

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS PARA O AGRONEGÓCIO

GUSTAVO CAROLINO GIRARDI

**AUTOMAÇÃO DO CONTROLE E DO MONITORAMENTO DE
TEMPERATURA E UMIDIFICAÇÃO DE CANTEIROS DE COGUMELO
Agaricus blazei, NO CULTIVO FAMILIAR EM SANTA HELENA/PR**

Medianeira
2018

GUSTAVO CAROLINO GIRARDI

**AUTOMAÇÃO DO CONTROLE E DO MONITORAMENTO DE
TEMPERATURA E UMIDIFICAÇÃO DE CANTEIROS DE COGUMELO
Agaricus blazei, NO CULTIVO FAMILIAR EM SANTA HELENA/PR**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio (PPGTCA) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, Área de concentração: Tecnologias Computacionais para o Agronegócio.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luiz de Paula Filho

Coorientador: Prof. Dr. Itamar Iliuk

Medianeira
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

G521a

GIRARDI, Gustavo Carolino

Automação do controle e do monitoramento de temperatura e umidificação de canteiros de cogumelo *Agaricus blazei*, no cultivo familiar em Santa Helena/PR / Gustavo Carolino Girardi -2018

80 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Pedro Luiz de Paula Filho.

Coorientador: Itamar Iliuk.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio. Medianeira, 2018.

Inclui bibliografias.

1. Arduino (Controlador programável). 2. Cogumelos - Cultivo. 3. Umidade. 4. Tecnologias Computacionais- Dissertações. I. Paula Filho, Pedro Luiz de. orient. II. Iliuk, Itamar, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio. IV. Título.

CDD: 004

Biblioteca Câmpus Medianeira
Marci Lucia Nicodem Fischborn 9/1219



TERMO DE APROVAÇÃO

AUTOMAÇÃO DO CONTROLE E DO MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDIFICAÇÃO DE CANTEIROS DE COGUMELO *Agaricus blazei*, NO CULTIVO FAMILIAR EM SANTA HELENA/PR

Por

GUSTAVO CAROLINO GIRARDI

Essa dissertação foi apresentada às catorze horas, do dia vinte de fevereiro de dois mil e dezoito, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, Linha de Pesquisa Tecnologias Computacionais Aplicadas à Agroindústria, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio - PPGTCA, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____.

Prof. Dr. Pedro Luiz de Paula Filho (Orientador – PPGTCA)

Profa. Dra. Glauca Cristina Moreira (Membro Interno – PPGTCA)

Profa. Dra. Saraspathy Naidoo Terroso Gama de Mendonça (Membro Interno – PPGTCA)

Prof. Dr. Jerry Adriani Johann (Membro Externo – UNIOESTE)

A via original com as assinaturas encontra-se na secretaria do programa.

A Deus sobre todas as coisas!

A meus pais, Joaquim e Osney, pelos exemplos de honestidade e responsabilidade

e por sempre me incentivarem a estudar e ter fé,

A minha esposa, Lilian, por, de uma forma singular, sempre me apoiar,

principalmente nos momentos de maior dificuldade,

e ao meu filho Gabriel

dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me deram apoio para completar mais esta etapa da minha vida.

Ao Professor Doutor Pedro Luiz de Paula Filho, orientador, agradeço o imprescindível auxílio dado para realização deste trabalho;

Ao Professor Doutor Itamar Iliuk, coorientador, a amizade, orientação, sugestões e paciência para realização deste trabalho;

A minha família, minha irmã Jordana, meus cunhados Fernando e Igor, minha cunhada Andreia e minha sobrinha Maria Clara, a meus padrinhos Cleusa e Alceu e a meus sogros Lourdes e Otavio, o carinho, motivação, apoio em todos os momentos e a ajuda para transpor todos os obstáculos que cruzaram meu caminho;

Ao Fabrício agradeço ter cedido o espaço para que o experimento fosse realizado e ao João, estar sempre presente no decorrer deste trabalho;

Aos amigos Jonathan, Danilo e Edgard, em especial, à Jeane e ao Vinícius, a ajuda nos momentos difíceis e as risadas compartilhadas durante esses anos;

Por fim, a todos professores e funcionários da UTFPR, agradeço os ensinamentos e a atenção.

Pedras no caminho?
Guardo todas,
Um dia vou construir
um castelo...

Fernando Pessoa

RESUMO

GIRARDI, Gustavo. **Automação do controle e do monitoramento de temperatura e umidificação de canteiros de cogumelo *Agaricus blazei*, no cultivo familiar em Santa Helena/PR**. 2018. 81f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Medianeira, Medianeira.

A agricultura familiar tem grande relevância quando se apresentam os números de propriedades produtoras de alimentos brasileiros que abastecem o mercado interno. Neste cenário, destaca-se o cultivo de cogumelos que podem servir de complemento de renda a pequenos produtores, em virtude da utilização de pequenos espaços e da boa aceitação mercadológica. O cogumelo *A. blazei* é um fungo consumido em decorrência de seu valor medicinal e das propriedades fortalecedoras do sistema imunológico. O cultivo desse tipo de fungo possui características específicas de cuidados, como o monitoramento constante da umidade e temperatura, fatores abióticos fundamentais que podem possibilitar o bom desempenho da safra. Diante disso, este trabalho propõe a automação do controle e do monitoramento de temperatura e umidade por meio de sensores e dispositivos microcontrolados, a custo acessível para a agricultura familiar, propiciando a diminuição da mão de obra do agricultor. Utilizou-se a plataforma Arduino para esse fim. O experimento foi realizado em duas fases, manual e automatizada, a fim de comparar os resultados e identificar a produtividade e a melhor forma de cultivo, assim como a umidade ideal para o desenvolvimento da safra na região em que o experimento foi realizado. Os canteiros que em que os sensores de umidade e temperatura foram instalados apresentaram facilidades no manejo da safra. A segunda safra automatizada apresentou produção de 59,86kg, com 4,31kg de cogumelo *A. blazei in natura* a mais do que a primeira fase manual. O *A. blazei* apresentou melhor desempenho no canteiro com a umidade próxima aos 80%, com desvio padrão de 1,13. Nesse cenário, constata-se que a região na qual foi realizado o experimento apresenta condições propícias para o cultivo de cogumelo *A. blazei*. As informações foram encaminhadas via conexão com a Internet para a plataforma *web* de Internet das Coisas (IoT) Thingsboard, para armazenamento de dados, o que possibilitou identificar, monitorar e acompanhar os aspectos referentes ao crescimento do *A. blazei* a distância. Conclui o trabalho que a utilização de sensores e microcontroladores facilita a produção, a identificação da melhor umidade para o desenvolvimento do cultivar e reduz os custos com mão de obra.

Palavras-chave: Arduino; Sensores; Cogumelo do sol; Umidade; IoT.

ABSTRACT

GIRARDI, Gustavo. **Automation of temperature control and monitoring and humidification of *Agaricus blazei* mushrooms in family farms in Santa Helena / PR.** 2018. 81f. Dissertation (MSc in Computational Technologies for Agribusiness) - Federal Technological University of Paraná (UTFPR), Medianeira campus, Medianeira.

Family farming has great relevance when presenting the numbers of Brazilian food producing properties that supply the domestic market. In this scenario, we highlight the cultivation of mushrooms that can supplement income for small producers, due to the use of small spaces and good market acceptance. The *A. blazei* mushroom is a fungus consumed due to its medicinal value and the strengthening properties of the immune system. The cultivation of this type of fungus has specific characteristics of care, such as the constant monitoring of humidity and temperature, fundamental abiotic factors that can enable the good performance of the crop. In view of this, this work proposes the automation of the control and monitoring of temperature and humidity by means of sensors and microcontrollable devices, at affordable cost for the family agriculture, propitiating the reduction of the workmanship of the farmer. The Arduino platform was used for this purpose. The experiment was carried out in two phases, manual and automated, in order to compare the results and identify the productivity and the best form of cultivation, as well as the ideal humidity for the development of the crop in the region where the experiment was carried out. The beds in which the humidity and temperature sensors were installed showed facilities to handle the harvest. The second automated harvest showed a yield of 59.86 kg, with 4.31 kg of *A. blazei* mushroom in natura more than the first manual phase. The *A. blazei* presented better performance at the site with humidity close to 80%, with a standard deviation of 1.13. In this scenario, it is verified that the region in which the experiment was performed presents propitious conditions for the cultivation of *A. blazei* mushroom. The information was sent via Internet connection to the Thingswo Internet Things (IoT) web platform for data storage, which enabled the identification, monitoring and follow-up of the aspects of *A. blazei* growth at a distance. It concludes the work that the use of sensors and microcontrollers facilitates the production, identification of the best moisture for the development of the cultivar and reduces labor costs.

Keywords: Arduino; Sensors; Mushroom of the sun; Moisture; IoT.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Cogumelo do Sol.....	19
Figura 2 – Cogumelo Champignon.....	19
Figura 3 – Cogumelo Shiitake	19
Figura 4 – Cogumelo Shimeji	19
Figura 5 – Diagrama do controle PID.	29
Figura 6 – Ilustração de placas e o símbolo do Arduino.....	31
Figura 7 – Placa Arduino MEGA 2560.....	32
Figura 8 – Demonstração da IDE e todas suas	33
Figura 9 – Sensor <i>Watermark</i> 200SS-5.....	35
Figura 10 – Sensor TDR.....	36
Figura 11 – Sensor DHT22.....	37
Figura 12 – Barracão de 5m x 4m com contrapiso e	39
Figura 13 – Ilustração do substrato e o fungo	40
Figura 14 – Ilustração da área do experimento	40
Figura 15 – Ilustração dos canteiros.....	40
Figura 16 – Estrado para plantio dos cogumelos,	41
Figura 17 – Fase de incubação	42
Figura 18 – Válvula solenoide que aciona a água.....	43
Figura 19 – Trecho do código de controle da umidade e temperatura do ambiente.	43
Figura 20 – Fluxograma do controle de umidade e temperatura do ambiente	44
Figura 21 – Fluxograma do sistema de microaspersão que controla a umidade do canteiro	45
Figura 22 – Trecho do código de funcionamento do sistema de controle de umidade do canteiro A	45
Figura 23 – Chip L293B (Ponte H), Circuito Integrado	46
Figura 24 – Representação da ligação de um sensor.	47
Figura 25 – Canos de água identificados, com.....	48
Figura 26 – Esquema de uma válvula	48
Figura 27 – Válvula solenoide 220V	49
Figura 28 – Conjunto de 8 relés eletromecânicos 12V	49
Figura 29 – Thingsboard, plataforma <i>web</i> de Internet das Coisas	50
Figura 30 – Fluxograma de materiais	50
Figura 31 – Béquer com o substrato	52
Figura 32 – Aferição dos sensores com o	55
Figura 33 – Conexão do sensor <i>Watermark</i>	55
Figura 34 – Coleta de dados.	56
Figura 35 – Variações da temperatura (°C) durante a primeira fase com início dia 18 de fevereiro de 2017.....	57
Figura 36 – Variações da umidade relativa do ar (%) durante a primeira fase com início dia 18 de fevereiro de 2017.....	57
Figura 37 – Cultivo do cogumelo <i>A. blazei</i> ,	58
Figura 38 – Quantidade colhida de <i>A. blazei</i> por canteiro na primeira fase.....	58
Figura 39 – Condutividade da corrente	59
Figura 40 – Sensor de umidade de solo YL-69	60
Figura 41 – Sensor de umidade de inox.....	60
Figura 42 – Sensor de umidade de alumínio.....	60
Figura 43 – Sensor de umidade de cobre	60

Figura 44 – Corrente <i>flip-flop</i>	61
Figura 45 – Modelo de vareta usada como sensor.....	61
Figura 46 – Varetas para teste de corrosão	62
Figura 47 – Material introduzido na terra para coletar dados.	62
Figura 48 – Gráfico de demonstração da corrosão de cada material.....	63
Figura 49 – Variações de temperatura monitorada pelo sensor DHT22 na segunda fase	64
Figura 50 – Variações de umidade relativa do ar (%) monitorada pelo DHT22, na segunda fase.....	64
Figura 51 – ThingsBoard, plataforma <i>web</i> de Internet das Coisas (IoT) de monitoramento de dados.....	65
Figura 52 – Sensor no substrato, enviando informação	65
Figura 53 – Dados de porcentagem de umidade, coletados dos sensores.	67
Figura 54 – Quantidade colhida em cada canteiro da segunda fase.....	68
Figura 55 – Gráfico de comparação da quantidade colhida em cada canteiro na primeira e segunda fase	69

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 – Composição nutricional do <i>A. blazei</i>	23
Tabela 2 – Demonstração dos pesos das amostras úmidas e secas, já com a média de cada canteiro e aplicada a fórmula.....	53
Tabela 3 – Calibração dos pontos do sensor Watermark 200SS	54
Tabela 4 – Custos dos materiais.	70
Quadro 1 – Cronograma e etapas de cultivo do cogumelo <i>A. blazei</i>	25
Quadro 2 – Descrição de cada ponto da ponte H.....	46
Quadro 3 – Umidade dos sensores	67

LISTA DE SIGLAS

ANPC	Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IDE	<i>Interface Development Environment</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
LED	<i>Light Emission Diod</i> (diodo emissor de luz)
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 AGRICULTURA FAMILIAR	17
3.1.1 Agricultura Familiar de Cogumelos	19
3.2 FUNGOS	20
3.2.1 História e Cultivo dos Cogumelos	20
3.2.2 História do Cogumelo <i>A. blazei</i>	22
3.2.3 Valor Nutricional do Cogumelo <i>A. blazei</i>	22
3.2.4 Cogumelo <i>A. blazei</i> no Brasil	23
3.2.5 Técnica e Produção de Cultivo do <i>A. blazei</i>	24
3.2.6 Temperatura no Cultivo de <i>A. blazei</i>	25
3.2.7 Umidade para o Cultivo de <i>A. blazei</i>	26
3.3 SISTEMAS DE CONTROLE PARA CULTIVO DE <i>A. BLAZEI</i>	26
3.3.1 Sistema de Malha Fechada.....	30
3.3.2 Sistema de Malha Aberta	30
3.3.3 Arduino	30
3.3.3.1 Arduino MEGA 2560.....	32
3.3.4 Interface de Desenvolvimento do Arduino.....	32
3.3.5 Sensores de Umidade de Solo	34
3.3.5.1 Sensores comerciais	35
3.3.6 Microaspersão Automatizada	36
3.3.7 Sensor de Monitoramento da Umidade e Temperatura Ambiente DHT22	37
4 MATERIAIS E MÉTODOS	38
4.1 AMBIENTE DE CULTIVO DOS EXPERIMENTOS	38
4.1.1 Primeira Fase do Experimento	41
4.1.2 Segunda Fase do Experimento	42
4.1.2.1 Automatização do processo	42
4.3 CALIBRAÇÃO DOS SENSORES DE UMIDADE	51
4.3.1 Método Gravimétrico	51
4.3.2 Sensor <i>Watermark</i> 200SS-5.....	54
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
5.1 PRIMEIRA FASE DO EXPERIMENTO	56
5.1.1 Monitoramento dos Dados	56
5.2 EXPERIMENTO COM SENSORES DE UMIDADE DO SOLO	59
5.2.1 Experimento de Corrosão dos Materiais	60
5.3 SEGUNDA FASE DO EXPERIMENTO	63
6 CONCLUSÃO	71
REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

A busca por alimentos proteicos no mundo é cada vez maior, pois são fontes de nutrição e podem ser reguladores do organismo e auxiliar o sistema imunológico, o que demanda pesquisas para a implementação de novas técnicas de cultivo desses alimentos.

O cenário do agronegócio no Brasil é promissor. Apesar da economia do país estar em recessão, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), o agronegócio brasileiro apresenta grande potencial para crescimento, havendo variação positiva de desempenho do setor entre 1,5% e 2,2% nos anos de 2016 e 2017, tanto para suprir e abastecer o mercado interno quanto para exportações. Esses fatores de competitividade remetem à disponibilidade de recursos naturais e às inovações sustentáveis e empreendedoras no país (CANAL RURAL, 2016).

De acordo com a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), o Brasil deve continuar aumentando a área plantada nos próximos dez anos, haja vista que a tendência de consumo de alimentos deve quase triplicar nesse período (OCDE-FAO, 2015). Para isso, há necessidade de que seus processos de produção sejam realizados de forma eficiente.

Os cogumelos, por possuírem elevado teor de proteínas e sais minerais, apresentam ações protetoras e fortalecedoras do sistema imunológico, e são considerados fontes de princípios ativos na farmacologia e biotecnologia, em virtude de seu valor medicinal. Dessa forma, podem ser vistos como uma alternativa para suplementação alimentar em países com alto índice de desnutrição, bem como fonte extra de renda para pequenos produtores, devido à utilização dos recursos naturais, ao baixo custo dos ativos e ao ciclo rápido da cultura (ZHANXI; ZHANHUA, 2001; SHAH; AHARAF; SHTIAQ, 2004 apud VARGAS, 2011).

Segundo Dias (2010), o Brasil não possui tradição no cultivo e consumo de cogumelos, e as pesquisas ainda são recentes, contudo, gradativamente, as pessoas estão se tornando produtoras e consumidoras desse alimento. Seu baixo consumo pode estar relacionado à baixa produtividade mundial e brasileira, mas, por estar se popularizando, justifica-se o investimento em pesquisas e evoluções tecnológicas, a fim de melhorar sua qualidade, produtividade e seu custo de cultivo.

O consumo de cogumelo no Brasil é baixo, quando comparado ao consumo nos países europeus, sendo 70g *per capita* contra uma média de 4kg por pessoa, respectivamente (RIBEIRO; OLIVEIRA, 2009). No mundo, estima-se que se produzam cerca de 25 mil toneladas de cogumelos (PHAN; SABARATNAM, 2012). De acordo com a Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos (ANPC, 2014), o Brasil tarifou em 35% os cogumelos importados no ano de 2010, com o objetivo de fortalecer o mercado interno e evitar a importação, contornando a crise do setor.

O agronegócio de cogumelos no Brasil é modesto, e um número reduzido de produtores estão envolvidos em sua cultura. No ano 2017, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), havia 14.929 produtores cadastrados no cultivo orgânico em todo o Brasil (BRASIL, 2017).

Ortiz e Gannone (2007) compreenderam as condições competitivas no Brasil para a produção de cogumelos e descreveram como elas influenciam a internacionalização e exportação do *A. blazei* para países como Taiwan e para a Europa, tendo como foco principal a exportação de cogumelos para o Japão. Os autores evidenciam as vantagens do *A. blazei* para plantio no Brasil que são consideradas de maior relevância, devido aos aspectos naturais, como energia solar, chuvas regulares e clima diversificado, além de grandes áreas passíveis de cultivo. Também, ressaltam a constante modernização dos processos de manejo no cultivo e o investimento em tecnologia no agronegócio brasileiro, os quais podem influenciar significativamente a exportação, além de aumentar o consumo interno desse alimento (NEVES; NETO, 2011).

A agroindústria familiar é vista como uma oportunidade para pequenos produtores se desenvolverem de forma eficiente, buscando inovações para sustentabilidade no mercado. O conceito de agroindústria familiar é descrito por Neves e Neto (2011) como a família sendo proprietária dos meios de cultivo e executora das atividades produtivas, de forma a possibilitar a diversificação da renda agrícola familiar, por meio da transformação de matéria-prima cultivada na propriedade, incorporando-lhe maior valia.

O cultivo de produtos orgânicos é mais uma fonte para o aumento da renda de pequenos produtores, e como o mercado desses produtos vem crescendo significativamente nos últimos anos, podem ser uma das alternativas para produtores familiares diversificarem seu cultivo. Para Darolt (2000), um produto orgânico que pode aumentar a rentabilidade do agronegócio familiar é o cultivo de *A. blazei*,

Agaricus blazei Murril, também conhecido no Brasil como Cogumelo do Sol, Cogumelo Piedade, Cogumelo Princesa, Cogumelo de Deus e, no Japão, conhecido como Kawariharatake e Himematsutake, o qual apresenta altas propriedades nutritivas e terapêuticas (KOPYTOWSKI FILHO, 2006). Segundo Kopytowski Filho (2006), alguns autores, como Park (2001), Nascimento (2003), Oei (2003) e Mendonça et al. (2005), evidenciam a necessidade de investimento em tecnologias de cultivo para o *A. blazei*, buscando o monitoramento rigoroso de temperatura e umidade necessárias para seu cultivo. Conforme esse mesmo autor, o controle de todo esse processo é difícil, logo, a inserção de tecnologias no cultivo é importante.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Diante do cenário exposto, este estudo propõe automatizar o processo de monitoramento da temperatura e umidificação de canteiros de cogumelo *A. blazei*, no que se refere ao controle do cultivo, na busca por mais qualidade e quantidade para o agronegócio familiar.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Estudar métodos de automatização do controle e monitoramento de parâmetros abióticos (temperatura e umidade) para o *A. blazei*;
- b. Desenvolver um sistema de controle, baseado nos métodos estudados, utilizando-se o Arduino para identificação e obtenção de parâmetros de umidade e temperatura;
- c. Avaliar a influência da temperatura no crescimento do *A. blazei*;
- d. Determinar parâmetros de umidade, visando a melhorar a produtividade;
- e. Gerar dados referentes à umidade e temperatura no desenvolvimento do *A. blazei*;
- f. Armazenar dados em plataforma *web* de Internet das Coisas (IoT) que permita supervisão e controle do cultivo de *A. blazei*;
- g. Avaliar o desempenho do processo produtivo na agroindústria familiar de cultivo de *A. blazei*, utilizando recursos computacionais em sua otimização.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 AGRICULTURA FAMILIAR

Somente na década de 1990 o termo agricultura familiar passou a ser utilizado no Brasil. Dentre os eventos que contribuíram para essa mudança, dois se destacam: a adoção do termo pelos movimentos sociais e a criação, em 1996, do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), no governo do então Presidente da República Fernando Henrique Cardoso. O objetivo do programa consistia em apoiar institucionalmente e de forma customizada os mínimos e pequenos produtores rurais, possibilitando a elevação da capacidade produtiva, a geração de emprego e renda, além de contribuir para a redução das desigualdades sociais (SCHNEIDER, 2013).

Navarro e Pedroso (2011) escrevem sobre o conceito de agricultura familiar, que pode ser chamada de revolução verde e foi incorporada à sociedade na metade do século passado. Schuch (2007) comenta que, no Brasil atual, a agricultura familiar está presente em todas as regiões. De acordo com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária e o Fundo das Nações Unidas para a Agricultura e Alimento (INCRA-FAO, 1996 e 2000), a Agricultura Familiar tem três pontos importantes, sendo o primeiro a gestão da unidade produtiva e os investimentos realizados, que são feitos por indivíduos que mantêm laços de sangue ou de casamento; em segundo, estão a utilização e otimização do trabalho familiar; e em terceiro o uso da propriedade, que é um dos meios de cultivo pertencentes à família, onde se realiza a transmissão aos descendentes, em caso de falecimento ou de aposentadoria dos proprietários da unidade produtiva.

Diante de todas essas definições, Guanzioli et al. (2001) descrevem que há diversas concepções, recomendações e interpretações sobre a Agricultura Familiar, de forma que as conjecturas trocadas por diferentes instituições que representam pequenos produtores rurais, profissionais que estudam a área rural e técnicos governamentais que desenvolvem políticas para o setor rural brasileiro são ferramentas indispensáveis para o fortalecimento da agricultura familiar.

Nesse sentido, França, Del Grossi e Marques (2009) citam as evoluções que surgiram após a criação do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) em 2000 e

de programas de financiamento para pequenos produtores, como o Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), o Proger Rural (1995) e o Garantia Safra (2002).

Na época do censo Brasil (2000), uma série de novos programas foi lançada, estando em fase de execução, como: Programa de Aquisições de Alimentos (PAA), em 2003, Seguro da Agricultura Familiar (Proagro Mais), em 2004, Programa Nacional do Biodiesel, em 2004, Territórios Rurais, em 2004, e o Programa Bolsa Família, em 2004, os quais obtiveram grande importância na manutenção e financiamento das propriedades rurais familiares. Programas como o Proagro Mais possibilitaram aos pequenos produtores segurar suas safras e assim diminuir suas perdas por motivos climáticos, uma vez que os programas ressarcem ao produtor até 100% de perdas.

O II Plano Nacional de Reforma Agrária, lançado em 2003 e efetivado somente no ano seguinte, permitiu que as famílias que vivem em assentamentos pudessem desenvolver-se por meio da agricultura e do desenvolvimento rural sustentável, impulsionando mais uma vez a pequena propriedade rural (SCHNEIDER, 2013).

Dessa forma, observam-se vários incentivos lançados pelo governo para auxiliar a agricultura familiar. Mesmo com todos os obstáculos recentes, referentes a desemprego, inflação e diminuição da renda familiar, a Agricultura Familiar é sólida e auxilia de forma significativa o desenvolvimento do país e das famílias no Brasil (SCHNEIDER, 2013).

Segundo Lima e Figueiredo (2006. p.57),

Mesmo que não seja este o desenvolvimento que se almeje e nem a agricultura que se busca, de base ecológica, mas no conjunto e no processo contraditório e dialético que se estabelece em uma sociedade de classe, a agricultura familiar tem um papel e tem uma importância.

De acordo com Bittencourt e Sabbato (2000), a região Sul do Brasil domina a Agricultura Familiar, pois nessa região são empregados um aporte de 43,3% dos financiamentos designados à Agricultura Familiar no Brasil.

Dessa forma, observa-se que no Sul há maior demanda de financiamentos rurais, demonstrando-se a maior concentração de pequenas produções e agroindústrias familiares, quando comparado a outras regiões (BITTENCOURT; SABBATO, 2000).

3.1.1 Agricultura Familiar de Cogumelos

No Brasil, o consumo e cultivo de cogumelos não é uma característica da população. O hábito alimentar do brasileiro está concentrado em produtos de origem vegetal e animal, basicamente. Porém, nos últimos tempos, com a presença de imigrantes do oriente, o consumo de cogumelos vem aumentando (ZIED, 2011).

Dos cogumelos produzidos atualmente no Brasil, a grande maioria tem origem na Agricultura Familiar. Dentre eles, o *Agaricus subrufescens* requer atenção redobrada, por ser naturalmente brasileiro e possuir elevada propriedade medicinal e farmacológica como o *A. blazei* (Cogumelo do Sol) (Figura 1), ao passo que os demais cogumelos, tais como o *Agaricus bisporus* (Champignon) (Figura 2), *Lentinula edodes* (Shiitake) (Figura 3) e *Pleurotus ostreatus* (Shimeji) (Figura 4) – que também são usados na gastronomia ou na medicina e são originários de outros países –, apesar de também necessitarem de cuidados, desenvolvem-se com maior facilidade (ZIED, 2011).



Figura 1 – Cogumelo do Sol.
A. blazei
Fonte: Autoria própria (2017).



Figura 3 – Cogumelo Shiitake.
Fonte: ANPC (2017).



Figura 2 – Cogumelo Champignon.
Fonte: ANPC (2017).



Figura 4 – Cogumelo Shimeji.
Fonte: ANPC (2017).

Conforme Zied (2011), o cultivo de cogumelos no Brasil, inclusive do *A. blazei*, mostra-se como referência internacional, quando se menciona o fator qualidade, pois

no país há clima favorável, além de diversos apoios financeiros, assistência técnica e científica.

3.2 FUNGOS

Apesar de pouco explorado pela ciência, o reino Fungi possui mais de um milhão e meio de espécies. Ainda que esse conhecimento seja limitado, entende-se que vários espécimes de fungos se tornaram vitais para a saúde humana, uma vez que colaboram de maneira efetiva para a conservação da heterogeneidade biológica do mundo (COZETTI, 2000).

Os fungos utilizados como alimento são classificados em saprobióticos, parasitas e simbióticos. Os saprobióticos ou saprofíticos nutrem-se de material morto, como, por exemplo, mofos e bolores, e de vários fungos comestíveis, como o *A. blazei*. Os fungos relacionados a bactérias operam no ambiente como reguladores naturais da população de outros organismos, tendo importância semelhante à das plantas para a manutenção da biosfera. Os fungos são originadores da decomposição e permitem a reciclagem de nutrientes. Se, por exemplo, excluíssem os fungos de todo o mundo, poderia haver gradativa acumulação no sistema terrestre e marinho de matéria orgânica não decomposta (galhos de árvores, restos de animais), comprometendo o equilíbrio da biosfera (COZETTI, 2000).

3.2.1 História e Cultivo dos Cogumelos

Já nos primórdios, o homem conhecia os cogumelos, que são matérias frutificadas dos fungos, e os usava para fins terapêuticos, alimentares e religiosos. No meio ambiente, encontram-se milhares de espécies diferentes de cogumelos, como os alucinógenos, venenosos, afrodisíacos e medicinais. O cogumelo sempre foi respeitado e cultivado por diferentes civilizações, como, por exemplo, a europeia e a oriental (CHEN, 2001).

No início, a colheita de cogumelos era extrativista, porém, seu cultivo cresceu, progrediu e requintou-se. Apesar de sua origem chinesa, o cogumelo foi expandindo seus horizontes para os Estados Unidos e Japão, por conta da globalização e ampliação dos mercados, como o de alimentação, e nos dias de hoje se encontra em vários países do mundo. Os cogumelos estão nas receitas mais sofisticadas, tanto nas comidas orientais quanto ocidentais, e têm presença garantida na cozinha italiana e francesa. Dispõem de comércio certo nas nações mais ricas do mundo, visto que seu valor é fortemente compensador. São especialmente recomendados para cultivo em pequenas propriedades, porém, exigem capacitação e habilidade do produtor (CHEN, 2001).

Desde 450 a.C. já havia escritos sobre os cogumelos. Grafadas em um epigrama de Eurípedes estão as citações iniciais, e é descrito o falecimento, por envenenamento relacionado à ingestão de cogumelos, de uma mãe e seus três filhos. Sobre o cogumelo *Ganoderma lucidum*, popularmente conhecido pelo nome de Reichi no Japão e por *Ling Zhina* na China, há vários mitos e fábulas sendo contados em longa história na medicina chinesa, assim como são evidenciadas suas potências curativas (STAMETS, 1993).

No Brasil, as histórias e as primeiras pesquisas realizadas sobre os cogumelos foram feitas pelas nações indígenas, as quais relataram que, para esses tipos de fungos, os nomes eram carregados de aspectos negativos. Fungo, no dialeto indígena, é uma expressão de sentido semelhante a “coisa ruim”, que “não presta”. Somente os índios Yanomâmis demonstraram uma extensa lista de nomes para diferentes fungos sem essa significação negativa, sinalizando seu uso principalmente na comida e em rituais de cura. A realidade é que os Yanomâmis consomem cogumelos de diversas variedades, mas não há registro de seu uso como alucinógeno (COUTINHO, 2001).

Nos dias de hoje, tem-se conhecimento de mais de 10.000 (dez mil) espécies de cogumelos, porém, apenas cerca de 2.000 (duas mil), que pertencem a 30 gêneros, são comestíveis e apresentam valor nutricional. Pascholati, Stargarlin e Piccinin (1998) e Chen (2001) descrevem que apenas 20 espécies são cultivadas comercialmente e menos de 10 são industrializadas.

Não existem comprovações seguras que possibilitem identificar, em ordem histórica e cronológica, quando principiou o cultivo de cogumelos no Brasil. Todavia, há o entendimento de que a espécie mais explorada no país é o *Agaricus bisporus* ou

Champignon de Paris, visto que o cultivo em proporção de vendas no varejo iniciou-se na década de 1950. A prática de se alimentar com esse cogumelo está mais direcionada às regiões Sul e Sudeste, e há cerca de 40 anos ele é adicionado como ingrediente na cozinha Brasileira. Outros cogumelos lucrativos no país são os *Pleurotus* sp. (Shimeji e Hiratake) e o *Lentinula edodes*, conhecido como Shiitake (COUTINHO, 2001).

No Brasil, o consumo de *A. blazei* ainda é muito baixo, e a produção interna acompanha esse dado. A falta de produtividade tem a ver com a oferta e a procura, que, quando se faz necessário, são supridas com os produtos que vêm de outros países. Em vista disso, o país é uma potência de negócio para o cultivo desses fungos, e também devido a seu clima tropical, tanto para estimular ainda mais o consumo interno quanto para exportações (EMBRAPA, 2014).

3.2.2 História do Cogumelo *A. blazei*

Esse cogumelo foi classificado como uma nova linhagem pelo micologista americano Dr. W. A. Murril, por meio de recolha de unidades na propriedade rural 44, do Sr. R. W. Blaze, em Gainesville, na Flórida (HERRERA; CARMO, 2001).

No entanto, perduram narrativas de que seu objetivo terapêutico tenha sido descrito há mais de 120 anos, no tratado científico *Botânica Brasileira*, de Joaquim Monteiro Caminhoá, pesquisador da Faculdade de Zoologia e Botânica Médica do Rio de Janeiro (COUTINHO, 2001).

3.2.3 Valor Nutricional do Cogumelo *A. blazei*

A Tabela 1 demonstra a composição nutricional do *A. blazei*, cujos elementos auxiliam no aumento da imunidade do organismo.

Tabela 1 – Composição nutricional do *A. blazei*.

Componente	Constituição (100g)
Proteína (%)	40-45
Lipídios (%)	3-4
Fibra (%)	6-8
Cinza (%)	5-7
Carboidrato (%)	38-45
Vitamina B1 (mg)	0,3
Vitamina B2 (mg)	3,2
Niacina (mg)	49,2
Ergosterol (%)	0,1-0,2
Potássio (% do total das cinzas)	2,97
Fósforo (ppm)	7486
Magnésio (ppm)	528
Cálcio (ppm)	157

Fonte: Mizuno et al. (1990).

3.2.4 Cogumelo *A. blazei* no Brasil

O *A. blazei* foi descoberto no Brasil por imigrantes orientais nos anos 1950, na região de Piedade, Estado de São Paulo. Por ser semelhante ao *matsutake* (*Tricholoma matsutake*), um cogumelo apreciado e comum no Japão, acabou se tornando parte do cardápio dos imigrantes japoneses, moradores na região (HERRERA; CARMO, 2001).

Nas décadas de 1960 e 1970, foram aprofundadas as pesquisas sobre o *A. blazei*, lideradas pelo Dr. W.J. Cinden, da Universidade do Estado da Pensilvânia, que chegou à região de Piedade, em São Paulo, observou a longevidade da população local e identificou o uso de *A. blazei* na alimentação dessas pessoas. Esses pesquisadores afirmaram que, ao se alimentar regularmente com esse cogumelo, os habitantes apresentaram aumento da expectativa e qualidade de vida na velhice (URYU, 1999; HERRERA; CARMO, 2001).

De acordo com Herrera e Carmo (2001), em meados da década de 1960, o Sr. Takehisa Furumoto, agricultor da região, enviou amostras de *A. blazei*, que achou em suas terras, para o Iwaide Fungology Institute, no Japão, sob a responsabilidade do Dr. Inosuke Iwaide (professor da Tokyo University e Mie University). A partir de

então, essas universidades iniciaram pesquisas mais aprofundadas sobre o cogumelo, suas propriedades medicinais e modo produtivo. O *A. blazei*, conhecido por diversas outras denominações, como Cogumelo do Sol, Himmematsutake, Cogumelo Princesa, tem seu cultivo em vários municípios no Estado de São Paulo, Estado de Goiás, Estado do Paraná e Estado de Minas Gerais (URYU, 1999).

3.2.5 Técnica e Produção de Cultivo do *A. blazei*

China, Estados Unidos, Holanda, Itália, Japão e Polônia são os maiores produtores de cogumelo do mundo, responsáveis por 90% do cultivo, com quinze espécies diferentes (FEENEY, 2014).

No ano de 2014, a produtividade global foi de 743,2 mil toneladas, com uma receita de 1,7 bilhões de euros. As espécies de cogumelos mais comercializadas mundialmente, como já mencionado, são *Agaricus bisporus* (Champignon de Paris), *Pleurotus ostreatus* (Shimeji) e *Lentinula edodes* Shiitake (BOON, 2015). No Brasil, os fungos mais cultivados são *Agaricus bisporus* (representando 55% do cultivo nacional), seguido por *Pleurotus* spp., *Lentinula edodes* e *A. blazei* (ZIED, 2014).

Para o cultivo do cogumelo *A. blazei* são organizadas e definidas seis etapas diferentes: compostagem (fase 1 e fase 2); inoculação e colonização; cobertura do substrato; frutificação; colheita; e processamento (EIRA; BRAGA, 1997; PASCHOLATI; STANGARLIN; PICCININ, 1998; BRAGA; EIRA; CELSO, 1998; HERRERA; CARMO, 2001). Segundo Andrade et al. (2006), verificou-se que os compostos que os agricultores utilizavam para cobertura eram terra; terra e carvão; ou terra, carvão e vermiculita.

O Quadro 1 mostra, resumidamente, o cronograma e as etapas do cultivo do *A. blazei*.

Quadro 1 – Cronograma e etapas de cultivo do cogumelo *A. blazei*.

Duração (média em dias)	Fases	Finalidade
21	1. Compostagem	Neutralizar bactérias termofílicas e alguns fungos.
07		Pasteurizar o composto para eliminar pragas e doenças.
14	2. Inoculação e colonização	Adicionar o micélio no composto. <i>Spaw</i> ou “semente” é o micélio vegetativo que cresce em grãos (trigo, milho, sorgo e centeio). <i>Spawning</i> é a colonização do micélio no composto.
	3. Cobertura do substrato	Adicionar uma camada de 5cm a 6cm de terra de cobertura (turfa ou terra de barranco) sobre o composto colonizado. O micélio coloniza a camada de cobertura uniformemente para alcançar a superfície. O processo de frutificação é acelerado pelo uso da terra de cobertura.
	4. Frutificação	Aparecimento dos primórdios, início da frutificação.
21 a 30	5. Colheita	A frutificação dos cogumelos ocorre em fluxos, com vários dias de pico, intercalados por intervalos de menor intensidade. Em um período de 30 dias de colheita, ocorrem em torno de 4 a 5 intervalos. A maior parte dos produtores realiza a colheita nos 3 primeiros fluxos, com o objetivo de reduzir os riscos de doenças.
	6. Processamento	Lavagem, corte, secagem e embalagem.

Fonte: Herrera; Carmo (2001).

3.2.6 Temperatura no Cultivo de *A. blazei*

A temperatura é um dos componentes mais importantes no cultivo de *A. blazei*. Nesse sentido, esse cogumelo é sensível ao extremo, e o produtor deve atentar para esse requisito. A temperatura deve ficar em torno de 27°C para um ótimo desenvolvimento do *A. blazei* (MINHONI; KOPYTOWSKI FILHO; ANDRADE, 2005).

Depois de inoculado o fungo na semente, ela é semeada em um composto, formando o micélio de *A. blazei*, o qual cresce no meio do substrato e coopera com a comunidade microbiana presente no composto (FERMOR; RANDLE; SMITH, 1985).

Nesse início do cultivo em camas, a temperatura ambiente deverá ser de 27°C, e não há necessidade de luz. O período de incubação varia de 25 a 35 dias, dependendo da temperatura (PASCHOLATI; STANGARLIN; PICCININ, 1998). Para o desenvolvimento do *A. blazei*, ou seja, o próximo estágio, a temperatura ideal é de 22°C a 30°C, para que o desenvolvimento do micélio seja maior (PARK, 2001; OEI, 2003; UNICORN, 2013). Quando a colheita está próxima, a temperatura deve ser a mesma do desenvolvimento, e se deve buscar essa uniformidade durante todo o ciclo, que compreende em média 120 dias, com 4 safras (KOPYTOWSKI FILHO, 2006).

3.2.7 Umidade para o Cultivo de *A. blazei*

Segundo Oei (2003) e Griensven (1988), 72% de umidade para o composto de *A. blazei* na época de fertilização seriam adequados para a obtenção de maior produtividade. Entretanto, Loon, Baar e Straatsma (2004) obtiveram rendimentos apropriados no cultivo de *A. bisporus* em situações mais extensas de umidade nos compostos ao final da fertilização, ou seja, variando-a de 64,7% a 77,3%. Segundo Dhar et al. (2004), produtos de *A. bisporus* foram considerados adequados em conjuntos orgânicos certificados com médias de umidade de 64% a 67% ao final da fertilização.

3.3 SISTEMAS DE CONTROLE PARA CULTIVO DE *A. BLAZEI*

Para gerir a produção de *A. blazei*, é necessário encontrar uma forma de controlar os dados das condições abióticas, temperatura e umidade. Para tanto, o sistema de controle é fundamental. Segundo Houaiss e Villar (2009), um sistema de controle é o dispositivo ou mecanismo fixado para liderar ou regular a performance de uma máquina, aparelho ou instrumento.

Desde o século XVIII, o controle automático vem sendo desenvolvido. Um exemplo é a construção de um controlador centrífugo, feito por James Watt, para monitorar a velocidade de uma máquina a vapor. As ideias de controle, desde então,

começaram a se desenvolver, e significam muito para o avanço da ciência. O emprego desses princípios é indispensável para controlar as ações dos sistemas de comando de aviões, veículos espaciais, processos industriais e muitos outros presentes no dia a dia (OGATA, 1985).

O controle do sistema pode ser implantado de várias maneiras. A maneira mais descomplicada é o controle manual de uma malha aberta. Um agente emprega uma energia no procedimento por meio de um operador. O ajuste de regulação do operador determina, com exatidão, o total de energia que é aplicado. O procedimento de controle manual utiliza essa energia no sentido de gerar sua saída. Alterando-se a regulação do operador, modifica-se a energia no sistema e a saída resultante do processo (RIBEIRO, 2001).

De acordo com cada ação que atua nos processos, os controladores automáticos podem ser classificados, segundo Ogata (2010), como sendo a ação do tipo liga-desliga, controladores proporcionais, controladores proporcional-integrais (PI), controladores proporcional-derivativos (PD), controladores proporcional-integral-derivativos (PID).

Liga-desliga – Das formas de funcionamento de controle automático, a mais descomplicada é a de duas posições, popular controle liga-desliga. Nesse exemplo de ação, atribui-se a posição 0 ou 1 a um atuador do processo. É uma maneira muito empregada para controle de sistemas simples, com dinâmicas lentas, como o controle de umidade e temperatura (FACCIN, 2004).

Para aplicação desse controle automático, usa-se a plataforma Arduino, que é de fácil manuseio e baixo custo. De acordo com McRoberts (2011), o Arduino é capaz de integrar vários dispositivos, como sensores de temperatura e umidade, sensores de distância, LEDs, interruptores, assim reunindo e publicando dados. Existem vários modelos de Arduino, e a definição de qual modelo usar depende da necessidade de cada usuário, pois os modelos diferem pelas várias formas e configurações (VASILJEVIĆ, 2013).

Controlador Proporcional – Os controladores proporcionais são aplicados em processos que contêm uma constante de tempo simples, e respondem rapidamente tanto aos distúrbios como às alterações no ponto de ajuste. A saída do controlador é diretamente proporcional ao erro atuante advindo do equipamento de medição. Sua saída depende da extensão do erro em um instante de tempo, sendo o controlador simplesmente um amplificador com um ganho constante, em que um erro

grande em algum espaço de tempo provoca um alto valor na saída do controlador nesse instante de tempo. O algoritmo de posição do sinal de saída do controlador P ($u(t)$ mediante o erro $e(t)$) foi descrito por (BEGA; FINKEL; KOCH, 2006), conforme a Equação 1.

$$u(t) = K_p \cdot \Delta e(t) \quad (\text{Equação 1})$$

$K(p)$: é uma constante, frequentemente chamada de ganho proporcional do controlador.

$e(t)$: é o erro da variável do processo

$u(t)$: é a saída do controlador

Controlador Proporcional-Integral (PI) – O controlador PI gera a saída proporcionalmente ao erro P e proporcionalmente à integral do erro I. A Equação 2 mostra o controlador PI, com a multiplicação com o tempo integral (OGATA, 2010).

$$u(t) = K_p e(t) + K_p \frac{1}{T_i} \int e(t) \quad (\text{Equação 2})$$

$T(i)$: é o tempo integral

Em alguns controladores, o ajuste do termo integral será o tempo integral em segundos ou minutos por repetição (OGATA, 2010).

O sistema de controle Proporcional-Integral é utilizado em sistemas com sucessivas alterações de cargas, sempre que o controlador P sozinho não for capaz de reduzir o erro inerte a um ponto aprovável. Entretanto, o sistema deve alterar cargas um pouco lentamente, evitando ações de oscilação induzidas pela ação integral (OGATA, 2010).

Controlador Proporcional-Derivativo (PD) – A saída de um processo apresenta, automaticamente, certa estagnação com relação a modificações na variável de entrada. Essa estagnação é explicada pela *performance* do procedimento, que faz com que uma modificação na variável de controle provoque uma mudança considerável na saída, depois de certo tempo. A ação derivativa, quando combinada com a ação proporcional, tem justamente a função de antecipar a ação de controle, a fim de que o procedimento seja mais rápido. Segundo Jan Pinto (2014), a Equação 3 refere-se a controladores PD.

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (\text{Equação 3})$$

$T(d)$: é o tempo derivativo

Esse tempo derivativo pode ser de segundo ou minutos, dependendo do controlador (JAN PINTO, 2014).

Controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID) – O PID elimina as imprecisões, a integral elimina as oscilações e o desvio de *offset*, enquanto a derivativa fornece ao sistema uma ação antecipada, evitando previamente que a diferença se torne maior, quando o processo tem a característica de correção lenta, em comparação com a velocidade do desvio. Na Equação 4, é demonstrada a forma ideal do controlador PID (JAN PINTO, 2014).

$$u(t) = K_p e(t) + K_p \frac{1}{T_i} \int e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (\text{Equação 4})$$

O termo derivativo não é normalmente aplicado sob sua forma pura, devido à amplificação do ruído (JAN PINTO, 2014).

O controlador PID tem funcionamento baseado no valor do erro que é calculado entre a variável controlada e seu valor desejado, o *set-point*. Por causa desse erro, é gerado um sinal de controle que visa a eliminar tal erro. A estrutura (Figura 5) do controlador PID consiste em três valores dos parâmetros proporcional, $P = K_c$, integral, $I = K_i$, e derivativo, $D = K_D$. É fato que, quanto mais apropriados os parâmetros do PID forem, mais preciso será o controle do sistema (SUNGTHONGA; ASSAWINCHAICHOTEB, 2016).

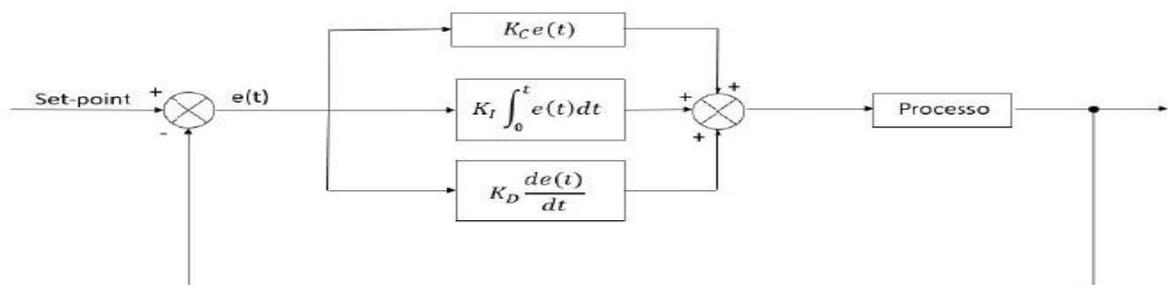


Figura 5 – Diagrama do controle PID.
Fonte: Sungthonga e Assawinchaichoteb (2016).

3.3.1 Sistema de Malha Fechada

Os sistemas de controle com realimentação (*feedback*) são denominados sistemas de controle de malha fechada. Para esse sistema de controle, o *set-point* é de extrema importância, pois é a partir desse sinal inicial que o processo é aplicado em um instante determinado. Isso é possível, porque nesse tipo de controle existe realimentação da saída para a entrada (OGATA, 2010).

3.3.2 Sistema de Malha Aberta

Ao contrário do sistema de controle de malha fechada, o sistema de controle de malha aberta é aquele em que o sinal de saída não exerce nenhuma ação de controle no sistema. Nesse tipo de controle, não há comparação entre a saída e a entrada de referência. Assim sendo, é um sistema em que não ocorre a realimentação (OGATA, 2010).

3.3.3 Arduino

O Arduino, de acordo com sua proposta de aplicação, é uma plataforma de prototipagem de código aberto baseado em *hardware* e *software* de simples aplicação. Como proposta italiana iniciada em 2005, tinha em um primeiro momento a finalidade de ser empregado em práticas de caráter educativo e de convívio com propósitos escolares (ARDUINO.CC, 2015).

Especificamente, o Arduino é uma plataforma física, como mostra a Figura 6, de computação de código aberto, fundamentada em um microcontrolador ATMEL AVR e que dispõe de um espaço de desenvolvimento para escrever o código e introduzi-lo no microcontrolador com comunicação serial. A finalidade do Arduino é desenvolver peças que possam interagir, mediante sensores, chaves e outros componentes, com o mundo real. O projeto desenvolvido no Arduino pode ser de

forma autônoma ou capaz de se comunicar com um *software* executado em um computador. Os circuitos podem ser montados à mão ou adquiridos pré-montados. O *software* de programação é de código livre. A linguagem de programação do Arduino é uma instalação do Wiring, referindo-se a uma plataforma computacional física equivalente a este, que se baseia no ambiente multimídia de programação Processing (ARDUINO.CC, 2015).

Os principais modelos de Arduinos existentes no mercado são classificados como segue.

Arduino NANO: Para usar um Arduino Nano é necessário ter um cabo USB A para Mini-b. Ele é pequeno e completo, o mais recomendado para utilizar em uma *proto-board*. Sua placa é baseada no microcontrolador ATmega328, que tem 14 pinos digitais de entrada ou saída, dos quais 6 oferecem saída PWM e 8 entradas analógicas (McROBERTS, 2011).

Arduino MINI: O Arduino MINI é uma placa microcontroladora baseada no ATmega168. Igualmente ao Arduino NANO, possui 14 pinos digitais de entrada ou saída, dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM e 8 como entradas analógicas. Por não ter conectores pré-montados, ele permite o uso de vários tipos de conectores ou até soldas de fios diretamente na placa (McROBERTS, 2011).

Arduino UNO: Possui 20 pinos digitais, que podem ser entrada ou saída, dos quais 7 podem ser usados como saídas PWM e 12 como entradas analógicas. Sua placa é baseada no microcontrolador ATmega328 com o cristal oscilador de 16MHz. Há uma conexão micro-USB, um plugue de alimentação, um conector ICSP e um botão de *reset* (ARDUINO.CC, 2015).



Figura 6 – Ilustração de placas e o símbolo do Arduino.
Fonte: Arduino. CC (2015).

3.3.3.1 Arduino MEGA 2560

Outra forma de encontrar o Arduino é o Arduino MEGA 2560. Ele possui mais entradas e saídas, com isso, pode ser usado em projetos maiores, que necessitam de mais entradas e saídas (McROBERTS, 2011).

Existem duas versões do Arduino MEGA: o Arduino MEGA ADK e o Arduino MEGA 2560, e ambos usam o microcontrolador ATMEL ATMEGA2560 (Figura 7). A única diferença entre os dois é que o ADK tem uma interface USB para se conectar com telefones baseados no sistema operacional Android, usando o circuito integrado MAX3421E, que é uma interface SPI, e controlador Host via USB (McROBERTS, 2011).

Eles possuem em comum 54 pinos digitais de entrada ou saída, dos quais 15 podem ser usados como saídas PWM e 16 como entradas analógicas, 4 UARTs (portas seriais de *hardware*), velocidade de 16MHz, uma conexão USB, um plugue de alimentação, um conector ICSP e um botão de *reset* (ARDUINO.CC, 2015).



Figura 7 – Placa Arduino MEGA 2560.
Fonte: Autoria própria (2017).

3.3.4 Interface de Desenvolvimento do Arduino

As informações recebidas pelo Arduino são desenvolvidas em linguagem C e C++, em um *software* que cria o *sketch*, chamado Interface Development Environment (IDE). Podem ser criadas novas bibliotecas, como também podem ser usadas as que são encontradas com facilidade no *software*.

De acordo com McRoberts (2011), o ambiente de *software* (IDE) foi desenvolvido (Figura 8) para permitir a criação e a execução do programa, enviando informações coletadas por este para a placa Arduino.

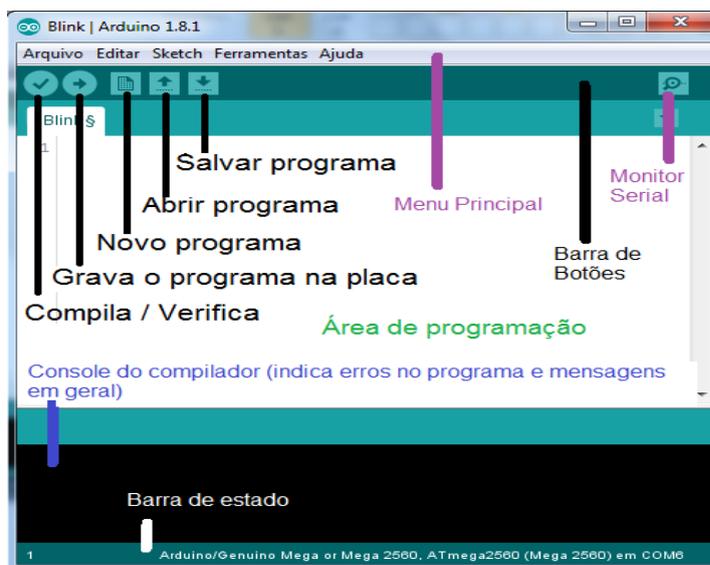


Figura 8 – Demonstração da IDE e todas suas funcionalidades.
Fonte: Autoria própria (2017).

Para envio das informações coletadas são usados dispositivos, como o Ethernet Shield W5100, que proporciona acesso às informações de sua rede local. Pode ser conectado à Internet em qualquer momento, permitindo monitoramento de onde for necessário (FILIFELOP, 2017).

A Internet of Things (IoT), conhecida como Internet das coisas, é definida como comunicação máquina a máquina (M2M) via Internet, que dá permissão para que diferentes objetos, como carros, máquinas industriais ou bens de consumo, como bolsas e roupas, compartilhem dados e informações para concluir determinadas tarefas. A base de funcionamento da Internet das coisas são sensores e dispositivos, como o Ethernet Shield W5100, que tornam a comunicação entre as coisas possível. Para isso, faz-se necessário um sistema de computação, que analise os dados recebidos e gerencie as ações de cada objeto, conectado a essa rede (BNDES, 2017).

3.3.5 Sensores de Umidade de Solo

Há uma necessidade iminente de recursos para monitoramento da temperatura e umidade de áreas agricultáveis, visto que a agricultura é o setor de atividade que mais gasta água, pois utiliza em torno de 70% da água disponível em suas diversas atividades (MEDICI et al., 2010).

Assim, a automação é essencial para a redução de custos de pequenos agricultores, principalmente por causa das necessidades operacionais (SUZUKI; HERNANDEZ, 1999).

Nesse sentido, a mensuração da umidade do solo é de vasta relevância para aplicações no campo da agricultura, pois permite que os agricultores administrem de forma mais eficiente os sistemas de irrigação. Conhecendo o solo, os agricultores podem usar menos água para cultivar, sem prejudicar o cultivo e a qualidade das plantas, irrigando-as nos períodos críticos de seu crescimento (RADONJIC; RADMAN, 2017).

Sensores de umidade são frequentemente usados em combinação com controladores do sistema de irrigação. Por exemplo, conecta-se um sensor de umidade a um sistema de irrigação com características “inteligentes”, o qual interromperá a irrigação quando o substrato estiver úmido o suficiente. Sensores de umidade do solo também encontram diversas aplicações na pesquisa científica de agricultura e horticultura, clima e meio ambiente (RADONJIC; RADMAN, 2017). Seguem alguns dos modelos e métodos de sensores de umidade do solo.

Blocos de resistência elétrica: Geralmente são blocos feitos de gesso, elementos permeáveis com eletrodos inseridos, em que há passagem de corrente elétrica entre os eletrodos (CALBO, 2006).

Tensiômetro: Módulos porosos com água dentro de seu nicho, que trabalham como dispositivos de medição de tensão ou sucção. Eles permanecem em contato com a superfície do solo ou são nele inseridos. Em equilíbrio, sua leitura é de modo direto, ou seja, medem a tensão da água no solo, em unidade de energia dividida por volume e pressão (CALBO, 2006).

Condutividade térmica: Trata-se de uma metodologia confiável de se estimar a tensão da água no solo por meio do acompanhamento da condutividade térmica de cápsulas porosas, de acordo com sua impregnação em água. Nesse

método, a variação da massa de água na cápsula porosa é acompanhada por meio de seus efeitos diretos sobre a condutividade térmica (CALBO, 2006).

Condutividade hidráulica: A condutividade hidráulica é um dos componentes do solo que interferem nas informações. O solo saturado sofre influência de atributos do próprio solo, tais como: estrutura, textura, homogeneidade, massa específica do solo, massa específica das partículas, porosidade total, macro e microporosidade, manejo e o teor de matéria orgânica (SILVA; MONTENEGRO; SANTOS, 2012).

3.3.5.1 Sensores comerciais

Os sensores comerciais são produtos testados e aprovados, o que é importante para extrair informações confiáveis de resistência elétrica do solo (SILVA, 2013).

Sensor comercial Watermark: O sensor Watermark (Figura 9), modelo 200SS-5, é de origem americana e funciona como um tensiômetro que extrai da resistência elétrica informações para alcançar o potencial de água no solo, mediante a tensão de água relacionada aos dois eletrodos encravados no meio permeável que o sensor possui (SILVA, 2013).



Figura 9 – Sensor *Watermark* 200SS-5.
Fonte: Autoria própria (2017).

Sensor comercial Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR): A técnica TDR era utilizada para medição da constante dielétrica em líquidos. A partir de 1980, começou a ser empregada em solos. Nos tempos atuais, o sensor TDR (Figura 10) está sendo utilizado para aferir o teor de água retida no solo, tendo como base a

emissão de pulso na frequência de micro-ondas, por meio de hastes colocadas na terra. Esse pulso interage com o meio e com isso registra seu comportamento, que sofre interferência, caso entre em contato com alguma umidade encontrada no solo, motivando assim a constante dielétrica do solo. Por intermédio de uma haste, de preferência de aço inoxidável, introduzida no solo, são transmitidos pulsos eletromagnéticos e medido o tempo percorrido por esses pulsos (SILVA, 2013).



Figura 10 – Sensor TDR.
Fonte: Sonda-Terra (2018).

3.3.6 Microaspersão Automatizada

Essa forma de irrigação por microaspersão faz com que a água seja aspergida via microaspersores, próximos das plantas. Abundantemente utilizado em plantas frutíferas, irrigações de hortas caseiras e jardins, é adaptável a diversas culturas e qualquer tipo de terreno (ANDRADE et al., 2006).

O controle de umidade do solo pelo método da microaspersão é uma dinâmica de evento discreto. As variáveis internas e de saída alteram-se sempre como consequência de variações quase instantâneas das entradas e de certos sensores internos, obedecendo a rígidas regras de causa e efeito e assumindo somente valores pertencentes a um conjunto finito, como desligado e ligado (CASTRUCCI; BITTAR; SALES, 2011).

3.3.7 Sensor de Monitoramento da Umidade e Temperatura Ambiente DHT22

O DHT22 é um sensor de temperatura e umidade que utiliza um pino digital em sua saída, possui tensão de 3V a 5V, é usado para medir umidade de 0% a 100%, com 2% de precisão, e temperaturas de -40°C a 125°C, com 0,5°C de precisão. O modelo DHT22/AM2303 é formado por um sensor de umidade capacitivo e um termistor para medir o ar ao redor, com sinal digital enviado ao pino de dados, não sendo necessários pinos analógicos, como demonstrado na Figura 11 (FILIPEFLOP, 2017).



Figura 11 – Sensor DHT22.
Fonte: Silva, Cavazim Neto e Iliuk (2017).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada na execução do projeto foi a pesquisa quantitativa, que visa à obtenção e análise de dados com o objetivo de apresentar a realidade temporal do objeto proposto, independentemente de julgamentos ou opiniões do pesquisador. Por ser uma metodologia baseada em levantamento e análise de dados, tem seu berço nas áreas de conhecimento como matemática, estatística, química e física (BARROS e LEHFELD, 2003).

Como afirmam Barros e Lehfeld (2003, p. 14), a pesquisa científica: “É a exploração, é a inquirição e o procedimento sistemático e intensivo que têm por objetivo descobrir, explicar e compreender os fatos que estão inseridos ou que compõem uma determinada realidade”.

De acordo com Lakatos e Marconi (1996), pesquisar é utilizar métodos científicos para encontrar soluções para as questões propostas. Diante desse paradigma, pode-se identificar a importância da pesquisa para a ciência. Pesquisar não pode ser entendido somente como coletar dados ou material bibliográfico. Para que a pesquisa tenha real contribuição, ela deve ser elaborada visando a alcançar um objetivo. De acordo com Fiorese (2003), o conjunto de processos que desenvolve procedimentos para alcançar um objetivo é o método (metodologia).

A coleta, análise e verificação de dados do experimento de cultivo do cogumelo *A. blazei* foram processadas pelo Arduino MEGA 2560 e empregadas em sistemas informatizados de controle de umidade e monitoramento de temperatura, para auxílio, controle e avaliação dos processos produtivos. Os resultados foram obtidos por meio de dados coletados pelos sensores de umidade e temperatura.

4.1 AMBIENTE DE CULTIVO DOS EXPERIMENTOS

Foram realizadas duas fases de experimento, a fim de compará-los e avaliar a melhor umidade para produção de maior quantidade e qualidade do cogumelo *A. blazei in natura*.

Para isso, utilizou-se a estrutura de um barracão de 5m x 4m de comprimento (Figura 12), construído com madeira rústica, cobertura de telha de barro, pé direito de 3m de altura e fechamento das laterais com lonas. A ventilação em seu interior aconteceu de forma natural, pela passagem do ar durante o período em que as lonas foram retiradas. O ambiente da pesquisa localiza-se em um sítio na região oeste do estado do Paraná, em uma altitude 264m, no município de Santa Helena, Paraná, Brasil.

Foram construídos dois estrados de madeira a 30cm do chão, medindo 3m x 1m, ou seja, duas camas de 3m² cada, revestidas com lona plástica preta de 1mm de espessura, furada em seu compartimento inferior para escoamento do excesso de água, presa com percevejos na parte de cima da madeira que cerca a cama e com 3 subdivisões de 1m². A partir disso, obtiveram-se 6 canteiros de 1m² cada, nomeados com as letras A, B, C, D, E, F.

Foi colocada, em cada um dos canteiros, a quantidade de 0,883 gramas de semente de trigo com o fungo de *A. blazei* inoculado juntamente com 88,3kg de palha de trigo (substrato), distribuindo-se as sementes de maneira uniforme (Figura 13).



Figura 12 – Barracão de 5m x 4m com contrapiso e cobertura com telhas de barro.

Fonte: Autoria própria (2017).



Figura 13 – Ilustração do substrato e o fungo semeado.

Fonte: Aatoria própria (2017).

A Figura 14 demonstra a área onde se encontrava a caixa de água que abastecia o barracão, via cano de PVC, 20mm, distante 30 metros do barracão. A Figura 15 ilustra a chegada do cano dentro do barracão, com uma válvula de regulação de força da água e ilustra os canteiros divididos em 6 partes iguais e suas respectivas nomenclaturas.

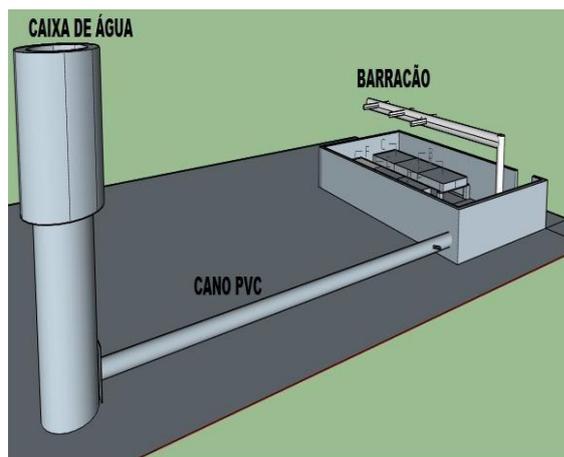


Figura 14 – Ilustração da área do experimento.

Fonte: Silva, Cavazim Neto e Iliuk (2017).

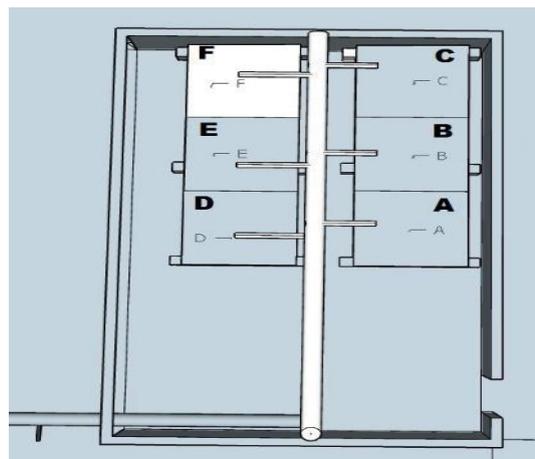


Figura 15 – Ilustração dos canteiros.

Fonte: Aatoria própria (2017).

A Figura 16 demonstra os estrados de madeira construídos para o experimento, subdivididos em uma área de 1m² cada.



Figura 16 – Estrado para plantio dos cogumelos, subdividido para o experimento.

Fonte: Autoria própria (2017).

4.1.1 Primeira Fase do Experimento

Para a primeira fase do experimento, a irrigação ocorreu de forma manual, com o objetivo de obter dados de temperatura e umidade da plantação, e estabelecer um critério de comparação entre o cultivo do *A. blazei* de forma manual e automática.

A primeira fase compreendeu o período de 18/02/2017 a 17/06/2017.

Após o período de plantação, houve o tempo de incubação do fungo, em que o canteiro com cogumelo permaneceu coberto com lona preta (Figura 17) para segurar calor e umidade e proporcionar o desenvolvimento do cogumelo. Durante o período da primeira fase, realizou-se o monitoramento da umidade e temperatura do ambiente, por meio do sensor DHT22 instalado no interior da estufa.



Figura 17 – Fase de incubação.
Fonte: Autoria própria (2017).

Sobre o substrato, foi inserido terra com 15% de carvão, formando uma camada de 4cm de altura, totalizando 40 quilos desse composto em cada um dos 6 canteiros.

4.1.2 Segunda Fase do Experimento

A segunda fase do experimento consistiu em um segundo plantio, que compreendeu o período de 05/09/2017 a 02/12/2017, de cogumelos *A. blazei* com a mesma quantidade de substrato e sementes utilizadas na fase anterior (manual). No entanto, foi utilizada a automatização do processo de controle de umidade dos canteiros, para analisá-los e compará-los com umidades diferentes, acionadas por sensores, a fim de identificar a temperatura e umidade ideal para cultivar o cogumelo *A. blazei* nessa região.

4.1.2.1 Automatização do processo

De acordo com as informações colhidas do ambiente pelo DHT22, foi colocada uma mangueira sobre o telhado (Figura 18), com o controle de água acoplado à válvula solenoide. Assim, quando o sensor informava que a temperatura estava acima do *set-point* de 35°C ou a umidade do barracão estava abaixo do *set-*

point de 75%, a válvula solenoide ligava a mangueira, aspergindo água sobre o telhado.



Figura 18 – Válvula solenoide que aciona a água da mangueira no telhado.

Fonte: Autoria própria (2017).

Para isso, foi desenvolvido um sistema de malha fechada, que executava a leitura e ação, de forma a monitorar a temperatura e umidade do barracão. Por meio de um código desenvolvido (Figura 19) para o DHT22, o sensor efetuava o controle e monitoramento da umidade e temperatura do barracão, estando acoplado à plataforma Arduino MEGA 2560.

```

187 void jatoTelhado(float t, float u){
188   Serial.println("Iniciando a verificacao do aspersor do telhado.");
189   Serial.println("");
190   //if (liga_aspersor_telhado == HIGH){
191     if (t >= 35 || u <= 0.75){
192       Serial.println("Temperatura ACIMA de 35+c ou Umidade abaixo de 75% -> LIGANDO ASPERSOR DO TELHADO...");
193       digitalWrite(liga_aspersor_telhado, LOW);
194       delay(15000);
195       Serial.println("DESLIGANDO ASPERSOR -> TEMPERATURA || UMIDADE CORRIGIDA!");
196       digitalWrite(liga_aspersor_telhado, HIGH);
197     } else {
198       Serial.println("Temperatura ou Umidade esta no ideal.");
199     }
  
```

Figura 19 – Trecho do código de controle da umidade e temperatura do ambiente.

Fonte: Autoria própria (2017).

Esse sistema de controle e monitoramento da umidade e temperatura do ambiente é considerado um sistema de controle de malha fechada (Figura 20), pois possui, na linha 191, a predefinição dos *set-points*. Se a temperatura estivesse maior ou igual a 35°C ou a umidade estivesse menor ou igual a 75%, o aspersor de água do telhado era acionado por 15 segundos, e após esse tempo eram retornados os valores para realimentar o sistema.

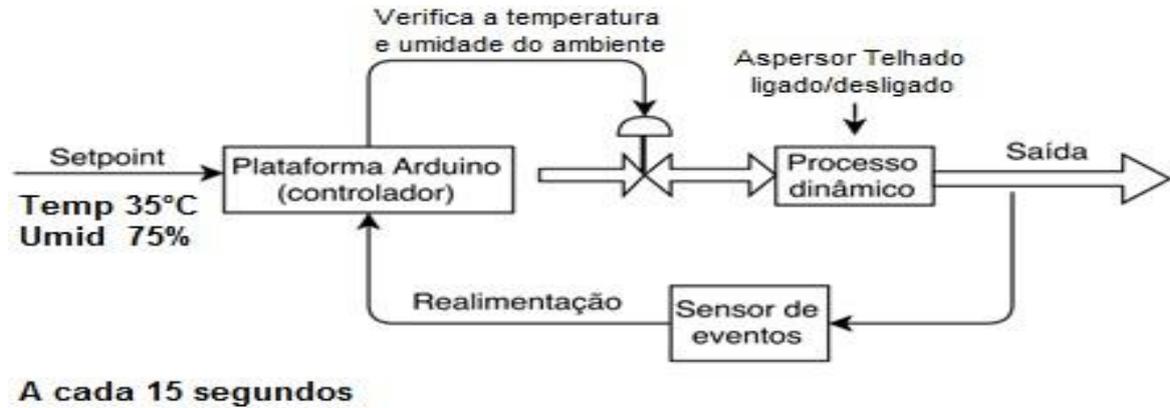


Figura 20 – Fluxograma do controle de umidade e temperatura do ambiente.
Fonte: Autoria própria (2017).

Para as umidades dos canteiros, foram definidos valores de *set-point*. O canteiro A foi programado na plataforma Arduino MEGA 2560, com umidade especificada de 90%. No canteiro B, foi programada a umidade de 85%, no canteiro C, o *set-point* foi de 80%, no canteiro D, 75%, no canteiro E, 70%, o canteiro F não foi automatizado e obteve apenas cuidados manuais, para verificar se haveria produção, sendo utilizado apenas para observação.

O método de controle desenvolvido era responsável por verificar a umidade do canteiro. A falta de água no cultivo do *A. blazei* é extremamente prejudicial, por esse motivo, a irrigação por microaspersão é considerada fundamental. Sempre que a umidade do substrato estivesse abaixo do nível de porcentagem de umidade programada, o aspersor era ativado.

O sistema de controle de malha fechada utilizado no experimento (Figura 21) tinha como ponto de partida um valor inicial predefinido e a realimentação desse sinal era comparada com o *set-point* (BISHOP e DORF, 2013).

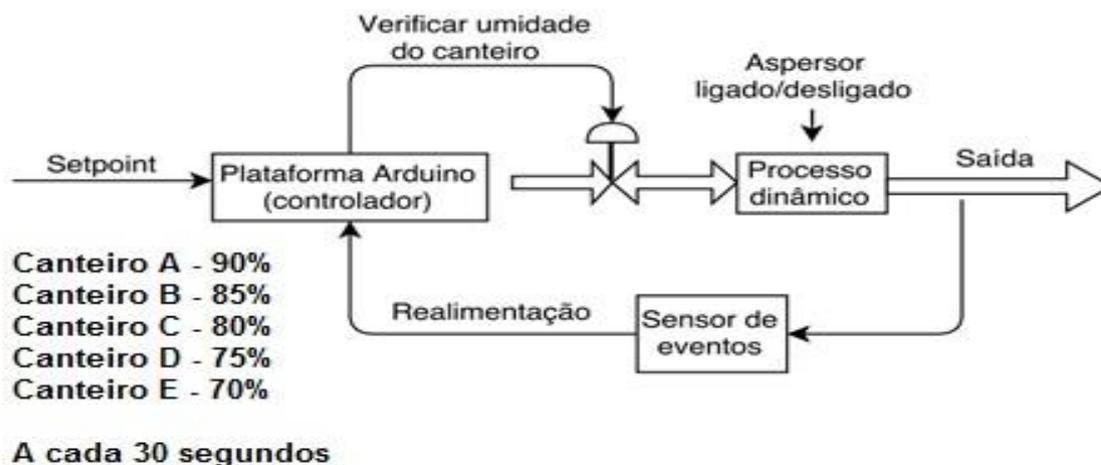


Figura 21 – Fluxograma do sistema de microaspersão que controla a umidade do canteiro.
 Fonte: Autoria própria (2018).

A válvula solenoide de cada canteiro era acionada quando o valor da umidade fosse menor do que indicado pelo programa.

A Figura 22 traz o trecho do código que habilitava o processo de umidificação do canteiro A, que possuía o *set-point* de 90%.

```

91  digitalWrite(habilitaPonteH1, HIGH);
92  setSensorPolarity(voltageFlipPin1, voltageFlipPin2, true);
93  delay(flipTimer);
94  int val1 = analogRead(sensorPin1);
95  delay(flipTimer);
96  setSensorPolarity(voltageFlipPin1, voltageFlipPin2, false);
97  delay(flipTimer);
98  int val2 = 1023 - analogRead(sensorPin1);
99  delay(flipTimer);
100 valorLeitura = reportLevels("Sensor 1: ", val1, val2);
101 digitalWrite(habilitaPonteH1, LOW);
102 if(valorLeitura <= 90) {
103     digitalWrite(pinoValvula1, HIGH);
104     delay(tempoAcionamento);
105     digitalWrite(pinoValvula1, LOW);
106 }
107 delay(tempoParada);

```

Figura 22 – Trecho do código de funcionamento do sistema de controle de umidade do canteiro A.

Fonte: Autoria própria (2017).

Para controlar esse processo, a plataforma Arduino MEGA 2560 era composta por componentes que auxiliavam o sistema. Um desses componentes era o circuito integrado (CI) L293B (Figura 23), conhecido como ponte H, que auxiliava no controle de todas as ações.

A ponte H é um circuito integrado elétrico que libera uma tensão a ser colocada em uma carga para uma saída. Cada ponto foi destinado a uma função específica dentro do sistema criado para controlar a umidade do substrato. Cada lado da ponte H correspondia ao controle de cada sensor, por esse motivo, foram utilizadas 3 pontes H, tornando possível o controle de 5 cinco sensores de umidade com *set-points* diferentes.

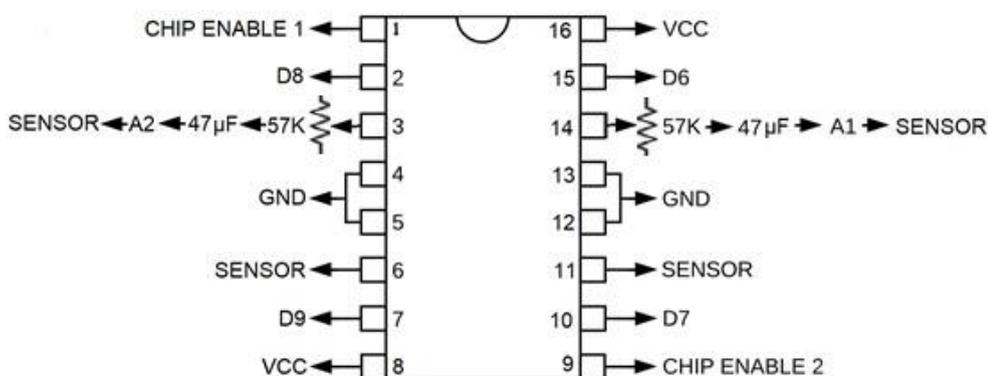


Figura 23 – Chip L293B (Ponte H), Circuito Integrado.
Fonte: Ogata (2010).

Quadro 2 – Descrição de cada ponto da ponte H.

PONTOS	DESCRIÇÃO DE CADA PONTO DA PONTE H
1	CHIP ENABLE 1 – Responsável por habilitar a ponte H do lado esquerdo do circuito integrado;
2	Pino do Arduino digital (Ex. pino 8);
3	Ligado a um resistor de 57k, que foi ligado a um capacitor de 47µF, que por sua vez foi ligado a um pino analógico do Arduino (Ex. pino A2), o qual, por fim, foi ligado a um dos terminais do primeiro sensor;
4	Pino terra do Arduino (GND);
5	Pino terra do Arduino (GND);
6	Ligado no outro terminal do primeiro sensor;
7	Pino do Arduino digital (Ex. pino 9);
8	Pino 5V do Arduino (porém, foi ligado a uma fonte de alimentação 12V, para se obter tensão maior do que 5V);
9	CHIP ENABLE 2 – Responsável por habilitar a ponte H do lado direito do circuito integrado;
10	Pino do Arduino digital (Ex. pino 7);
11	Ligado no outro terminal do segundo sensor;
12	Pino terra do Arduino (GND);
13	Pino terra do Arduino (GND);
14	Ligado a um resistor de 57k, que foi ligado a um capacitor de 47µF, que por sua vez foi ligado a um pino analógico do Arduino (Ex. pino A1), que por último foi ligado a um dos terminais do segundo sensor;

15	Pino do Arduino digital (Ex. pino 6);
16	Pino 5V do Arduino (porém, foi ligado a uma fonte de alimentação 12V, para se obter tensão maior do que 5V).

Fonte: Autoria própria (2017).

A representação (Figura 24) de como foi efetuada a ligação de um sensor diretamente na plataforma Arduino, com o auxílio de uma *protoboard*.

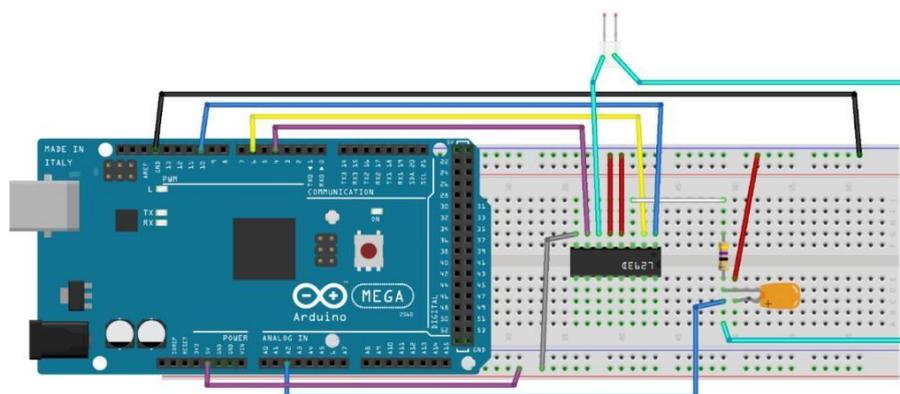


Figura 24 – Representação da ligação de um sensor.
Fonte: Autoria própria (2017).

As informações coletadas pelos sensores eram enviadas para o Arduino que caso necessário fazia o acionamento de uma válvula solenoide, por meio de canos instalados para distribuir água sobre cada metro quadrado. Acoplou-se na ponta da válvula um bico de microaspersão (Figura 25), com objetivo de o programa realizar a leitura do sensor de umidade e informar a quantidade de água necessária em cada canteiro.

O cano com o microaspersor foi instalado a uma altura de 85cm do substrato, liberando água como uma névoa. A ponta do cano acoplada ao bico foi centralizada nos canteiros, umedecendo diretamente um raio de 70cm², evitando, dessa forma, que a umidade de um canteiro interferisse na umidade do canteiro ao lado. O bico umedecia o canteiro, de acordo com cada programação, sem compactar o substrato.



Figura 25 – Canos de água identificados, com as válvulas solenoides e a ponta de microaspersão.

Fonte: Autoria própria (2017).

A válvula solenoide é um equipamento que tem múltiplas utilizações na área de controle de fluidos. Ela é formada por duas partes principais: corpo e a bobina solenoide. Quando uma corrente elétrica a percorre, gera-se uma força no centro da bobina solenoide, fazendo com que o êmbolo da válvula seja acionado. Cria-se assim o sistema de abertura e fechamento (RIBEIRO, 1999).

O corpo da válvula possui um dispositivo que permite a passagem de um fluido, se necessário, quando sua haste é acionada pela força da bobina. Essa força faz o pino ser puxado para o centro da bobina, permitindo a passagem do fluido. O processo de fechamento da válvula solenoide ocorre quando a bobina perde energia, pois o pino exerce uma força por meio de seu peso e de uma mola instalada, figura 26, (RIBEIRO, 1999).

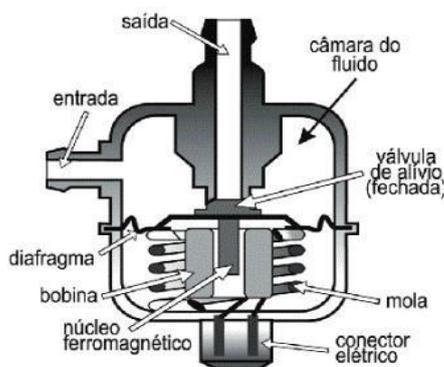


Figura 26 – Esquema de uma válvula solenoide.

Fonte: Ribeiro (1999).

A Figura 27 representa a válvula solenoide empregada no projeto. Trata-se de uma válvula utilizada em máquinas de lavar, totalmente fechada e que possui tensão de entrada de 220V. Foi escolhida por atender às necessidades do experimento, ser de fácil manuseio e ter baixo custo.



Figura 27 – Válvula solenoide 220V.
Fonte: Autoria própria (2017).

Para acionamento da válvula solenoide, utilizou-se um relé de 12V, que funciona como interface entre a plataforma Arduino e a válvula. Esse relé eletromecânico funciona independentemente, é um interruptor ou chave eletromecânica acionada quando se determina uma corrente através de uma bobina. Ao empregar uma tensão na bobina, uma corrente circula, criando um campo magnético que atrai a armadura e, portanto, ativa o sistema de contatos. Uma peculiaridade significativa do relé é que ele pode ser energizado com correntes muito pequenas em relação à corrente que o circuito controlado exige para funcionar. (RIBEIRO, 1999). A Figura 28 apresenta a montagem dos relés no barracão para o controle das válvulas solenoides.



Figura 28 – Conjunto de 8 relés eletromecânicos 12V.
Fonte: Silva, Cavazim Neto e Iliuk (2017).

Os dados foram armazenados e encaminhados via conexão com a Internet para a plataforma *web* de Internet das Coisas (IoT) Thingsboard (Figura 29), buscando

identificar os níveis de qualidade, quantidade, controle de temperatura e umidade, bem como a necessidade de desenvolvimento de controle via módulos computadorizados.



Figura 29 – Thingsboard, plataforma web de Internet das Coisas (IoT – Internet of Things) utilizada.
Fonte: Autoria própria (2018).

Com isso, buscou-se verificar qual era a melhor umidade para se produzir o cogumelo *A. blazei* no clima da cidade de Santa Helena, Paraná, em função do peso (*in natura*) de cada canteiro experimentado.

Na Figura 30 apresenta-se o fluxograma dos materiais envolvidos nessa segunda fase.

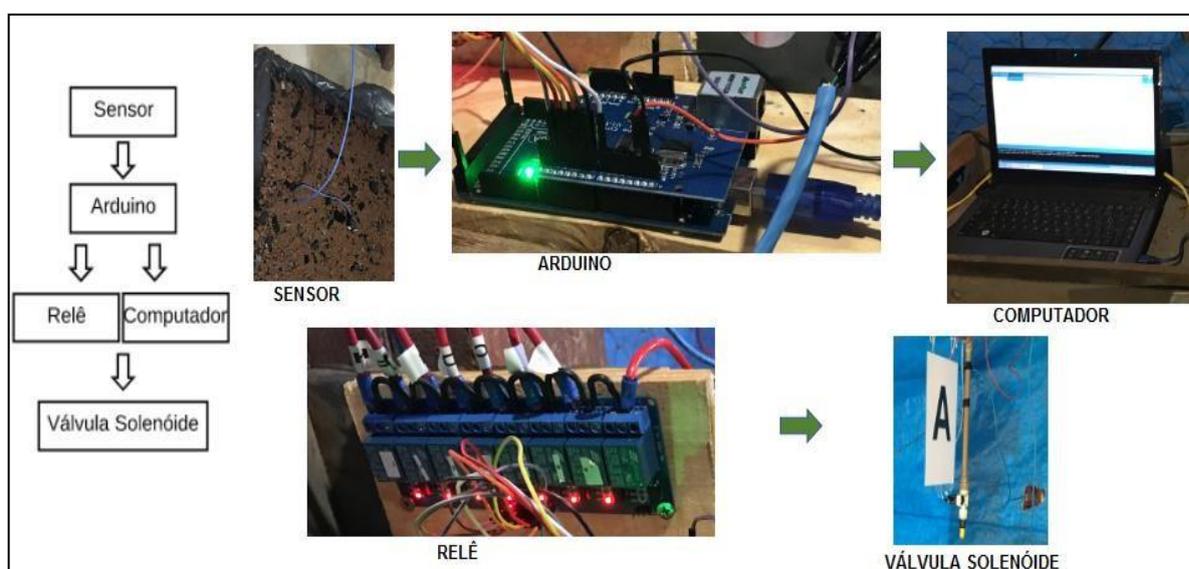


Figura 30 – Fluxograma de materiais
Fonte: Autoria própria (2018).

4.3 CALIBRAÇÃO DOS SENSORES DE UMIDADE

4.3.1 Método Gravimétrico

É fundamental identificar a umidade do substrato, pois indica em quais condições hídricas ele se encontra. Vários métodos são utilizados para definir a umidade. No Brasil, os métodos oficiais estão publicados na Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) 17 (IN n.º 17), de maio de 2007 (BRASIL, 2007), alterada pela Instrução Normativa 31 (IN n.º 31) do MAPA, de 23 de outubro de 2008 (BRASIL, 2008). Essa alteração deu-se em relação ao método de avaliação de densidade da água, visto que no país não se considera esse tipo de atributo. Por não ser uma alteração significativa, a IN n.º 17, ainda vigente, traz em sua redação os métodos analíticos oficiais para análise de substratos, os quais foram utilizados neste trabalho para que as amostras fossem adequadas.

Foram retiradas três amostras de aproximadamente 100g de substrato de cada canteiro e passadas em peneira de malha de 19mm x 19mm (IN n.º 17). A quantidade foi escolhida para uma amostragem homogênea (Tabela 2). A seguir, as amostras foram lacradas e levadas ao Laboratório de Microbiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Santa Helena.

No laboratório, foram pesadas em balança de precisão (Bioscale) e colocadas em um béquer, com suas respectivas identificações (Figura 31). Obtiveram-se 18 amostras, que foram colocadas na estufa (Lucadema), com temperatura de $65^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante 2 dias (IN n.º 17), com o objetivo de determinar a umidade atual. Após 48 horas, as amostras foram retiradas e pesadas novamente.



Figura 31 – Béquer com o substrato.
Fonte: Aatoria própria (2018).

A correlação para aferir o sensor de umidade é dada pela Equação 5 abaixo, na qual ua se refere ao percentual de umidade atual em (m/m), pu é a massa úmida e ps é a massa seca.

$$ua = pu - ps / pu * 100 \quad \text{(Equação 5)}$$

Sobre o método gravimétrico, durante a segunda fase do cultivo, foram coletadas amostras a cada 15 dias, em um total de 5 coletas por canteiro, com uma pinça em aço inox. O resultado do teste gravimétrico ficou pronto no período de 48 horas, em virtude da necessidade de todas as amostras estarem secas por completo. Após as 18 amostras secarem, elas foram pesadas novamente, resultando nos dados da Tabela 2.

Tabela 2 – Demonstração dos pesos das amostras úmidas e secas, já com a média de cada canteiro e aplicada a fórmula.

AMOSTRAS	Peso das amostras úmidas	Peso das amostras secas	% de umidade (fórmula)
Amostra (A1)	125,42	11,70	90,67
Amostra (A2)	125,88	12,03	90,43
Amostra (A3)	125,24	13,70	89,05
Média	125,51	12,48	90,05
Amostra (B1)	120,32	15,54	87,08
Amostra (B2)	120,44	17,71	85,29
Amostra (B3)	122,47	18,20	85,13
Média	121,08	17,15	85,83
Amostra (C1)	118,65	21,56	81,82
Amostra (C2)	117,36	22,93	80,56
Amostra (C3)	118,02	25,97	92,66
Média	118,01	23,49	80,09
Amostra (D1)	116,68	27,12	76,75
Amostra (D2)	119,69	29,28	75,53
Amostra (D3)	120,96	29,45	75,64
Média	119,11	28,62	75,97
Amostra (E1)	121,27	35,85	70,43
Amostra (E2)	117,83	34,08	71,07
Amostra (E3)	120,04	34,48	71,27
Média	119,71	34,80	70,92
Amostra (F1)	121,21	38,86	67,93
Amostra (F2)	114,44	38,97	65,93
Amostra (F3)	122,95	33,92	72,40
Média	119,53	37,25	68,83

Fonte: Autoria própria (2017).

Como exemplo no canteiro A foi obtida a média de 125,51g de peso úmido, que após seca ficou com peso médio de 12,48g. A porcentagem da diferença do peso úmido para o peso seco é de 90,05%, corroborando assim a aferição necessária para o sensor.

Analisando-se as outras amostras, pôde-se observar que, em relação à média do modelo de laboratório gravimétrico, a aferição deu-se de acordo com o esperado, cabe lembrar que houve 5 coletas durante toda a safra, ou seja, foram contemplados todos os períodos do cultivo.

4.3.2 Sensor Watermark 200SS-5

O sensor Watermark foi utilizado no experimento como um parâmetro de calibração dos sensores, via equipamento comercial. Baseado nas informações de funcionamento, o Watermark foi adaptado ao Arduino, isto é, conectado a uma porta analógico-digital da plataforma, o que possibilitou medir a tensão do sensor de umidade e fornecer fonte de energia de corrente alternada, pois, se esse dispositivo for exposto a uma polarização de corrente contínua, pode se degradar. A Tabela 3 representa a calibração do sensor em Kpa para a resistividade que é usada para a leitura do Arduino (RADONJIC; RADMAN, 2017).

Tabela 3 – Calibração dos pontos do sensor Watermark 200SS.

Potencial de Umidade (KPa/cbar)	Resistividade (Ω)
0	550
9	1000
10	1100
15	2000
35	6000
55	9200
75	12200
100	15575
200	28075

Fonte: Adaptado de Radonjic e Radman (2017).

A calibragem do sensor Watermark foi realizada a cada 20 dias. Cada sensor com seu respectivo canteiro foi aferido 4 vezes durante todo o cultivo da segunda fase, destacando-se que as calibragens se deram pelos mesmos equipamentos e durante todo o cultivo. Cada repetição de calibragem levou cerca de 3 dias para se concluir, devido ao grande espaço de tempo que o sensor Watermark necessitava para adaptação ao meio em que foi inserido, como demonstrado no destaque 1 da Figura 32.

O sensor Watermark enviou dados para o computador, conforme o destaque 3, com o objetivo de aferir o sensor de inox utilizado no experimento, conforme o destaque 2, nas mesmas condições.

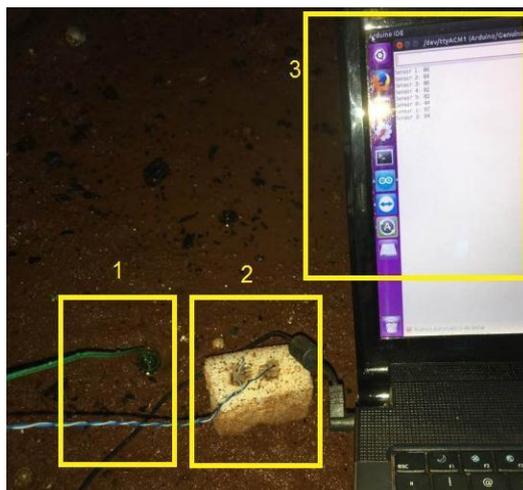


Figura 32 – Aferição dos sensores com o equipamento Watermark.
Fonte: Autoria própria (2017).

Os dados enviados pelo sensor Watermark foram sistematizados pela plataforma Arduino, fazendo com que os pinos digitais D0 e D1 fossem o nível alto (5V), ligando o dispositivo, e o nível baixo (0V), desligando o dispositivo, respectivamente. Entre o Arduino e o sensor foi colocada uma resistência de $18k\Omega$, para corrigir possível falha desse método. Com isso, a corrente flui em uma direção, do mesmo modo, o sistema é invertido para que a corrente corra em direção oposta, efetuando-se o *flip-flop*. Com a função mapeamento, o sistema processou a informação da umidade em porcentagem, segundo a Figura 33 (RADONJIC; RADMAN, 2017).

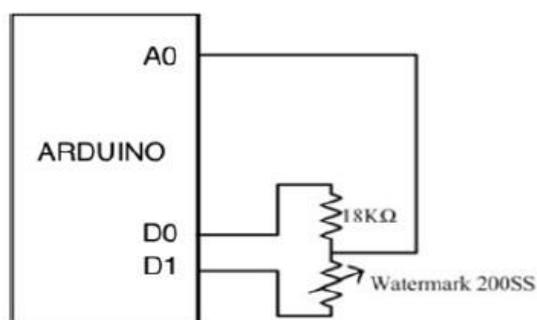


Figura 33 – Conexão do sensor Watermark para o Arduino.
Fonte: Radonjic e Radman (2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 PRIMEIRA FASE DO EXPERIMENTO

5.1.1 Monitoramento dos Dados

Na primeira fase do experimento, os dados foram monitorados via as informações recebidas pelo sensor DHT22, utilizando uma *proto-board* – destaque 1, Figura 34 – e um Arduino MEGA 2560, com o *shield* de Ethernet WS5100 acoplado para coletar e transmitir os dados, por meio de cabo de rede, como demonstrado no destaque 2. O sensor foi colocado dentro do barracão.

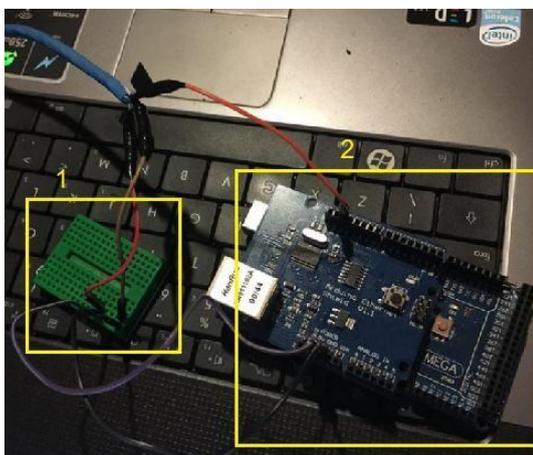


Figura 34 – Coleta de dados.
Fonte: Autoria própria (2017).

Os dados foram coletados no período de 18/02/2017 a 17/06/2017, e geraram informações de temperatura e umidade do barracão. A Figura 35 mostra o gráfico da média diária de 24°C do ambiente, com desvio-padrão de 3,61, durante a primeira fase.

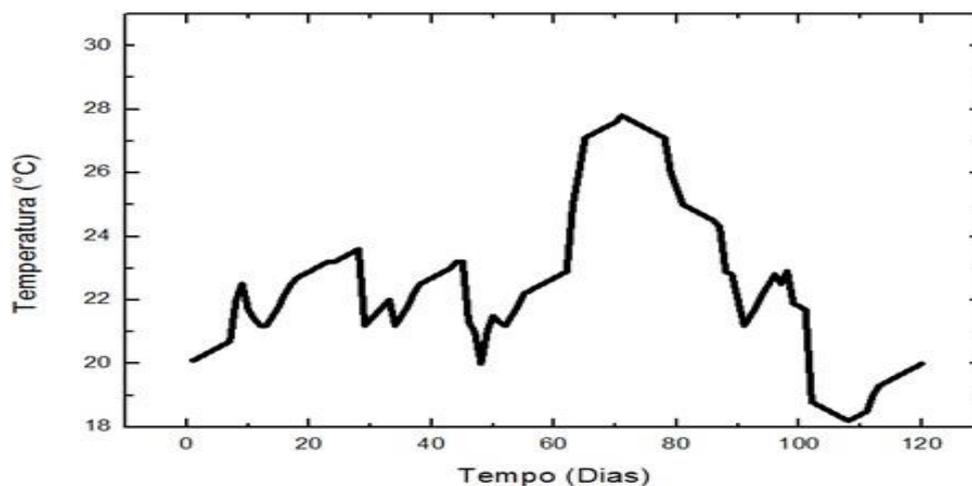


Figura 35 – Variações da temperatura (°C) durante a primeira fase com início dia 18 de fevereiro de 2017.

Fonte: Autoria própria (2017).

A Figura 36 demonstra as variações da umidade relativa do ar durante a primeira fase, que foi controlada manualmente, com auxílio de mangueiras e regadores. Entre o quinquagésimo e nonagésimo dia, não houve chuva, e isso prejudicou o controle de umidade interna, pois a água colocada evaporava rapidamente, não dando condição de umidificar o ambiente de acordo com a necessidade. Assim, a umidade relativa do ar chegou a menos de 50%, uma vez que foram quarenta dias de seca. A média de umidade foi de 86%, com desvio-padrão alto, de 12,8, durante o período de 120 dias.

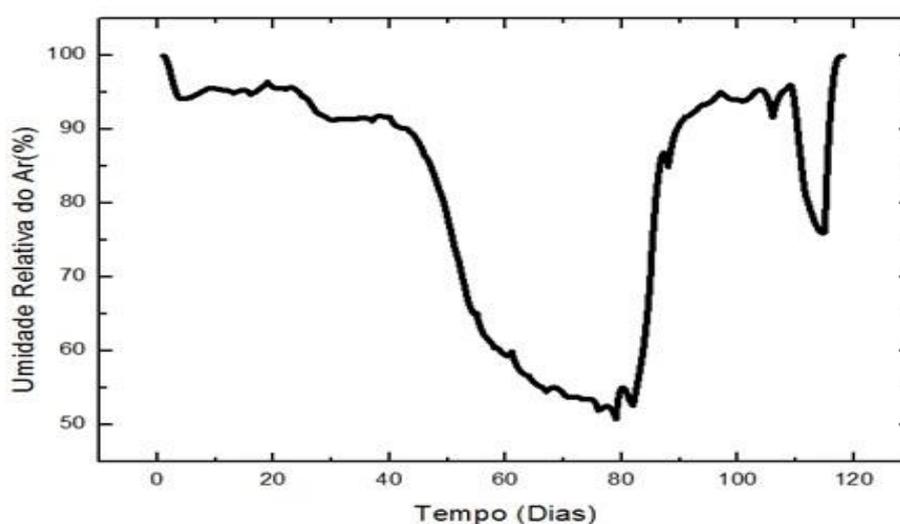


Figura 36 – Variações da umidade relativa do ar (%) durante a primeira fase com início dia 18 de fevereiro de 2017.

Fonte: Autoria própria (2017).

Na primeira fase, houve produção em todos os canteiros, como demonstrado na Figura 37.



Figura 37 – Cultivo do cogumelo *A. blazei*, primeira fase.

Fonte: Autoria própria (2018).

A quantidade produzida no canteiro A foi de 10,48kg, no canteiro B, 7,56kg, no canteiro C, 7,65kg, no canteiro D, 12,02kg, no canteiro E, 9,38kg, no canteiro F, 8,43kg, totalizando 55,55kg de cogumelos *A. blazei* colhidos em estado *in natura*, conforme demonstra o gráfico da Figura 38.

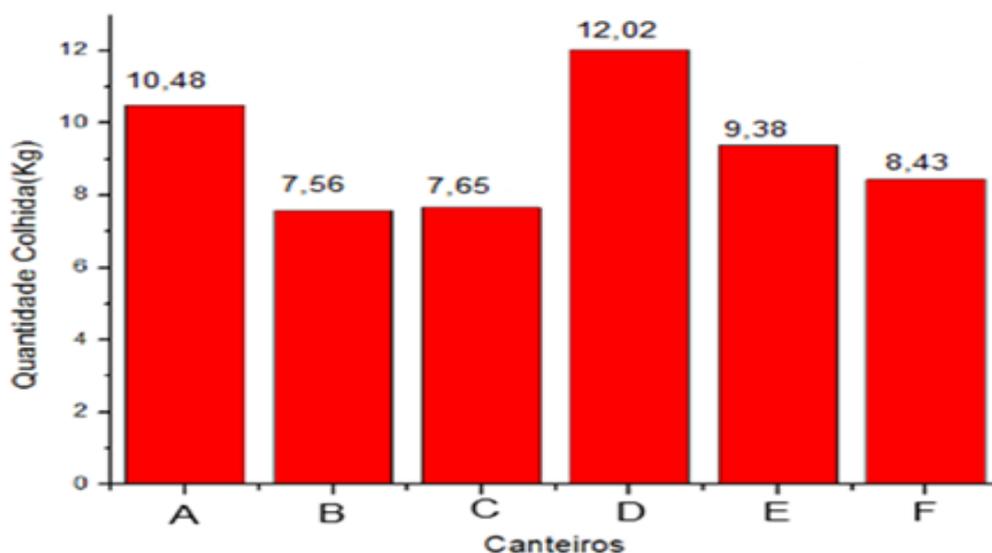


Figura 38 – Quantidade colhida de cogumelo *A. blazei* por canteiro na primeira fase.
Fonte: Autoria própria (2018).

O cultivo do cogumelo *A. blazei* apresentado de forma manual demonstrou que as situações climáticas na cidade de Santa Helena são favoráveis ao desenvolvimento do fungo.

5.2 EXPERIMENTO COM SENSORES DE UMIDADE DO SOLO

A partir da primeira fase do experimento, foram iniciados os testes com sensores, para melhor adaptação e precisão na coleta dos dados de umidade do substrato de cada canteiro.

Na coleta de dados, acionavam-se todos os sensores, para que o programa buscasse a informação quando fosse solicitado. Abaixo, a Figura 39 representa a condutividade da corrente ligada de cada sensor, 24 horas por dia.

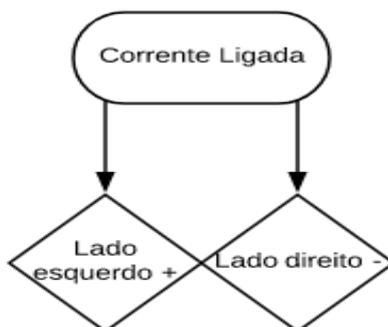


Figura 39 – Condutividade da corrente
Fonte: Autoria própria (2018).

O sensor de umidade YL-69 (Figura 40) oxidou após o 17.º dia de uso, sendo substituído por outro sensor. A sonda do novo sensor foi realizada manualmente, com material inox (Figura 41) e barra sindal na ponta, para unir o cabo de rede.

Após 14 dias, o fungo começou a se desenvolver nas hastes de inox, fazendo com que a calibração do sensor se desregulasse. Após duas tentativas com os sensores anteriores, foi desenvolvido um terceiro sensor, de alumínio (Figura 42), também se unindo o cabo com o sensor por barra sindal. Esse sensor apresentava boa condutividade, porém não obedecia às oscilações de umidade, e a informação repassada por ele ficava na média de 83%, em todos os canteiros, não satisfazendo

a condição especificada, que era oscilar de acordo com a umidade. O sensor foi testado durante 6 dias. Após essas tentativas, foi desenvolvido um sensor de cobre, com barra sindal para uni-lo ao cabo de rede, o qual perdurou até o final da safra (Figura 43).



Figura 40 – Sensor de umidade de solo YL-69.
Fonte: Aatoria própria (2017).



Figura 41 – Sensor de umidade de inox.
Fonte: Aatoria própria (2017).

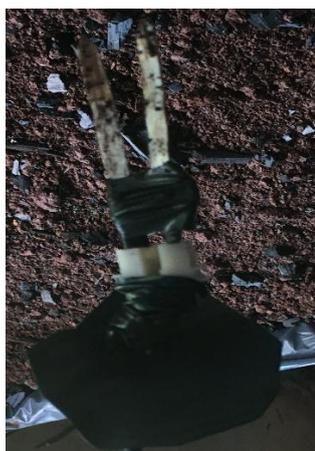


Figura 42 – Sensor de umidade de alumínio.
Fonte: Aatoria própria (2017).



Figura 43 – Sensor de umidade de cobre.
Fonte: Aatoria própria (2017).

5.2.1 Experimento de Corrosão dos Materiais

Na segunda fase do experimento, foi utilizado um *software* que faz a corrente ir e voltar (*flip-flop*). Com essa corrente (Figura 44), conservaram-se as varetas. As hastes foram feitas à distância de 3cm, fixadas por um material isolante. A sonda foi

isolada para melhor controle da profundidade, sendo realizada a leitura por ela. Conforme pode ser observado na Figura 45, a 5cm do alto do sensor está o bloco, a 5cm abaixo, a seção isolada, e, por último, com 5cm, a parte exposta da sonda que realmente realizava a leitura da umidade (FRUEH, 2017).

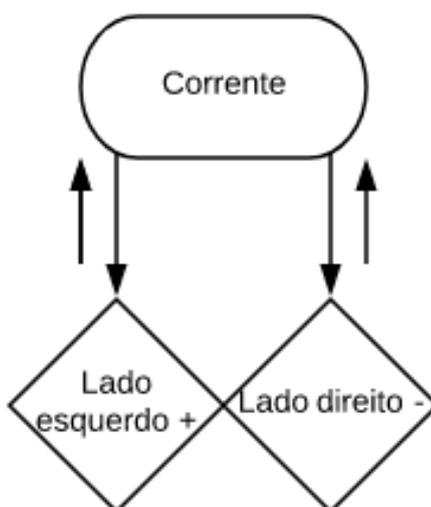


Figura 44 – Corrente *flip-flop*.
Fonte: Autoria própria (2018).

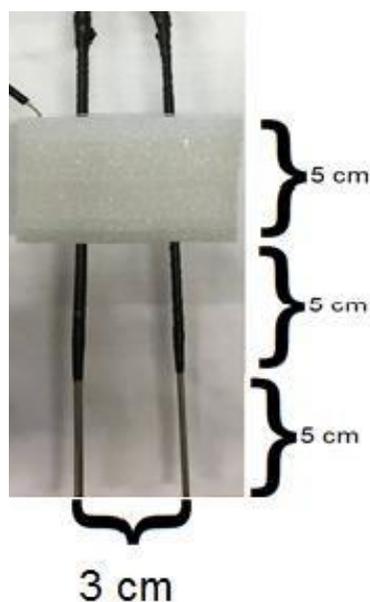


Figura 45 – Modelo de vareta usada como sensor.
Fonte: Autoria própria (2017).

A partir do *software* e com o modelo de vareta, foi realizado um novo experimento de corrosão dos materiais, no qual foram testados 4 tipos de materiais diferentes: inox, latão, cobre e alumínio (Figura 46).

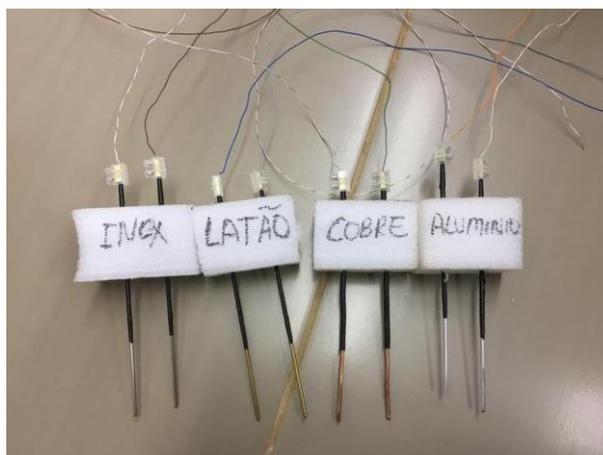


Figura 46 – Varetas para teste de corrosão.
Fonte: Autoria própria (2017).

Os sensores foram colocados dentro de um vaso plástico (Figura 47), para verificar o quanto cada material iria corroer, utilizando o mesmo período de 70 dias, com a adição de um litro de água a cada dois dias, mantendo a umidade, e foi utilizado o mesmo código de funcionamento do sistema *flip-flop*, com o Arduino MEGA 2560.

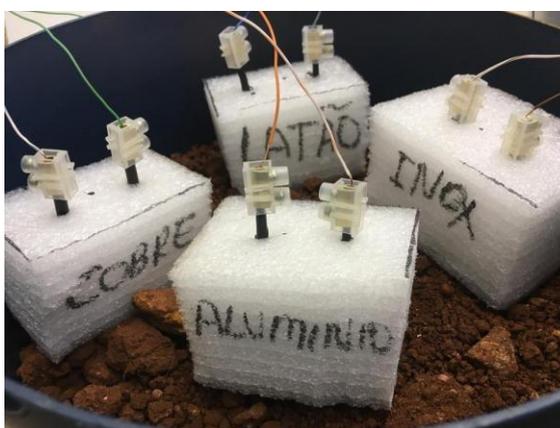


Figura 47 – Material introduzido na terra para coletar dados.
Fonte: Autoria própria (2017).

A Figura 48 abaixo demonstra o gráfico de corrosão de cada material, sem uma normatização entre as varetas. Com isso, foi observado qual material manteria maior regularidade de transmissão de informação.

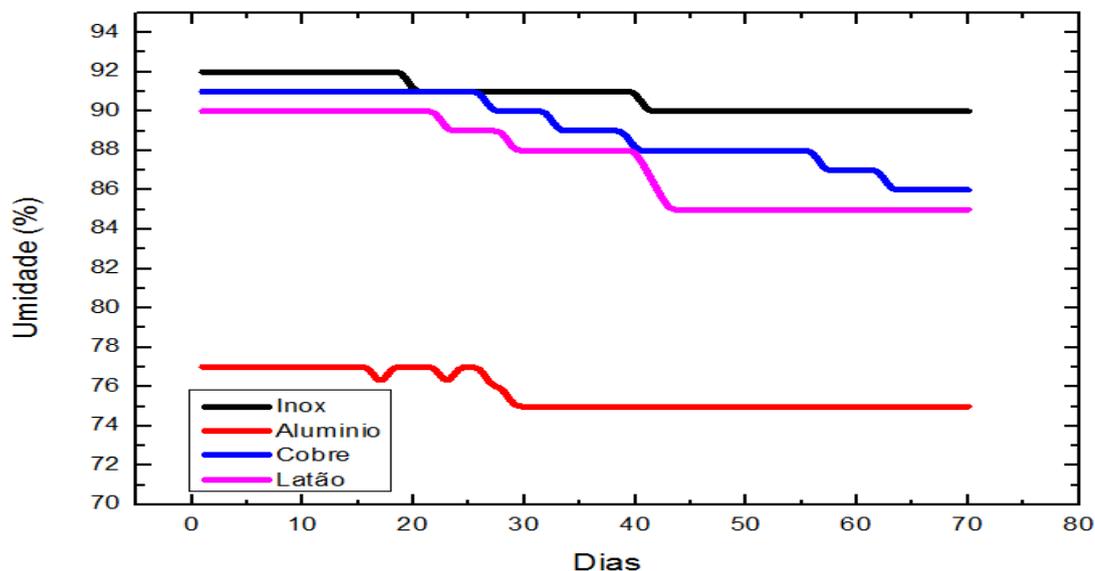


Figura 48 – Gráfico de demonstração da corrosão de cada material.
Fonte: Autoria própria (2017).

Após a análise visual do resultado do gráfico, verificou-se que a vareta de inox apresentou melhor desempenho frente às outras varetas, razão pela qual ela foi escolhida para ser utilizada na segunda fase do experimento como sensor de umidade do solo.

5.3 SEGUNDA FASE DO EXPERIMENTO

Os dados da temperatura (°C), de acordo com o sensor DHT22, na segunda fase (Figura 49) mostraram média de 22°C e desvio-padrão de 0,77, demonstrando que a temperatura sofreu menos oscilação com a instalação do sistema automatizado, comparado ao desvio-padrão da primeira safra, que foi de 3,61.

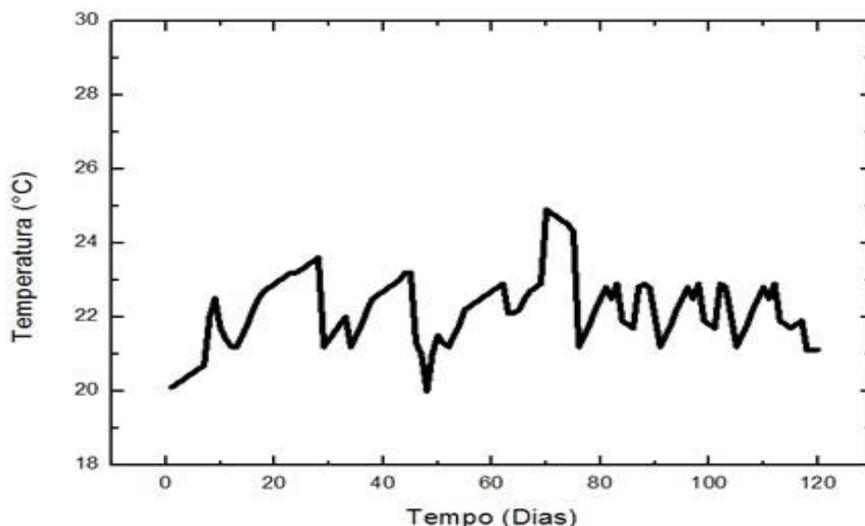


Figura 49 – Variações de temperatura monitorada pelo sensor DHT22 na segunda fase.

Fonte: Autoria própria (2018).

A Figura 50 demonstra a variação da umidade relativa do ar (%) com controle automatizado executado na segunda fase, com a média de 92% de umidade e o desvio-padrão de 0,89. Esse controle foi fundamental para o aumento de produtividade e manutenção da umidade interna.

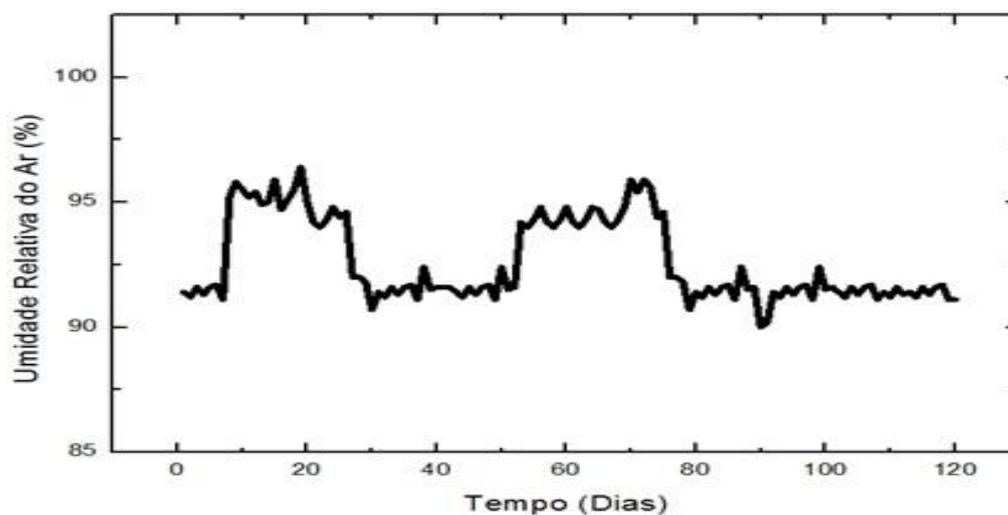


Figura 50 – Variações de umidade relativa do ar (%) monitorada pelo DHT22, na segunda fase.

Fonte: Autoria própria (2018).

O sistema de automatização proposto possibilitava manter o solo nas condições programadas, permitindo que o *A. blazei* produzisse a partir de umidade induzida com monitoramento dos dados obtidos pela plataforma Arduino sendo

apresentados na plataforma *web* de Internet das Coisas Thingsboard, a qual permite identificar, por meio de uma variedade de sensores digitais ou analógicos, a situação atual do ambiente (McROBERTS, 2011), conforme a Figura 51.

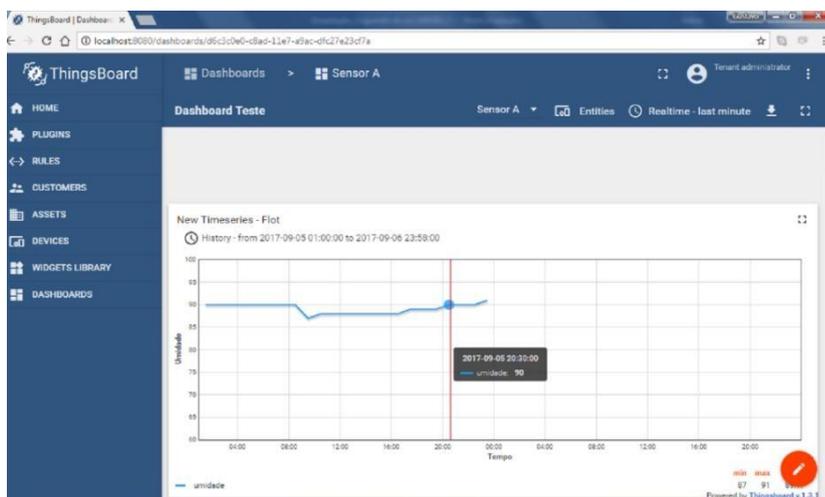


Figura 51 – ThingsBoard, plataforma *web* de Internet das Coisas (IoT) de monitoramento de dados.
Fonte: Autoria própria (2018).

A Figura 52 demonstra o sensor no canteiro, o qual enviava informações para as válvulas solenoides que estavam nas pontas dos canos para ligar ou desligar a aspersão.



Figura 52 – Sensor no substrato, enviando informação para o Arduino e acionando a válvula quando necessário.
Fonte: Autoria própria (2017).

Cada canteiro tinha um *set-point* definido para controle de umidade do substrato. Logo após o período de incubação, os sensores iniciaram o controle com seus devidos *set-point*. Todos os canteiros permaneceram com as programações durante o cultivo e coletaram dados a cada 3 minutos. Quando a umidade estava abaixo ou igual à programada, o aspersor ligava a água para corrigir a umidade do canteiro.

Os sensores coletaram informações nos 80 dias do cultivo. Na Figura 53, observa-se a média diária das umidades. Os primeiros 40 dias formam o período de incubação do micélio, e nesse período foi colocada uma lona preta sobre os canteiros, totalizando os 120 dias de safra.

Foi identificado, de acordo com o Quadro 3, um controle melhor da umidade correspondente ao canteiro que teve o *set-point* programado em 80%, com produção de 13,45kg, pois ele se manteve mais vezes em cima da linha tracejada (*set-point*), demonstrando maior eficiência da estratégia de controle empregada.

Esse resultado foi obtido a partir da utilização do programa desenvolvido na plataforma Arduino com característica de sistema de malha fechada e utilizando-se um método de controle para corrigir a falha que vem como *feedback* da saída da informação.

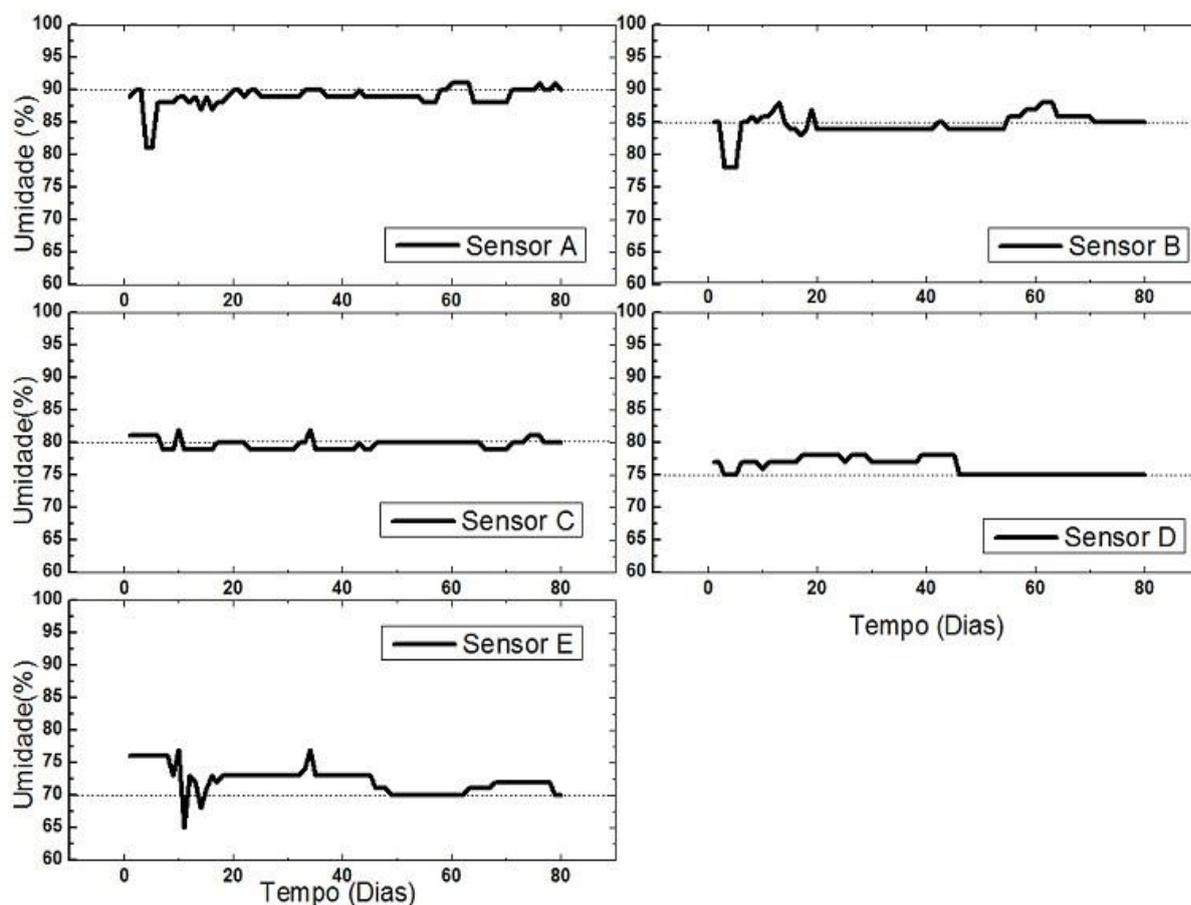


Figura 53 – Dados de porcentagem de umidade, coletados dos sensores.
Fonte: Autoria própria (2018).

Quadro 3 – Umidade dos sensores

UMIDADE DOS SENSORES			
Média		Desvio Padrão	
Sensor A	89%	Sensor A	1,70
Sensor B	84%	Sensor B	2,76
Sensor C	80%	Sensor C	1,13
Sensor D	77%	Sensor D	1,26
Sensor E	73%	Sensor E	3,16

Fonte: Autoria própria (2018).

A quantidade de cogumelo colhida do canteiro A foi 11,36kg, do canteiro B, 10,83kg, do canteiro C, 13,45kg, do canteiro D, 10,68kg, do canteiro E, 7,60kg, do canteiro F, 5,91kg, totalizando 59,86kg de cogumelos *A. blazei* em seu estado *in natura* colhidos na segunda fase, como demonstrado no gráfico da Figura 54. No canteiro F, não houve automatização, a fim de haver um canteiro referência para comparação com os outros canteiros automatizados, no mesmo período.

Possivelmente, o processo de umedecimento do composto e a boa homogeneização das sementes tenham contribuído para o crescimento dos cogumelos. No continente europeu, umedecer o composto e homogeneizar o substrato são atividades consideradas decisivas para obtenção de sucesso na colheita, além de facilitar a elevação do padrão de qualidade (KOPYTOWSKI FILHO, 2006).

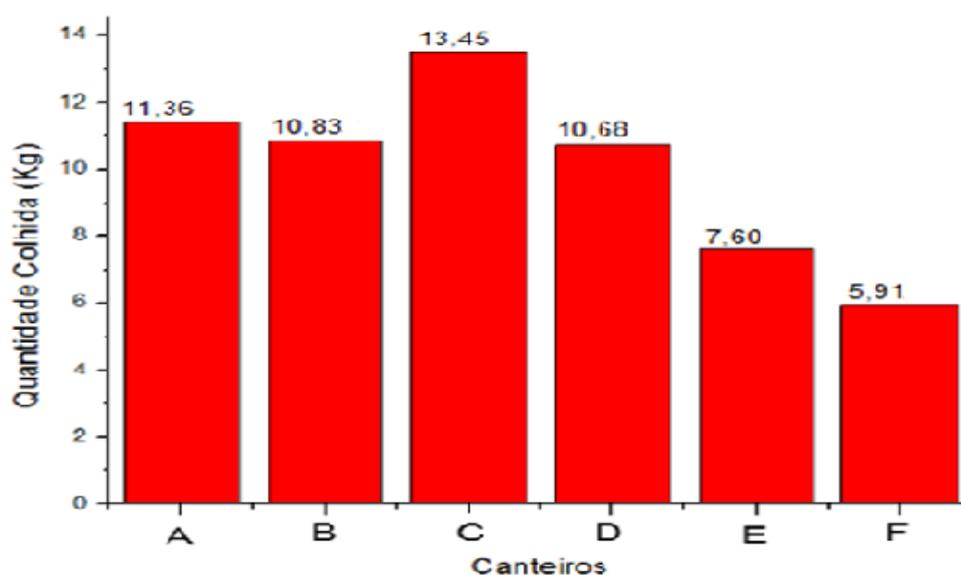


Figura 54 – Quantidade colhida em cada canteiro da segunda fase.
Fonte: Autoria própria (2018).

Comparando a primeira fase de produção, feita manualmente, com a segunda fase (Figura 55), que compreendeu a introdução da automação dos canteiros no processo, observa-se que, na segunda fase, foi obtido acréscimo na quantidade colhida de cogumelo *A. blazei in natura* de 4,31kg. A quantidade colhida a mais representa 8% de ganho de cogumelo *in natura*.

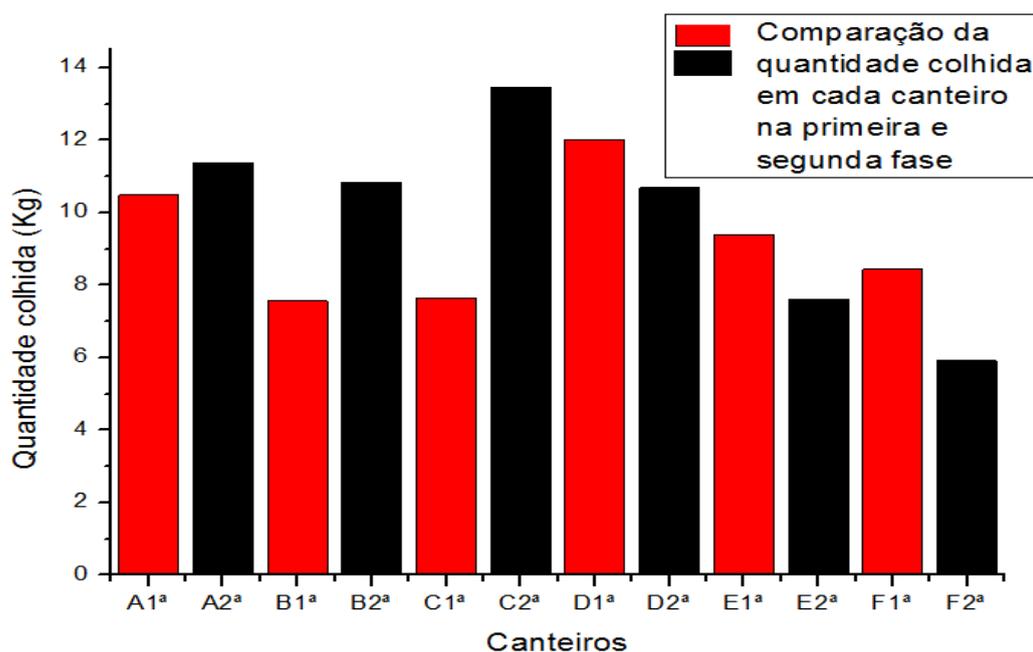


Figura 55 – Gráfico de comparação da quantidade colhida em cada canteiro na primeira e segunda fase.

Fonte: Autoria própria (2018).

Na primeira fase do experimento, a produção total foi de 55,55kg de cogumelos *in natura*, sendo 5,55kg desidratados (percentual médio de 10% (dez por cento) do total de cogumelos *in natura*), totalizando um valor de R\$ 6.554,90 – base de R\$ 1.180,00 por quilo, valor comercial (ANPC, 2017). A segunda fase do experimento obteve total de produção de 59,86kg *in natura*, 5,98kg desidratados, percentual médio de 10% (dez por cento) do total de cogumelos *in natura*, totalizando o valor de R\$ 7.063,48, o que demonstra o ganho financeiro obtido com a automação.

Na hipótese de produzir uma safra nas condições do canteiro C2, com umidade a 80%, obter-se-iam 13,45kg *in natura* por canteiro, e a produção total de 6 canteiros seria de 80,75kg de cogumelos *in natura*. Desidratando-os em um percentual médio de aproveitamento de 10% (dez por cento), obter-se-iam 8,07kg desidratados no valor de R\$ 1.180,00 o quilo, totalizando R\$ 9.528,97. Comparando esse valor com a Tabela 4, a seguir, que considera os custos para a construção da irrigação automatizada, pode-se afirmar que há retorno do investimento logo no primeiro cultivo. Dessa forma, a umidade de 80% pode ser considerada tanto como referência para a fertilização do cogumelo nessa região como para todo o cultivo, de modo que esses dados fazem referência aos de Oei (2003) e Griensven (1988), que

demonstraram que a umidade de 72% para o composto de *A. blazei* na época de fertilização é considerada a mais adequada.

Observam-se na Tabela 4 os valores que compõem os custos para a implantação de uma irrigação automatizada para *A. Blazei*. Esses valores foram retirados de lojas de comércio eletrônico, tais como Mercado Livre, que foi escolhido por ser um *site* de amplo conhecimento da população e ter cobertura nacional. Também são demonstradas as quantidades unitárias necessárias adquiridas de cada produto para o cultivo de meia tonelada de cogumelo *A. blazei*, os custos unitários e os respectivos custos totais.

Tabela 4 – Custos dos materiais.

MATERIAIS PARA O EXPERIMENTO	UNIDADE	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
Cano de água PVC 20 mm	barra	17	R\$ 11,50	R\$ 195,50
Válvula solenoide	pç	7	R\$ 23,90	R\$ 167,30
Fonte de alimentação 12V, 5A	pç	1	R\$ 77,00	R\$ 77,00
Cabo de rede	m	60	R\$ 1,20	R\$ 72,00
Sensor umidade INOX	pç	6	R\$ 6,60	R\$ 39,60
Arduino Mega 2560	pç	1	R\$ 79,20	R\$ 79,20
Jumper macho-macho para Arduino	pç	80	R\$ 0,40	R\$ 32,00
Sensor temperatura e umidade DHT22	pç	1	R\$ 33,00	R\$ 33,00
Circuito com 8 relés	pç	1	R\$ 39,60	R\$ 39,60
Jumper macho-fêmea para Arduino	pç	40	R\$ 0,40	R\$ 16,00
Protoboard	pç	3	R\$ 6,60	R\$ 19,80
Resistor de 57k	pç	6	R\$ 0,20	R\$ 1,20
Capacitor de 47µF	pç	6	R\$ 5,00	R\$ 30,00
Ponte H	pç	3	R\$ 10,00	R\$ 30,00
Fonte chaveada 12V 2A	pç	1	R\$ 39,60	R\$ 39,60
Microaspersor com conexões	pç	7	R\$ 16,00	R\$ 112,00
Barra sindal	barra	1	R\$ 17,00	R\$ 17,00
Notebook	pç	1	R\$1200,00	R\$ 1200,00
Roteador	pç	2	R\$ 100,00	R\$ 200,00
TOTAL				R\$ 2.400,80

Fonte: Autoria própria (2018).

Dessa forma, o produtor teria retorno do investimento logo na primeira safra, justificando o investimento da automação.

6 CONCLUSÃO

A agricultura familiar é relevante para o Brasil, pois viabiliza aos agricultores o seu sustento. Analisando esse contexto, este trabalho atentou para condições fundamentais, como custo acessível, qualidade e simplicidade de cultivo.

Nesse sentido, este estudo teve como objetivo principal realizar um sistema de irrigação automatizado para o cultivo do cogumelo *A. blazei*, empregado na agricultura familiar, com a utilização de sensores e microcontroladores que facilitam a produção, a identificação da melhor umidade para o desenvolvimento do cultivar e reduzem os custos com a mão de obra do agricultor. As informações foram encaminhadas via conexão com a Internet para a plataforma *web* de Internet das Coisas (IoT) Thingsboard, para armazenamento de dados, o que possibilitou identificar, monitorar e acompanhar os aspectos referentes ao crescimento do *A. blazei* a distância.

Foi criado um *software* para a utilização do controle pelo Arduino MEGA 2560, em linguagem de programação C, e construído um experimento em que foi possível visualizar toda a estrutura do sistema de controle e suas funcionalidades. O sistema de malha fechada desenvolvido foi capaz de realizar todas as medições de umidade por canteiro e temperatura do ar, proporcionando assim o controle pela plataforma Arduino MEGA 2560.

Para o desenvolvimento dos experimentos, o *A. blazei* foi cultivado em duas etapas, a fim de que, ao final, se pudessem fazer comparações.

A primeira fase do cultivo não foi automatizada, seguindo o processo normalmente executado pelos agricultores. Ao final, a produção total foi de 55,556kg de cogumelo *in natura*. A segunda fase do cultivo foi automatizada, com a irrigação de cinco canteiros, e manteve-se um canteiro com cuidados manuais, com o objetivo de comparar o cultivo para o mesmo período. A produção total foi de 59,866kg de cogumelo *in natura*.

Constatou-se, então, com os resultados da segunda fase, que a melhor umidade para a região de Santa Helena no cultivo de cogumelo *A. blazei* é 80%, com a produção de 13,459kg, 57% melhor do que a primeira safra, que foi de 7,656kg. Isso evidencia a importância de automatizar o controle da umidade, pois o único canteiro não automatizado obteve o pior desempenho entre todos os canteiros controlados.

Assim, demonstrou-se, na segunda fase, maior qualidade e quantidade de produção.

Conclui-se que o objetivo de construir um sistema de irrigação automatizado de baixo custo, de forma a possibilitar sua aquisição pelo agricultor familiar, foi realizado com êxito. O sistema construído é de fácil manuseio e realiza as funções necessárias para que o cultivo seja sempre irrigado de forma eficaz.

Tecnicamente, o trabalho atendeu à necessidade proposta de criar um sistema de umidificação com controle informatizado, capaz de ser acionado e desligado de acordo com o cultivo de cogumelo *A. blazei*. A partir deste trabalho, podem se indicar trabalhos futuros para novas implementações:

1. Utilizar os dados para racionalizar o uso da água, utilizando métodos da agricultura de precisão, como o sensor de fluxo de água;
2. Executar o sistema proposto em maior proporção, ampliando assim o número de sensores utilizados, analisando se o sistema atende às necessidades do cultivo;
3. Com a expansão da tecnologia, é possível criar uma aplicação para celular para o agricultor monitorar com facilidade o sistema;
4. Ainda, podem ser instaladas, em toda a plantação, câmeras controladas pelo sistema, possibilitando o acompanhamento visual do cultivo.
5. Automação da colheita utilizando braço robótico.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Meire C. N.; MINHONI, Marli T. A.; KOPYTOWSKI FILHO, João; ZIED, D. C. **Camadas de cobertura mais utilizadas na região de Piedade/SP para o cultivo de *Agaricus blazei***. Anais Simp. Int. sobre Cogumelos no Brasil. Embrapa. Brasília, 2006. p. 109.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PRODUTORES DE COGUMELOS – ANPC. **Cogumelos internacionais**. 2014. Disponível em: <<http://www.anpc.org.br/index.php/informacoes/162-para-driblar-concorrencia-chinesa-produtores-investem-em-cogumelos-frescos.html>> 13-01-2014>. Acesso em: 01 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PRODUTORES DE COGUMELOS – ANPC. **Tipos de cogumelos**. Disponível em: <<https://www.anpccogumelos.org/blog>>. Acesso em: 08 dez. 2017.

ARDUINO.CC. **Arduino**. 2015. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 27 nov. 2016.

BARROS, Aidin J. P.; LEHFELD, Neide A. S. **Projeto de pesquisa: propostas metodológicas**. Petrópolis: Vozes, 2003.

BEGA, Egídio A.; FINKEL, Vitor S.; KOCH, Ricardo. **Instrumentação industrial**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, 2006.

BISHOP, Robert H.; DORF, Richard. C. **Sistemas de controle modernos**. 12.ed. Rio de Janeiro: GEN-LTC, 2013.p.2.

BITTENCOURT, Gilson A; SABBATO, Alberto Di. **Novo retrato da agricultura familiar, o Brasil redescoberto**. Projeto de cooperação técnica INCRA/FAO. Brasília, fev. 2000. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/index.php/servicos/publicacoes/outras-publicacoes/file/770-perfil-da-agricultura-familiar-no-brasil>>. Acesso em: 27 ago. 2016.

BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Relatório do plano de ação**. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/269bc780-8cdb-4b9b-a297-53955103d4c5/relatorio-final-plano-de-acao-produto-8-alterado.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m0jDUok>>. Acesso em: 17 mar. 2018.

BOON, Jan K. **Netherlands losing ground in fresh mushroom trade. Fruit and Vegetables Facts.** 2015. Disponível em: <http://www.freshplaza.com/2015/0724/Factsheet%20CHAMPIGNONS%20Primeur%20-%20Jan%20Kees%20Boon_EnglishFP.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2017.

BRAGA, G. C.; EIRA, A. F.; CELSO, G. P. **Manual de cultivo de *Agaricus blazei* Murriel “cogumelo do sol”**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1998. 44p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Cadastro nacional de produtores orgânicos.** 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro-nacional-produtores-organicos>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa N.º 17, de 21 de maio de 2007. Aprova os métodos analíticos oficiais para análise de substratos e condicionadores de solos, na forma do anexo à presente instrução normativa.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 maio 2007. Seção 1, p.8.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa N.º 31, de 23 de outubro de 2008. Altera os subitens 3.1.2, 4.1 e 4.1.2, do anexo à instrução normativa sda n.º 17, de 21 de maio de 2007.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 out. 2008. Seção 1, p.20.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo Demográfico.** 2000. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 05 out. 2017.

CALBO, Adonai G. **Irrigás: sistema gasoso de controle de irrigação.** In: Estado da água no solo e na planta. 2006. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/novidade/prelancamento/irrigas/irrigas.html>>. Acesso em: 14 out. 2017.

CANAL RURAL. **Mesmo com a crise agronegócio projeta desempenho positivo.** 2016. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/mesmo-com-crise-agronegocio-projeta-desempenho-positivo-2016-61128-04-03-2016>>. Acesso em: 01 out. 2016.

CASTRUCCI, Plínio. L.; BITTAR, A.; SALES, R. M. **Controle automático.** Rio de Janeiro: GEN-LTC, 2011. p.1.

CHEN, Arnold W. **A practical guide to the cultivation of *agaricus blazei*: a mushroom of culinary and biomedical importance.** The Mushroom Growers' Newsletter, v.4, n.9, 2001. p.16.

COUTINHO, Leila. N. **Doenças fúngicas e fungos competidores de cogumelos comestíveis do gênero *Agaricus*.** XI Reunião Anual do Instituto Biológico. Palestra. São Paulo: 2001. Disponível em: <<http://www.geocities.com/~esabio/cogumelo/agaricus.htm>>. Acesso em: 17 set. 2016.

COZETTI, N. **Fungos: heróis e vilões da biosfera.** Rev. Ecologia e Desenvolvimento, v.2, n.83, jul./ago. 2000. p.20.

DAROLT, M. R. **As dimensões da sustentabilidade: um estudo da agricultura orgânica na região metropolitana de Curitiba-PR.** 2000. 310f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

DHAR, B. L.; AHLAWAT, O. P.; NATH, A.; DUBEY, J. K. **Organic mushroom production through improved substrate fermentation process and cultural practices.** In: ROMAINE, C. P. (Ed.). Science and cultivation of edible Fungi. University Park: Penn State University, 2004. p.289-296.

DIAS, Eustáquio Souza. **Mushroom cultivation in Brazil: challenges and potential for growth.** Ciênc. Agrotec., Lavras, v.34, n.4, p.795-803, jul./ago. 2010.

EIRA, A. F; BRAGA, G. C. **Manual de cultivo do “champignon” (*Agaricus spp*).** Botucatu, SP: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1997. 45p.

EMBRAPA. **Segurança alimentar, nutrição e saúde.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2009995/embrapa-capacita-produtores-no-cultivo-e-analise-quimica-de-cogumelos_01-09-2014.html>. Acesso em: 18 set. 2016.

FACCIN, Flavio. **Abordagem Inovadora no Projeto de Controladores PID.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

FEENEY, M. J. **Mushroom and health summit proceedings.** The Journal of Nutrition, v.144, n.7, p.1128S-1136S, 2014.

FERMOR, T. R.; RANDLE, P. E.; SMITH, J. F. **Compost as a substrate and its preparation.** In: FLEGG, P. B.; SPENCER, D. M.; WOOD, D. A. (Ed.). *The biology and technology of the cultivated mushroom.* Chichester: John Wiley, 1985. cap. 6, p. 81-109.

FILIFELOP. **Como comunicar com o Arduino Ethernet Shield W5100.** Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/tutorial-ethernet-shield-w5100/>>. Acesso em 17 mar. 2018.

FIORESE, Romeu. **Metodologia da pesquisa: como planejar, executar e escrever um trabalho científico.** João Pessoa: EDU, 2003.

FRANÇA, Caio G.; DEL GROSSI, Mauro E.; MARQUES, Vicente P. M. A. **O Censo Agropecuário e a Agricultura Familiar no Brasil.** Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2009.

FRUEH, Andrew. **Sensor de umidade do solo.** Disponível em: <http://gardenbot.org/howTo/soilMoisture/#The_local_circuit_-_simple_voltage>. Acesso em: 02 nov. 2017.

GRIENSVEN, L. J. L. D. (Ed.). **The cultivation of mushrooms.** In: Horst: Mushroom Experimental Station, 1988. 515p.

GUANZIROLI, Carlos; ROMEIRO, Ademar; BUAINAIN, Antonio M.; DI SABBATO, Alberto; BITTENCOURT, Gilson. **Agricultura Familiar e Reforma Agrária no Século XXI.** Rio de Janeiro: Garamond, 2001.10p.

HERRERA, Ozana M; CARMO, Maristela S. **Produção, economicidade e parâmetros energéticos do cogumelo *Agaricus blazei*:** Um enfoque de cadeia produtiva. Botucatu, SP: 2001.

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

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados do agronegócio.** Disponível em: <<http://affectum.com.br/colunistas/dados-do-ibge-confirmam-o-agronegocio-brasileiro-como-principal-suporte-da-economia-do-pais/>>. 2015. Acesso em: 05 dez 2016.

INCRA - INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. **Novo retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto.** Brasília: INCRA/FAO, 2000.

INCRA - INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. **Perfil da agricultura familiar no Brasil: dossiê estatístico**. Brasília: INCRA/FAO, 1996.

KOPYTOWSKI FILHO, João. **Produtividade e eficiência biológica de *Agaricus blazei* (murrill) heinemann, em diferentes condições de cultivo**. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP. Botucatu.

LAKATOS, Eva M.; MARCONI, Marina A. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

LIMA, Jorge R. T.; FIGUEIREDO, Marcos A. B. **Agricultura familiar e desenvolvimento sustentável**. In: LIMA, Jorge Roberto Tavares de; FIGUEIREDO, Marcos Antônio Bezerra (Org.). *Extensão rural, desafios de novos tempos: agroecologia e sustentabilidade*. Recife: Bagaço, 2006. p.57-81.

LOON, P. C. C.; BAAR, J.; STRAATSMA, G. **Production of organic compost for *Agaricus bisporus***. In: ROMAINE, C. P. (Ed.). *Science and cultivation of edible Fungi*. University Park: Penn State University, 2004. p.247-252.

McROBERTS, Michael. **Arduino básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

MEDICI, Leonardo. O.; ROCHA, H. S.; CARVALHO, Daniel. F.; PIMENTEL, C.; AZEVEDO, R. A. **Automatic controller to water plants**. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.67, n.6, 2010. p.55.

MENDONÇA, M.; KASUYA, M. C.; CADORIN, A.; VIEIRA, A. J. **Mushroom growers**. Handbook 2 (Shiitake cultivation). Seul: Mushroom, 2005. p.246-57.

MINHONI, Marli T. A.; KOPYTOWSKI FILHO, João.; ANDRADE, Meire C. N. **Cultivo de *Agaricus blazei* Murrill ss. Heinemann**. 3.ed. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2005.

MIZUNO, T; HAGIWARA, T.; NAKAMURA, T; ITO, H.; SHIMURA, K.; SUMIYA, T.; ASAKURA, A. **Antitumor activity and some properties of water-soluble polysaccharides from “Himematsutake”, the fruiting body of *Agaricus blazei* Murril**. *Agricultural Biological Chemistry*, v.54, n.11, p.2889-2896, 1990.

NAVARRO, Zander; PEDROSO, Maria T M. **Agricultura Familiar: é preciso mudar para avançar**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Disponível em: <http://www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/folderTextoDiscussao/arquivos-pdf/Texto-42_24-01-12.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2016.

NEVES, Evaristo Marzabal; NETO, Lourival Carmo Monaco. **Agronegócio: Situação Mundial e Brasileira**. In: 42.^a EXPO-AGRO, Itapetininga, abril, 2011. **Palestra**. Itapetininga, 2011.

NASCIMENTO, José S. **Etiologia, controle e demanda de energia na prevenção da falsa trufa (*Diehlomyces microsporus*) em cultivo de *Agaricus blazei***. 2003. 115f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

OEI, Peter. **Mushroom cultivation: appropriate technology for mushroom growers**. Backhuys Publishers: Leiden, 2003. 426p.

OCDE-FAO. **Perspectivas agrícolas 2015-2024**. 2015. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2016.

OGATA, Katsuhiko. **Modern Control Engineering**. 5.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2010. 894p.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1985.

ORTIZ, Celeste H.; GANNONE, Denis Ornelas. **Fatores competitivos brasileiros que influenciam a internacionalização do cogumelo *Agaricus blazei* para o Japão**. Portal Mackenzie, ano IV, n.6, jan./jun. 2007. p.10.

PARK, Ji. **Characteristics and cultivation Technology of *Agaricus blazei***. Seul: Mushworld, 2001. Disponível em: <www.worldmush.com>. Acesso: 26 nov. 2016.

PASCHOLATI, Sergio; STANGARLIN, J. R.; PICCININ, D. **Cogumelos: cultivo e comercialização (Shiitake e Cogumelo do Sol)**. SEBRAE/MT, 1998. 85p. (Coleção Agroindústria, v.17).

PHAN, C. W.; SABARATNAM, V. **Utilizações potenciais do substrato de cogumelo gasto em suas enzimas lignocelulósicas associadas**. Microbiologia Aplicada e Biotecnologia, v.96, p.863-873, 2012.

PINTO, Jan E. M. G. **Aplicação prática do método de sintonia de controladores PID utilizando o método do relé com histerese**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

RADONJIC, Milutin; RADMAN, Vuk. **Arduino-based system for soil moisture measurement**. Paper. University of Montenegro. 2017. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/313720615>>. Acesso em: 10 out. 2017.

RIBEIRO, Marcos A. **Controle de Processos: Teoria e Aplicações**. 7.ed. Salvador: 2001.

RIBEIRO, Marcos A. **Instrumentação Industrial**. 9.ed. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria Ltda., 1999.

RIBEIRO, D. S.; OLIVEIRA, J. J. **Caracterização de cogumelos de Pleurotus ostreatus e Lentinula edodes produzidos em resíduos agroindustriais**. 2009. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/1540>>. Acesso em: 15 set. 2016.

SCHNEIDER, Sérgio. **Teoria social, agricultura familiar e pluriatividade**. Revista brasileira de ciências sociais, v.18, n.51, fev. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcsoc/v18n51/15988.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2016.

SCHUCH, H. J. **A importância da opção pela agricultura familiar**. 2007. Disponível em: <<http://gipaf.cnptia.embrapa.br/itens/publi/fetagrs/fetagrs99>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

SILVA, Jonathan Galdino; CAVAZIM NETO, Danilo L.; ILIUK, Itamar. **Proposta de automação de um sistema de irrigação para estufa utilizando dispositivos microcontrolados**. In: SEMANA TECNOLÓGICA ACADÊMICA DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO DA UTFPR-SH, 4., 2017, Santa Helena, PR. Anais da IV SeTAC², UTFPR, 2017. p.118-137. Disponível em: <<http://sh.utfpr.edu.br/setac/Anais2017.pdf>>. Acesso em: nov. 2017.

SILVA, D. O. M. **Validação de um sensor de determinação da umidade do solo para o manejo da irrigação**. 2013. 63f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2013.

SILVA, J. R. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; SANTOS, T. E. M. **Caracterização física e hidráulica de solos em bacias experimentais do semiárido brasileiro, sob manejo conservacionista**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, n.1, p.27-36, 2012.

SONDA-TERRA. **Soluções em equipamentos agrônômicos**. Piracicaba, SP: 2017. Disponível em: <<http://www.sondaterra.com/produto-245-Hydrosense%20II.xhtml>>. Acesso em: 04 jan. 2018.

SUNGTHONGA, Aekarin.; ASSAWINCHAICHOTEB, Wudhichai. **Particle Swam Optimization Based Optimal PID Parameters for Air Heater Temperature Control System**. International Electrical Engineering Congress, **iEECON2016**, 2-4 March 2016, Chiang Mai, Thailand. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050916303635>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

STAMETS, Paul. **The Himematsutake Mushroom of the Genus Agaricus: *Agaricus blazei* Murrill**. Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms. Washington: Ten Speed Press, 1993.

SUZUKI, M. A.; HERNANDEZ, F. B. T. **Automação de Sistemas de Irrigação**. Curso de capacitação em agricultura irrigada, v.1, 1999.

UNICORN: **Embalagens especiais**. Disponível em: <<http://unicornbags.com/theblog/mushroom-bags/2013>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

URYU, Ernesto Noboru. **Cogumelo medicinal *Agaricus blazei***. Campinas, SP: CATI, 1999. 27p. il. (CATI. Boletim Técnico, 239).

VASILJEVIĆ, Gabriel. **Apostila de Arduino**. Disponível em: <http://escoladeverao.weebly.com/uploads/5/0/3/7/5037808/apostila_v0.5a.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2016.

VARGAS, Alexandre M. **Análise diagnóstica da cadeia produtiva de cogumelos do distrito federal**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília (UNB), Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Agronegócios, Brasília.

ZIED, Diego C. **Produtividade e teor de β -glucana de *Agaricus subrufescens* Peck *Agaricus blazei* (Murrill) ss. Heinemann, em função de diferentes práticas de cultivo e conversões energéticas**. Unesp Botucatu: 2011; 99f.

ZIED Diego C. **Influence of productivity and processing method on physicochemical characteristics of white button mushrooms in Brazil**. Journal of the Science of Food Agriculture, v.94, n.14, p.2850-5, 2014.

