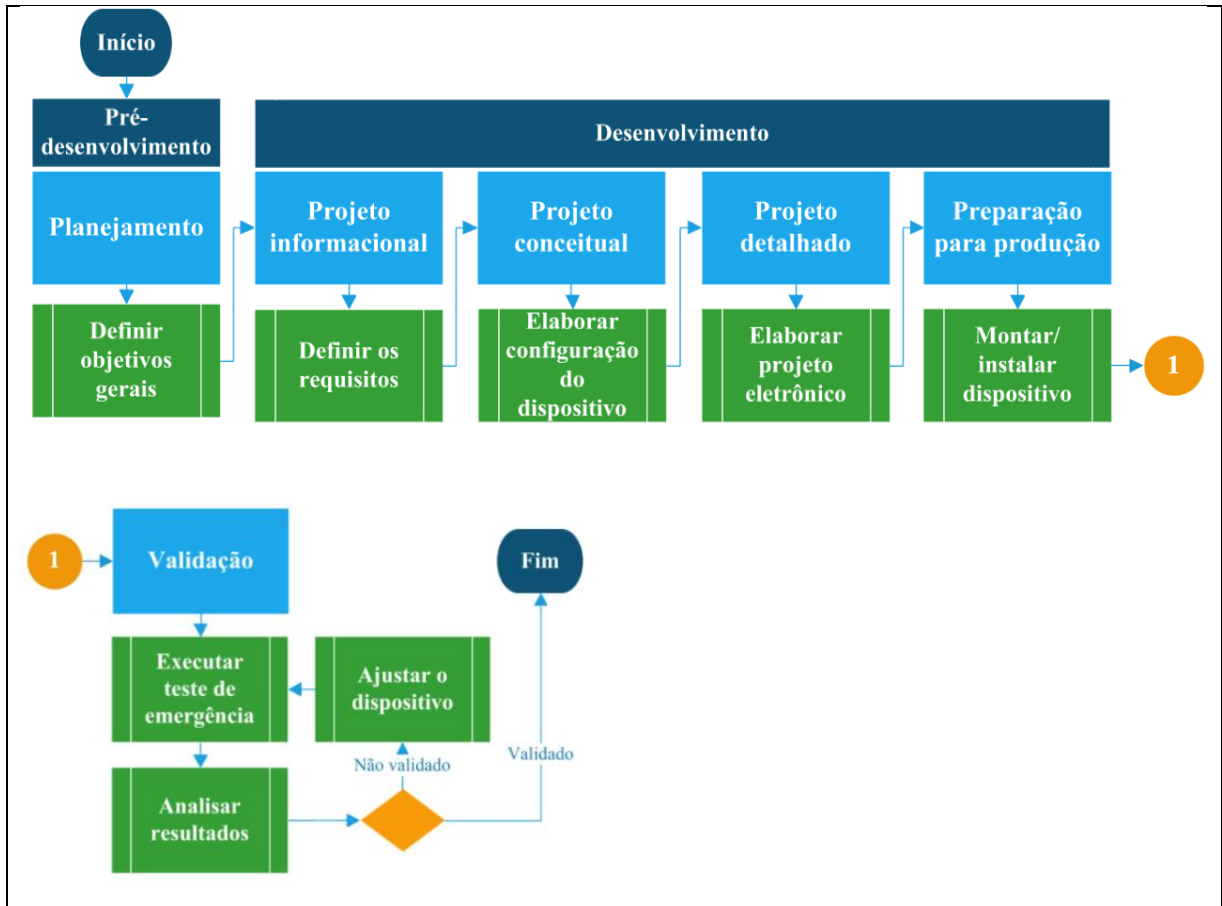


Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados geográficos disponibilizados por Solargis *Prospect*, (2020).

### 5.2.2. Método proposto

O dispositivo foi desenvolvido com base nos conceitos da metodologia proposta por (ROZENFELD *et al.*, 2015), PDP – processo de desenvolvimento de produto, sendo dividido nas seguintes fases: i) pré-desenvolvimento – planejamento; ii) desenvolvimento – projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado e preparação para produção e iii) Validação, conforme Figura 19 – fluxo de desenvolvimento do dispositivo.

**FIGURA 19** – Fluxo do processo de desenvolvimento do dispositivo.



Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

### 5.2.2.1. Planejamento

Nesta fase foi realizado o levantamento dos principais problemas do laboratório da empresa Sementes Goiás Ltda, com relação ao teste de emergência de semente de soja em areia, para isso, foi utilizado o método de entrevista não estruturada, observação direta e hipóteses realizado junto a gestão e a equipe operacional do laboratório. Assim, foi possível elaborar o conceito do dispositivo, definir o objetivo geral (Foco) e definir os requisitos da empresa com relação ao conceito proposto.

### 5.2.2.2. Projeto informacional

Nesta fase, foi realizada a atualização do escopo do projeto, definindo que o seu foco consiste em “Estudar um dispositivo para o controle automatizado da temperatura do substrato

de areia, iluminação artificial, irrigação, na casa de vegetação e verificar o impacto deste na redução do tempo do teste de emergência de semente de soja em leito de areia”.

Com a atualização do escopo e o levantamento das informações preliminares realizadas no planejamento, foram definidos os requisitos do dispositivo, por meio do *value-focused brainstorming*, de acordo (ROZENFELD *et al.*, 2015), os requisitos do produto são ordenadamente convertidos em requisitos do projeto. Concluída a definição dos requisitos, foram elaboradas as especificações do dispositivo, isto é, as características técnicas necessárias para atender os objetivos propostos, obtendo a primeira decisão física sobre o dispositivo que está sendo proposto.

### 5.2.2.3. Projeto conceitual

Na fase de desenvolvimento do projeto conceitual buscou-se identificar os problemas essenciais relacionados ao modelo, de forma a evitar trabalhos futuros, sendo também definida a função global para o dispositivo, qual seja, controlar as condições ambientais no teste de emergência de semente de soja em areia.

Além da função global, foi elaborada a representação da solução proposta, ou seja, a configuração do dispositivo. A criação foi direcionada pelos requisitos levantados e, a representação elaborada, por meio de desenhos, até chegar no layout que melhor representa o dispositivo a ser desenvolvido.

A Figura 20, ilustra a proposta de configuração do dispositivo a ser aplicado. Por se tratar de um dispositivo para o controle de temperatura do substrato de areia, umidade e iluminação, o projeto foi dividido em duas partes: i) sistema de controle e ii) sistema de armazenamento de dados. O sistema de controle atua nas variáveis ambientais de temperatura e umidade do substrato de areia e luminosidade, proporcionando condições favoráveis para o desenvolvimento da semente de soja. O sistema de armazenamento de dados registra os valores das variáveis ambientais controladas, formando o banco de dados para análise da correlação das variáveis ambientais no processo de emergência da semente.

**FIGURA 20** – Configuração, escopo contraído.

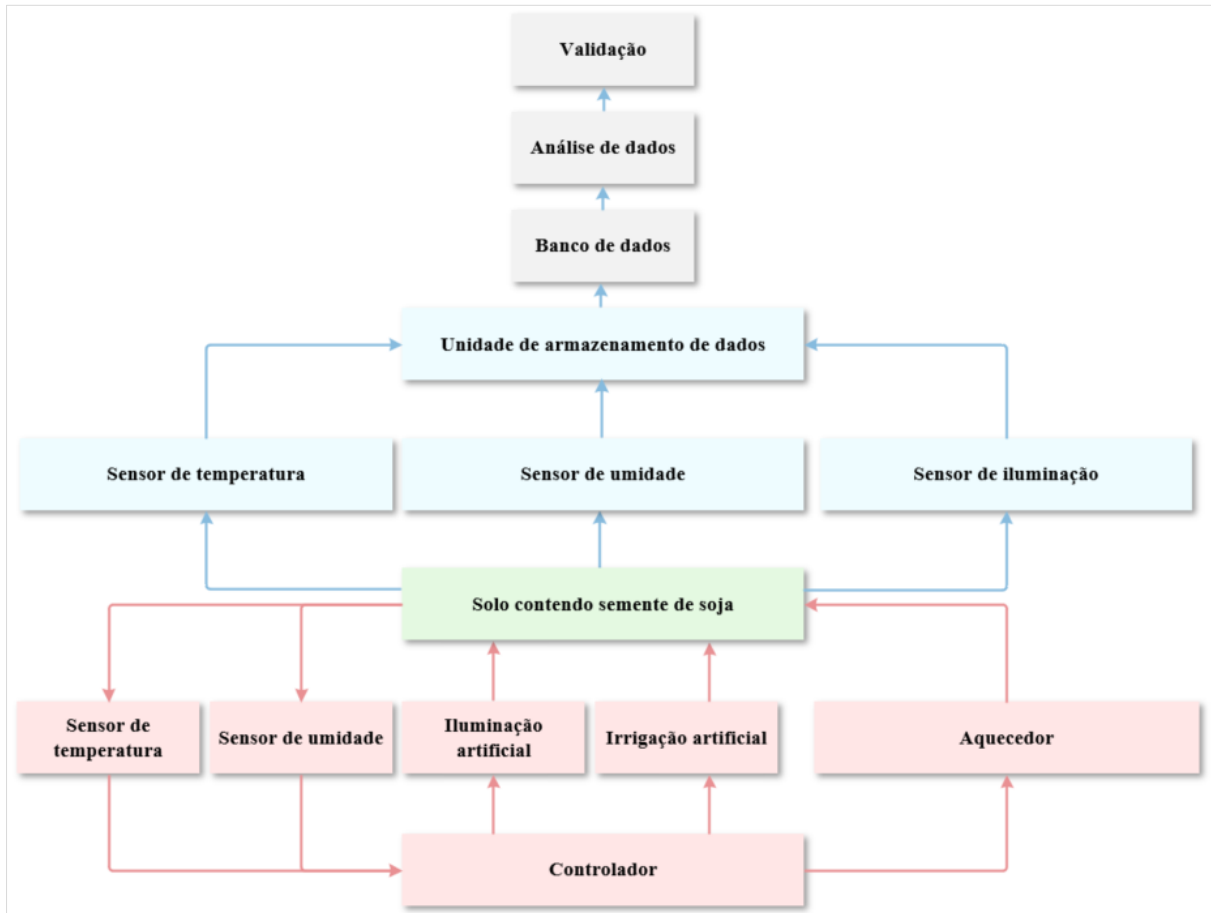


Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

A Figura 21, ilustra a proposta de configuração expandida. Os componentes principais do sistema de controle são: i) controlador; ii) sensor de temperatura; iii) sensor de umidade; iv) sensor de iluminação artificial; v) irrigação artificial; vi) aquecedor; e vii) iluminação. O sistema de controle apresenta a mesma estrutura ilustrada na Figura 12 - sistema de controle em malha fechada.

Os sensores de temperatura e umidade enviam ao controlador os valores atuais do substrato de areia referente a temperatura e umidade. Por sua vez, o controlador atua aquecendo o substrato de areia e/ou acionando a irrigação artificial até que os valores de temperatura e umidade da areia alcancem os níveis desejados. O controle de iluminação artificial é controlado por relógio, sendo que no período noturno a iluminação artificial é acionada.

**FIGURA 21** – Configuração: escopo expandido.



Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

Os componentes principais do sistema de armazenamento de dados são: i) unidade de armazenamento de dados, ii) sensor de temperatura, iii) sensor de umidade e iv) sensor de luminosidade. Os sensores de temperatura, umidade e luminosidade alimentam a unidade de armazenamento de dados com valores atuais mensurados pelo sensor. A unidade de armazenamento de dados registra cada leitura em  $\zeta$  intervalo de tempo.

#### 5.2.2.4. Projeto detalhado

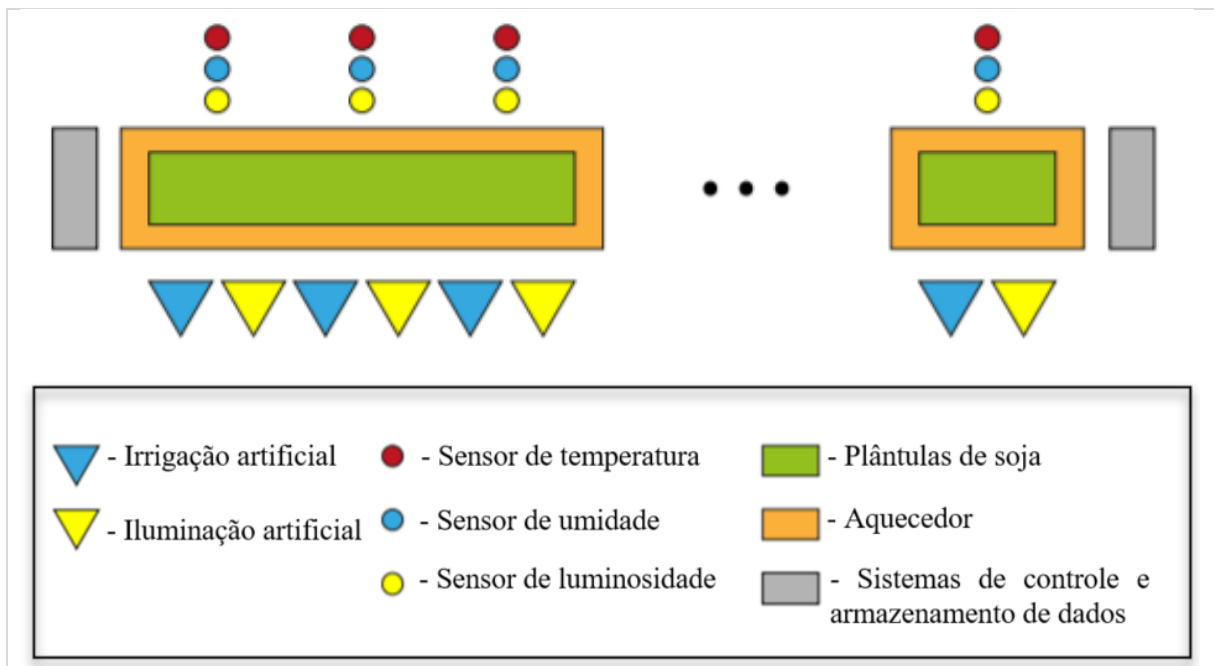
Nesta fase foram finalizadas todas as especificações do dispositivo, tais como: investimento necessário para o projeto, cronograma de execução, diagrama de bloco do fluxo de comunicação e os recursos tecnológicos a serem aplicados (sensores, atuadores, interface de controle e interface de armazenamento).



### 5.2.2.5. Preparação para produção

Essa fase consiste no procedimento de utilização do dispositivo na casa de vegetação, conforme Figura 22. O aquecedor é posicionado  $D\lambda$  abaixo do substrato, percorrendo toda extensão do canteiro utilizado para semeadura. Os sensores e dispositivos para irrigação e iluminação artificial, deverão estar a  $Dx$  centímetros das plântulas de soja, em uma posição que não interfira no crescimento e tenha um bom registro. A quantidade  $Q$  de irrigação e iluminação, sensores de temperatura, umidade e luminosidade, bem como os sistemas de controle e armazenamento de dados é dado pela extensão  $D\phi$  da área de semeadura de sementes de soja.

**FIGURA 22** – Procedimento de utilização.



Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

### 5.2.3. Metodologia para validação do dispositivo

Com o intuito de validar o experimento, foram utilizados 2 cultivares de sementes de soja, cada cultivar representada por 2 lotes, um classificado com bom (90% de germinação) e outro com ruim (80% de germinação), para cada lote foram realizadas 10 repetições, cada repetição foi representado por 100 sementes, sendo essas semeados em 4 ambientes diferentes, nomeados da seguinte forma: i) canteiro aberto; ii) canteiro estufa aprimorado; iii) canteiro

estufa sem controle; e iv) sala germinação em laboratório. Abaixo segue breve descrição de cada ambiente:

- a) Canteiro aberto: ambiente em contato direto com as variações climáticas e irrigação moderada realizado manualmente por colaborador designado;
- b) Canteiro estufa aprimorado: ambiente com cobertura, proteção lateral e com o dispositivo de controle de temperatura e umidade do substrato de areia e com o sistema de iluminação artificial;
- c) Canteiro estufa sem controle: ambiente com cobertura, proteção lateral e com irrigação moderada realizado a cada duas horas;
- d) Sala de germinação: ambiente totalmente controlado (temperatura, umidade e iluminação).

Os cultivares selecionados para o experimento foram ao seguintes: 8579RSF IPRO (Bônus) e 74i77RSF IPRO (Foco), respectivamente com ciclos médios de 120 e 110 dias. O cultivar 8579RSF IPRO foi representada pelos lotes DB 500362519 bom e DB 555567519 ruim e o cultivar 74i77RSF IPRO foi representada pelos lotes DO 163762519 bom e lote DO 119557519 ruim.

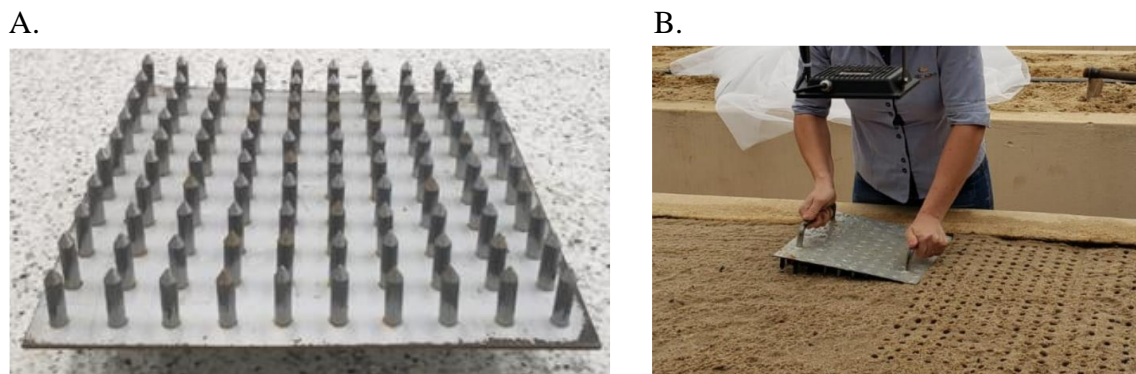
A qualidade fisiológica das sementes dos diferentes cultivares e seus respectivos lotes, foram avaliados por meio dos seguintes testes: germinação, emergência das plântulas em substrato de areia e matéria seca. Para todos os testes foi utilizado a classificação de acordo com (BRASIL, 2009) em plântulas normais, plântulas anormais, semente mortas e duras. Dentre as normais foram também categorizadas em fortes e fracas e, para análise as plântulas anormais, mortas e duras foram agrupadas em nomeadas como não emergidas.

#### 5.2.3.1. Teste emergência de sementes de soja em substrato de areia

A emergência das plântulas em substrato de areia foi conduzida com 10 repetições, cada repetição com 100 sementes. A areia foi irrigada previamente por duas horas para acomodação do leito. Na semeadura foram abertos orifícios no canteiro com o auxílio de tabuleiro de ferro específico para semeadura, com 3 cm de profundidade e com espaçamento de 3 cm entre si,

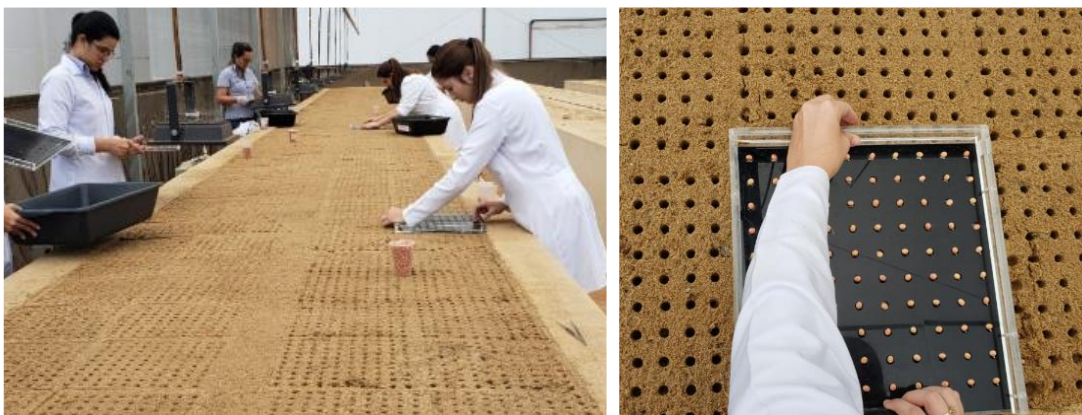
cada tabuleiro proporciona a semeadura de 100 sementes, conforme Figura 23 e 24 preparações do canteiro para semeadura e semeadura. O teste foi realizado nos 4 ambientes e, no mesmo período foi conduzido os testes de germinação em laboratório. O registro da temperatura, umidade do substrato de areia e iluminação foi realizado por meio do dispositivo de controle. No 6º dia, foi realizado a leitura de análise mediante o arranquio para avaliação do sistema radicular e determinação do resultado do teste (percentual de plântulas emergidas). Em específico na leitura do 6º dia, juntamente com a avaliação e determinação do resultado da emergência em areia foi realizado a categorização das plântulas, conforme descrito anteriormente. Sendo os resultados expressos em percentagem de plântulas para cada lote e cultivar.

**FIGURA 23** – (A) Demonstra o Tabuleiro de ferro; (B) Preparo do canteiro para semeadura com tabuleiro de ferro.



Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

**FIGURA 24** – Semeadura das sementes em leito de areia.



Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

### 5.2.3.2. Teste de germinação de semente de soja em laboratório

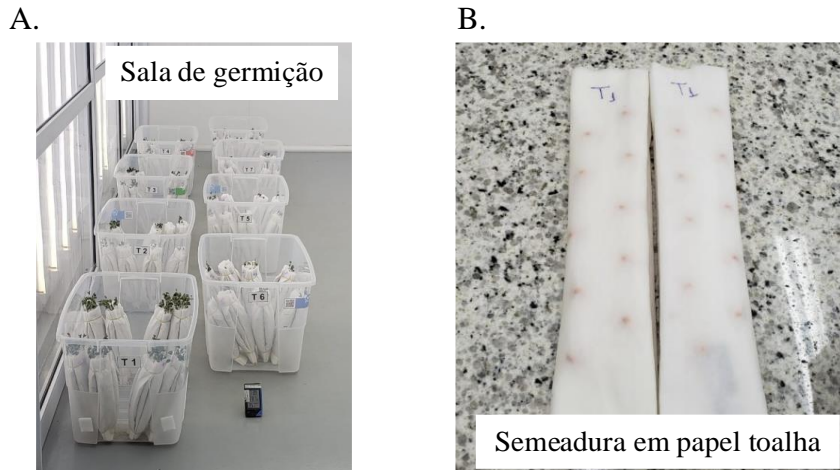
O teste de germinação foi realizado com 10 repetições, sendo que cada repetição foi representada por 100 sementes. As sementes foram semeadas em papel-toalha umedecido com água destilada, utilizando a quantidade de água equivalente a duas vezes e meia a três vezes a massa do papel seco, conforme demonstrado na Figura 25. Foram confeccionados rolos contendo as sementes, sendo estes acondicionados em caixas plásticas e levados para a sala de germinação previamente regulada a 25°C, a variação de temperatura não deve ser maior que  $\pm 2^\circ\text{C}$ , de acordo com a Figura 26. A leitura foi realizada no 6º dia com a avaliação e determinação do resultado de germinação, categorizando as plântulas. Este procedimento teve como objetivo correlacionar os resultados dos demais teste em relação ao teste de germinação padrão, que atualmente é o único teste fisiológico oficial reconhecido pelo MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para comercialização de sementes de soja.

**FIGURA 25** – Processo de preparação para semeadura em papel toalha



Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

**FIGURA 26** – (A) Acondicionamento sala germinação; (B) Sementes em papel-toalha.

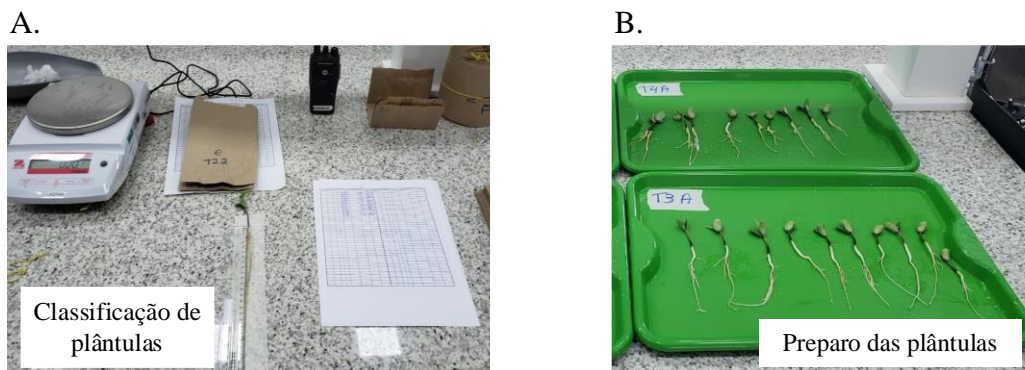


Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

### 5.2.3.3. Matéria seca

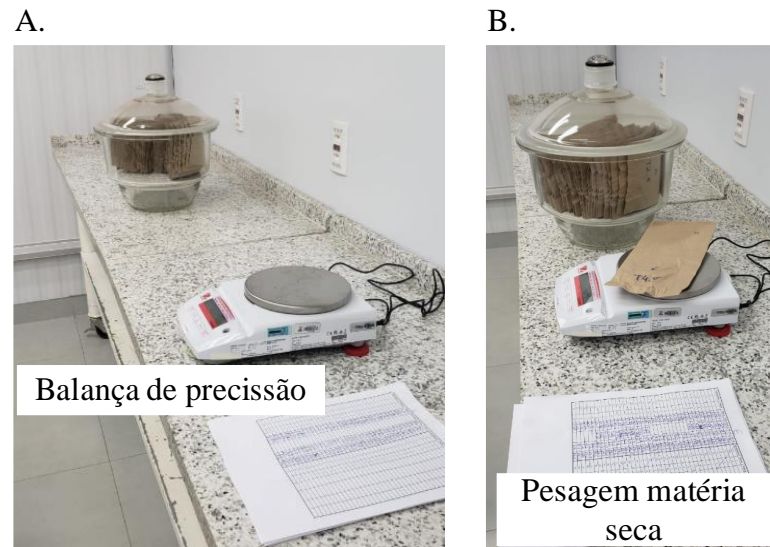
A análise de matéria seca foi conduzida utilizando 10 amostras de plântulas de cada repetição e de cada lote. No 8º e 10º dia de condução dos testes, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, identificados, e levados à estufa com circulação de ar forçado, mantido a uma temperatura de  $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  por um período de 72 hora (ZENEBO; PASCUET; TIGLEA, 2008). Após este período, cada repetição teve a massa avaliada em balança de precisão de 0,001g, e os resultados médios expressos em miligramas por plântula. Este procedimento teve como objetivo verificar se haveria diferença de desempenho das plântulas em função dos fatores ambientais.

**FIGURA 27** – (A) Demonstra o processo de classificação de plântulas e preparo para secagem; (B) Preparo das plântulas



Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

**FIGURA 28** – (A) demonstra o equipamento utilizado; (B) Pesagem das amostras após processo de secagem na estufa.



Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

#### 5.2.3.4. Procedimento estatístico

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial em 4 (ambientes de cultivo) x 2 (lotes de qualidades diferentes), com 10 repetições. Foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Posteriormente, as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Utilizando como controle positivo a sala de germinação e controle negativo o canteiro aberto, condição padrão nas sementeiras.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados empregando a metodologia abordada no Capítulo 4. Este capítulo está dividido 6 em partes: i) Entrevista e observação direta: Teste de emergência de sementes; ii) Requisitos da empresa; iii) Requisitos do dispositivo; iv) Investimento do projeto; v) Método desenvolvido e vi) Validação estatística.

## 6.1. ENTREVISTA E OBSERVAÇÕES DIRETAS: TESTE DE EMERGÊNCIA DE SEMENTES

A partir das reuniões, entrevistas e observações diretas do processo de execução do teste de emergência de semente de soja em areia, foi possível levantar os principais problemas enfrentados pelo laboratório de análise de sementes. No entanto, o autor se limitou a levantar e descrever apenas os problemas que poderiam ser solucionadas com o uso de recursos tecnológicos. A Tabela 2 apresenta os principais problemas levantados junto a equipe.

**TABELA 2** – Principais problemas levantados.

PROCESSO: EMERGÊNCIA DE SOJA EM LEITO DE AREIA
Problemas
Falhas pontuais da equipe no acompanhamento dos canteiros, ocasionando retrabalho na execução do teste.
O tempo necessário para resposta do teste, tem correlação direta com os fatores ambientais de cultivo.
O tempo de resposta do teste de emergência em areia é 10 a 12 dias, sendo considerado longo pela área comercial da empresa.
Quantitativo de mão de obra necessário para o acompanhamento e controle do canteiro.
O tempo necessário para os testes é muito crítico dada a quantidade de amostras a serem realizadas em um curto período.

Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

## 6.2. REQUISITOS DA EMPRESA SOBRE O CONCEITO PROPOSTO

Com o levantamento dos principais problemas, foi discutido através de reuniões com a equipe de gestão da Sementes Goiás Ltda., quais seriam os requisitos da empresa quanto ao conceito do projeto proposto. Tendo como resultado os seguintes requisitos, conforme a Tabela 3.

**TABELA 3** – Requisitos da empresa quanto ao conceito proposto.

<b>PROCESSO: EMERGÊNCIA DE SOJA EM LEITO DE AREIA</b>	
<b>Requisitos da empresa</b>	
	O dispositivo deve ser de baixo custo e aplicável na casa de vegetação;
	O dispositivo deve ser simples de operação;
	O dispositivo deve ser de manutenção simples, e possuir peças de reposição;
	O dispositivo deve ser de fácil replicação e de instalação;
	O dispositivo deve fornecer dados sobre umidade, temperatura e luminosidade;
	O dispositivo deve otimizar o teste de emergência de sementes de soja.

Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

### 6.3. REQUISITOS DO DISPOSITIVO

A partir do levantamento dos problemas e hipóteses, foram definidos os requisitos do dispositivo, por meio do *value-focused brainstorming*, que de acordo (HENRIQUE SCHUSTER; JONATHAN SCHUSTER; SILVA DE OLIVEIRA, 2015) visa obter alternativas mais precisas, ou seja, soluções de maior valor para o resultado final do projeto. Os requisitos podem ser verificados na Tabela 4.

**TABELA 4** – *Value-focused brainstorming*.

<i>Value-focused brainstorming</i>			
<b>Problema</b>	<b>Solução proposta</b>	<b>Objetivo da solução proposta</b>	<b>(Requisitos do dispositivo)</b>
Tempo necessário para a resposta do teste emergência de sementes de soja em leito de areia.	Implementar sistema para controle de temperatura na casa de vegetação.	Controlar a temperatura de forma que o substrato de areia fique na temperatura fique adequado para o desenvolvimento da semente.	Sistema automatizado para aquecimento do substrato de areia e monitoramento da temperatura.
	Implementar válvula com temporizador para acionamento do	O substrato de areia permanecer com umidade adequada para	Sistema automatizado de controle e monitoramento da umidade do substrato de



	sistema de irrigação.	o desenvolvimento da plântula.	areia para acionamento da irrigação.
		Reduzir a interação dos colaboradores no controle e acompanhamento do teste de emergência em areia.	
	Implementar iluminação artificial na casa de vegetação.	Padronizar o crescimento da planta.	Sistema automatizado para o acionamento e monitoramento da iluminação artificial no período noturno.

Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

#### 6.4. INVESTIMENTO DO PROJETO

Para compor o valor do investimento do projeto foi levantado os gastos para a aquisição dos recursos necessários para o desenvolvido e implementado do dispositivo, conforme definição dos requisitos da empresa e do produto.

Para definição da quantidade dos componentes foi considerada a segurança da execução do projeto, pois em caso de falha de algum componente este poderia ser rapidamente substituído sem prejuízo do andamento da pesquisa. O valor do total do investimento do projeto pode ser observado na Tabela 5.

**TABELA 5** – Investimento do projeto

Recursos	Qtd.	Valor unit.	Valor total
Refletor led externo 30w 6500k tr30.	10	R\$ 45,83	R\$ 458,30
Base board L Uno-para Arduino uno.	5	R\$ 39,90	R\$ 199,50
Nanoshield Microsd Modulo p/cartão microsd.	6	R\$ 49,90	R\$ 299,40
Nanoshield mosfet acionamento DC estado sólido.	6	R\$ 19,90	R\$ 119,40

Nanoshield termopar modulo medição temp. max31856.	5	R\$ 89,90	R\$ 539,40
Sensor capacitivo de umidade de solo.	6	R\$ 49,90	R\$ 249,50
Arduino mega 2560 R3 + cabo USB.	6	R\$ 80,00	R\$ 480,00
Minifonte chaveada S-60-12 saída única 60W-12V	6	R\$ 32,90	R\$ 197,40
Sensor de luz BH1750-Fvi/sensor de Lum. lux Digital GY30.	6	R\$ 19,75	R\$ 118,50
Termopar Tipo J – 5 metros.	6	R\$ 61,90	R\$ 371,40
Cabo de calefação (aquecimento) max temp. 200°C.	270	R\$ 10,67	R\$ 2880,90
Cabo flex 1,5 mm preto.	200	R\$ 0,87	R\$ 174,00
Cabo flex 1,5 mm vermelho.	200	R\$ 0,75	R\$ 150,00
Cabo flex 1,5 mm azul.	200	R\$ 0,87	R\$ 174,00
Cabo flex 1,5 mm amarelo.	200	R\$ 0,78	R\$ 156,00
Válvula solenoide água 1/2"X1/2" 12V DC.	2	R\$ 44,50	R\$ 88,00
Timer coel/programador de horário.	1	R\$ 152,00	R\$ 110,90
Cano pvc cinza ¾.	7	R\$ 7,89	R\$ 55,23
Condutele ¾ tipo C.	6	R\$ 11,90	R\$ 71,40
Tomada 10ª 2p+t para condutele.	6	R\$ 19,25	R\$ 115,50
Plug10 A 2p+t.	6	R\$ 19,25	R\$ 115,50
Plug 20 A 2p+T.	1	R\$ 11,50	R\$ 11,50
Abraçadeira plástica cinza ¾.	16	R\$ 2,39	R\$ 38,24
Curva de 90° ¾ pvc cinza.	2	R\$ 2,56	R\$ 5,12
Disjuntor monofásico 10A.	6	R\$ 8,25	R\$ 49,50
Quadro de comando 30X30X20.	6	R\$ 112,00	R\$ 672,00
Barra roscada ¼.	10	R\$ 5,00	R\$ 50,12
Cabo manga 4 vias/30 metros.	1	R\$ 1,00	R\$ 30,00
Termostato digital Inova Inv-20206.	1	R\$ 266,00	R\$ 266,00
Mão de obra instalação.	1	R\$ 7.480,00	R\$ 7.480,00
<b>Investimento total</b>			<b>R\$ 15.633,00</b>

Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

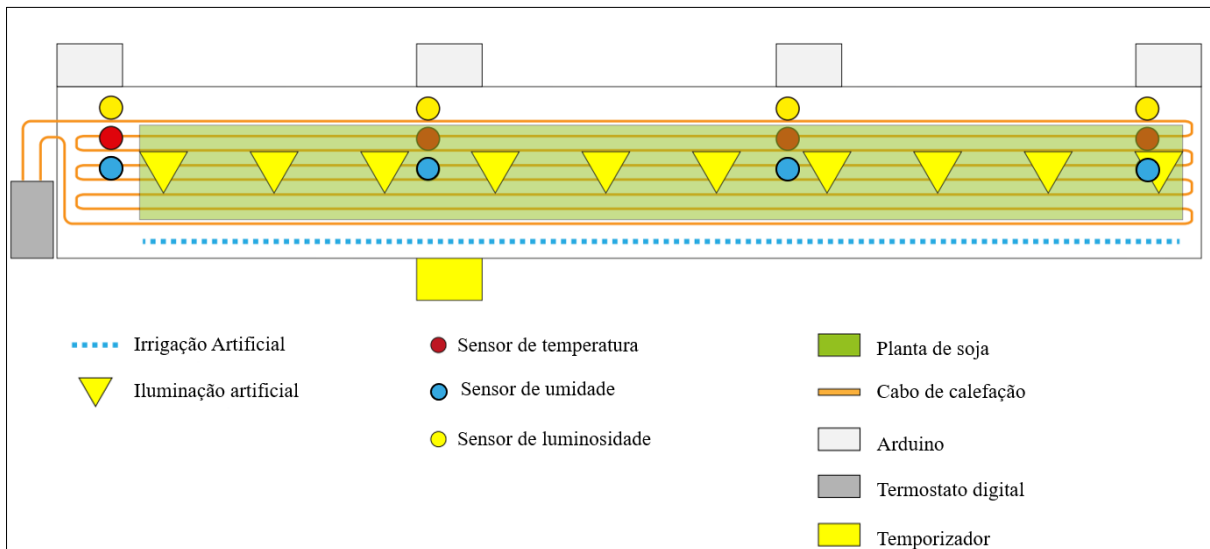
## 6.5. DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO PROPOSTO

A Figura 29, apresenta o método desenvolvido. O sistema de controle e de armazenamento de dados foi aplicado em três tipos de dispositivos: i) termostato digital, ii) módulo Arduino e iii) temporizador digital.

O sistema de aquecimento adotado foi o cabo de calefação com temperatura controlada por termostato digital, este conectado a um sensor que identifica a temperatura do substrato de

areia. O módulo Arduino foi aplicado para mensuração e armazenamento dos valores medidos pelos sensores de temperatura, umidade e luminosidade e, para o controle de acionamento da válvula solenoide para irrigação por microaspersão. Já o sistema de iluminação foi controlado por temporizador digital.

**FIGURA 29** – Método desenvolvido.



Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

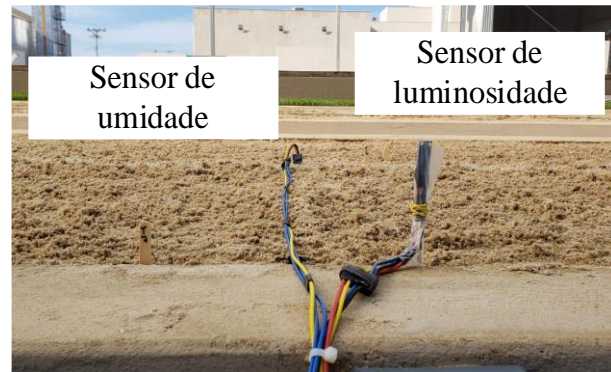
Conforme ilustrado na Figura 29, foi utilizado quatro unidades com módulo Arduino para a mensuração de temperatura, umidade e luminosidade instalados no canteiro com distância de dois metros e meio entre cada unidade, sendo que uma das unidades foi configurado para o controle da irrigação, ocorrendo quando o sensor capacitivo identifica que a umidade do substrato está próxima de 55% da capacidade de campo da areia. A Figura 30, mostra uma das unidades com módulo Arduino, os sensores instalados no canteiro e os sistemas de iluminação e irrigação.

**FIGURA 30** - (A) Demonstra sistema de irrigação e iluminação; (B) Posição do sensor de umidade e iluminação; (C) Módulo Arduino para coleta e armazenamento de dados.

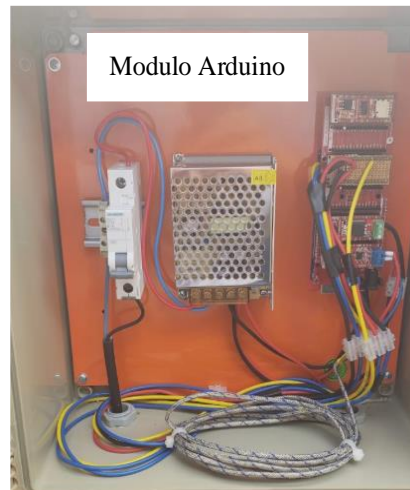
A.



B.



C.



Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

A unidade de controle de temperatura é composta pelo cabo de calefação, sensor de temperatura tipo J e o termostato digital. O cabo foi instalado a 15 centímetros abaixo do substrato com espaçamento de 8 centímetros entre os cabos, o sensor de temperatura foi inserido a 4 centímetros abaixo do substrato de areia, tendo em vista que as sementes são semeadas de forma padrão a 3 centímetros abaixo da areia. A Figura 31, demonstra a instalação do cabo de calefação no canteiro.

**FIGURA 31** – Instalação do cabo de calefação.



Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

O temporizador para o controle de iluminação foi instalado dentro da casa de vegetação e, as lâmpadas para iluminação artificial foram posicionadas no centro do canteiro a 1 metro de altura, de forma que a luz cobrisse toda área semeada. No total foram instaladas 10 lâmpadas de 30 w, com intervalo de 1 metro a cada lâmpada. O sistema de iluminação foi programado para acionar às 18h da noite e desligar às 06h da manhã.

**FIGURA 32** – Temporizador para controle de iluminação.



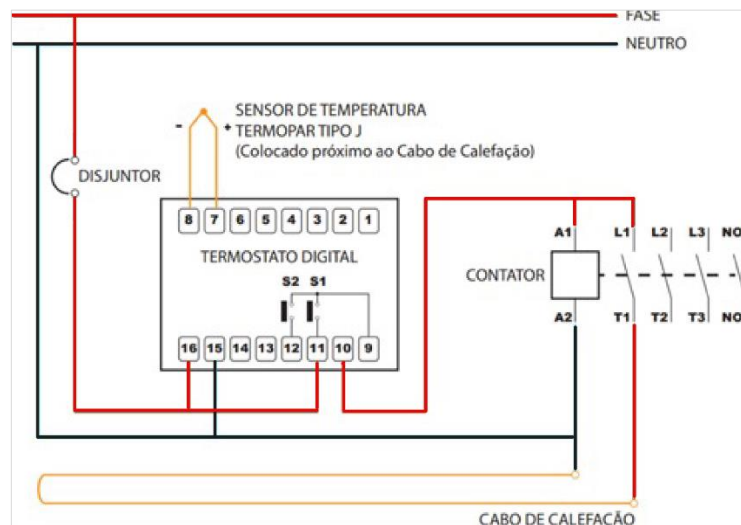
Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

## 6.6. TERMOSTATO DIGITAL

O modelo adotado para o termostato digital foi o Inova INV-20206/J com controle de temperatura PID auto-tune, as ações proporcionais, derivativa e integral são automaticamente reguladas pelo próprio termostato mediante a temperatura desejada. Adotou-se um termopar do tipo J como sensor de temperatura que retroalimenta o sistema de controle do termostato.

A Figura 33, apresenta o circuito elétrico para o controle de temperatura do cabo de calefação. O modelo de cabo de calefação adotado foi com alimentação 220V AC. O termostato digital exerce controle na temperatura do cabo energizando quando a temperatura identificada pelo sensor é menor que 26°C ou desenergizando a bobina do contator quanto a temperatura identificada pelo sensor está acima de 26°C, isto é, quando a bobina do contator está energizada o cabo de calefação recebe 220V AC.

**FIGURA 33** – Unidade para de controle de temperatura, circuito elétrico



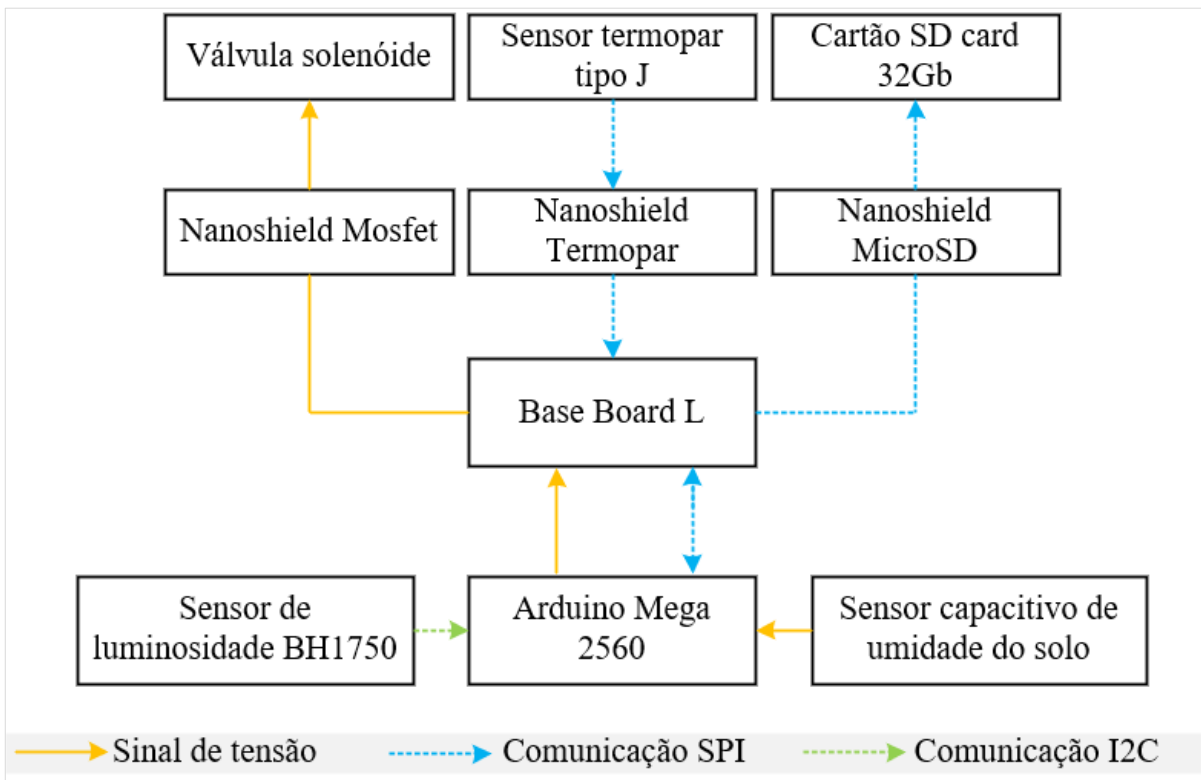
Fonte: elaborada pelo autor, (2020).

## 6.7. MÓDULO ARDUINO

O modelo do módulo Arduino adotado foi o Mega 2560. A placa Base Bord L de expansão de acoplamentos e conexões foi acoplada ao Mega 2560, permitindo a interconexão entre submódulos de circuitos integrados (*Nanoshield*), conforme apresenta o Anexo A. Os *Nanoshields* são sistemas eletrônicos modulares, sendo utilizado neste trabalho para construir

o dispositivo e, com isso, minimizar o uso de fios e soldas. A Figura 34, apresenta o fluxo dos sinais entre os submódulos e o Arduino Mega 2560: i) sinal de tensão, ii) comunicação SPI e iii) comunicação I2C.

**FIGURA 34** – Diagrama de blocos do fluxo de comunicação entre Arduino e os nanoshield.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A válvula solenoide é acionada pelo submódulo *mosfet* para liberar irrigação, sempre que a umidade mensurada pelo submódulo sensor capacitivo de umidade da areia atingir 55% da capacidade de campo. O Anexo B, apresenta o circuito eletrônico responsável pela mensuração da umidade da areia por variação capacitiva. O circuito integrado TLC555 gera uma onda quadrada que alimenta o capacitor C3, o qual apresenta certa reatância formando um divisor de tensão com o resistor R2 de 10kohm. Portanto, quanto maior a umidade da areia, maior a capacitância em C3, gerando no pino 3 do conector J1, um sinal de tensão com intervalo entre 1,2V e 3,0V. Este sinal de tensão é convertido pelo Arduino (conversão analógico para digital) em um proporcional de 0 a 1023 valores decimais que correspondem ao intervalo de 0 a 100% de umidade.

Antes de utilizar o sistema de controle de umidade do substrato de areia, verificou-se qual era o valor médio de capacitância dentro d'água e fora d'água, conforme Tabela 6. Dessa

forma, obteve-se valores que foram aplicados como parâmetros de comparação com o valor da umidade da areia. Observou-se que dentro da água o valor não chega a 0  $\Omega$ , visto que mesmo a 100 % de umidade é possível a passagem de corrente elétrica.

**TABELA 6** – Valores de máxima, média e mínimo da aquisição de dados para calibração do sensor de umidade da areia realizado no LASP de Semente Goiás.

Descrição	Seco ( $\Omega$ )	Submerso ( $\Omega$ )
Máxima	1023	266
Média	1023	249
Mínima	1023	212

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O submódulo *mosfet* recebe do módulo Arduino um sinal de tensão de nível lógico digital alto (5V DC) sempre que a umidade correspondente em valores decimais for inferior a 500, o sinal em nível lógico alto permite que a bobina da válvula solenoide seja alimentada com 12V DC, conforme apresenta o Anexo C.

No Anexo D, apresenta o circuito eletrônico do *nanoshield* termopar conectado ao sensor termopar tipo J. O *nanoshield* termopar se utiliza do circuito integrado MAX31856 que executa compensação de junção fria e digitaliza o sinal de qualquer tipo de termopar com precisão de  $\pm 0,15\%$  e intervalo de  $- 210^{\circ}\text{C}$  a  $+ 1800^{\circ}\text{C}$ . O C.I. MAX31856 envia os sinais obtidos e digitalizado do sensor termopar para o módulo Arduino por comunicação SPI. O C.I. SN74LVC125AD realiza conversão de nível lógico digital entre o MAX31856 (3, 3V) e o Arduino Mega 2560 (5V).

O Anexo E, mostra o circuito eletrônico do *nanoshield* BH1750 adotado como sensor de intensidade luminosa. O circuito integrado BH1750 possui ampla capacidade de mensuração de intensidade luminosa com intervalo de 1 a 65535 lux. O C.I. transmite ao módulo Arduino os sinais obtidos e digitalizado, por comunicação I2C.

No Anexo F, apresenta o circuito eletrônico do *nanoshield* MicroSD. O DM3D-SF é um conector do tipo Card e comporta micro SD CARD de até 32Gb. O Arduino Mega 2560 a cada intervalo de três horas, armazena os valores obtidos dos sensores de temperatura, umidade e luminosidade no micro SD Card via comunicação SPI.



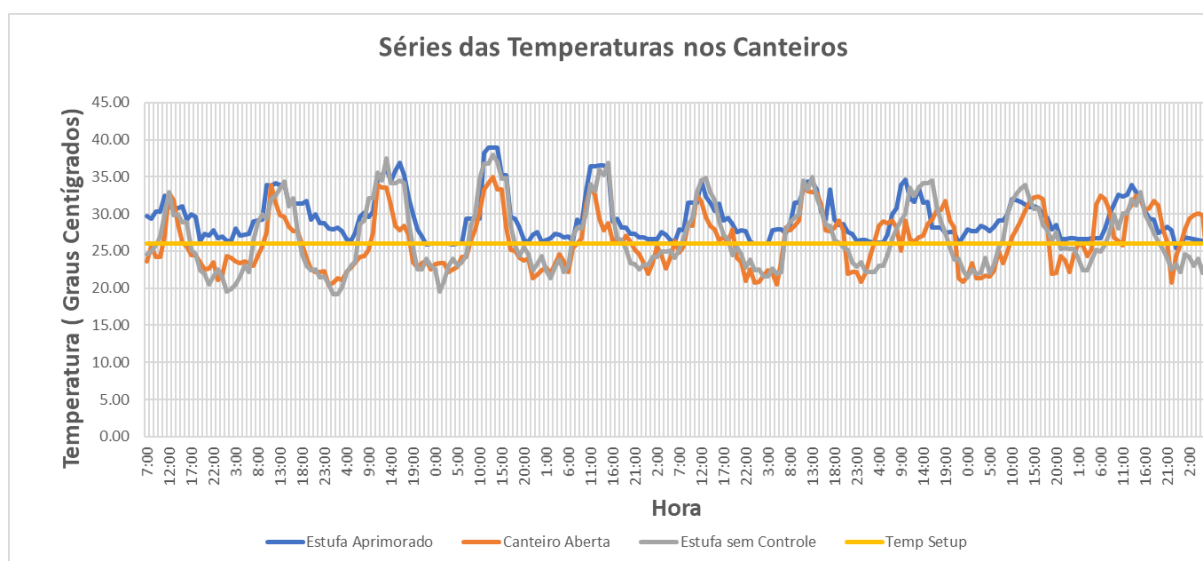
O Anexo G, apresenta o circuito elétrico para controle de acionamento da iluminação artificial com 10 lâmpadas led de 30W por temporizador digital; o modelo adotado foi o *Weekly Digital Timer*. O temporizador digital foi configurado para permitir iluminação artificial em intervalo de 12 em 12 horas.

## 6.8. CONTROLE DE TEMPERATURA

A Figura 35, demonstra a variação de temperatura do substrato de areia nos três ambientes (canteiro estufa aprimorado, canteiro estufa sem controle e canteiro aberto). Observa-se que no canteiro estufa aprimorado não houve temperaturas abaixo dos 26°C (temperatura de setup) ao longo dos 10 dias do teste, isso sugere que os dados são representativos para demonstrar a eficiência no controle e registro. O controlador apresentou resposta satisfatória em todo o período experimental, realizando o monitoramento e atuação no ambiental de acordo com a programação.

Vale ressaltar que temperatura é um parâmetro que varia significativamente com o tempo, sendo afetada por uma série de outras variáveis e fatores. Desta forma, dependendo das estratégias estabelecidas, pode ser necessário ajustes dos parâmetros do controlador em função da dinâmica do processo.

**FIGURA 35** – Monitoramento da temperatura do substrato de areia durante 10 dias.

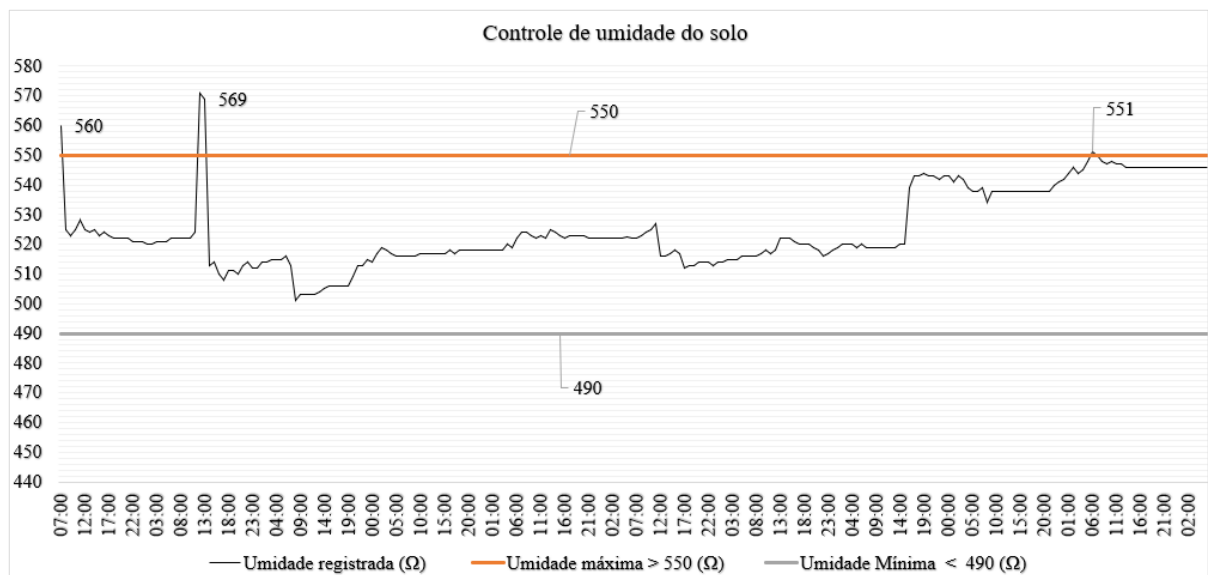


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## 6.9. CONTROLE DE UMIDADE

A Figura 36, demonstra que de maneira geral o sistema identificou corretamente a umidade da areia acionando a válvula solenoide e, concomitantemente o sistema de irrigação por microaspersão de forma a elevar a umidade da areia até a faixa de umidade definida, ou seja, valor equivalente a 55% da capacidade de campo. Contudo, pode ser observado que nas primeiras horas o sistema apresentou dois picos de umidade acima da programação, os quais foram corrigidos durante o monitoramento dos registros dos dados estabilizando o controle.

**FIGURA 36** – Monitoramento e controle da umidade do substrato de areia.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## 6.10. CONTROLE DE ILUMINAÇÃO

O controle de iluminação foi efetivo de forma que o seu acionamento ocorreu conforme a programação definida, porém, verificou-se que não apresentou influência significativa no desenvolvimento das plântulas, contudo, observou-se leve tendência de crescimento orientado em direção ao sistema de iluminação.

## 6.11. MATÉRIA SECA

A Figura 37, demonstra a diferença do volume radicular que as plântulas da cultivar 74i77 lote bom apresentaram 6 dias após a semeadura, sendo a) o resultado apresentado no canteiro aberto; b) no canteiro estufa aprimorado e c) canteiro estufa sem controle. Nota-se, que o canteiro b apresentou visualmente maior volume radicular.

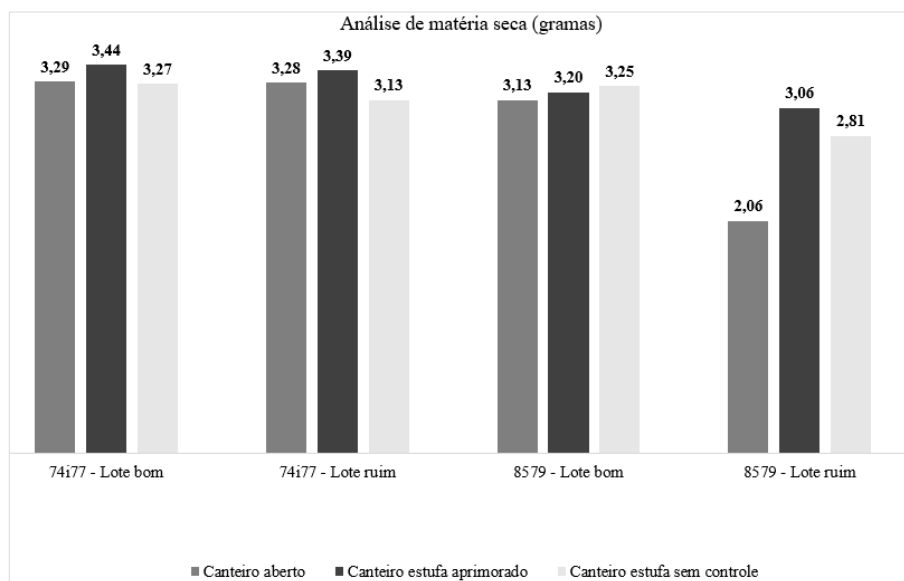
**FIGURA 37** – Imagens do volume radicular 6 dias após a semeadura, (A) representa canteiro aberto; (B) representa canteiro estufa aprimorado e (C) canteiro estufa sem controle



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

A Figura 38, indica que a matéria seca acumulada nas plântulas após 10 dias da emergência na areia, sob condições de controle de temperatura, umidade do substrato de areia e iluminação houve tendência de apresentar melhor resultado. Exceto o cultivar 8579 – lote bom, que no ambiente de canteiro em estufa sem controle das condições ambientais apresentou maior acúmulo de matéria seca.

**FIGURA 38** – Apresenta o gráfico da soma da matéria seca total acumulada da amostra de plântulas, 10 dias após a semeadura.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

## 6.12. VALIDAÇÃO ESTATÍSTICA

Não houve interação entre os fatores avaliados, ambiente e lote. Pelos resultados obtidos para a cultivar 8579, foi possível verificar que houve diferença no desenvolvimento das plântulas e conseqüentemente no resultado da classificação para o ambiente e lote.

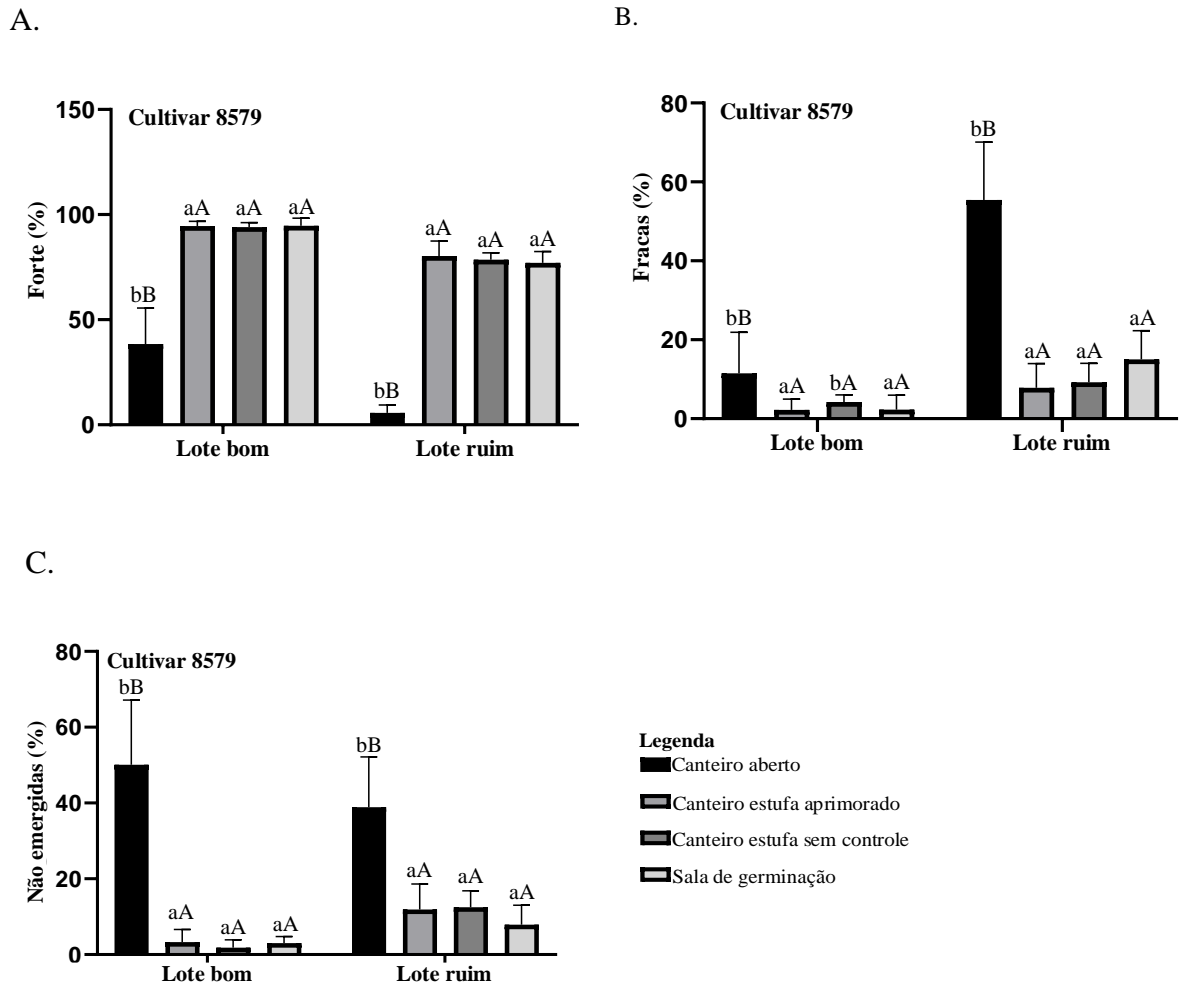
Na Figura 39 (A), observou-se que nos ambientes que houve controle das condições ambientais se obteve maior percentual de plântulas fortes ( $p < 0,05$ ), quando comparado ao controle negativo (canteiro aberto) e, quando comparado ao controle positivo (sala de germinação) não houve diferença entre os ambientes canteiro estufa aprimorado e canteiro estufa sem controle, sendo que no canteiro estufa aprimorado apresentou maior média na classificação forte para o lotem bom e ruim.

Já na Figura 39 (B e C), observou-se menor do percentual de plântulas fraca e não emergidas quando comparado ao controle negativo (canteiro aberto) e, sendo que na Figura 39 (B) observa-se que não houve diferença entre canteiro estufa sem controle e controle negativo (canteiro aberto) lote bom. Verificou-se também que o resultado do cultivar 8579, lote ruim, não foi superestimado em razão do ambiente.

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem em relação ao controle positivo e minúsculas ao controle negativo, de acordo com o teste Dunnett a 5% de

probabilidade, Barra=desvio padrão.

**FIGURA 39** – Percentual de plântula fortes (A), fraca (B) e não emergidas (C) de semente *Glycine max*, submetidas a diferentes condições de emergência após 6 dias de semeadura, da cultivar 8579



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

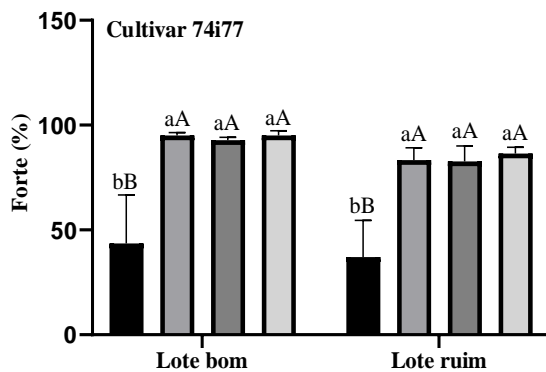
Pelos resultados obtidos para cultivar 74i77, foi possível verificar que houve diferença no desenvolvimento das plântulas e conseqüentemente no resultado da classificação para o ambiente e lote.

Na Figura 40 (A), observou-se que nos ambientes onde houve controle das condições ambientais se obteve maior percentual de plântulas fortes ( $p < 0,05$ ), quando comparado ao controle negativo (canteiro aberto) e, quando comparado ao controle positivo (sala de germinação) não houve diferença significativa entre os ambientes canteiro estufa aprimorado e canteiro estufa sem controle, sendo que o controle positivo (sala de germinação) apresentou maior média na classificação forte para o lotem bom e ruim.

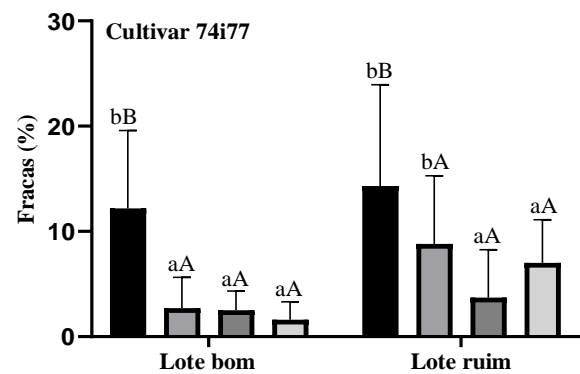
Já na Figura 40 (B e C), observou-se menor do percentual de plântulas fraca e não emergidas quando comparado ao controle negativo (canteiro aberto), sendo que na Figura 40 (B) observa-se que não houve diferença entre canteiro estufa aprimorado e controle negativo (canteiro aberto) lote ruim. Verificou-se também que o resultado da cultivar 74i77 lote ruim não foi superestimado em razão do ambiente.

**FIGURA 40** - Percentual de plântula fortes (A), fraca (B) e não emergidas (C) de semente *Glycine max*, submetidas a diferentes condições de emergência após 6 dias de semeadura, da cultivar 74i77.

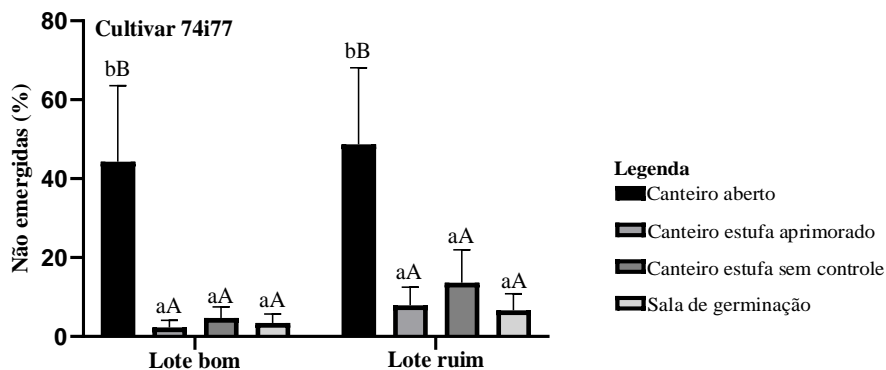
A.



B.



C.



**Legenda**

- Canteiro aberto
- Canteiro estufa aprimorado
- Canteiro estufa sem controle
- Sala de germinação

Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

A partir das análises e do teste de Dunnett demonstrados na Figura 39 e 40, foi possível constatar que no 6º dia após a semeadura ao realizar a classificação das plântulas o canteiro estufa aprimorado obteve resultados equiparados com os resultados demonstrados na sala de germinação, identificando que o controle das condições ambientais contribuiu para este resultado.

**TABELA 7** – Dados da estatística descritiva.

Variable	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Temp. Sensor (°C) C.E.A	240,00	29,39	28,48	25,41	38,93	3,03
Temp. Senso (°C) C.A	240,00	26,32	25,90	20,40	35,00	3,68
Temp. Sensor (°C) C.E.S.C	240,00	26,89	25,49	19,14	37,96	4,56
Umidade (Ω) C.E.A	240,00	524,96	521,00	501,00	571,00	13,03
Umidade (Ω) C.E.S.C	240,00	532,41	528,00	521,00	643,00	17,30
Umidade (Ω) C.A	240,00	442,48	425,00	410,00	598,00	44,64
Luminosidade C.E.A	240,00	3839,50	2628,30	245,00	15530,69	4020,07
Luminosidade C.E.S.C	240,00	3512,44	1722,50	219,00	14901,00	3850,23

\*C.E.A – Canteiro estufa aprimorado; C.A – Canteiro Aberto; C.E.S.C – Canteiro estufa sem controle

Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

A Tabela 7 demonstra a estatística descritiva, podendo ter visão geral das médias de temperatura, umidade e luminosidade nos ambientes.

**TABELA 8** – Matriz de correlação dos dados entre ambientes.

Variable	Correlations Marked correlations are significant at $p < .05000N=240$ (Casewise deletion of missing data)									
	Means	Std.Dev	Temp. (°C) C.E.A	Temp. (°C) C.A	Temp. (°C) C.E.S.C	Umid. (Ω) C.E.A	Umid. (Ω) C.E.S.C	Umid. (Ω) C.A	Lux. C.E.A	Lux. C.E.S.C
Temp.(°C) C.E.A	29,39	3,03	1,00	0,66	0,86	-0,13	-0,05	-0,07	0,77	0,75
Temp.(°C) C.A	26,32	3,68	0,66	1,00	0,76	0,18	-0,05	-0,11	0,67	0,67
Temp.(°C) C.E.S.C	26,89	4,56	0,86	0,76	1,00	-0,04	-0,03	-0,10	0,85	0,83
Umidade(Ω) C.E.A	524,96	13,03	-0,13	0,18	-0,04	1,00	-0,16	-0,05	0,00	0,00
Umidade(Ω) C.E.S.C	532,41	17,30	-0,05	-0,05	-0,03	-0,16	1,00	0,32	-0,03	0,01
Umidade(Ω) C.A	442,48	44,64	-0,07	-0,11	-0,10	-0,05	0,32	1,00	0,00	-0,02
Lux. C.E.A	3839,50	4020,07	0,77	0,67	0,85	0,00	-0,03	0,00	1,00	0,95
Lux C.E.S.C	3512,44	3850,23	0,75	0,67	0,83	0,00	0,01	-0,02	0,95	1,00

\*C.E.A – Canteiro estufa aprimorado; C.A – Canteiro Aberto; C.E.S.C – Canteiro estufa sem controle

Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Os dados em vermelho da Tabela 8 são os dados que apresentam correlação significativa, por exemplo, quando se observa a variável canteiro estufa aprimorado com a estufa sem controle, observa-se alta correlação no item temperatura, cerca de 0,86.

TABELA 9 - Teste Mann-Whitney.

Variável	Grupo 0	Grupo 1	Grupo 0	Grupo 1	Grupo 0	Grupo 1	Mann-Whitney
	Média	Média	N	N	Desv. Pad	Desv. Pad	<i>p</i>
Forte	68,80	88,28	120	40	30,33	8,11	0,00043
Fraca	11,58	5,37	120	40	15,61	5,58	0,02469
Não emergidas	19,62	6,35	120	40	21,43	5,82	0,00065
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>					

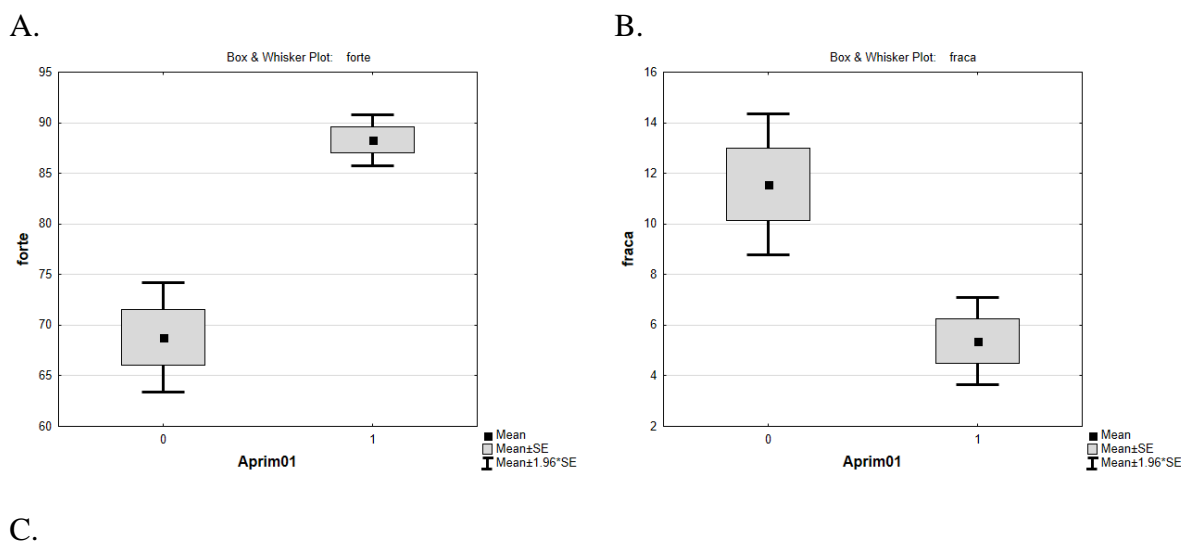
Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Na Tabela 9 têm dados das médias, sendo Grupo 1 – canteiro estufa aprimorado e o Grupo 0 os demais ambientes. Nesta, observam-se as médias e seu desvio padrão com relação a classificação das plântulas (Forte, fraca e não emergidas), sendo *p* a significância garantida pelo teste Mann-Whitney.

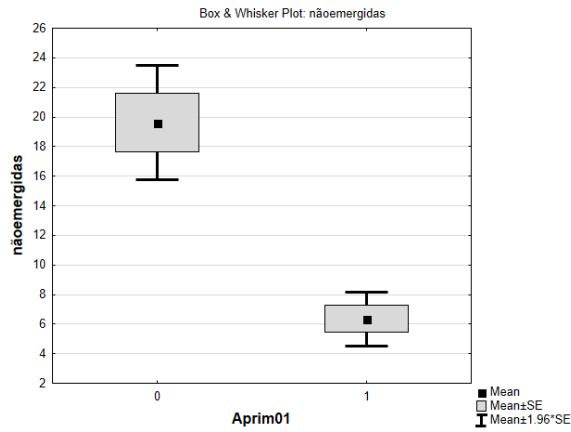
As médias do Grupo 1 (Canteiro estufa aprimorado) apresentou melhor resultado nas variáveis forte, fraca e não emergidas, quando comparadas com o Grupo 0, ou seja, entende-se que melhorou a assertividade de que as sementes do Grupo 1 obtiveram melhor desempenho.

Quando se observa o desvio padrão (variação em torno da média) do Grupo 1, observa-se maior estabilidade dos resultados quando comparados com o Grupo 0, que apresentou maior desvio padrão nas variáveis forte, fraca e não emergidas.

**FIGURA 41** – Comparação da distribuição da média de plântulas forte em relação ao ambiente estufa aprimorado (A), comparação da média de plântulas fraca em relação ao ambiente (B), comparação da média de plântulas não emergidas em relação ao ambiente (C).







Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Na Figura 41 (A) observou-se que o conjunto médio de plântulas classificadas como forte no ambiente canteiro estufa aprimorado é maior quando comparado as demais variáveis, já na Figura 41 (B e C), o canteiro estufa aprimorado apresentou menor média de plântulas fracas e não emergidas, quando comparadas as demais variáveis.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo principal desenvolver um dispositivo para o controle automatizado da temperatura do substrato de areia, iluminação artificial e irrigação, na casa de vegetação da empresa Sementes Goiás Ltda., utilizado para execução dos testes de emergência de sementes de soja em leito de areia e verificar o impacto deste dispositivo na redução do tempo de resposta do teste.

A pesquisa realizada contemplou deste o levantamento dos principais problemas para realização dos testes, levantamento dos requisitos para o desenvolvimento do dispositivo até a sua implementação.

### 7.1. SÍNTESE DOS RESULTADOS

Durante a realização da pesquisa foram determinados objetivos a serem atendidos pelo projeto prático. Abaixo seguem os resultados obtidos e as considerações do autor acerca de cada um:

1. Produto 1: Desenvolver um dispositivo capaz de controlar as seguintes variáveis ambientais de cultivo: temperatura do substrato de areia, iluminação artificial e irrigação em uma casa de vegetação – Pode ser observado conforme apresentado neste trabalho que o dispositivo apresentou resultado satisfatório no controle da temperatura do substrato de areia e da umidade, bem como no controle do acionamento dos do sistema de iluminação. Deve também ser registrado que se tratou de uma implementação de baixo custo, quando comparada com soluções similares de mercado.
2. Produto 02: Solicitação de registro de patente, por meio do preenchimento do formulário de notificação de invenção do Núcleo de Inovação Tecnológica do INSTITUTO FEDERAL GOIANO PRÓ-REITORIA DE PESQUISA PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO.
3. Produto 3: Pesquisa aplicada para avaliar e mensurar a melhoria do processo produtivo. Aplicar o dispositivo em uma casa de vegetação, utilizada por um laboratório de análise de sementes para realizar o teste de emergência – O

dispositivo foi desenvolvido e implementado na casa de vegetação conforme proposto, sendo observado que os recursos tecnológicos empregados foram adequados para atender os requisitos definidos;

4. Produto 4: Produto 04: Relatório de Resultados Consolidados. Analisar a eficácia da aplicação de tecnologias no controle das condições ambientais de cultivo na casa de vegetação e suas contribuições na redução do tempo do teste de emergência de semente soja em leito de areia – Conforme apresentado pelo teste de Dunnett observa-se que o dispositivo contribuiu para o desenvolvimento das plântulas, permitindo assim, que sua classificação fosse possível de ser realizada 6 dias após sua semeadura, com isso, promoveu redução de 50% no tempo de resposta do teste, tendo em vista que o teste de emergência tem duração de 10 a 12 dias dependendo das condições climáticas;
5. Produto 5: Minuta de artigo com o seguinte título: Soluções Tecnológicas Aplicada para o Teste de Emergência de Sementes de Soja em Leito de Areia, com proposta de publicação na Revista BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL, Qualis B 1.

Observa-se ainda que o sistema apresenta boa relação de custo benefício, tendo em vista que o consumo de água para os testes de emergência em areia se torna mais racional, outro ponto verificado o quantitativo de horas dos colaboradores destinados para o acompanhamento diário das condições de umidade do canteiro foi reduzido significativamente.

Vale ressaltar que os testes foram realizados entre o dia 06/02/2020 e 16/02/2020, neste período a temperatura média de Rio Verde de acordo com INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, variou entre 20°C e 32°C, conforme apresentado no Anexo I. Já os dados de temperatura e umidade do substrato de areia registrado nos canteiros são apresentados no Anexo H. Observou-se que as condições ambientais foram favoráveis para o desenvolvimento das plântulas, isso pode ter contribuído no resultado apresentado pelo canteiro estufa sem controle. Contudo, os testes oficiais de emergência de semente de soja ocorrem entre os meses de agosto e setembro, período este em que as condições climáticas não são favoráveis para execução do teste de emergência em areia. O autor acredita que neste período os testes realizados no canteiro estufa aprimorado obterá melhor resultado quando comparado ao canteiro estufa sem controle e canteiro aberto.

Outro ponto importante a ser observado é que com a implementação do dispositivo na casa de vegetação permitiu que o Laboratório de Análise de Sementes atendesse o requisito 6.3, 6.4, 6.5 e 7,5 da norma NBR ISO/IEC 170025.

Conclui-se então a partir dos dados analisados, que o dispositivo desenvolvido e aplicado na casa de vegetação da Sementes Goiás, demonstrou atender os objetivos propostos nesta pesquisa do ponto de vista técnico.

## 7.2. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A primeira limitação da pesquisa, prende-se a escassez de outros trabalhos acadêmicos que abordam o tema específico para efeitos comparativos.

Outro ponto está relacionado com a limitação do autor com relação ao domínio do conhecimento multidisciplinar necessário para o desenvolvimento do estudo. Essa dificuldade só foi possível de ser superada, sem comprometer a pesquisa em questão, com auxílio de profissionais qualificados, disponibilizados pela empresa, na qual a pesquisa foi desenvolvida. Essa questão se torna pertinente e importante de ser abordada aqui, pois pode representar a limitação de outros pesquisadores e interferir negativamente nos resultados da pesquisa.

## 7.3. PROPOSIÇÃO PARA ESTUDOS FUTUROS

Como proposição para trabalhos futuros e como forma de estender os conceitos abordados neste trabalho, sugere-se a realização de estudos conforme listado abaixo:

1. Analisar a aplicação do sistema de aquecimento do substrato de areia em outros processos utilizados para avaliação da qualidade das sementes de soja, como exemplo o teste de envelhecimento acelerado;
2. Verificar a utilização do sistema de aquecimento para produção de hortaliças e outras culturas, identificando assim, novas oportunidades de aplicação do sistema em regiões em que as condições climáticas são desfavoráveis;
3. Analisar a eficiência do aquecimento do substrato de areia em altas temperaturas como forma de eliminar fungos que prejudicam os testes de emergência, proporcionando assim a possibilidade do reuso do substrato de areia;

4. Estudar a implementação de recursos tecnológicos para automatização do processo de seleção de sementes, utilizado no processo de beneficiamento, com o objetivo de melhorar a seletividade das sementes e reduzir os descartes;
5. Estudar a aplicação de metodologia de otimização da produção e redução de gargalos (teoria das filas, processos de Poisson e processos Markovianos), nos processos de recepção de matéria-prima, beneficiamento e de tratamento de sementes de soja.

#### 7.4. INFORME DE SUBMISSÃO DO ARTIGO

Este tópico tem como objetivo informar que nos anexos K e L constam o comprovante de submissão do artigo na Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, devidamente transcrito na língua inglesa e na formatação, em atendimento aos requisitos da citada revista, na qual o artigo foi submetido.

## 8. REFERÊNCIAS

- BAJER, L.; KREJCAR, O. Design and realization of low cost control for greenhouse environment with remote control. **IFAC-PapersOnLine**, v. 28, n. 4, p. 368–373, 2015.
- BELTRÃO, N. E. DE M.; FIDELES FILHO, J.; FIGUEIRÊDO, I. C. DE M. Uso adequado de casa-de-vegetação e de telados na experimentação agrícola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 547–552, 2002.
- BRASIL. **REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES**. 1ª edição. ed. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.
- FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da Soja - Circular Técnica 48. Embrapa Soja**. Londrina - PR: Embrapa Soja. , 2007.
- HENRIQUE SCHUSTER, C.; JONATHAN SCHUSTER, J.; SILVA DE OLIVEIRA, A. Application of the Mudge diagram and QFD using the hierarchization of the requirements for a flying car as an example. **Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 10, n. 1, p. 197–214, 2015.
- KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. DE B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. Circular Técnica 136**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177391/1/CT136-online.pdf>>. Acesso em: 25 abr 2020.
- NETO, J. DE B. F.; HENNING, A. A. **Diagnóstico completo da qualidade da semente de soja. EMBRAPA-CNPso**. Londrina - PR, 1992
- OLIVEIRA, C. E. L. DE *et al.* Comparação do coeficiente global de perdas de calor para casa de vegetação aquecida usando diferentes técnicas para eficiência energética. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 2, p. 354–364, 2006.
- ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de Produtos: Uma referência para melhoria do processo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2015.
- SCHUAB, S. R. P. *et al.* Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, 2006.
- 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.
- ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físicos-químicos para análise de alimentos**. IV edição ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – Procedimento para execução do teste de Germinação de sementes de soja, conforme com (BRASIL, 2009).

### 1. PROCEDIMENTO PARA TESTE DE GERMINAÇÃO

O tipo de substrato, a temperatura, a duração do teste, estão indicados para cada espécie de semente no QUADRO 1 – Instruções para testes de germinação. Quando são indicados métodos alternativos, qualquer um deles pode ser usado. A escolha dependerá da experiência técnica, da disponibilidade de equipamentos, das condições dos laboratórios e até certo ponto, da procedência e condição da amostra. Caso a amostra não responda satisfatoriamente ao método escolhido é necessário repetir o teste, usando outros métodos alternativos.

**QUADRO 10** - Instruções para testes de germinação.

Espécie Botânica	Substrato	Temperatura (°C)	Contagem em dias	
			Primeira	Final
<i>Glycine max (L.) Merr.</i>	Rolo de Papel	25;30	5	8
<i>Zea mays L.</i>	Rolo de Papel	20;25;30	4	7

Fonte: BRASIL, (2009).

A sala de germinação possui particularidades que estão descritas e podem ser consultadas através do LAS-T-6.3 – Instalações e Condições Ambientais, sendo essa sala classificada como “Acesso Restrito”.

#### 1.1. AMOSTRA DE TRABALHO

As sementes ao serem utilizadas no teste de germinação devem ser tomadas ao acaso, da porção “Semente Pura” da análise de pureza. Não deve haver escolha de sementes para não causar resultados tendenciosos.

Da porção “Semente Pura”, depois de homogeneizada, para análise prévia são contadas 200 sementes (04 repetições de 50 sementes) e para análise definitiva são contadas 400 sementes (08 repetições de 50 sementes). O restante da “Semente Pura” deve ser conservado até o final do teste para ser usado, se necessário, na repetição dele.



Quando for solicitado apenas o teste de germinação, as sementes devem ser retiradas ao acaso, da porção “Semente Pura” que foi obtida de uma amostra de trabalho, com peso equivalente no mínimo metade da quantidade indicada para a análise de pureza da espécie em análise, ou seja, no mínimo 250g para *Glycine max* de acordo com o Quadro 1.2 da RAS, conforme (BRASIL, 2009).

*Nota: As sementes não devem sofrer nenhum pré-tratamento no laboratório, a não ser aqueles indicados pela RAS, para não alterar a representatividade da amostra em relação ao lote original.*

## 1.2. SEMEADURA ENTRE PAPEL

Esterilizar o balcão com álcool 70%, aguardar até que ele evapore. Distribuir as sementes, utilizando o contador de sementes, entre duas ou mais folhas de papel toalha, embrulhados em forma de rolos. Identificar cada amostra com a numeração que recebe no protocolo. Preparar o Germinador conforme LAS-I-6.4.5 – Manuseio e Controle de Germinadores. Acondicionar a amostra em posição vertical em uma bandeja e posteriormente encaminhar para o germinador. Preencher o LAS-F-7.2.5-1 – Controle do Período de Exposição - Teste de Germinação e verificar a conformidade dos registros, qualquer anormalidade constatada deve ser comunicada imediatamente ao RT.

Os resultados devem ser registrados no sistema operacional, o qual preencherá automaticamente a “Ficha de Análise de Semente” e sua emissão será realizada conforme LAS-T-7.8 – Relato de Resultados.

### 1.2.1. Umidade e aeração

O fornecimento de água é condição essencial para que a semente inicie a germinação e se desenvolva normalmente. A umidade suficiente para o bom desenvolvimento depende da espécie testada.

O substrato deve ser, durante todo o teste, suficientemente úmido a fim de dar às sementes a quantidade de água necessária para sua germinação. O substrato, especialmente o de papel, não deve ser tão umedecido a ponto de formar uma película de água em torno das sementes, já que este excesso restringe a aeração prejudicando a germinação.

A adição subsequente de água, se necessária, pode ficar a critério do analista, mas deve ser evitada sempre que possível, uma vez que aumenta as variações entre as repetições e entre os testes.

Entretanto, devem ser tomadas precauções para garantir que o substrato se mantenha suficientemente úmido durante todo o teste.

A fim de evitar a perda de água por evaporação a amostra deve ser mantida em ambiente com umidade acima de 90%, visando reduzir a necessidade de reumedecimento do substrato após a semeadura. Colocando uma lâmina de água na superfície.

As sementes que foram colocadas entre papel, envelopes ou rolos não devem ficar muito apertadas, para não impedir a aeração.

*Nota: Quando as sementes apresentam danos por sensibilidade a embebição rápida, realizar o pré-condicionamento das sementes, em “gerbox” com tela (do tipo utilizado no teste de envelhecimento acelerado), contendo 40mL de água, pelo período de 16-24 horas a 25°C. Após o pré-condicionamento, as sementes são semeadas em rolo de papel. O controle desse processo será feito através do LAS-F-7.2.5-3 – Controle de Pré-Condicionamento no Teste de Germinação.*

### 1.2.2. Cálculo da quantidade de água para os substratos de papel

Para que se calcule a quantidade de água a ser adicionada é conveniente utilizar a relação volume de água (ml) por peso do substrato (g). Resultados de pesquisas mostraram que, para a maioria das sementes deve ser adicionado um volume de água em quantidade equivalente a 2,0-3,0 vezes o peso do substrato.

### 1.2.3. Temperatura

As temperaturas indicadas no Quadro 1 – Instruções para testes de germinação, foram determinadas pela pesquisa para cada espécie e devem permanecer tão uniformes quanto possível no interior do germinador. Nos testes de germinação realizados na ausência de luz ou com luz solar indireta ou artificial, a variação de temperatura devida ao equipamento não deve ser maior do que  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , em cada período de 24 horas, conforme determinado nas (BRASIL,

2009), item 5.6.5 – Temperatura, página 163. As temperaturas serão registradas no LAS-F-6.3.6 - Controle de Temperatura e luz.

#### 1.2.4. Luz

Sementes da maioria das espécies germinam tanto na presença de luz como no escuro. Mesmo quando a luz não é indicada, a iluminação durante o teste, seja de fonte natural ou artificial, geralmente é recomendada a fim de favorecer o desenvolvimento das estruturas essenciais das plântulas, facilitando assim, a avaliação e reduzindo a possibilidade de ataque de microrganismos.

Plântulas que crescem em condições de completa escuridão são estioladas e hialinas e, muitas vezes mais sensíveis a ação de microrganismos. Além disso, certos defeitos como a deficiência de clorofila não podem ser detectados. Manter as luzes da Sala de Germinação sempre ligadas.

#### 1.2.5. Duração do teste

A duração do teste para cada espécie é indicada no Quadro 1 – Instruções para testes de germinação pelo número de dias da contagem final. No final do período do teste, se algumas sementes apenas iniciaram a germinação, o teste pode ser prolongado por mais sete dias ou por até a metade do período indicado, para os testes mais demorados. O teste pode ser encerrado antes do tempo indicado, quando já foi obtida a germinação máxima.

O número de dias para a primeira contagem é aproximado e um desvio de um a três dias é permitido, desde que seja suficiente para a avaliação correta das plântulas. Os períodos indicados no Quadro 01 – Instruções para testes de germinação, referem-se à utilização da temperatura mais alta recomendada. Se for utilizada a temperatura mais baixa, a primeira contagem poderá ser adiada. Tratando-se de sementes cujo período de germinação é longo ou no caso de amostras contendo sementes infeccionadas, o analista poderá fazer contagens intermediárias. A finalidade dessas contagens é remover plântulas que estão suficientemente desenvolvidas, a fim de facilitar as contagens subsequentes, e evitar que elas afetem o desenvolvimento de outras plântulas. Nessas contagens são avaliadas e eliminadas do substrato, após anotação, na ficha, as plântulas normais, as sementes mortas e as plântulas infeccionadas. São conservadas as sementes ainda não germinadas ou em estado inicial de germinação, as

plântulas que não apresentam desenvolvimento suficiente para serem avaliadas e as que apresentam alguma anormalidade.

O número de contagens intermediárias deve ser o mínimo para reduzir o risco de danificar as estruturas das plântulas que não estejam bem desenvolvidas, a perda de umidade do substrato e a contaminação do teste.

#### 1.2.6. Interpretação do teste

A interpretação do teste de germinação consiste em fazer a separação do mesmo em plântulas normais (capazes de produzir plantas normais em condições favoráveis), plântulas anormais (incapazes de gerar plantas normais no campo), sementes duras, sementes dormentes e sementes mortas.

#### 1.2.7. Plântulas normais

Plântulas normais são aquelas que mostram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais, quando desenvolvidas sob condições favoráveis. Para serem classificadas como normais, as plântulas devem estar de acordo com uma das seguintes categorias:

- Plântulas Intactas - plântulas com todas as suas estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas, proporcionais e saudáveis;
- Plântulas com Pequenos Defeitos - plântulas apresentando pequenos defeitos em suas estruturas essenciais, desde que mostrem desenvolvimento satisfatório e equilibrado, quando comparadas com uma plântula intacta do mesmo teste;
- Plântulas com Infecção Secundária - plântulas que estão seriamente deterioradas pela presença de fungos ou bactérias, são classificadas como normais, se ficar evidente que a própria semente não é a fonte da infecção e possa verificar que todas as estruturas essenciais estão presentes.

### 1.2.8. Plântulas anormais

Plântulas anormais são aquelas que não mostram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais, mesmo crescendo em condições favoráveis. As seguintes plântulas são classificadas como anormais:

- Plântulas Danificadas - plântulas com qualquer uma das suas estruturas essenciais ausentes ou tão danificadas que não possa ocorrer desenvolvimento proporcional.
- Plântulas Deformadas - plântulas com desenvolvimento fraco, ou com distúrbios fisiológicos, ou com estruturas essenciais deformadas, ou desproporcionais.
- Plântulas Deterioradas - plântulas com qualquer uma de suas estruturas essenciais muito infectadas ou muito deterioradas, como resultado de uma infecção primária (da própria semente), que comprometa o seu desenvolvimento normal.

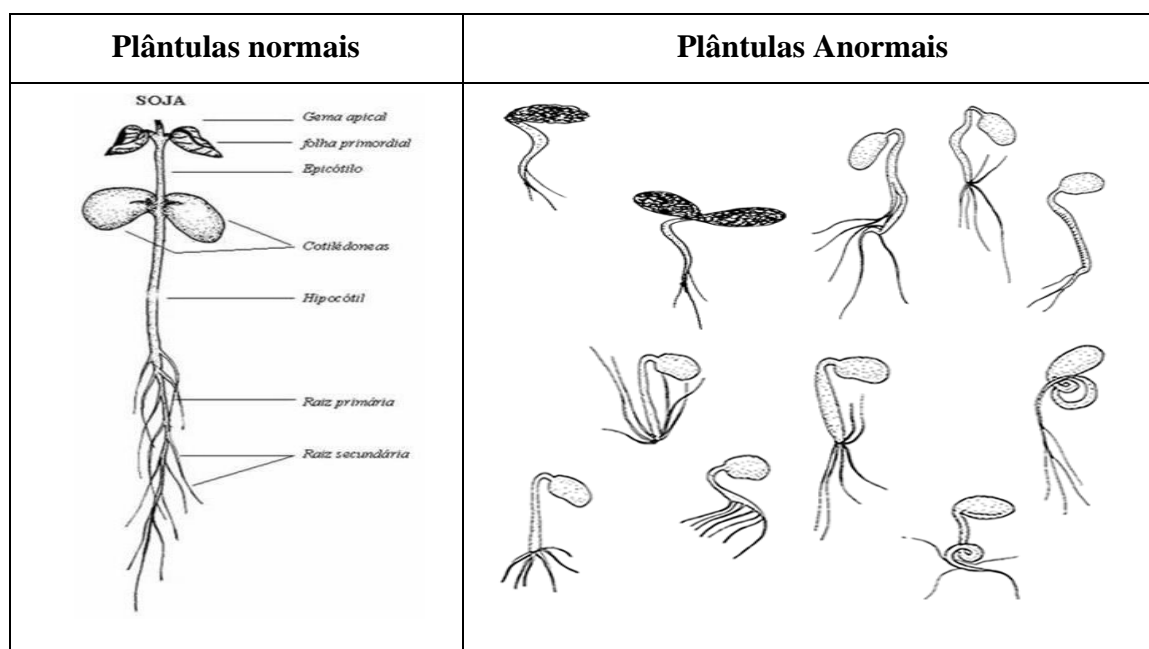
### 1.2.9. Sementes não germinadas

- Sementes duras - são as sementes que permanecem sem absorver água por período mais longo que o normal e apresentam, portanto, no final do teste com aspecto de sementes recém-colocadas no substrato, isto é, não intumescidas. No caso de verificar a presença de sementes duras no final do teste, seguir as instruções do item 1.8 alíneas “c”.
- Sementes Dormentes - são as sementes que embora viáveis não germinam, mesmo quando colocadas nas condições especificadas para a espécie em teste. Algumas dessas sementes são capazes de absorver água e intumescer, mas não germinam nem apodrecem até o final do teste. (Não se aplica as sementes de *Glycine max*)
- Sementes Mortas - são as sementes que no final do teste não germinam, não estão duras, nem dormentes, e geralmente, apresentam-se amolecidas, atacadas por micro-organismos e não apresentam nenhum sinal de início de germinação.

- Outras Categorias de Sementes não Germinadas (só é realizado quando solicitado): sementes vazias; sementes sem embrião e Sementes danificadas por insetos.

- 

**QUADRO 1** - Plântulas normais e anormais.



Fonte: BRASIL, (2009).

### 1.3. REPETIÇÃO DO TESTE DE GERMINAÇÃO (RETESTE)

Nos seguintes casos o reteste deve ser efetuado:

Quando há evidência de erros nas condições do teste, na avaliação de plântulas, incorreção nas contagens ou anotações na ficha, retestes devem ser feitos usando-se o mesmo método. O resultado deste novo teste é o que deve ser informado no Boletim de Análise de Sementes;

Quando o resultado do teste de germinação não é confiável devido à fitotoxicidez ou disseminação de fungos ou bactérias, retestes devem ser executados em substrato de papel no qual a distância entre as sementes deve ser aumentada. O melhor resultado e o método devem ser informados no Boletim de Análise de Sementes;

Quando a variação entre as repetições de 100 sementes exceder a tolerância máxima permitida na Tabela 18.9 (coluna C ou D) o reteste deve ser feito usando o mesmo método. Se

o segundo resultado for compatível com o primeiro, isto é, a diferença não exceder à tolerância, a média dos dois testes deve ser informada no Boletim de Análise de Sementes. Se o segundo resultado não for compatível com o primeiro e a diferença exceder à tolerância indicada na Tabela 18.10, deve ser feito um terceiro teste usando o mesmo método. A média dos resultados compatíveis deve ser informada no Boletim de Análise de Sementes;

Quando houver evidência, antes ou durante o teste normal de germinação, da ocorrência de qualquer um dos casos, testes de germinação simultâneos podem ser realizados utilizando os métodos alternativos indicados no Quadro 01 – Instruções para teste de germinação.

#### 1.4. APLICAÇÃO DAS TABELAS DE TOLERÂNCIA

Para que o resultado de um teste de germinação possa ser considerado satisfatório e válido para emissão do resultado, é preciso que a variação entre as porcentagens de germinação das repetições de 100 sementes esteja dentro das tolerâncias máximas permitidas. A tolerância deve ser aplicada no mínimo para a categoria de plântulas normais.

Para se fazer essa verificação, determina-se a média das quatro repetições, em seguida localiza-se esse valor na coluna A ou B, da Tabela 18.9, obtendo-se na coluna C ou D a respectiva tolerância máxima permitida, a qual se encontra no Capítulo 18, Tolerâncias, página 368 dias.

Se a variação entre as porcentagens de germinação das quatro repetições for inferior ou igual a essa tolerância, a média representará o resultado do teste de germinação. Se essa variação for superior à tolerância permitida, a média em questão não deve ser informada no Boletim de Análise de Sementes.

Antes de realizar novo teste, pode-se desprezar a repetição cuja porcentagem de germinação for a mais baixa das quatro e, após calcular a média das outras três repetições, procurar nas colunas E ou F da Tabela 18.9, página 368 da (BRASIL, 2009), a nova tolerância máxima permitida. Se a diferença entre as porcentagens de germinação dessas três repetições for inferior ou igual a nova tolerância, essa média é considerada válida para a emissão do resultado. Se a variação for maior do que a tolerância indicada, o teste de germinação deve ser repetido.

Tabelas para comparação de resultados entre dois testes se encontram no Capítulo 18 – Tolerâncias, página 368 das (BRASIL, 2009).

#### 1.4.1. Aplicação de tabelas de tolerância para análises prévias

Para análises prévias, ou seja, sem emissão de boletins, com 02 repetições de 100 sementes será utilizada a tabela de tolerância 18.15, colunas A, B e D, a qual se encontra no Capítulo 18 – Tolerâncias, página 368 dias (BRASIL, 2009).

Para validação do uso da referida tabela, identificou-se que, a tabela 18.9 das RAS apresenta a mesma referência da tabela 18.15 (*Proceedings of International Seed Association*, ISTA, v.28, n.3, p. 644, 1963), sendo que a tabela 18.9 apresentada omite 02 repetições de 100 sementes.

#### 1.4.2. Cálculo e informação dos resultados

O resultado do teste de germinação é a média das quatro repetições de 100 sementes (sub-repartições) de 50 ou 25 sementes são combinadas em repetições de 100). A soma das porcentagens de plântulas normais, plântulas anormais, sementes duras, dormentes e mortas devem totalizar 100%. Quando isto não ocorrer, manter a aproximação do número inteiro para a porcentagem de plântulas normais. Selecionar, dentre os outros valores apenas aquele com a maior parte fracionária e fazer a aproximação dele. Pegar apenas o número inteiro dos outros três valores e refazer a soma. Se fechar em 100%, informar esses resultados. Se não, aproximar também o valor com a segunda maior parte fracionária e repetir o cálculo. Quando houver partes fracionárias iguais, a prioridade é: plântulas anormais, sementes duras, dormentes e mortas.

Exemplo: Ao fazer as médias das quatro repetições de um teste de germinação, foram obtidos os seguintes valores: plântulas normais: 95,5%; plântulas anormais: 1,25%; sementes duras: 1,0%; sementes dormentes: 1,5%; sementes mortas: 0,75%.

Os valores aproximados para números inteiros são: 96%, 1%, 1%, 2% e 1%, cuja soma é 101%.

Mantém-se então a aproximação 96% para as plântulas normais e seleciona-se o valor com a maior parte fracionária, que é a porcentagem de sementes mortas: 0,75%, que é então aproximada para 1%.

Considerando apenas a parte inteira de cada um dos outros valores, têm-se então: 96% de plântulas normais, 1% de plântulas anormais; 1% de sementes duras; 1% de sementes dormentes e 1% de sementes mortas, cuja soma é 100%. Estes devem ser os valores informados.



Os seguintes itens devem ser preenchidos nos espaços apropriados do Boletim de Análise de Sementes:

1. Duração do teste;
2. Data da conclusão do teste;
3. Porcentagem de plântulas normais, anormais, sementes duras, dormentes e mortas. Se o resultado de qualquer uma destas categorias for zero, este deve ser expresso como “0” substrato e temperatura usada;
4. Qualquer tratamento especial ou método utilizado para promover a germinação (Quadro 01 – Instruções para teste de germinação) e o método utilizado para confirmar a presença de sementes dormentes;

Quando solicitado:

- O resultado de qualquer teste adicional;
- A viabilidade de sementes não germinadas e o método utilizado para determiná-la;
- Categorias de sementes não germinadas e o método utilizado para determiná-las;

Os resultados devem ser registrados no “Ficha de Análise de Semente” e a emissão de relatórios de resultados e Boletim de Análise de Sementes será realizada de acordo com o LAS-T-7.8 – Relato de Resultados.

## APÊNDICE B – Procedimento para execução do teste de tetrazólio, conforme (BRASIL, 2009)

### 1. PREPARO DE SOLUÇÕES

Prepara-se a solução estoque a 1,0%, misturando 10 g do sal de Tetrazólio em 1,0 litro de água destilada. Esta solução é armazenada em frasco de vidro de cor âmbar, em local escuro e fresco. Preencher todos os campos da Etiqueta para Soluções, que deve ser colada ao recipiente da solução e preencher LAS-F-7.2.10-1 – Controle de Preparo de Soluções. A validade da solução de estoque é 30 dias. O laboratório não fará uso de solução tampão para o preparo da solução de tetrazólio. Obrigatoriamente deve utilizar solução com pH 6,5 a 7,5.

*Nota: O controle do pH pode ser feito utilizando o pHmetro ou mesmo a papel/fita indicadora de pH.*

#### 1.1. SOLUÇÃO DE TRABALHO

Verificar o Quadro 1 – Parâmetros para teste de tetrazólio para preparo da solução de trabalho de acordo com a espécie. Como exemplo para soja: é preparada a solução de trabalho a 0,075%, ou seja, com 75 ml solução estoque (1,0%) + 925 ml de água com Ph 6,5 a 7,5.

Deve ser armazenada com os mesmos cuidados da solução estoque. Preencher todos os campos da Etiqueta para Soluções, que deve ser colada ao recipiente da solução e preencher LAS-F-7.2.10-1 – Controle de Preparo de Soluções. A validade da solução de trabalho é 30 dias.

**QUADRO 11-** Parâmetros para teste de tetrazólio.

Gênero/ Espécie	Pré-umedecimento			Preparo/ Coloração	Coloração			Preparo para avaliação
	Tipo	Tempo (h)	Temp. (°C)		Solução (%)	Tempo (h)	Temp. (°C)	
	EP	16	25				35 a 40	

<i>Glycine max</i>	EP	6	41	Semente Intacta	0,075 a 0,1	1,5 a 3,0		Bisseção longitudinal através do eixo embrionário entre os cotilédones
<i>Zea mays</i>	EP;A	18	25	Bisseção longitudinal ao longo do embrião e $\frac{3}{4}$ do endosperma	0,5 a 1,0	2 a 6	30	Observar as superfícies cortadas

Fonte: BRASIL, (2009).

*Nota: O controle do pH pode ser feito utilizando o pHmetro ou mesmo a papel/fita indicadora de pH.*

## 1.2. AMOSTRA DE TRABALHO

Para o Teste de Tetrazólio são utilizadas 200 sementes (04 subamostras com 50 sementes cada).

Para análises prévias ou apenas de controle de qualidade interna poderão ser utilizadas 100 sementes (02 subamostras com 50 sementes cada).

## 1.3. PRÉ-UMEDECIMENTO

As sementes para serem pré-condicionadas são embaladas em papel de germinação umedecido e mantidas na estufa B.O.D. por um período determinado no Quadro 1 – Parâmetros para teste de tetrazólio de acordo com a espécie. Registrar os horários e temperatura no LAS-F-7.2.10-2 – Controle Pré-umedecimento no Teste de Tetrazólio e verificar a conformidade deles, qualquer anormalidade constatada deve ser comunicada imediatamente ao RT.

Para soja, quando a semente estiver excessivamente desidratada, para evitar possíveis danos causados por embebição, recomenda-se realizar o pré-condicionamento da semente em caixa gerbox com tela modificada sobre uma lâmina d'água por 16-24hs a 20-25°C. Registrar os horários e temperatura no LAS-F-7.2.10-3 – Controle de Pré-condicionamento no Teste de Tetrazólio.

## 1.4. COLORAÇÃO

Após o pré-condicionamento, as sementes são colocadas em copos de plásticos, sendo totalmente submersas na solução de Tetrazólio. Este teste é realizado dentro da estufa do tipo B.O.D., por necessitar de escuridão, visto que a solução de tetrazólio é sensível a luz.

As sementes permanecem a uma temperatura e tempo determinados no Quadro 1 – Parâmetros para teste de tetrazólio de acordo com a espécie. Estes valores são considerados ótimos para a coloração, mas não devem ser considerados como absolutos porque podem variar com a condição da semente e com a pureza do sal. Na medida em que se ganha experiência é possível fazer a avaliação em um estágio ainda inicial de coloração. Entretanto, este tempo pode ser prolongado quando as sementes não estiverem completamente coloridas, para verificar se a falta de coloração é pela lenta absorção do tetrazólio ou se é um indicativo de dano dentro da semente. No entanto, a coloração excessiva deve ser evitada, uma vez que isto pode mascarar os diferentes padrões de coloração, que são indicativos de danos por congelamento, danos mecânicos latentes recém ocorridos etc.

Alcançada a coloração ideal, a solução é drenada e as sementes são lavadas com água, sendo mantidas submersas até o momento da avaliação. Se a avaliação não ocorrer de imediato, as sementes submersas em água podem permanecer no refrigerador (5-10°C) por um período máximo de 24 horas.

Registrar os horários e temperatura no LAS-F-7.2.10-4 – Controle de Etapa Coloração no Teste de Tetrazólio e verificar a conformidade dos mesmos e qualquer anormalidade constatada deve ser comunicada imediatamente ao RT.

## 1.5. INTERPRETAÇÃO

A interpretação requer que o analista de sementes seja bem treinado nas técnicas do teste. Condição e cor dos tecidos após a coloração, pela localização e pelo tamanho das lesões.

Para que a interpretação se torne menos cansativa se utiliza uma lupa com aumento de 03 vezes, com iluminação fluorescente. As sementes são avaliadas uma a uma.

- Observam-se as superfícies externa e interna procurando por todos os tipos de danos.

- O teste de Tetrazólio se baseia na análise da condição de cada semente individualmente.

Cada semente é classificada como viável ou não viável e os tipos de danos são anotados. Para semente de soja tem um sistema de classificação, e cada semente é qualificada nas classes de 1 a 5, caso sejam viáveis, e de 6 a 8, se não forem viáveis.

Após a avaliação de cada semente, a nota da mesma deve ser registrada no sistema operacional SGL – *Unisystem* seguindo a sistemática de lançamento abaixo para cada simbologia descrita de acordo com viabilidade e a identificação do tipo de dano, determinando o referido nível. As simbologias utilizadas são:

**QUADRO 2** – Simbologias.

Classe	Simbologia	Lançamento SGL	Observações
Sem. Sem Dano	↑ ↑ ↑ ↑ ↑	Enter	-
Dano por Umidade	p	*	-
Dano por Umidade onde a mesma é mais profunda	p	**	-
Dano por Umidade com Retrição ou no embrião	p	**+	-
Dano por Percevejo		/	-
Dano por Percevejo onde é mais profunda		//	-
Dano por Umidade com Retrição	f	//+	-
Dano Mecânico	L	-	-
Dano por Percevejo onde é mais profunda	L	--	-
Dano por Umidade com Retrição	t	--	-
Esverdeado leve	p	9*	esverdeados das classes 4 a 7 marcar **9
Esverdeado	p	9**	
Esverdeado Restrição	p	9**+	
Anormal	↓	--	marcar como dano mecânico na classe 8

**QUADRO 2** – Simbologias, marcações com mais de um dano.

MARCAÇÕES COM MAIS DE UM DANO			
Classe	Simbologia	Lançamento SGL	Observações
Umidade e percevejo		/**	esverdeados das classes 4 a 7 marcar **/
Umidade com restrição e percevejo		/**+	.
Percevejo e umidade		**//	esverdeados das classes 4 a 7 marcar //*
Percevejo com restrição e umidade		**//+	
Mecânico e umidade		**--	esverdeados das classes 4 a 7 marcar --*
Mecânico com restrição e umidade		**--+	.
Umidade, mecânico e percevejo		/-**	esverdeados das classes 4 a 7 marcar **/-
Umidade com restrição, mecânico e percevejo		/-**+	.
Esverdeado, percevejo e mecânico		/-***9 ou -/***9	esverdeados das classes 4 a 7 marcar ***9/-
Esverdeado com restrição, percevejo e mecânico		/-***9+ou -/***9+	.

Fonte: BRASIL, (2009).

Quando um tipo de dano é responsável pela perda da viabilidade, ele é marcado com um traço mais forte para diferenciação, sistemicamente há formas de evidenciar através do \*.

## 1.6. INFORMAÇÕES DOS RESULTADOS

O resultado do teste de tetrazólio é obtido pela porcentagem média das sementes viáveis, encontradas nas repetições testadas, respeitando as tolerâncias máximas constantes na Tabela 18.15 (Capítulo 18 –Tolerâncias das RAS). O resultado é apresentado pela média de duas repetições de 100 sementes. No caso da utilização de repetições de 50, as mesmas devem ser combinadas em grupos de 100.

Os resultados são registrados no sistema operacional SGL, e o resultado dos danos por nível de classe são apresentados na “Ficha de Análise de Semente”. A emissão de relatórios de resultados será realizada de acordo com o LAS-T-7.8 – Relato de Resultados.

Caso seja de interesse do contratante, o resultado do teste de tetrazólio deve ser informado em “Outras Determinações” do Boletim de Análise de Sementes em números

inteiros e em porcentagem (%) de sementes viáveis, bem como a metodologia utilizada.

Nota: toda validação de lançamento será feita mediante descrito no LAS-G-8.3 – Controle de Documentos e Registros.

## 1.7. TOLERÂNCIA

O resultado do teste de tetrazólio pode ser considerado válido somente se a diferença entre a repetição mais alta e a mais baixa estiver dentro da tolerância aceitável. Para verificar a confiabilidade do resultado do teste, a porcentagem média das repetições é calculada e comparada com a Tabela 18.15 do Capítulo 18 – Tolerâncias CON.

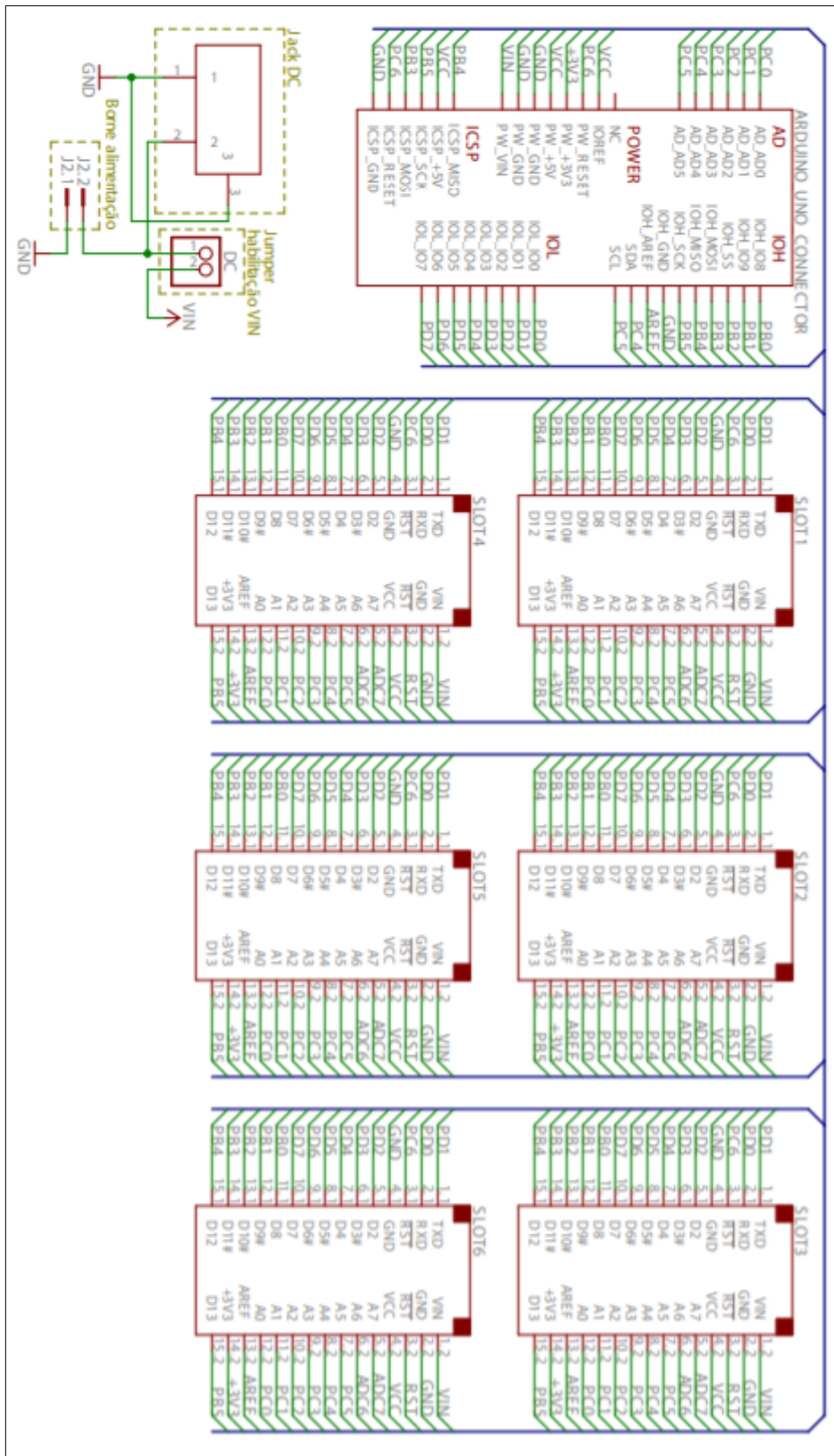
Para decidir se dois testes realizados na mesma ou em diferentes amostras médias do mesmo lote, independentemente em um mesmo laboratório estão dentro da tolerância, usar a Tabela 18.16 do Capítulo 18 – Tolerâncias das RAS. Quando dois testes de diferentes amostras médias do mesmo lote forem executados em diferentes laboratórios, a Tabela 18.17 do mesmo Capítulo deverá ser consultada. Para ambas as situações a porcentagem média de viabilidade dos dois testes é calculada. Os testes serão compatíveis se a diferença entre os dois resultados não exceder a tolerância indicada na Tabela.

*Nota: No caso do lançamento dos dados via sistema operacional, a tabela de tolerância está embutida na validação da análise e conclusão do teste de tetrazólio. Não havendo a necessidade da consulta na tabela de tolerância mencionada acima.*

**ANEXOS**

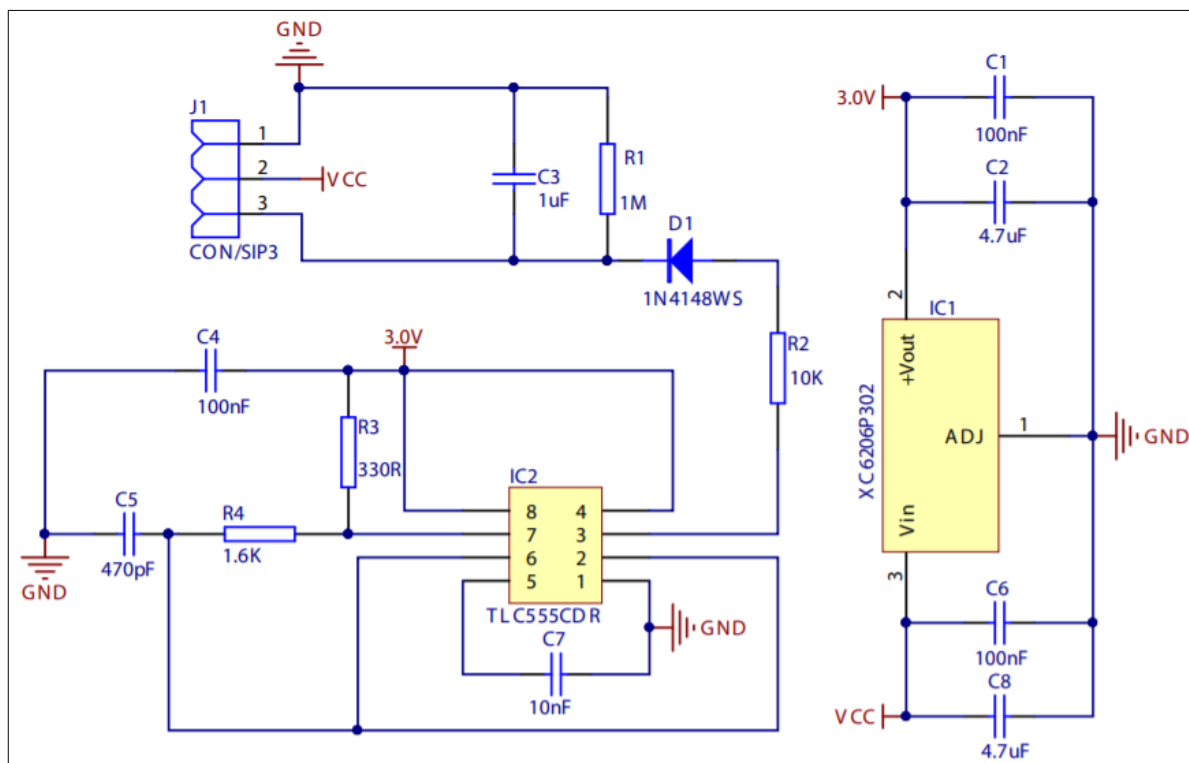


ANEXO A – Circuito da placa de expansão Base Bord L.



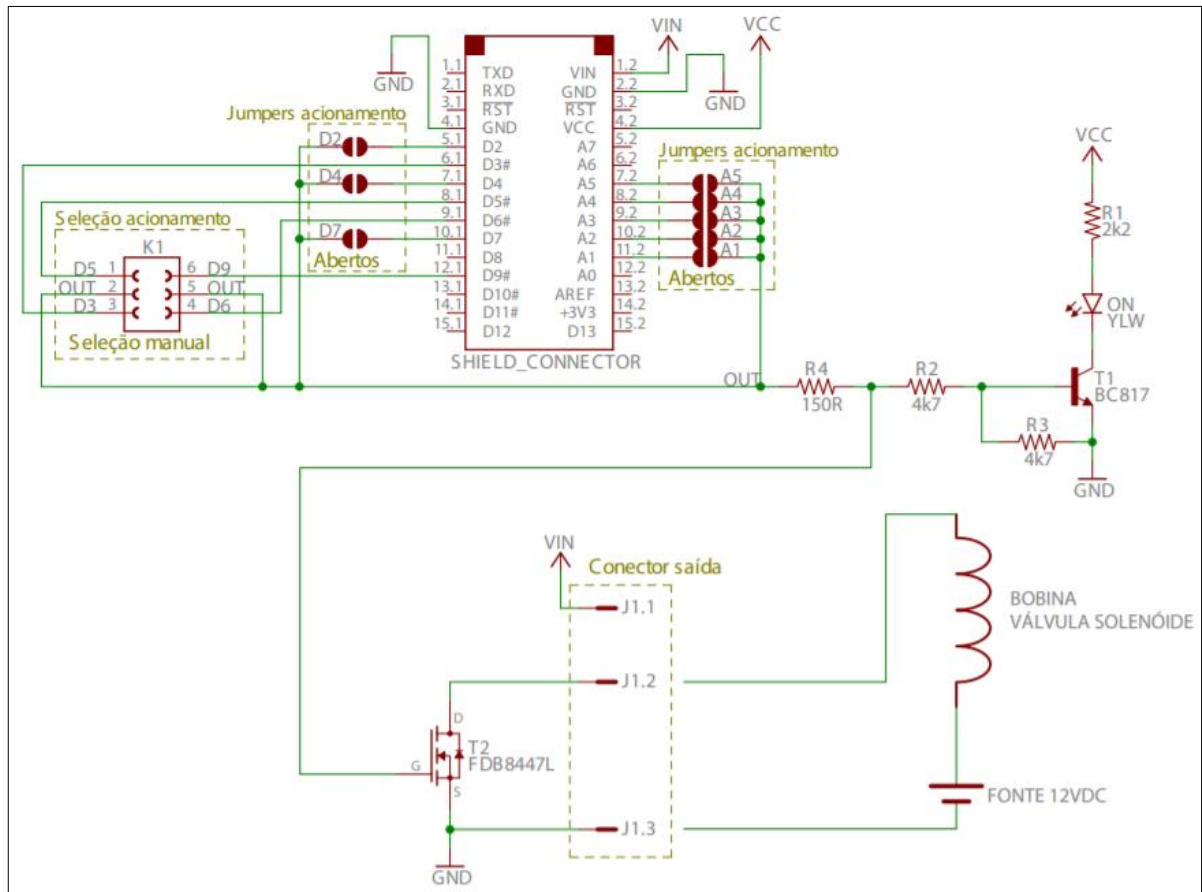
Fonte: Base Board L (Circuitar Eletrônicos LTDA, São Carlos, SP, Brasil).

## ANEXO B – Circuito eletrônico do nanoshield sensor capacitivo de umidade do solo.



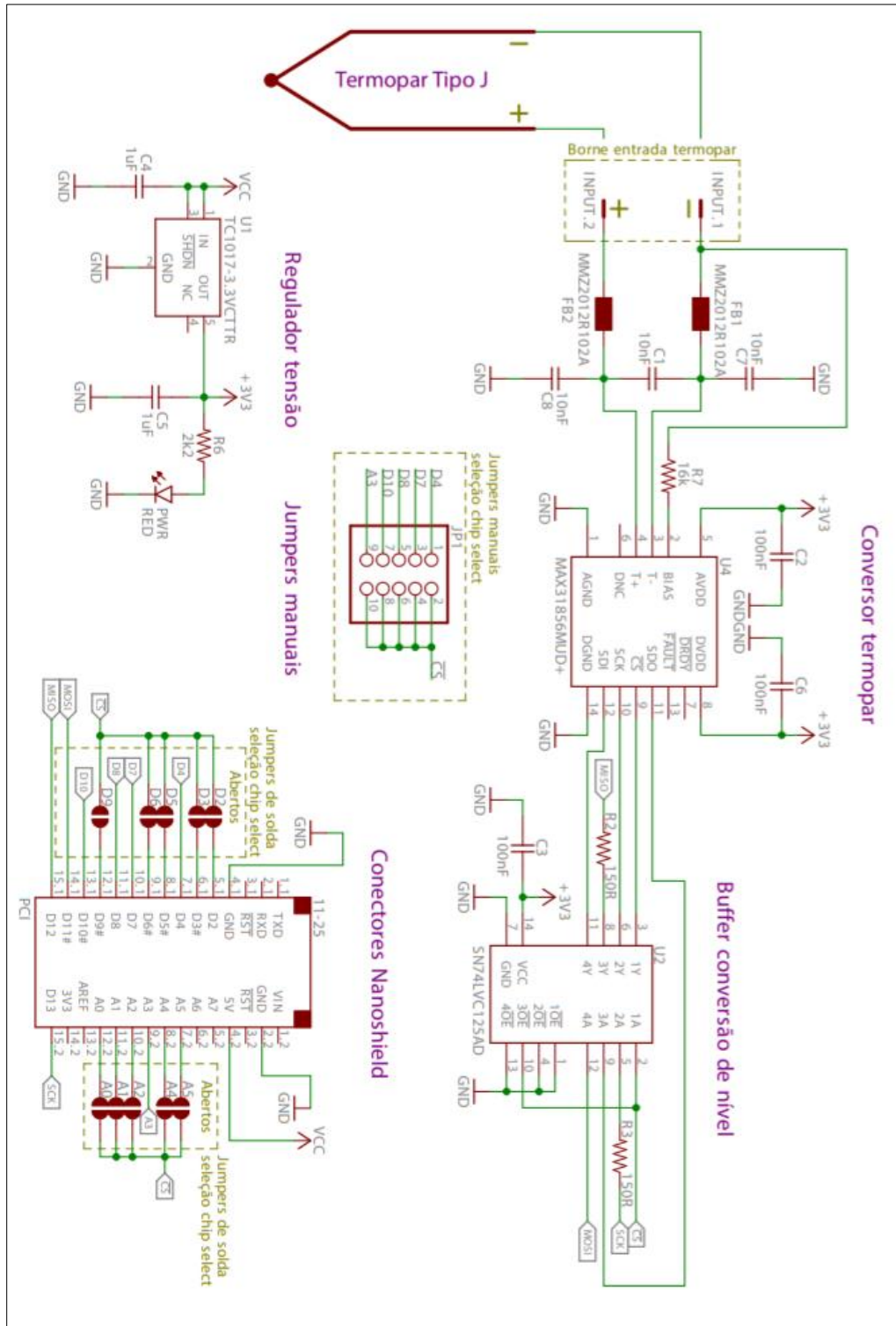
Fonte: Capacitive Soil Moisture Sensor V1.2 (DFRobot S.A., Shanghai, China).

**ANEXO C – Circuito eletrônico do nanoshield mosfet conectado a bobina da válvula solenoide.**



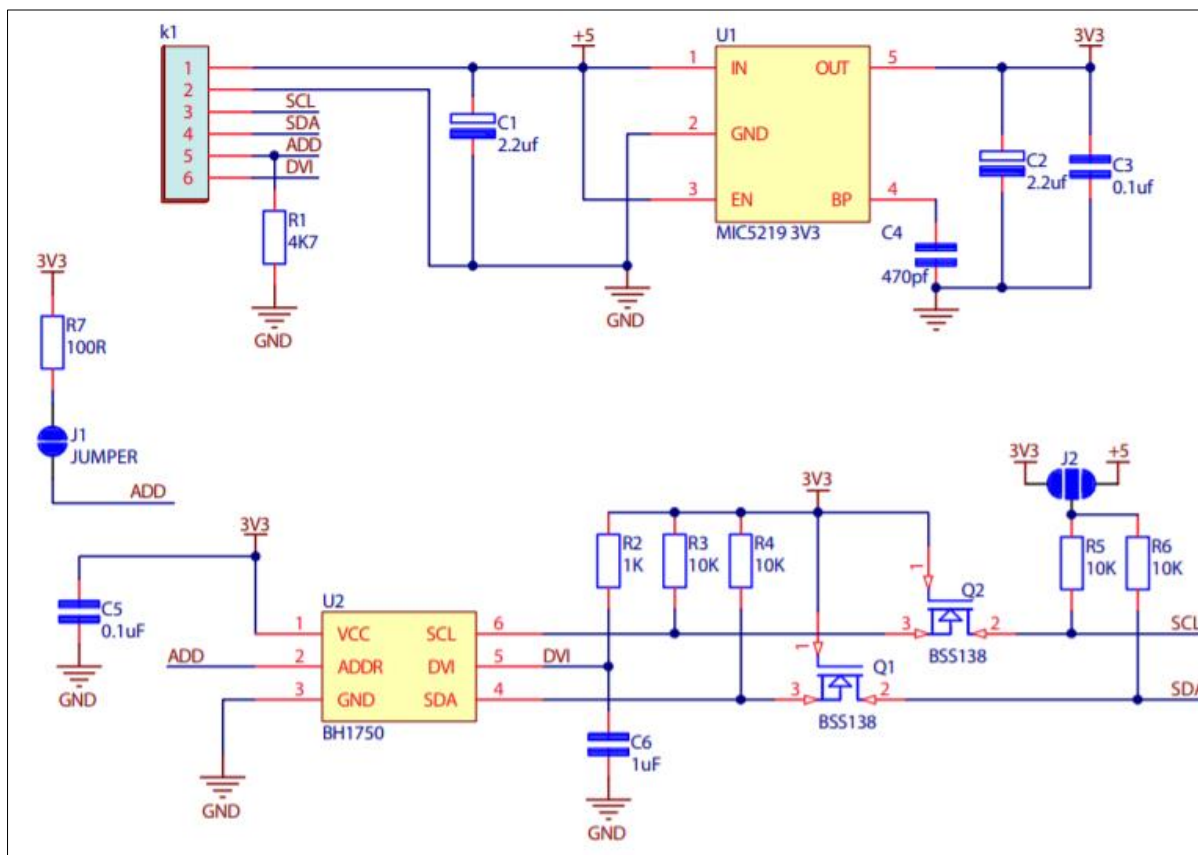
Fonte: Nanoshield Mosfet (Circuitar Eletrônicos LTDA, São Carlos, SP, Brasil).

ANEXO D – Circuito eletrônico do nanoshield termopar conectado a termopar tipo J.



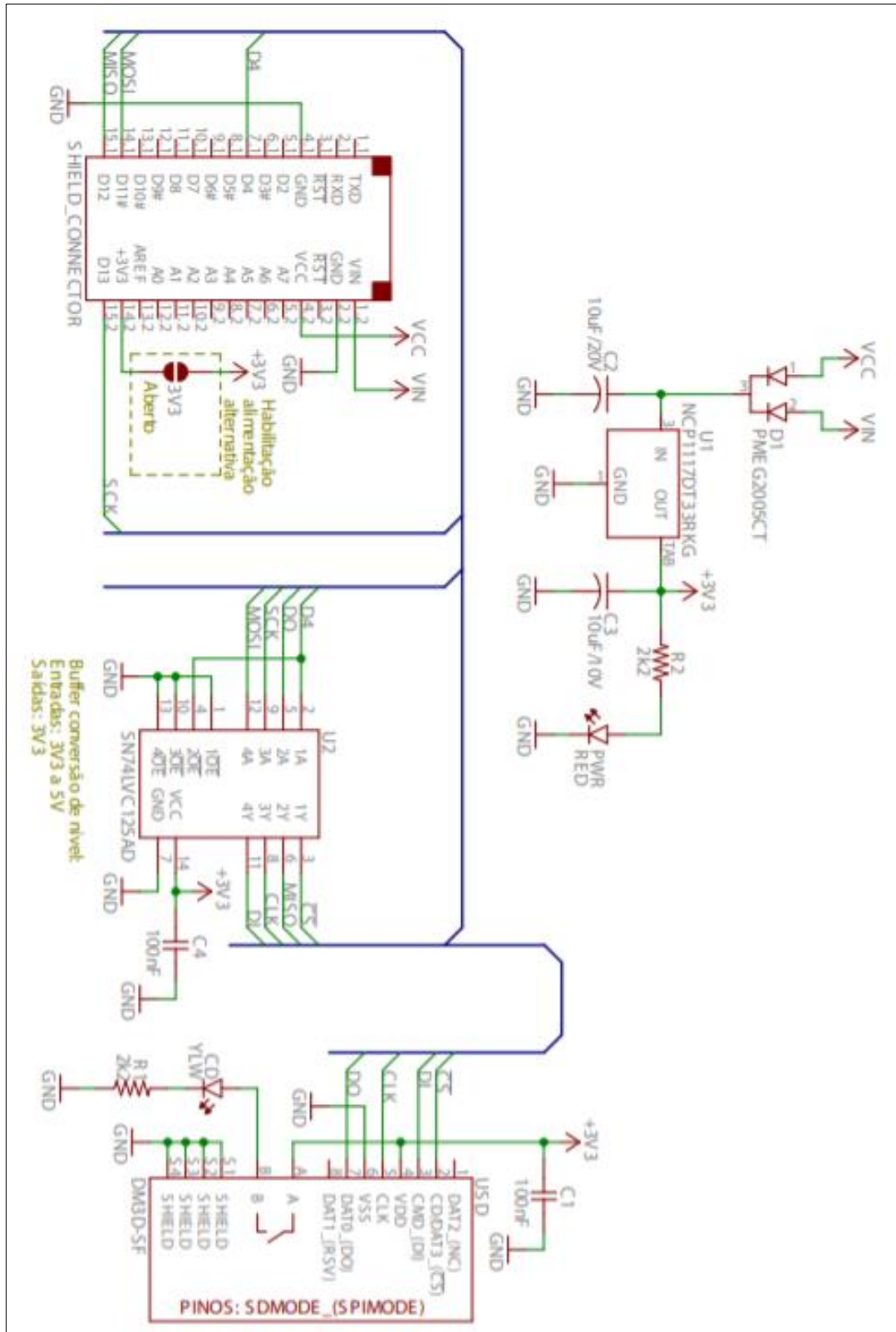
Fonte: Nanoshield Termopar (Circuitar Eletrônicos LTDA, São Carlos, SP, Brasil).

## ANEXO E – Circuito eletrônico do nanoshield BH1750.



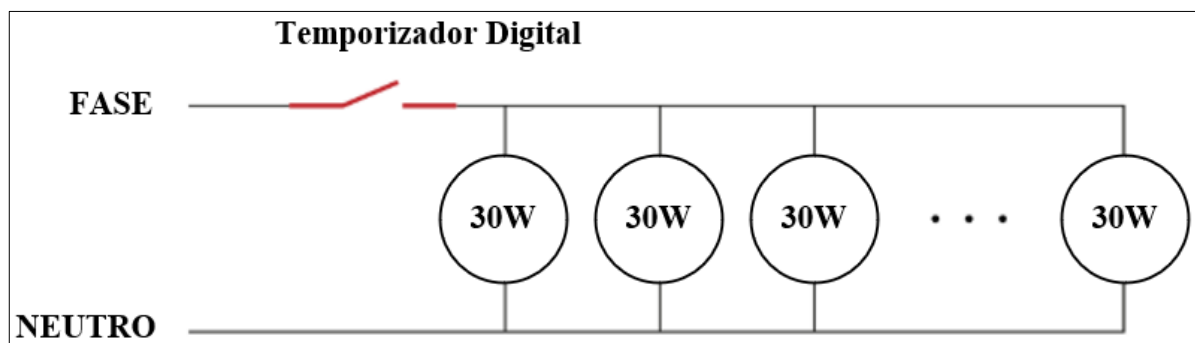
Fonte: BH1750 (ROHM CO. LTD, Kyoto, Japan).

**ANEXO F – Circuito eletrônico do nanoshield micros.**



Fonte: Nanoshield MicroSD (Circuitar Eletrônicos LTDA, São Carlos, SP, Brasil)

**ANEXO G** – Circuito elétrico para acionamento da iluminação artificial por temporizador digital.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

**ANEXO H** – Dados de temperatura e umidade do substrato de areia no canteiro.

<b>horário</b>	<b>Temp. Setup (°C)</b>	<b>Temp. Sensor (°C) - canteiro estufa aprimorado</b>	<b>Temp. Senso (°C) - do canteiro aberta</b>	<b>Temp. Sensor (°C) - canteiro estufa sem controle</b>	<b>Umidade (Ω) - canteiro estufa aprimorado</b>	<b>Umidade (Ω) - canteiro estufa sem controle</b>	<b>Umidade (Ω) - canteiro aberto</b>
07:00	26,00	29,69	23,56	24,53	560	529	598
08:00	26,00	29,34	25,70	24,98	525	523	597
09:00	26,00	30,31	24,20	25,77	523	525	598
10:00	26,00	30,31	24,20	26,96	525	523	580
11:00	26,00	32,46	27,10	29,98	528	523	598
12:00	26,00	31,17	32,81	32,98	525	525	428
13:00	26,00	30,58	31,90	29,85	524	526	428
14:00	26,00	30,78	28,65	29,97	525	526	427
15:00	26,00	31,00	26,10	28,92	523	525	428
16:00	26,00	29,28	25,64	28,89	524	524	426
17:00	26,00	29,97	24,40	25,23	523	524	428
18:00	26,00	29,58	24,50	24,55	522	525	429
19:00	26,00	26,36	23,50	22,45	522	525	426
20:00	26,00	27,28	22,50	21,98	522	524	429
21:00	26,00	27,09	22,70	20,55	522	523	429
22:00	26,00	27,75	23,50	21,62	521	524	428
23:00	26,00	26,78	21,10	22,52	521	524	429
00:00	26,00	26,94	21,86	21,47	521	524	429
01:00	26,00	26,31	24,30	19,52	520	524	422
02:00	26,00	26,41	24,10	19,89	520	582	429
03:00	26,00	27,99	23,60	20,53	521	577	425
04:00	26,00	27,08	23,40	21,59	521	521	429
05:00	26,00	27,24	23,60	22,98	521	525	429
06:00	26,00	27,27	23,35	22,12	522	528	427
07:00	26,00	28,99	23,00	26,39	522	529	416
08:00	26,00	29,13	24,33	28,93	522	529	416
09:00	26,00	29,26	25,60	30,02	522	528	416
10:00	26,00	33,93	27,51	29,31	522	525	416
11:00	26,00	33,81	33,92	31,97	524	525	418
12:00	26,00	34,10	31,56	32,53	571	525	416
13:00	26,00	33,93	29,80	33,43	569	525	416
14:00	26,00	34,00	29,60	34,43	513	526	415
15:00	26,00	31,43	28,33	31,00	514	529	416
16:00	26,00	31,43	27,65	32,14	510	525	416
17:00	26,00	31,43	27,66	27,49	508	526	453
18:00	26,00	31,43	25,90	24,53	511	528	453



19:00	26,00	31,79	24,10	23,00	511	525	453
20:00	26,00	29,24	22,50	22,47	510	529	453
21:00	26,00	30,00	22,15	22,49	513	528	454
22:00	26,00	28,82	22,23	21,47	514	529	453
23:00	26,00	28,71	22,35	21,63	512	529	453
00:00	26,00	28,05	20,40	20,53	512	528	453
01:00	26,00	27,96	20,80	19,14	514	525	453
02:00	26,00	28,13	21,40	19,15	514	526	455
03:00	26,00	27,69	21,10	20,20	515	528	453
04:00	26,00	26,60	22,20	22,01	515	526	453
05:00	26,00	26,32	22,80	22,98	515	528	453
06:00	26,00	27,56	23,50	23,67	516	526	453
07:00	26,00	29,56	24,20	28,62	513	525	452
08:00	26,00	30,25	24,30	29,10	501	525	456
09:00	26,00	29,65	25,20	32,15	503	526	456
10:00	26,00	30,30	27,56	32,10	503	528	456
11:00	26,00	34,72	33,89	35,55	503	527	454
12:00	26,00	35,17	33,59	34,53	503	525	455
13:00	26,00	36,14	33,56	37,54	504	529	455
14:00	26,00	34,42	31,20	34,18	505	526	455
15:00	26,00	35,78	28,40	34,20	506	525	455
16:00	26,00	36,90	27,80	34,46	506	526	455
17:00	26,00	35,26	28,40	34,15	506	528	415
18:00	26,00	32,27	27,20	29,01	506	528	410
19:00	26,00	29,94	23,50	25,42	506	525	410
20:00	26,00	27,94	22,80	22,49	509	525	410
21:00	26,00	27,01	23,40	22,49	513	525	410
22:00	26,00	25,92	23,70	23,93	513	529	411
23:00	26,00	25,98	22,50	23,04	515	525	410
00:00	26,00	26,03	23,30	22,49	514	529	412
01:00	26,00	25,98	23,40	19,49	517	525	410
02:00	26,00	25,99	23,40	20,93	519	529	414
03:00	26,00	26,05	22,20	23,04	518	525	410
04:00	26,00	25,95	22,50	24,00	517	528	410
05:00	26,00	25,98	22,90	23,01	516	529	410
06:00	26,00	25,98	24,26	23,49	516	527	410
07:00	26,00	29,36	24,26	24,49	516	527	410
08:00	26,00	29,32	26,33	28,43	516	528	410
09:00	26,00	29,40	27,89	29,98	516	529	410
10:00	26,00	29,42	30,20	34,73	517	522	410
11:00	26,00	38,18	33,26	36,74	517	529	412
12:00	26,00	38,93	34,15	36,84	517	525	410
13:00	26,00	38,93	35,00	37,96	517	526	410
14:00	26,00	38,93	33,26	36,98	517	525	410
15:00	26,00	35,27	33,26	34,77	517	530	410
16:00	26,00	35,27	28,20	34,84	518	527	410

17:00	26,00	29,65	25,20	28,53	517	526	410
18:00	26,00	29,39	25,00	25,77	518	530	410
19:00	26,00	28,22	24,10	24,34	518	529	410
20:00	26,00	26,53	23,70	25,55	518	528	410
21:00	26,00	26,22	24,00	24,57	518	526	410
22:00	26,00	27,22	21,35	22,39	518	526	410
23:00	26,00	27,58	21,80	23,29	518	529	411
00:00	26,00	26,22	22,40	24,31	518	529	410
01:00	26,00	26,52	22,80	22,41	518	526	410
02:00	26,00	26,72	22,00	21,36	518	529	410
03:00	26,00	27,36	23,30	22,84	518	530	410
04:00	26,00	27,16	24,60	23,91	520	529	410
05:00	26,00	26,80	23,56	22,20	519	526	410
06:00	26,00	26,98	22,12	22,99	522	530	412
07:00	26,00	26,42	25,46	26,91	524	530	410
08:00	26,00	29,29	26,00	28,20	524	527	410
09:00	26,00	28,61	26,78	27,99	523	526	410
10:00	26,00	33,10	31,24	30,05	522	530	410
11:00	26,00	36,38	33,72	34,08	523	528	423
12:00	26,00	36,38	32,56	33,08	522	526	423
13:00	26,00	36,51	29,40	35,99	525	528	423
14:00	26,00	36,60	27,80	35,19	524	527	423
15:00	26,00	36,10	28,80	36,95	523	528	423
16:00	26,00	29,01	26,40	29,97	522	527	423
17:00	26,00	29,39	26,70	26,73	523	526	419
18:00	26,00	28,16	26,00	26,49	523	529	419
19:00	26,00	28,22	27,10	25,24	523	529	419
20:00	26,00	27,32	26,30	23,33	523	530	419
21:00	26,00	27,29	25,20	23,29	522	529	419
22:00	26,00	26,89	24,60	22,49	522	527	419
23:00	26,00	26,89	23,40	23,10	522	526	419
00:00	26,00	26,58	21,90	23,15	522	529	420
01:00	26,00	26,58	23,40	24,19	522	526	419
02:00	26,00	26,60	25,60	24,20	522	530	419
03:00	26,00	27,62	24,50	24,98	522	526	419
04:00	26,00	27,22	22,60	24,96	522	530	419
05:00	26,00	26,43	24,10	25,00	522	530	419
06:00	26,00	26,22	26,40	24,04	522	529	419
07:00	26,00	27,92	24,86	25,15	522	580	452
08:00	26,00	27,82	25,61	26,89	523	579	453
09:00	26,00	31,47	28,66	28,56	524	643	452
10:00	26,00	31,47	28,42	29,53	525	581	465
11:00	26,00	31,49	32,56	32,98	527	582	465
12:00	26,00	34,48	31,58	34,56	516	581	465
13:00	26,00	32,40	29,63	34,85	516	582	465
14:00	26,00	31,48	28,38	32,97	517	582	465

15:00	26,00	30,48	27,95	31,92	518	581	465
16:00	26,00	31,43	26,47	28,96	517	582	465
17:00	26,00	29,14	26,89	27,23	512	582	467
18:00	26,00	29,48	26,30	26,55	513	581	467
19:00	26,00	28,62	27,95	24,45	513	582	467
20:00	26,00	27,58	24,12	25,48	514	582	467
21:00	26,00	27,84	23,48	24,55	514	581	467
22:00	26,00	27,63	21,00	22,72	514	582	580
23:00	26,00	26,24	22,56	23,89	513	581	580
00:00	26,00	26,01	20,80	22,47	514	582	580
01:00	26,00	26,01	20,90	22,52	514	581	580
02:00	26,00	26,03	21,70	21,57	515	582	580
03:00	26,00	26,02	22,40	21,55	515	577	580
04:00	26,00	27,86	22,00	22,69	515	521	578
05:00	26,00	27,95	20,48	21,98	516	525	580
06:00	26,00	27,87	23,58	22,12	516	528	580
07:00	26,00	27,47	28,20	27,93	516	529	580
08:00	26,00	28,47	27,80	28,93	516	529	580
09:00	26,00	31,47	28,36	29,52	517	528	582
10:00	26,00	31,47	29,10	30,01	518	525	581
11:00	26,00	33,27	34,25	34,46	517	525	423
12:00	26,00	34,37	33,10	33,30	518	525	425
13:00	26,00	34,27	33,00	34,93	522	525	425
14:00	26,00	33,27	32,89	32,18	522	526	425
15:00	26,00	30,27	31,30	30,51	522	529	426
16:00	26,00	29,27	27,80	28,47	521	525	425
17:00	26,00	33,27	27,70	28,42	520	526	425
18:00	26,00	29,27	28,20	26,53	520	528	425
19:00	26,00	28,49	29,10	26,10	520	525	425
20:00	26,00	28,60	27,80	25,57	519	529	425
21:00	26,00	27,59	21,90	25,19	518	528	427
22:00	26,00	27,38	22,20	23,47	516	529	425
23:00	26,00	26,38	22,22	22,87	517	529	425
00:00	26,00	26,47	20,90	23,53	518	528	425
01:00	26,00	26,45	22,00	22,14	519	525	428
02:00	26,00	26,22	24,20	22,15	520	526	425
03:00	26,00	26,11	26,20	22,20	520	528	425
04:00	26,00	26,08	28,40	23,01	520	526	425
05:00	26,00	26,14	29,00	22,98	519	528	425
06:00	26,00	27,28	28,80	24,62	520	526	425
07:00	26,00	29,91	29,10	26,62	519	525	415
08:00	26,00	30,75	28,20	28,10	519	525	415
09:00	26,00	33,97	25,10	29,15	519	526	418
10:00	26,00	34,65	29,10	30,10	519	528	415
11:00	26,00	32,14	26,60	33,55	519	527	419
12:00	26,00	31,65	26,30	32,53	519	525	419

13:00	26,00	33,53	26,80	33,54	519	529	419
14:00	26,00	31,51	27,10	34,18	520	526	420
15:00	26,00	31,65	28,70	34,20	520	525	419
16:00	26,00	28,22	29,20	34,46	539	526	419
17:00	26,00	28,22	30,40	31,15	543	528	418
18:00	26,00	28,22	30,60	29,01	543	528	417
19:00	26,00	27,40	31,80	27,42	544	525	417
20:00	26,00	27,53	29,10	25,49	543	525	417
21:00	26,00	27,52	28,20	23,89	543	525	417
22:00	26,00	26,02	21,30	23,93	542	529	416
23:00	26,00	26,95	20,90	22,44	543	525	417
00:00	26,00	27,98	21,60	21,49	543	529	417
01:00	26,00	27,70	23,40	22,49	541	525	419
02:00	26,00	27,66	21,40	21,93	543	529	417
03:00	26,00	28,37	21,40	22,04	542	525	417
04:00	26,00	28,13	21,70	24,14	539	528	417
05:00	26,00	27,74	21,56	22,01	538	529	415
06:00	26,00	28,23	22,45	23,20	538	527	417
07:00	26,00	29,08	25,00	25,39	539	527	417
08:00	26,00	29,08	23,40	26,43	534	528	417
09:00	26,00	29,98	24,90	29,98	538	529	417
10:00	26,00	31,96	26,80	31,73	538	522	417
11:00	26,00	31,89	27,90	32,74	538	529	415
12:00	26,00	31,59	29,10	33,48	538	525	417
13:00	26,00	31,23	30,40	33,96	538	526	469
14:00	26,00	30,91	31,60	31,98	538	525	468
15:00	26,00	31,07	32,20	30,63	538	530	469
16:00	26,00	30,76	32,30	30,84	538	527	469
17:00	26,00	30,00	32,00	28,53	538	526	470
18:00	26,00	29,54	28,20	27,77	538	530	470
19:00	26,00	27,90	21,90	26,34	538	529	470
20:00	26,00	28,56	22,10	27,55	538	528	471
21:00	26,00	26,66	24,35	25,27	538	526	470
22:00	26,00	26,63	23,78	25,39	540	526	465
23:00	26,00	26,67	22,12	25,29	541	529	470
00:00	26,00	26,67	24,60	25,25	542	529	470
01:00	26,00	26,64	26,00	24,02	544	526	460
02:00	26,00	26,66	25,80	22,36	546	529	470
03:00	26,00	26,63	24,30	22,40	544	530	470
04:00	26,00	26,77	25,30	23,91	545	529	470
05:00	26,00	26,69	31,30	25,20	548	526	470
06:00	26,00	26,67	32,50	24,99	551	530	470
07:00	26,00	28,10	32,00	25,91	550	530	470
08:00	26,00	30,01	30,40	27,50	548	527	432
09:00	26,00	31,26	26,80	29,99	547	526	433
10:00	26,00	32,58	26,40	28,05	548	530	432

11:00	26,00	32,30	25,80	30,08	547	528	433
12:00	26,00	32,58	30,30	30,08	547	526	433
13:00	26,00	33,96	31,30	31,99	546	528	434
14:00	26,00	33,00	32,50	31,19	546	527	434
15:00	26,00	32,07	32,00	32,95	546	528	433
16:00	26,00	30,43	30,40	29,97	546	527	434
17:00	26,00	29,36	30,80	28,73	546	526	434
18:00	26,00	29,24	31,70	27,49	546	529	435
19:00	26,00	27,50	31,10	26,24	546	529	435
20:00	26,00	27,75	28,00	25,33	546	530	435
21:00	26,00	28,26	26,20	24,09	546	529	435
22:00	26,00	27,83	20,80	22,49	546	527	435
23:00	26,00	25,41	24,30	23,24	546	526	434
00:00	26,00	26,05	25,90	22,15	546	529	435
01:00	26,00	26,87	27,90	24,60	546	526	436
02:00	26,00	26,75	29,40	24,20	546	530	435
03:00	26,00	26,57	29,80	22,98	546	526	435
04:00	26,00	26,50	30,10	23,96	546	530	435
05:00	26,00	26,35	29,90	22,00	546	530	435
06:00	26,00	26,28	23,63	24,04	546	529	432

Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

## ANEXO I – Consulta de dados da Estação Automática: Rio Verde (GO).

Data		Hora		Temperatura (°C)		Umidade (%)		Pto. Orvalho (°C)		Radiação		Chuva	
	UT C	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Dir. (°)	Raj.	(kJ/m²)	(mm)
06/02/2020	16	25.7	25.8	23.6	74	89	73	20.7	22.5	63	5.2	3000	0.0
06/02/2020	17	24.2	25.9	24.2	84	84	73	21.3	21.8	300	6.1	745,6	0.0
06/02/2020	18	24.2	24.2	23.5	87	87	84	21.9	21.9	306	6.1	725,3	0.0
06/02/2020	19	24.5	25.9	24.2	80	87	75	20.9	22.2	282	6.8	1819	0.0
06/02/2020	20	25.9	26.2	24.4	71	82	71	20.2	21.6	287	5.9	1274	0.0
07/02/2020	14	24.1	24.5	22.9	77	81	74	19.7	20.0	61	2.9	1274	0.0
07/02/2020	15	22.5	24.9	22.3	89	89	73	20.6	20.6	324	5.1	1662	0.0
07/02/2020	16	25.9	26	22.6	71	89	68	20.1	21.6	343	3.1	2203	0.0
07/02/2020	17	27.1	28.1	25.9	65	71	59	20.0	20.8	204	3.7	3486	0.0
08/02/2020	12	21.1	21.1	20.4	95	95	95	20.2	20.2	17	6.3	464,5	0.0
08/02/2020	13	22.7	22.8	20.8	89	94	87	20.7	21.0	50	6.8	1707	0.0
08/02/2020	14	21.8	23.4	21.4	89	92	85	20.0	21.3	37	7.2	1506	0.0
08/02/2020	16	23.5	23.7	22.2	83	91	82	20.5	21.2	15	6.6	1444	0.0
08/02/2020	17	25.7	25.8	23.5	76	86	75	21.2	21.8	29	7.4	2469	0.0
08/02/2020	18	26.1	26.2	25.2	72	78	70	20.7	21.6	9	7.6	2680	0.0
08/02/2020	19	24.3	26.2	24.3	77	77	70	20.1	20.4	27	8.8	1243	0.0
09/02/2020	16	24.1	24.2	23.3	78	82	77	20.1	20.5	347	12.6	2194	0.0
09/02/2020	17	23.6	25.2	23.4	79	80	73	19.8	20.4	344	15.2	2282	0.0
09/02/2020	18	23.4	25	23.4	83	83	74	20.3	21.6	353	13.1	2788	0.0
09/02/2020	19	23.6	24.1	22.2	80	89	78	19.9	21.0	346	14.6	2181	0.0
09/02/2020	20	23.3	23.7	22.5	81	86	79	19.8	20.5	344	13.2	1463	0.0
09/02/2020	21	23.0	24	22.9	78	81	74	18.9	20.2	337	14.0	1295	0.0
10/02/2020	13	22.3	22.4	21.7	87	89	86	20.0	20.4	343	9.7	1374	0.0
10/02/2020	14	22.8	22.8	22.2	84	87	84	20.0	20.1	340	9.9	1494	0.0
10/02/2020	15	24.7	24.8	22.4	75	89	75	20.0	21.0	333	10.2	2334	0.0
10/02/2020	16	25.7	26.4	24.5	73	76	68	20.4	20.5	342	12.5	3333	0.0
10/02/2020	17	25.5	26.7	25.4	69	72	66	19.5	20.5	336	12.5	3235	0.0
10/02/2020	18	26.0	26	25.1	67	71	66	19.2	20.0	324	11.6	1621	0.0
10/02/2020	19	26.3	27.1	25.4	66	68	62	19.5	19.9	322	12.0	1795	0.0
10/02/2020	20	25.2	26.3	25.2	70	71	66	19.3	20.2	326	12.0	1404	0.0
10/02/2020	21	24.6	25.2	24.6	70	73	69	18.8	19.6	322	9.7	368,6	0.0
10/02/2020	22	23.3	24.6	23.3	78	78	70	19.2	19.2	313	7.0	91,37	0.0
10/02/2020	23	22.0	23.4	22	85	85	77	19.3	19.3	319	6.9	-2,11	0.0
11/02/2020	12	23.4	23.4	21.9	82	88	81	20.2	20.3	351	2.1	587,6	0.0
11/02/2020	13	25.6	25.6	23.4	73	83	71	20.3	20.9	302	5.1	1749	0.0
11/02/2020	14	28.4	28.6	25.6	61	73	60	20.2	20.8	281	6.4	2261	0.0
11/02/2020	15	25.2	28.4	24.5	79	83	61	21.4	22.0	30	5.8	1428	0.2
11/02/2020	16	24.1	25.2	22.6	87	91	76	21.8	21.8	261	8.8	840,5	0.0
11/02/2020	17	26.3	26.3	24.1	74	88	74	21.4	22.5	66	1.0	859,1	0.0

11/02/2020	18	27.0	27.9	26.4	70	78	69	21.0	22.7	36	2.6	1592	0.0
12/02/2020	13	24.3	24.3	22.4	83	91	81	21.1	21.4	14	2.9	1180	0.0
12/02/2020	14	25.8	25.8	24	76	83	75	21.1	21.4	39	2.0	1777	0.0
12/02/2020	15	27.2	27.7	25.8	69	78	67	21.0	22.1	79	4.1	2653	0.0
12/02/2020	16	27.2	28.2	27.2	72	73	61	21.6	22.4	47	5.8	2235	0.0
12/02/2020	17	27.8	29.1	27.2	70	73	62	21.8	23.2	75	5.9	2897	0.0
12/02/2020	18	20.9	27.8	20.8	87	90	68	18.6	22.0	321	8.9	340,1	0.0
12/02/2020	19	21.8	21.9	20.9	88	89	87	19.8	19.8	155	6.1	411,2	0.0
12/02/2020	20	21.7	22.2	21.7	92	92	86	20.3	20.4	234	2.2	186,9	0.0
13/02/2020	12	22.3	22.3	20.9	86	93	85	19.9	20.0	360	1.5	811	0.2
13/02/2020	13	24.3	24.8	22	77	87	75	19.9	21.1	317	2.8	1635	0.4
13/02/2020	14	27.0	27.1	24.2	63	81	63	19.4	20.9	29	4.6	2773	0.0
13/02/2020	15	28.6	28.7	26.2	56	69	56	19.0	20.9	330	4.1	2874	0.0
13/02/2020	16	29.2	29.2	28.4	54	58	48	18.9	19.5	8	5.0	3023	0.0
13/02/2020	17	29.2	30.4	29	52	54	46	18.5	19.2	274	4.5	2739	0.0
13/02/2020	18	30.6	30.6	28.8	45	60	45	17.2	20.3	22	4.1	2404	0.0
13/02/2020	19	29.1	31.8	29.1	54	54	40	19.0	19.0	131	6.9	2724	0.0
13/02/2020	20	28.2	29.1	28.2	60	60	54	19.7	20.0	149	6.9	658,6	0.0
13/02/2020	21	20.1	28.2	20.1	94	94	59	19.0	20.1	297	9.4	118,4	21.4
13/02/2020	22	20.6	21.3	20.1	93	94	92	19.3	20.2	53	9.4	19,36	9.2
13/02/2020	23	20.9	20.9	20.6	93	93	92	19.7	19.7	58	2.8	0,41	1.2
14/02/2020	11	23.4	23.4	21.6	84	87	83	20.6	20.6	293	4.4	630,9	0.0
14/02/2020	12	24.9	24.9	23.4	79	85	79	21.0	21.1	312	4.1	1021	0.0
14/02/2020	13	26.8	26.8	24.9	73	79	71	21.5	21.7	313	5.8	1929	0.0
14/02/2020	14	27.8	27.9	26.7	63	74	58	20.1	21.7	327	5.8	2714	0.0
14/02/2020	15	28.9	29.1	27.8	54	63	53	18.5	20.7	344	6.7	3453	0.0
14/02/2020	16	29.9	30.4	28.9	53	57	49	19.4	20.6	6	5.6	3328	0.0
14/02/2020	17	30.9	31.6	29.9	43	56	41	16.8	20.2	342	5.2	3709	0.0
14/02/2020	18	32.2	32.2	30.9	44	50	38	18.6	19.6	9	6.0	3466	0.0
14/02/2020	19	31.6	32.3	30.9	43	50	42	17.4	19.9	16	5.8	2903	0.0
14/02/2020	20	28.3	32	28.3	59	59	41	19.5	20.3	313	6.1	1311	0.0
14/02/2020	21	21.5	28.2	21.4	91	91	59	19.9	20.3	165	9.8	32,99	4.8
14/02/2020	22	21.7	21.9	21.4	94	94	90	20.6	20.8	244	4.5	55,2	8.8
14/02/2020	23	22.1	22.1	21.7	93	94	93	20.9	21.1	239	4.0	-0,16	0.2
15/02/2020	0	22.6	23.2	22	87	94	85	20.4	21.5	101	4.7	1.156	0.4
15/02/2020	11	24.4	24.6	20.8	79	94	79	20.5	21.4	243	2.0	711,9	0.0
15/02/2020	12	26.0	26	24.3	73	80	70	20.8	21.1	12	1.8	1482	0.0
15/02/2020	13	28.1	28.1	25.9	62	73	60	20.0	20.9	310	3.7	2268	0.0
15/02/2020	14	29.9	30.1	27.9	58	65	54	20.6	21.6	355	5.1	3133	0.0
15/02/2020	15	29.9	30.3	29.4	56	61	52	20.3	21.5	14	3.2	2011	0.0
15/02/2020	16	31.3	31.3	29.8	49	57	47	19.2	20.8	121	3.7	4091	0.0
15/02/2020	17	32.0	32.5	30.1	45	56	44	18.5	21.0	332	6.2	3653	0.0
15/02/2020	18	30.1	32	29.9	51	57	45	18.7	20.7	84	6.2	967,6	0.0
15/02/2020	19	24.6	30.4	24.6	73	74	50	19.5	20.3	74	9.4	735,1	0.0
15/02/2020	20	25.9	26.8	24.6	74	75	65	20.8	20.8	324	6.9	616,5	0.0
15/02/2020	21	25.8	26.4	25.7	72	78	71	20.4	21.7	344	3.9	259,4	0.0

15/02/2020	22	24.1	25.8	24.1	84	84	72	21.2	21.6	297	3.9	101,3	0.0
15/02/2020	23	23.8	24.3	23.6	80	84	80	20.2	21.2	275	4.2	-1,92	0.0
16/02/2020	12	25.3	25.3	21.7	74	91	73	20.3	20.8	260	5.8	1364	0.0
16/02/2020	13	27.4	27.7	25.3	63	74	61	19.7	20.6	284	5.6	2212	0.0
16/02/2020	14	29.8	29.8	27.3	55	64	53	19.7	21.1	265	4.0	3193	0.0
16/02/2020	15	29.2	31.2	28.2	55	61	48	19.3	20.9	314	4.4	2502	0.0
16/02/2020	16	29.2	30.8	29.2	53	57	47	18.7	20.5	352	5.7	3173	0.0
16/02/2020	17	31.2	31.7	29.2	48	57	43	18.7	20.9	51	4.3	3140	0.0
16/02/2020	18	25.7	31.1	25.1	69	72	46	19.6	20.3	322	8.6	1021	0.0
16/02/2020	19	25.1	28	25.1	70	74	62	19.3	20.9	330	9.4	972	0.0
16/02/2020	20	24.9	26.2	24.9	72	72	64	19.4	19.5	293	9.4	736,2	0.0
16/02/2020	21	24.2	24.9	24.2	77	78	72	20.0	20.2	315	4.7	171	0.0
16/02/2020	22	22.8	24.2	22.8	85	86	77	20.2	20.5	167	1.9	75,86	0.0

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, (2020).



## ANEXO J – Dados de registro do dispositivo.

Cv	Lote	Ambiente	Rep.	Forte	Fraca	Não emergidas	Menor Temp. (°C)	Maior Temp. (°C)	Menor Umid. (Ω)	Maior Umid. (Ω)
74i77	lotebom	cantaberto	1	30	20	50	20	35	41	58
74i77	lotebom	cantaberto	2	37	8	55	20	35	41	58
74i77	lotebom	cantaberto	3	69	5	26	20	35	41	58
74i77	lotebom	cantaberto	4	62	7	31	20	35	41	58
74i77	lotebom	cantaberto	5	69	3	28	20	35	41	58
74i77	lotebom	cantaberto	6	6	21	73	20	35	41	58
74i77	lotebom	cantaberto	7	17	12	71	20	35	41	58
74i77	lotebom	cantaberto	8	33	11	56	20	35	41	58
74i77	lotebom	cantaberto	9	41	25	34	20	35	41	58
74i77	lotebom	cantaberto	10	71	10	19	20	35	41	58
74i77	loteruim	cantaberto	1	58	15	27	20	35	41	58
74i77	loteruim	cantaberto	2	65	27	8	20	35	41	58
74i77	loteruim	cantaberto	3	45	6	49	20	35	41	58
74i77	loteruim	cantaberto	4	40	7	53	20	35	41	58
74i77	loteruim	cantaberto	5	48	8	44	20	35	41	58
74i77	loteruim	cantaberto	6	17	6	77	20	35	41	58
74i77	loteruim	cantaberto	7	34	11	55	20	35	41	58
74i77	loteruim	cantaberto	8	32	13	55	20	35	41	58
74i77	loteruim	cantaberto	9	18	15	67	20	35	41	58
74i77	loteruim	cantaberto	10	13	35	52	20	35	41	58
8579	lotebom	cantaberto	1	47	22	31	20	35	41	58
8579	lotebom	cantaberto	2	22	0	78	20	35	41	58
8579	lotebom	cantaberto	3	30	5	65	20	35	41	58
8579	lotebom	cantaberto	4	14	21	65	20	35	41	58
8579	lotebom	cantaberto	5	21	29	50	20	35	41	58
8579	lotebom	cantaberto	6	62	10	28	20	35	41	58
8579	lotebom	cantaberto	7	36	19	45	20	35	41	58
8579	lotebom	cantaberto	8	39	0	61	20	35	41	58
8579	lotebom	cantaberto	9	64	6	30	20	35	41	58
8579	lotebom	cantaberto	10	49	3	48	20	35	41	58
8579	loteruim	cantaberto	1	10	55	35	20	35	41	58
8579	loteruim	cantaberto	2	5	60	35	20	35	41	58
8579	loteruim	cantaberto	3	2	66	32	20	35	41	58
8579	loteruim	cantaberto	4	3	58	39	20	35	41	58
8579	loteruim	cantaberto	5	4	42	54	20	35	41	58
8579	loteruim	cantaberto	6	7	65	28	20	35	41	58
8579	loteruim	cantaberto	7	13	32	55	20	35	41	58
8579	loteruim	cantaberto	8	4	35	61	20	35	41	58
8579	loteruim	cantaberto	9	1	78	21	20	35	41	58

8579	loteruim	cantaberto	10	8	63	29	20	35	41	58
74i77	lotebom	cantestufaaprim	1	96	0	4	25	39	49	56
74i77	lotebom	cantestufaaprim	2	93	7	0	25	39	49	56
74i77	lotebom	cantestufaaprim	3	94	6	0	25	39	49	56
74i77	lotebom	cantestufaaprim	4	96	2	2	25	39	49	56
74i77	lotebom	cantestufaaprim	5	95	0	5	25	39	49	56
74i77	lotebom	cantestufaaprim	6	94	6	0	25	39	49	56
74i77	lotebom	cantestufaaprim	7	96	0	4	25	39	49	56
74i77	lotebom	cantestufaaprim	8	97	0	3	25	39	49	56
74i77	lotebom	cantestufaaprim	9	93	5	2	25	39	49	56
74i77	lotebom	cantestufaaprim	10	96	1	3	25	39	49	56
74i77	loteruim	cantestufaaprim	1	86	3	11	25	39	49	56
74i77	loteruim	cantestufaaprim	2	86	3	11	25	39	49	56
74i77	loteruim	cantestufaaprim	3	85	12	3	25	39	49	56
74i77	loteruim	cantestufaaprim	4	86	0	14	25	39	49	56
74i77	loteruim	cantestufaaprim	5	83	8	9	25	39	49	56
74i77	loteruim	cantestufaaprim	6	78	19	3	25	39	49	56
74i77	loteruim	cantestufaaprim	7	90	10	0	25	39	49	56
74i77	loteruim	cantestufaaprim	8	80	9	11	25	39	49	56
74i77	loteruim	cantestufaaprim	9	70	19	11	25	39	49	56
74i77	loteruim	cantestufaaprim	10	89	5	6	25	39	49	56
8579	lotebom	cantestufaaprim	1	93	4	3	25	39	49	56
8579	lotebom	cantestufaaprim	2	95	0	5	25	39	49	56
8579	lotebom	cantestufaaprim	3	97	0	3	25	39	49	56
8579	lotebom	cantestufaaprim	4	93	0	7	25	39	49	56
8579	lotebom	cantestufaaprim	5	96	4	0	25	39	49	56
8579	lotebom	cantestufaaprim	6	98	2	0	25	39	49	56
8579	lotebom	cantestufaaprim	7	91	0	9	25	39	49	56
8579	lotebom	cantestufaaprim	8	94	0	6	25	39	49	56
8579	lotebom	cantestufaaprim	9	92	8	0	25	39	49	56
8579	lotebom	cantestufaaprim	10	96	4	0	25	39	49	56
8579	loteruim	cantestufaaprim	1	89	1	10	25	39	49	56
8579	loteruim	cantestufaaprim	2	86	3	11	25	39	49	56
8579	loteruim	cantestufaaprim	3	75	10	15	25	39	49	56
8579	loteruim	cantestufaaprim	4	81	0	19	25	39	49	56
8579	loteruim	cantestufaaprim	5	87	7	6	25	39	49	56
8579	loteruim	cantestufaaprim	6	88	9	3	25	39	49	56
8579	loteruim	cantestufaaprim	7	76	5	19	25	39	49	56
8579	loteruim	cantestufaaprim	8	67	12	21	25	39	49	56
8579	loteruim	cantestufaaprim	9	77	10	13	25	39	49	56
8579	loteruim	cantestufaaprim	10	77	21	2	25	39	49	56
74i77	lotebom	cantestufascont	1	93	2	5	19	38	51	63
74i77	lotebom	cantestufascont	2	94	0	6	19	38	51	63
74i77	lotebom	cantestufascont	3	92	3	5	19	38	51	63
74i77	lotebom	cantestufascont	4	92	1	7	19	38	51	63
74i77	lotebom	cantestufascont	5	91	3	6	19	38	51	63

74i77	lotebom	cantestufascont	6	94	4	2	19	38	51	63
74i77	lotebom	cantestufascont	7	91	0	9	19	38	51	63
74i77	lotebom	cantestufascont	8	95	5	0	19	38	51	63
74i77	lotebom	cantestufascont	9	92	2	6	19	38	51	63
74i77	lotebom	cantestufascont	10	94	5	1	19	38	51	63
74i77	loteruim	cantestufascont	1	74	3	23	19	38	51	63
74i77	loteruim	cantestufascont	2	86	11	3	19	38	51	63
74i77	loteruim	cantestufascont	3	79	11	10	19	38	51	63
74i77	loteruim	cantestufascont	4	70	0	30	19	38	51	63
74i77	loteruim	cantestufascont	5	79	8	13	19	38	51	63
74i77	loteruim	cantestufascont	6	91	0	9	19	38	51	63
74i77	loteruim	cantestufascont	7	85	0	15	19	38	51	63
74i77	loteruim	cantestufascont	8	82	1	17	19	38	51	63
74i77	loteruim	cantestufascont	9	94	3	3	19	38	51	63
74i77	loteruim	cantestufascont	10	87	0	13	19	38	51	63
8579	lotebom	cantestufascont	1	93	6	1	19	38	51	63
8579	lotebom	cantestufascont	2	95	5	0	19	38	51	63
8579	lotebom	cantestufascont	3	92	3	5	19	38	51	63
8579	lotebom	cantestufascont	4	95	5	0	19	38	51	63
8579	lotebom	cantestufascont	5	93	2	5	19	38	51	63
8579	lotebom	cantestufascont	6	90	8	2	19	38	51	63
8579	lotebom	cantestufascont	7	97	3	0	19	38	51	63
8579	lotebom	cantestufascont	8	93	3	4	19	38	51	63
8579	lotebom	cantestufascont	9	96	3	1	19	38	51	63
8579	lotebom	cantestufascont	10	96	4	0	19	38	51	63
8579	loteruim	cantestufascont	1	74	10	16	19	38	51	63
8579	loteruim	cantestufascont	2	85	0	15	19	38	51	63
8579	loteruim	cantestufascont	3	80	8	12	19	38	51	63
8579	loteruim	cantestufascont	4	77	3	20	19	38	51	63
8579	loteruim	cantestufascont	5	83	14	5	19	38	51	63
8579	loteruim	cantestufascont	6	76	15	9	19	38	51	63
8579	loteruim	cantestufascont	7	77	14	9	19	38	51	63
8579	loteruim	cantestufascont	8	79	10	11	19	38	51	63
8579	loteruim	cantestufascont	9	78	10	12	19	38	51	63
8579	loteruim	cantestufascont	10	76	8	16	19	38	51	63
74i77	lotebom	saladegermi	1	91	4	5	24	25	80	100
74i77	lotebom	saladegermi	2	93	1	6	24	25	80	100
74i77	lotebom	saladegermi	3	94	1	5	24	25	80	100
74i77	lotebom	saladegermi	4	97	3	0	24	25	80	100
74i77	lotebom	saladegermi	5	99	0	1	24	25	80	100
74i77	lotebom	saladegermi	6	95	0	5	24	25	80	100
74i77	lotebom	saladegermi	7	96	4	0	24	25	80	100
74i77	lotebom	saladegermi	8	95	0	5	24	25	80	100
74i77	lotebom	saladegermi	9	93	3	4	24	25	80	100
74i77	lotebom	saladegermi	10	97	0	3	24	25	80	100
74i77	loteruim	saladegermi	1	80	8	12	24	25	80	100

74i77	loteruim	saladegermi	2	86	7	7	24	25	80	100
74i77	loteruim	saladegermi	3	87	12	1	24	25	80	100
74i77	loteruim	saladegermi	4	88	8	4	24	25	80	100
74i77	loteruim	saladegermi	5	88	0	12	24	25	80	100
74i77	loteruim	saladegermi	6	91	0	9	24	25	80	100
74i77	loteruim	saladegermi	7	89	11	0	24	25	80	100
74i77	loteruim	saladegermi	8	86	6	8	24	25	80	100
74i77	loteruim	saladegermi	9	86	10	4	24	25	80	100
74i77	loteruim	saladegermi	10	83	8	9	24	25	80	100
8579	lotebom	saladegermi	1	87	10	3	24	25	80	100
8579	lotebom	saladegermi	2	93	2	5	24	25	80	100
8579	lotebom	saladegermi	3	94	2	4	24	25	80	100
8579	lotebom	saladegermi	4	95	0	5	24	25	80	100
8579	lotebom	saladegermi	5	98	0	2	24	25	80	100
8579	lotebom	saladegermi	6	97	0	3	24	25	80	100
8579	lotebom	saladegermi	7	92	8	0	24	25	80	100
8579	lotebom	saladegermi	8	98	0	2	24	25	80	100
8579	lotebom	saladegermi	9	94	1	5	24	25	80	100
8579	lotebom	saladegermi	10	99	0	1	24	25	80	100
8579	loteruim	saladegermi	1	72	26	2	24	25	80	100
8579	loteruim	saladegermi	2	70	26	4	24	25	80	100
8579	loteruim	saladegermi	3	75	20	5	24	25	80	100
8579	loteruim	saladegermi	4	70	10	20	24	25	80	100
8579	loteruim	saladegermi	5	82	9	9	24	25	80	100
8579	loteruim	saladegermi	6	80	10	10	24	25	80	100
8579	loteruim	saladegermi	7	78	14	8	24	25	80	100
8579	loteruim	saladegermi	8	81	16	3	24	25	80	100
8579	loteruim	saladegermi	9	86	4	10	24	25	80	100
8579	loteruim	saladegermi	10	77	15	8	24	25	80	100

Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

## ANEXO K – Comprovante de submissão na Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.

[Agriambi] Agradecimento pela Submissão 2 Yahoo/Entrada ★

---

 **Carlos Alberto Vieira de Azevedo** <noreply.ojs2@scielo.org> seg., 27 de jul. às 13:04 ★  
Para: Ederson Afonso Daniel

Ederson Afonso Daniel,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "Application of technological solutions in emergency tests of soy seeds in sand" para Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito: <https://submission.scielo.br/index.php/rbeaa/authorDashboard/submission/241482>  
Login: ederson1982

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este email. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

Carlos Alberto Vieira de Azevedo

## **ANEXO L – Artigo: Application of technological solutions in emergency tests of soy seeds in sand**

### **Aplicação de soluções tecnológicas no teste de emergência de sementes de soja em areia**

**Resumo:** Os testes de vigor são empregados pelas empresas produtoras de sementes para determinação da qualidade fisiológica. Dentre estes, o teste de emergência de sementes de soja em areia. Contudo, o tempo de resposta do teste é 10 a 12 dias dependendo das condições climáticas. Assim, o trabalho objetivou avaliar o impacto na redução do tempo de resposta do teste emergência em areia com aplicação de recursos tecnológicos no controle das condições ambientais de temperatura, umidade da areia e luminosidade. Avaliou-se a qualidade fisiológica 2 cultivares, por meio dos testes de emergência e germinação. Os testes foram realizados em 4 ambientes diferentes definidos como: canteiro estufa sem controle; canteiro aberto; canteiro estufa aprimorado e sala de germinação. Foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e posteriormente as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Utilizando como controle positivo a sala de germinação e controle negativo o canteiro aberto. No 6º dia após a semeadura as plântulas foram classificadas como forte, fracas e não emergidas. No ambiente com o controle das condições ambientais obteve-se maior percentual de plântulas fortes ( $p < 0,05$ ), quando comparado ao controle negativo.

**Palavras-chave:** umidade do substrato, temperatura do substrato, condições ambientais, qualidade fisiológica; luminosidade

### **Application of technological solutions in emergency tests of soy seeds in sand**

**Abstract:** The ruling testing are applied by seed production companies with propose of physiological quality determination. Among them, emergency test of soy seed in sand. However, the test responsive timing is 10 to 12 days, depending on climatic conditions.

Therefore, this project had the aim to value the impact on responsive timing reduction of emergency test in sand with application in technologic resources in environmental conditional control, such as temperature, sand humidity and luminosity. It was valued the physiological quality of two planting areas, through emergency and germination tests. Those tests were ran in 4 different environmental conditionals, such as: greenhouse seedbed without control, opened seedbed, improved greenhouse seedbed and germination room. Shapiro-Wilk was the first normality test ran and then the average of the values were compared through Dunnett test with 5% of probability. Using the germination room as positive control and the opened seedbed as negative control. On the 6<sup>th</sup> day after seeding, sprouts were sort as strong, weak and no emerged. Inside an environment with control of environment conditions, it was obtained a higher percentage of strong sprouts ( $p < 0,05$ ), when comparing it to the negative control.

**Key words:** substrate humidity, substrate temperature, environmental conditions, physiological quality; luminosity.

## INTRODUCTION

*Glycine Max'* seed quality is an important factor to production. It has attributes of genetic, physical, physiological and sanitary quality that gives a guarantee a high agronomic performance (Krzyzanowski et al., 2018), having in mind that agriculture is high risk activity due to the absence of climatic factors control. Because of this, technologic instruments application can contributes to agriculture, cost and lost reduction and making the jobs less difficult (Teruel, 2010).

Germination and strength tests are run to evaluate physiological quality from each seed group, it identifies which groups would have better performance on field and during storage (Schuab et al., 2006). It is crucial to point out that germination tests run in laboratory should be executed with environmental conditions control BRASIL (2009).

An emergency test on layer of sand can also be run as a complementary and non official test, because it can shows good correlation with the emergency results of sprout on field. Beyond that, it can avoid discard of good quality groups that commonly would have been discarded, in case that only germination test in paper roll substrate was ran (Neto & Henning, 1992).

For environmental conditions control (Bajer & Krejcar, 2015), it is suggested the use of Arduino platform to create a vegetation house control system. It is important to say that this project intends to control the sand temperature directly, different approach that (Oliveira et al., 2006) has in his research work.

In this context, this project has an objective to implement and evaluate the impact on technologic instruments application for controlling environmental conditions inside a vegetation house, resulting in less time to execute emergency test on soy seed prepared on layer of sand.

## **MATERIAL AND METHODS**

This research was done between October 2019 and June 2020 in a seed analyses laboratory vegetation house that belongs to Sementes Goiás Ltda. company situated at Rio Verde city – Go, Goiás southeast region, coordinates: -17°.44'52" S -50° 57' 19" W (Figure 1).





Figure 1. Overview of studying area

The methodology proposed by (Rozenfeld et al., 2015) was used in this project to guide its methodology, resulting in units of environmental conditions data control and storage, where is processed the emergency test on soy seed prepared on layer of sand here described.

Three types of devices received the system of environmental conditions data control: i) digital thermostatic, ii) Arduino module and iii) digital timer.

In the sand heating system was used a heating cable with a digital thermostatic to control the temperature, the cable was connected to a sensor that indicates the sand temperature. Arduino module was applied to measuring and storing temperature values, sand humidity and luminosity, measured by sensors; also, it was applied to control the irrigation and micro-sprinkler system solenoid valve. In this case, a digital timer controlled illumination action.

Together with Arduino module, four units were used, and they were installed in the seedbed with a distance of 2 meters between them and with distance of 0.5 meter between each unit. One of these four units was configured to respond the irrigation control. Figure 2 shows one of the units with Arduino module and sensors position installed at the seedbed with sand substrate.

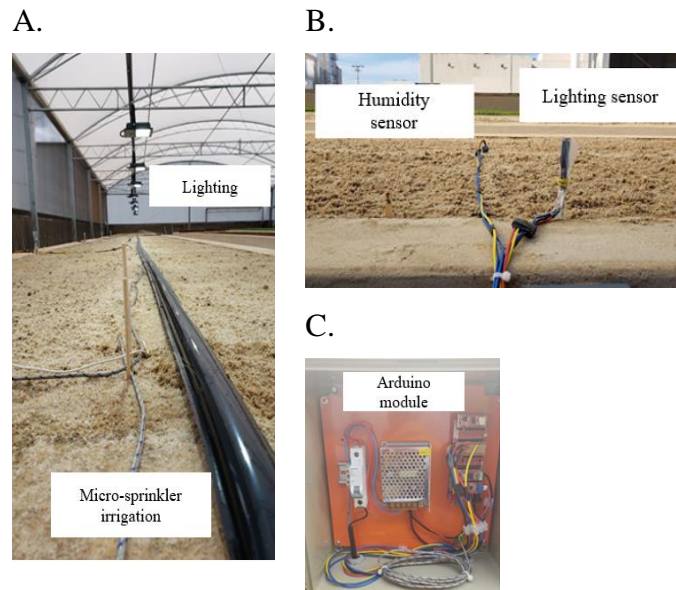


Figure 2. Photo showing an irrigation and illumination system (A); Humidity and illumination sensor position (B); Arduino module to collect and storage data (C)

A heating cable was installed 15 centimeters under the sand substrate with approximately 8 centimeters space between cables. Temperature sensors were inserted 4 centimeters under the substrate, it's essential to say that the seeds are planted under 3 centimeters as standard. Figure 3 shows heating cable been installed in the seedbed.

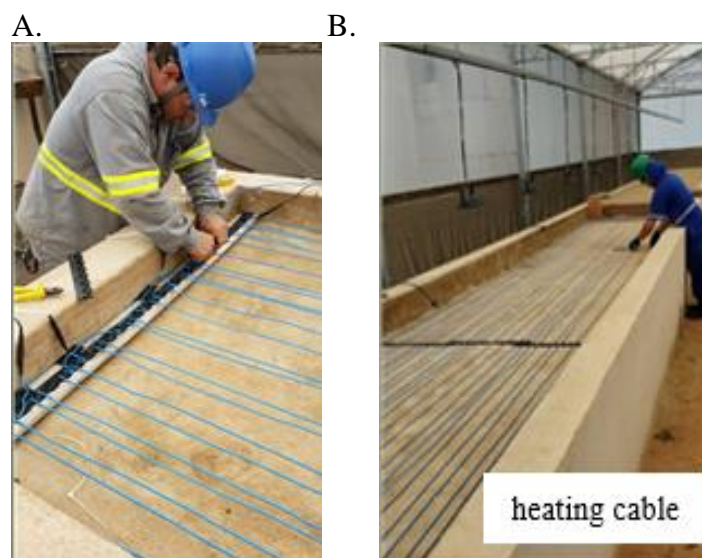


Figure 3. Heating cable getting installed (A), space adjustment between cables (B)

Inside the vegetation house, the timer was installed to control the temperature and artificial light lamps were positioned at the center of the seedbed 1 meter above the ground, in a way that the light covers the entire seedbed area. In total, 10 lamps of 30w were installed with a distance of 1 meter between each other.

The digital thermostatic chosen was the Inova INV-20206/J model with PID AUTO-TUNE temperature control. Proportional actions, both derivative and integral, are automatically regulated by the thermostatic itself according to a desired temperature. It was chosen a thermocouple type J as temperature sensor that self-powers the control system.

Figure 4 shows an electrical circuit to control the heating cable temperature. The heating cable model selected was a 220V AC. The digital thermostatic actively controls the cable temperature, energizing itself when the sensor identifies the temperature is under 26 °C or de-energizing itself when the sensor identifies the temperature is above 26 °C.

This precise setup temperature, 26 °C, was defined because according with (Farias; Nepomuceno; Neumaier, 2007), soy beans have high adaptation to regions with warm temperatures, oscillating between 20°C and 30°C.

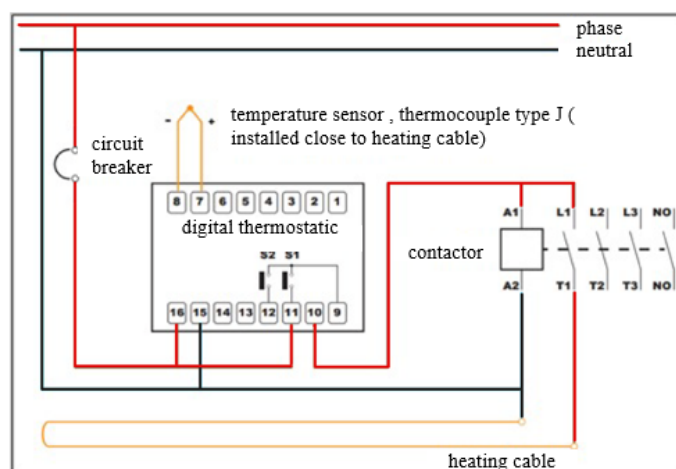


Figure 4. Temperature control unit, electrical circuit

Arduino module model used was the Mega 2560. A coupling expansion board Base Bord L was connected to Mega 2560, allowing interconnection between the integrated circuits submodules (Nanoshield). A sign flow between submodules and Arduino Mega 2560 is shown in Figure 5: i) tension sign, ii) SPI communication, iii) I2C communication.

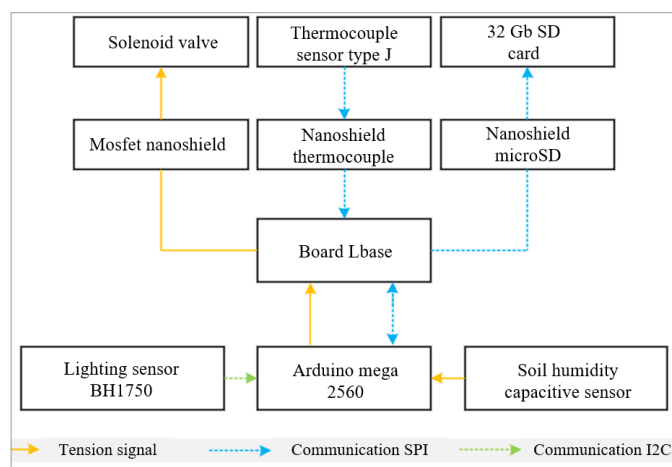


Figure 5. Arduino and nanoshield communication flows chart

The solenoid valve is activated by mosfet submodule to start the irrigation process whenever the humidity measured by the capacitive sensor submodule hits 55% of the field's capacity. Integrated circuit TLC555 generates a square wave that feeds the capacitor C3, which shows a certain amount of reactance, forming a tension divisor of 10kohm with the resistor R2. Therefore, the reasoning between sand humidity and C3 capacitance is proportional: when one is high, the other is also high. That action creates a tension signal in bolt 3 with an interval between 1.2V and 3.0V.

Mosfet submodule receives a tension signal from Arduino module with a high logic level (5V DC) whenever the corresponding humidity has decimal numbers under 500. The high logic level signal allows the solenoid valve coil to be powered with 12V DC.

Thermocouple nanoshield uses an integrated circuit MAX31856 performs a cold junction compensation and creates a digital signal from any thermocouple with  $\pm 0.15\%$  precision and  $-210\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+1800\text{ }^{\circ}\text{C}$  interval. C.I. MAX31856 sends these signals to Arduino module via SPI communication. C.I. SN74LVC125AD performs a high logic level conversion between MAX31856 (3.3V) and Arduino Mega 2560 (5V).

The integrated circuit BH1750 has high light intensity measurement capability with interval of 1 to 65535 lux. C.I. transmits digitalized signals received through communication I2C.

It was used a DM3D-SF connector type Card to storage data, and it can be added a 32Gb or lower micro SD CARD. Every time interval, Arduino Mega 2560 storages the numbers obtained by temperature, humidity and luminosity sensor on its micro SD CARD via SPI communication.

A digital timer was used to control luminosity action, the chosen model was the Weekly Digital Timer. To create the light system it was used 10 LED lamps with 30w each, configured to turn the lights on with interval of 12 hours.

Experimental design was entirely randomized in a factual scheme of 4 (cultivation area) x 2 (different quality lots) repeating it 10 time. Shapiro-Wilk normality test was ran. After that, averages were compared by Dunnett test with 5% of probability. Applying as the positive control the germination room and negative control the opened seedbed.

The sprout inside sand substrate emergency test was repeated 10 times, each with 100 seeds. For two hours, the sand was irrigated before the planting began. Cavities were opened at the seedbed with a metal planting board that had 3 cm depth and 3 cm space between each cavity. Testing was ran at 3 different environments, and in the same period of time, germination tests in a laboratory was running. Temperature, soil humidity and luminance data was being collected by the selected advice. On the 6<sup>th</sup> day was made a reading analysis by ripping out repetition of

each lot to evaluate root system and determinate test results. On the 6<sup>th</sup> day specifically, results were determined and evaluated, and categories were created based on the results, these categories were strong, weak and intermediate, and abnormal and dead. Results were expressed in percentage of each lot and grow crop of sprout.

Germination test was ran 10 times, each time 100 seeds were tested. These seeds were planted in moistened paper towel with distilled water, it was used 2.5 times more water than the dry paper's mass to moister it. Rows were made with seeds inside, these rows were put inside a plastic box and taken to germination room. Previously the room had its temperature regulated to 25 °C, temperature variation shouldn't be higher than  $\pm 2$  °C. Data reading, evaluation and result determination were made on the 6<sup>th</sup> day, resulting in categorization of normal sprouts in strong, weak and intermediate. This process had as its aim correlate other test to default germination test, which is currently the only official physiological test to commercialize soy beans accepted by MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, which is a Brazilian agriculture and livestock regulation agency.

## **RESULTS AND DISCUSSIONS**

On Figure 6 is shown a variation of sand substrate temperature from 3 areas. It shows that the improved greenhouse seedbed didn't reach temperatures below 26 °C during 10 days of testing. It suggests collected data are expressive to demonstrate control and registry efficiency. The controller presented a satisfactory response during all experience time, monitoring and acting in the environment according to its programing.

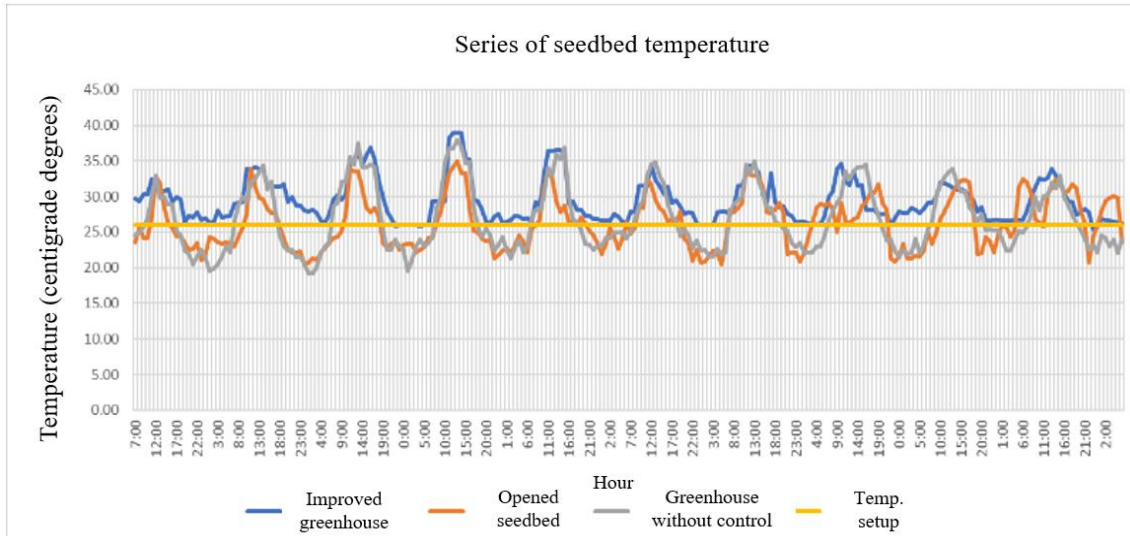


Figure 6. Monitoring and controlling sand substrate temperature during 10 days

On Figure 7 is presenting that in general the system correctly identified soil humidity, therefore it correctly triggered the solenoid valve when identifying low humidity simultaneously to irrigation and micro-sprinkler system, causing increase in soil humidity until programmed humidity level was hit, which was 55% of the field’s capacity. Although at the first few hours the system presented two humidity spikes above what it was programmed, it was corrected during data monitoring and control, making the system more stable.

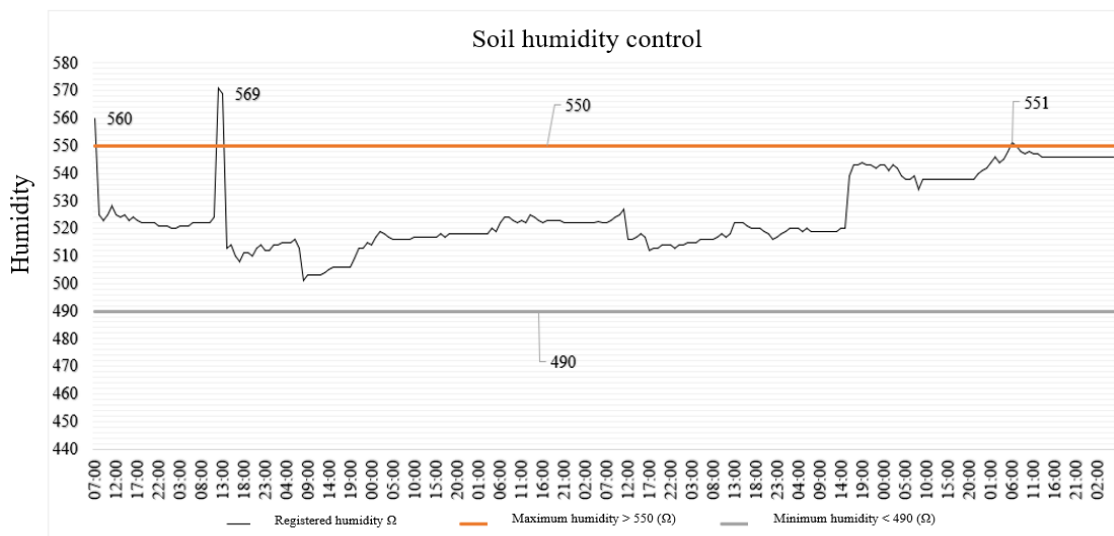


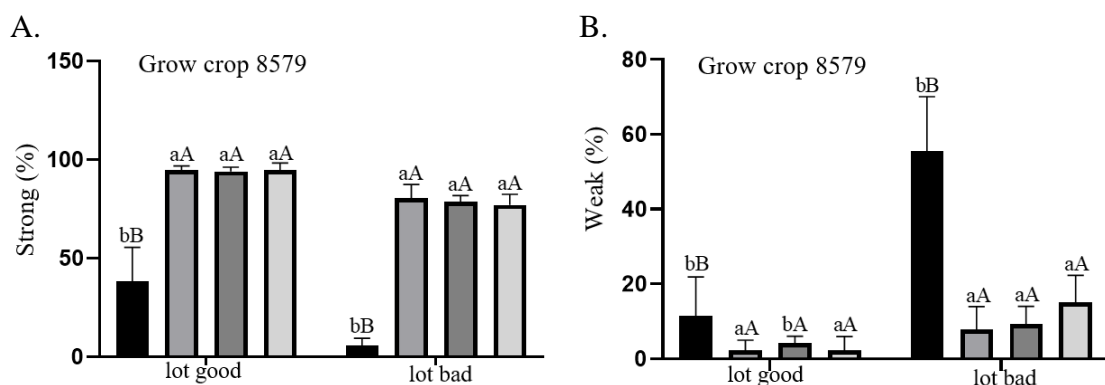
Figure 7. Monitoring and controlling sand substrate temperature during 10 days

Light control was successfully design in a way that it did was it supposed to do as programed. Apparently, it didn't show any type of high influence in a manner of sprout development, although sprout seems to grow orientated towards the light system.

On Figure 8A it is possible to see that areas with environments conditions control strong sprouts ( $p < 0.05$ ) were more likely to be found when comparing to negative control (opened seedbed). When compared to positive control (germination room) there was no significant difference between improved greenhouse seedbed environments and uncontrolled greenhouse seedbed, at the same time improved greenhouse seedbed presented higher classification average to lot good and bad.

On Figure 8B and C it is possible to observe a lower percentage of weak and non-emerged sprouts when comparing it to negative control (opened seedbed), and on figure 8B there is no difference between uncontrolled greenhouse seedbed and good lot negative control (opened seedbed). It can also be observed that results from grow crop 8579 bad lot were not estimated as result of its environment.

The averages that are followed by a same capitalized letter do not differ regarding to positive control and lower case letter to negative control, according to Dunnett test at 5% of probability, Bar = default detour.





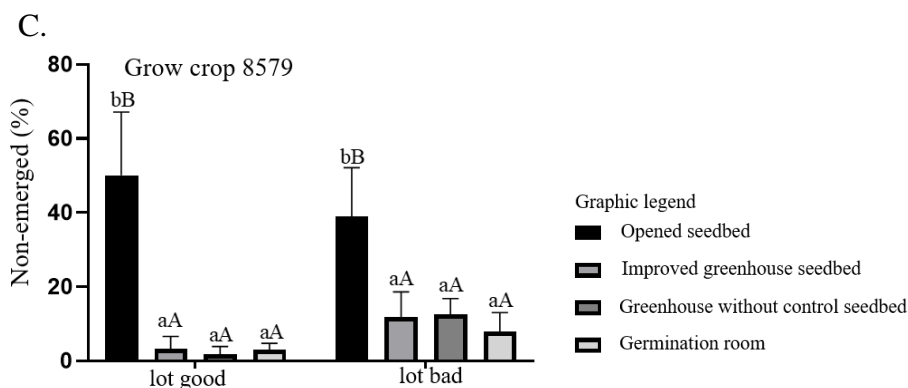


Figure 8. Percentage of strong sprouts (A), weak sprouts (B) and non-emerged (C) *Glycine max* seeds submitted to different emergency conditions after 6 days of planting

Through grow crop 74I77 results it was possible to notice that there is a difference at sprouts development and consequently at the environment and lot classification results.

On Figure 9A environments where environment conditions were controlled the percentage of strong sprouts ( $p > 0.05$ ) was higher when it is compared to negative control (opened seedbed). When compared to positive control (germination room) there wasn't a significant difference between improved greenhouse seedbed and uncontrolled greenhouse seedbed, at the same time positive control (germination room) presented higher strong classification average to lot good and bad.

On Figure 9B and C it is possible to notice a lower percentage of weak and non-emerged sprouts when it is compared to negative control (opened seedbed), at the same time on Figure 9B can be noticed that there wasn't a difference between improved greenhouse seedbed and negative control (opened seedbed) lot bad. It can also be observed that results from grow crop 74I77 bad lot were not estimated as result of its environment.

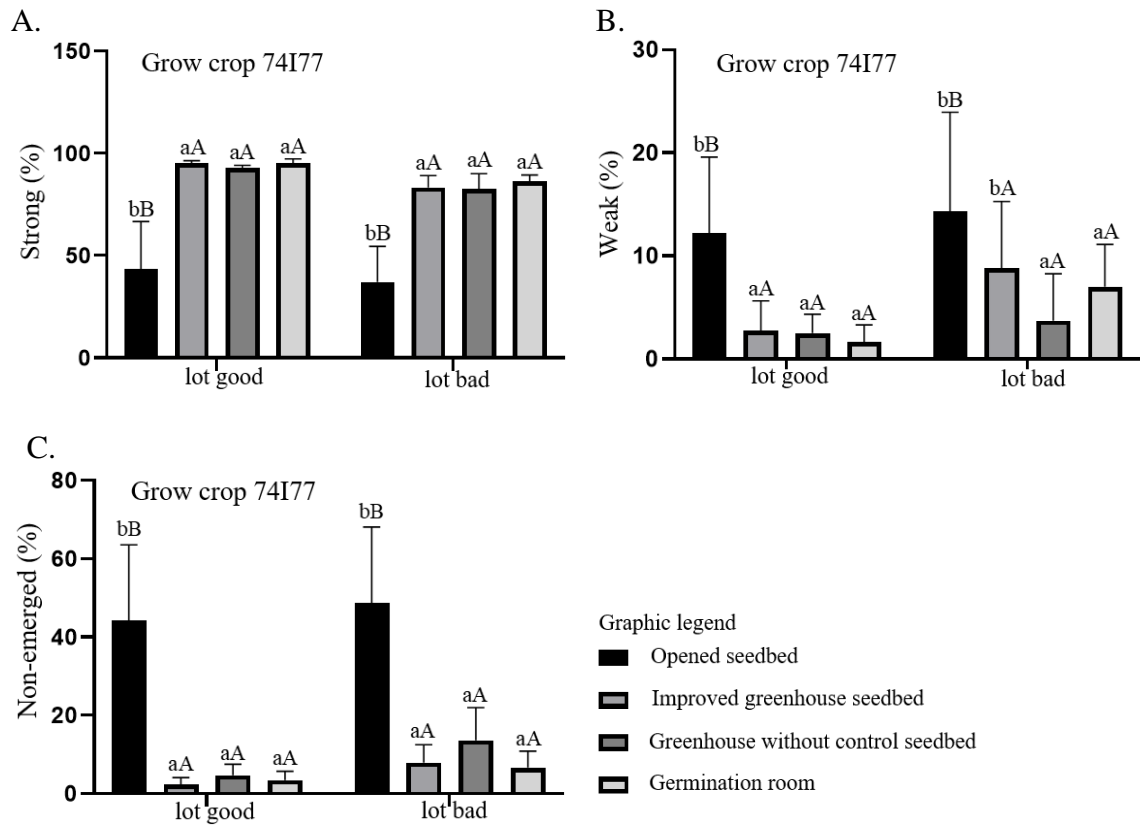


Figure 9. Percentage of strong sprouts (A), weak sprouts (B) and non-emerged (C) *Glycine max* seeds submitted to different emergency conditions after 6 days of planting.

Through analysis and Dunnett test show non figures 8 and 9 it's possible to declare that at the 6<sup>th</sup> day after planting after classifying the sprouts the improved greenhouse seedbed had equivalent results to the germination room results, demonstrating that environment control indeed influence the results.

## CONCLUSIONS

1. The device was developed and showed a satisfactory result in environmental conditions control.
2. The device provided a 50% decrease in response timing of soy seeds in layer of sand emergency test

3. The developed device was implemented in a vegetation house used to run soy seeds in layer of sand emergency test.

## REFERENCES

Bajer, L.; Krejcar, O. Design and realization of low cost control for greenhouse environment with remote control. IFAC-Papers On Line, v. 28, n. 4, p. 368–373, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.07.062>>. Acesso em: 01 Jan. 2020.

Brasil. Regras para análise de sementes. 1ª edição. ed. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.

Farias, J. R. B.; Nepomuceno, A. L.; Neumaier, n. Ecofisiologia da Soja - Circular Técnica 48. Embrapa Soja. Londrina - PR: Embrapa Soja. , 2007

Krzyzanowski, F. C.; França-neto, j. De B.; Henning, A. A. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. Circular Técnica. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177391/1/CT136-online.pdf>>. Acesso em: 03 Abr. 2020.

Neto, J. De B. F.; Henning, A. A. Diagnóstico completo da qualidade da semente de soja. EMBRAPA-CNPso. Londrina - PR: [s.n.], 1992

Oliveira, C. E. L. De et al. Comparação do coeficiente global de perdas de calor para casa de vegetação aquecida usando diferentes técnicas para eficiência energética. Engenharia Agrícola, v. 26, n. 2, p. 354–364, 2006.

Rozenfeld, H. et al. Gestão de desenvolvimento de Produtos: Uma referência para melhoria do processo. São Paulo: Editora Saraiva, 2015.

Schuab, S. R. P. et al. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 28, n. 4, 2006.

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.