

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ANDRESSA DO AMARAL CALEGARO

**AVALIAÇÃO PRÁTICA DE UM PROTÓTIPO MEDIDOR DE TEMPERATURA
E UMIDADE RELATIVA PARA SEMENTES ARMAZENADAS EM BIG BAG**

Alegrete

2023

ANDRESSA DO AMARAL CALEGARO

**AVALIAÇÃO PRÁTICA DE UM PROTÓTIPO MEDIDOR DE TEMPERATURA
E UMIDADE RELATIVA PARA SEMENTES ARMAZENADAS EM BIG BAG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharela em Engenharia Agrícola.

Orientador(a): Prof. Dra. Chaiane Guerra da Conceição

Alegrete

2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

C558a Calegato, Andressa do Amaral Calegato
AVALIAÇÃO PRÁTICA DE UM PROTÓTIPO MEDIDOR DE TEMPERATURA E
UMIDADE RELATIVA PARA SEMENTES ARMAZENADAS EM BIG BAG /
Andressa do Amaral Calegato Calegato.
26 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2023.

"Orientação: Chaiane Guerra da Conceição Conceição".

1. Big bags. 2. Armazenamento. 3. Protótipo. 4. Sensor. 5.
Semente. I. Título.

ANDRESSA DO AMARAL CALEGARO

**AVALIAÇÃO PRÁTICA DE UM PROTÓTIPO MEDIDOR DE TEMPERATURA
E UMIDADE RELATIVA PARA SEMENTES ARMAZENADAS EM BIG BAG**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Agrícola da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharela em
Engenharia Agrícola.

Trabalho defendido e aprovado em:

Banca examinadora:

Prof. Dra. Chaiane Guerra da Conceição

Orientador
(UNIPAMPA)

Prof^a. Dra. Lanes Beatriz Acosta Jaques

(UNIPAMPA)

Giulian Rubira Gautério

(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **CHAIANE GUERRA DA CONCEICAO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/02/2023, às 10:46, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **LANES BEATRIZ ACOSTA JAQUES, PROFESSOR MAGISTERIO SUPERIOR - SUBSTITUTO**, em 09/02/2023, às 10:48, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **GIULIAN RUBIRA GAUTERIO, ENGENHEIRO-AREA**, em 09/02/2023, às 14:40, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1052636** e o código CRC **E8E2397D**.

Dedico esse trabalho aos meus amigos que sempre me incentivaram, principalmente aos meus pais Neusa e Arivaldo, que constantemente estiveram comigo no decorrer de toda essa jornada, também meu namorado Cícero que me fortalece sempre, e aos meus avós João e Luiza (*in memoriam*) ...

RESUMO

A cada ano ocorre um aumento linear da produção de grãos e sementes. Contudo, a capacidade estática de armazenamento não acompanha essa produção. Devido a esse déficit, as cooperativas, unidades de beneficiamento, armazéns, optam pelo acondicionamento dos produtos em “big bags”, ou silos bolsa, o que apresenta como vantagem maior isolamento térmico do produto em relação às condições ambientais, internas e externas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é elaborar um protótipo capaz de mensurar as variáveis de temperatura e umidade de sementes, no interior de “big bags”. Após elaborado o protótipo, o mesmo foi testado em três protótipos de “big bags”, contendo uma cultivar de soja (Garra), e duas cultivares de arroz (BRS Pampa CL e Irga 424). As sementes foram acondicionadas durante um mês, e após este período foram realizadas as aferições de umidade e temperatura das mesmas, e comparadas a um aparelho que utiliza o método através da constante dielétrica dos grãos. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que o protótipo se mostrou eficiente ao medir a temperatura e umidade relativa do ar, entretanto, por falta de calibração e inserção da equação do teor de umidade de equilíbrio na sua programação, ele não foi capaz de realizar tal leitura diretamente.

Palavras chaves: Big bags, armazenamento, protótipo.

ABSTRACT

Each year there is a linear increase in the production of grains and seeds. However, the static storage capacity does not keep up with this production. Due to this deficit, cooperatives, processing units, warehouses, choose to pack the products in "big bags", or bag silos, which has the advantage of greater thermal insulation of the product in relation to environmental conditions, internal and external. In this sense, the objective of this work is to elaborate a prototype capable of measuring the variables of temperature and humidity of seeds, inside "big bags". After elaborating the prototype, it was tested in three prototypes of "big bags", containing a soybean cultivar (Garra) and two rice cultivars (BRS Pampa CL and Irga 424). The seeds were conditioned for a month, and after this period, their moisture and temperature were measured, and compared to an apparatus that uses the method through the dielectric constant of the grains. From the results obtained, it is concluded that the prototype proved to be efficient in measuring the temperature and relative humidity of the air, however, due to lack of calibration and insertion of the equilibrium moisture content equation in its programming, it was not able to perform such reading directly.

Keywords: Big bags, storage, device.

SUMÁRIO

1 Introdução.....	10
2 Revisão de Literatura.....	12
2.1 Aspectos Gerais.....	12
2.2 Armazenamento.....	12
2.3 Temperatura.....	13
2.4 Teor de Água.....	14
2.5 Medidor por constante dielétrica.....	15
3 Material e Métodos.....	17
3.1 Local do Experimento.....	17
3.2 Projeto de Hardware e Software do protótipo medidor de temperatura e umidade relativa.....	17
3.3 Diagrama BPMN do Software de Monitoramento.....	18
3.4 Construção dos protótipos de big bag.....	19
3.5 Utilização e avaliação do protótipo medidor de temperatura e umidade relativa.....	20
4 Resultados e Discussões.....	23
5 Conclusão.....	25
6 Referências Bibliográficas.....	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Demonstração do protótipo fechado e aberto.....	17
Figura 2 - Setup, sequência de tomadas de decisões do protótipo.....	18
Figura 3- Funcionamento Cron Job.....	19
Figura 4- Servidor web.....	19
Figura 5- Dimensões molde Big bag 20x20.....	20
Figura 6 – Protótipos de big bags prontos para armazenamento.....	20
Figura 7 - Aferição teste protótipo.....	21
Figura 8 - Resultados da comparação do teor de umidade de equilíbrio entre o protótipo e o medidor referência.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Intervalos de valores do índice de confiança “c” utilizados na interpretação do desempenho do protótipo medido de temperatura e umidade relativa.....	22
Tabela 2 - Dados de temperatura e umidade relativa obtidos com o protótipo.....	23

1 Introdução

A soja, e o arroz estão entre as maiores culturas em área cultivada, consumidas e fornecidas no Brasil. E com o crescimento contínuo a cada ano no setor, as sementes necessitam ser armazenadas e manuseadas de forma adequada, na intenção de manter sua qualidade, para produzir uma nova planta. Para atender essa demanda, a utilização de “big bags” é uma ótima opção, nas diferentes regiões do país, por sua fácil adaptação e locação (SOBREIRA, 2017).

Os “big bags” são basicamente embalagens industriais constituídos por polipropileno com material flexível para transportar produtos com grandes e pequenos volumes a granel. Diferentemente dos silos a granel, que há existência de um sistema de aeração e termometria, o big bag não conta com estrutura para monitoramento de variáveis intergranulares para as sementes (MEZZALIRA, 2016).

Com isso as perdas ligadas ao armazenamento são maiores, pois não sabendo a umidade e a temperatura das sementes dentro dos big bags, elas podem estar sujeitas a ataques de pragas e microorganismos (SILVEIRO, 2017). Insetos e fungos são os principais responsáveis pelas perdas qualitativas e quantitativas de sementes armazenadas, sendo o desenvolvimento dos mesmos influenciado por fatores ambientais.

Costa et al. (2010) afirmam que no armazenamento hermético, o CO₂ gerado e, conseqüentemente, a redução do O₂ no sistema, estabiliza o processo de degradação da massa de grãos pela redução da taxa respiratória das próprias sementes e organismos presentes. Neste contexto, é importante salientar que o manejo pós-colheita inadequado pode ocasionar rápida deterioração do produto, gerando perdas do ponto de vista físico e fisiológico, com redução do valor comercial.

Para isso, a utilização de um sistema de monitoramento de temperatura e umidade relativa é um bom aliado para evitar estes problemas, podendo servir como base para estimar o teor de água presente nas sementes. Entretanto, dada a falta de produtos especializados, de fácil obtenção e manuseio, que monitorem estes fatores, é imprescindível estudos que proponham o desenvolvimento de sistemas capazes de aferí-las (SIVIEIRO, 2017).

Diante disso, evoluímos para 2005 na Itália onde um projeto teve início, e foi amparado pelos conceitos de desenvolvimento open-source, geralmente empregado na criação de protótipos eletrônicos. O microcontrolador utilizado neste trabalho, o Arduino. O projeto do Arduino tinha como objetivo facilitar o ensino de eletrônica e programação para pessoas que não são familiarizadas com a área, assim como, promover o acesso a placas, componentes e protótipos mais baratos do que as existentes no mercado. Além disso, tal plataforma tem seus códigos abertos, ou seja, qualquer pessoa pode utilizá-lo e alterá-lo sem maiores problemas com direitos autorais, (BUKMAN, 2016). Conectado com o Arduino, o sensor de presença conectado a ele foi o DHT11 (indicado para umidade relativa e temperatura), é um sensor viável economicamente e de confiança. A implementação do conjunto Arduino e sensor nos confere uma ampla aplicabilidade para obter uma menor perda por umidade relativa e temperatura.

É evidente que existe a necessidade de pesquisar um equipamento para big bags prático, que determine facilmente a temperatura e a umidade relativa para sementes armazenadas. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar um protótipo para determinação de temperatura e umidade para sementes que possam ser inseridos nos “big bags”.

2 Revisão de Literatura

2.1 Aspectos Gerais

Na Agricultura, o Brasil se destaca no cenário mundial como um dos principais produtores e fornecedores de alimentos devido a sua extensão de terras cultiváveis e ao clima favorável para a agricultura. Dentre as principais culturas plantadas no país estão soja, milho e arroz (MAPA, 2016).

A demanda por alimentos aumenta na mesma proporção da população, principalmente por nutrição básica gerada a partir da agricultura, que deve ser avaliada da maneira de melhor qualidade para casa do consumidor, obtendo assim produtos diferenciados (SOBREIRA, 2017).

A predição da deterioração qualitativa das sementes é importante pois necessita-se armazenar de uma safra para outra e, o tempo de armazenamento seguro é dependente da relação quantitativa entre taxa de deterioração, e condições de conservação (ARAUJO, 2014).

De acordo com Araújo (2016) o armazenamento em condições de ambiente controlado, de temperatura e umidade relativa do ar, permite conservar as sementes por longos períodos de tempo. A via de que, quanto maior o teor de água da semente armazenada, com mais facilidade ela vai deteriorar, e isso envolve o local de armazenamento, a conservação do local, como ela é manuseada, e com que temperatura ela vai ser plantada.

Todas essas variáveis requerem um planejamento adequado, para que dessa forma seja possível diminuir os custos com transporte, eliminar impurezas e teores inadequados da umidade, e dessa maneira promover um maior rendimento, e sucesso na obtenção de novas plantas.

2.2 Armazenamento

De acordo com Puzzi (1986) a umidade favorece o aparecimento de micro-organismos e fungos que causam danos influenciando na qualidade e conservação das sementes. O processo da armazenagem é a atividade que guarda e conserva as sementes, visando garantir a qualidade do produto independente do tempo que este seja mantido em armazenamento (LIMA, 2014).

A conservação da qualidade das sementes é um aspecto essencial a ser considerada no processo produtivo, isto é, da colheita até a sua utilização, pois os esforços despendidos na produção podem não ser efetivos se a qualidade da semente não for mantida, no mínimo até a semeadura (ARAUJO, 2016).

Hoje resumidamente são encontrados três tipos de armazenamento, sendo eles: hermético, semi-hermético e convencional. O sistema de armazenamento e o tipo de embalagem utilizada no acondicionamento das sementes assume um papel importante na manutenção, umidade e temperatura. Sementes conservadas em embalagens que permitem trocas de vapor d'água com o ar atmosférico podem absorver água sob alta umidade relativa do ar, e acabam por deteriorar-se com facilidade (ARAUJO, 2016).

Para big bags utiliza-se do armazenamento convencional, onde na maioria dos casos, suas estruturas são como armazéns e/ou depósitos de construção simples, de alvenaria, com o acondicionamento das sementes em sacaria (ARAUJO, 2016).

O período de armazenagem pode variar de alguns meses até anos, dessa maneira é fundamental que os produtos estejam armazenados em locais adequados onde apresentem condições favoráveis garantindo que as propriedades das sementes sejam mantidas em perfeitas condições. Sendo assim, para se obter uma unidade armazenadora eficiente é indispensável que se altere o mínimo possível as estruturas físicas, químicas e fisiológicas, isto além de ajudar na comercialização da produção também se terá melhores períodos econômicos, evitando assim as pressões do mercado na época da colheita, e do plantio (LIMA, 2014).

2.3 Temperatura

A temperatura é uma das principais variáveis que interferem na qualidade de armazenamento de sementes, (PARAGINSKI et al., 2015). Sua redução diminui a velocidade das reações bioquímicas e metabólicas das sementes, pelas quais reservas armazenadas no tecido de sustentação são desdobradas, transportadas e ressintetizadas no eixo embrionário, permitindo a manutenção das características iniciais de armazenamento das sementes por períodos mais longos (PARAGINSKI et al., 2015). O que pode favorecer, pois o

desenvolvimento de insetos é muito menor e assim serão armazenados com mais segurança (NUNES, 2019).

Dentre os estresses ambientais, os causados pelas altas temperaturas, principalmente quando associados a veranico (período de estiagem acompanhado por calor intenso), durante o período de maturação, podem causar prejuízos severos à produção e à qualidade das sementes. Nessa fase, ocorre a translocação muito rápida das reservas e as menores taxas de fotossíntese, que resulta na produção de sementes esverdeadas e de baixa qualidade (EMBRAPA, 2012).

Devido a variações climáticas recorrentes, variações de temperatura também contribuem para a formação de gradientes de temperatura em uma massa de grãos armazenada. Temperaturas diferentes nos ambientes interno e externo provocam correntes de ar na massa de grãos, que podem induzir a migração de umidade relativa das áreas de altas temperaturas para as de baixas temperaturas. A migração de umidade relativa pode potencializar o desenvolvimento de insetos, fungos e bactérias e iniciar a deterioração do produto (DEVILLA, 2004).

2.4 Teor de Água

As sementes são higroscópicas, tem a capacidade de liberar e receber umidade. Os modos de se expressar a umidade são: base úmida (b.u.) e base seca (b.s.). Sendo a base úmida a razão entre o peso da água e o peso total da amostra, e a base seca a razão entre o peso da água e o peso da matéria seca.

Produtos com teor de água ideal aumentam seu potencial de conservação pós colheita, preservando suas características físicas e propriedades tecnológicas, assim atribuindo alto valor comercial (SOBREIRA, 2017). Dessa forma, nota-se que é indispensável o conhecimento do teor de água desde a colheita até o processamento, para se obter uma elevada qualidade na semente.

Para cada cultura tem-se uma linha tênue de teores de água, para que a colheita seja viável e saudável, a soja por exemplo, obtêm um teor de água entre 16 a 18%, tornando necessária submetê-la à secagem a fim de impedir reações enzimáticas e desenvolvimento de microrganismos e fungos com produção de lipases hidrolíticas, o que ocasiona em um aumento de ácidos graxos livres, os

quais influenciam a qualidade da semente. Já para o arroz apresenta um intervalo de 22 a 18%, sendo sua faixa segura 13%, tornando necessário submetê-lo também à secagem após a colheita.

Se tratando da prevenção da deterioração das sementes armazenadas, o teor de água é de suma importância, pois juntamente com a temperatura, regulam o ataque de microrganismos, a respiração das sementes. O teor de água tem influência em processos como colheita, manuseio, secagem, tempo de armazenagem, germinação, processamento, plantio (SILVA et al., 2008).

A determinação do teor de água é um procedimento fundamental no armazenamento de sementes. Valores considerados seguros para um adequado armazenamento do produto devem ser conhecidos pelo agricultor e devem ser respeitados para que a qualidade das sementes se mantenha durante a estocagem (SOBREIRA, 2017).

2.5 Medidor por constante dielétrica

O medidor de constante dielétrica é um aparelho de precisão composto por partes eletrônicas e mecânicas, que em seu conjunto, analisam uma massa de grãos e apresentam o resultado de umidade, temperatura, pH, impurezas, avarias e densidade. Para realizar a análise de umidade ele utiliza de propriedades dielétricas dos grãos (capacitância), além de analisar a massa do grão como um todo em tempo real utilizando a temperatura real do grão ou semente, (MOTOMCO, 2023).

Para avaliar as sementes, mede-se a umidade relativa da amostra, sendo a massa de água contida na massa original de uma amostra (%). Os medidores possuem registrado em sua eletrônica diversas curvas de umidade que foram obtidas através de ensaios. A contar deste momento são criadas escalas de medida específicas para cada tipo de planta e essas curvas são transferidas para os equipamentos, que são identificadas pelo nome usual do produto, (PEDRO, 2021).

Os equipamentos de medição de umidade, tanto portátil quanto o de bancada (Método indireto não destrutivo) possuem uma câmara onde ocorre a passagem das sementes ou grãos através de capacímetro onde mede-se a constante dielétrica das

sementes inseridas no equipamento, essa constante é proporcional à umidade, (PEDRO, 2021).

2.6 Big Bags

A utilização do armazenamento convencional em big bags (sacarias de polipropileno) é uma possibilidade dentre vários outros métodos tradicionais de armazenagem das sementes, quando comparados aos padrões de fazenda e unidades de beneficiamento.

Sua logística propicia muitos benefícios e facilidades para toda a cadeia, por ser uma embalagem com característica de unitizador dispensa uma embalagem secundária, seu manuseio pode ser feito por meio de empilhadeiras, pontes rolantes ou talha, além de mecanismos automatizados como o envaze, seu material flexível e altamente resistente possibilita a estocagem em forma de pirâmide, onde os Big bags são colocados uns sobre os outros dispensando estruturas para estoques, também torna o carregamento e descarregamento de caminhões mais ágil e o transporte mais seguro. Todos esses fatores contribuem para a eficiência dentro da cadeia produtiva e de distribuição. Devido a sua tamanha facilidade de implementação e adequabilidade.

Mas como todas as estruturas, os Big bags apresentam certas desvantagens: um deles seria investir em equipamentos para o monitoramento nos processos de logísticas quanto ao seu armazenamento. Dessa forma, o ideal para este tipo de estrutura é que o produto esteja sempre adequadamente limpo, seco e selecionado, para que a proliferação de pragas, como insetos e fungos, seja evitada ao máximo.

3 Material e Métodos

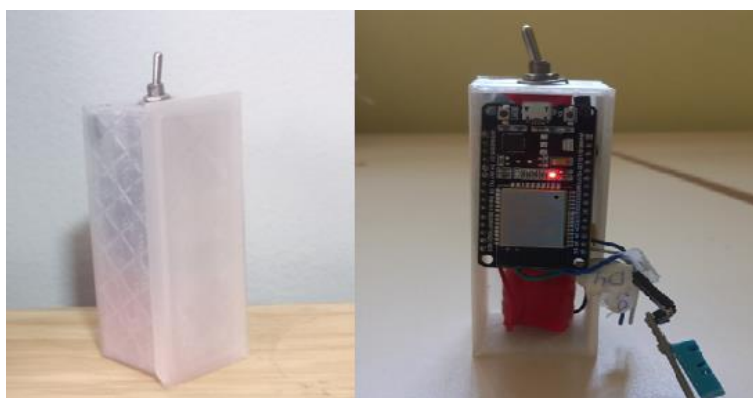
3.1 Local do Experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós Colheita da Universidade Federal do Pampa- Campus Alegrete - Rio Grande do Sul. Foram utilizadas sementes de soja e arroz, produzidos no município de Alegrete - RS, Brasil. Foram utilizadas uma cultivar de soja (Garra), e duas cultivares de arroz (BRS Pampa CL e Irga 424).

3.2 Projeto de Hardware e Software do protótipo medidor de temperatura e umidade relativa

Para o desenvolvimento do determinador de temperatura e umidade foi implementada como núcleo de controle e acesso de dados a placa ESP32S, um sensor convergente modelo DHT11 como demonstrado na Figura 1. Para o armazenamento dos dados coletados pelo sensor foi definido que a temperatura será salva a cada 60 segundos na memória flash do ESP32S, que possui 4MB de armazenamento disponível, permitindo o armazenamento de aproximadamente 14mil linhas de registro ou 9.7 dias úteis. Com acesso Wi-Fi, o protótipo disponibiliza uma rede para acesso ao protótipo, para que quando on-line tenha acesso ao histórico dos registros de dados das umidades e temperaturas aferidas.

Figura 1 - Demonstração do protótipo fechado e aberto

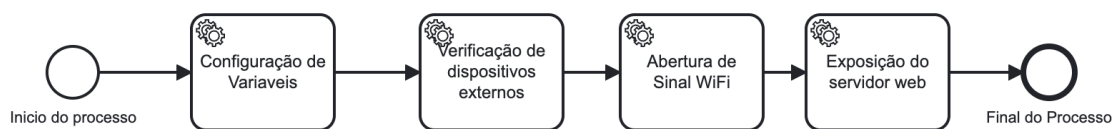


Fonte: CALEGARO, Andressa (2023)

3.3 Diagrama BPMN do Software de Monitoramento

O diagrama BPMN ou Business Process Model and Notation é um diagrama de blocos onde é demonstrado a sequência de passos finitos da execução de uma tarefa. O protótipo irá funcionar, a partir de seus pontos de decisão e indicações de sequências em uma sequência simples que depende de uma condição para executar cada tarefa. Ao iniciar a controladora é executado o setup onde serão verificados os componentes iniciais do equipamento, testados a inicialização do servidor web, configuração dos pinos, inicialização dos sensores, e conexão Wifi. O diagrama abaixo demonstra a sequência descrita do Setup. Todos funcionando dá-se início ao loop do processo (Figura 2).

Figura 2 - Setup, sequência de tomadas de decisões do protótipo



Fonte: CABEZUDO VILHALBA, EDUARDO (2023)

Ao se iniciar/ligar o protótipo, se inicia o processo de configuração automaticamente, para cada bloco de execução possui uma tratativa de erro padrão que caso haja erro no processo é solicitado a reinicialização do processo para que o protótipo tente configurar novamente a etapa falha.

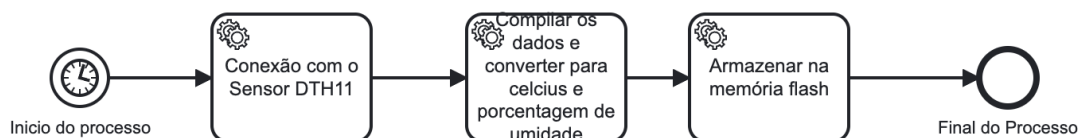
Em caso de sucesso do processo de inicialização estará disponibilizado para o produtor acessar via Wi-Fi a dashboard do protótipo, condição que após acesso é iniciado o processo de loop de monitoramento.

Se o produtor ligar o protótipo o protótipo entenderá que mesmo assim é necessário que de 1 em 1 minuto ele faça uma aferição da umidade e da temperatura.

Durante este processo os dados estarão seguramente persistidos na memória flash da controladora central ESP32S.

A Figura 3 demonstra o cron Job (trabalho agendado e ou agendamento de tarefas) que a controladora realiza para fazer a aferição dos dados e armazená-los.

Figura 3- Funcionamento Cron Job



Fonte: CABEZUDO VILHALBA, EDUARDO(2022)

Em paralelo ao Cron Job, como dito anteriormente é disponibilizado um servidor web Figura 4, com uma página de acesso aos dados aferidos e um acompanhamento do estado em tempo real da aferição da umidade e temperatura, para caso o usuário queira acessar e aferir os dados o sistema fará a seguinte sequência de passos finitos.

Figura 4- Servidor web



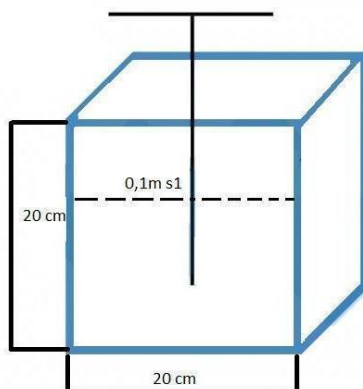
Fonte: CABEZUDO VILHALBA, EDUARDO (2022)

3.4 Construção dos protótipos de big bag

As sementes após recebidas foram armazenadas nos protótipos. O protótipo apresentado na Figura 5 baseia-se na representação de um big bag. foram confeccionados três protótipos, um para cada cultivar. O material utilizado para a confecção dos mesmos foi polipropileno para dar mais veracidade ao

experimento. Cada big bag foi preenchido com um quilo de semente de cada cultivar recebida.

Figura 5- Dimensões molde Big bag 20x20.

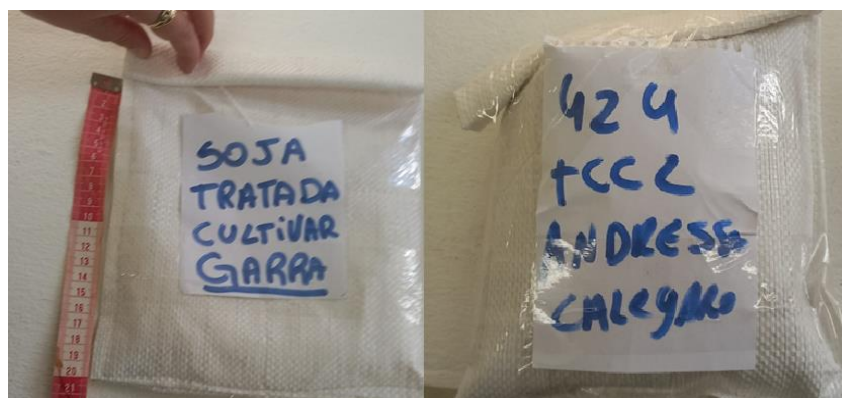


Fonte: CALEGARO, Andressa (2022)

3.5 Utilização e avaliação do protótipo medidor de temperatura e umidade relativa

Inicialmente os moldes de big bags foram preenchidos com as sementes de soja e arroz e lacrados, permanecendo desta forma por 30 dias, como demonstrado na Figura 6.

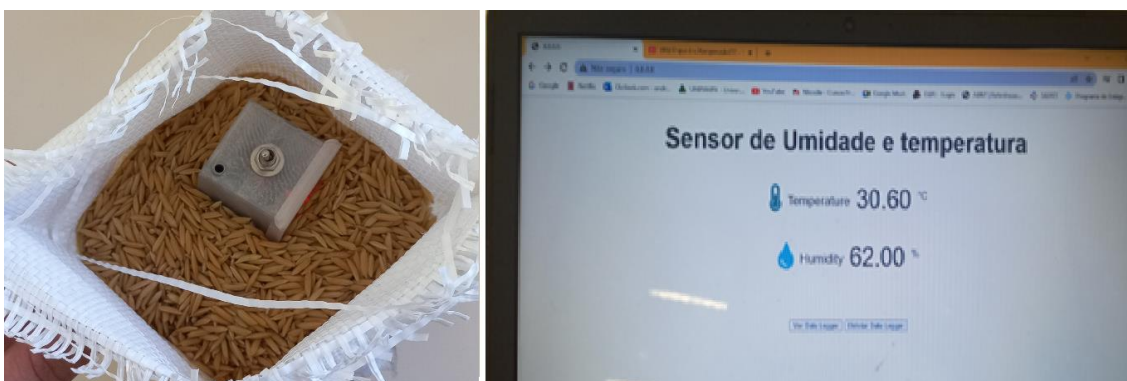
Figura 6 – Protótipos de big bags prontos para armazenamento.



Fonte: CALEGARO, Andressa (2023)

No momento das aferições, ligou-se o protótipo, onde ele foi conectado no notebook e posteriormente foi inserido no big bag onde entrou em contato direto com as sementes. Após alguns segundos o protótipo medidor de temperatura e umidade relativa demonstrou seu parecer na tela, como mostra a Figura 7.

Figura 7 - Aferição teste protótipo



Fonte: CALEGARO, Andressa (2023)

As leituras de temperatura e umidade relativa foram efetuadas no dia 23/01/2023, compreendendo o período das 7:30 às 13:30 h, de hora em hora. Foram realizadas três leituras com o protótipo em cada big bag, e logo, em seguida, também foram realizadas leituras das amostras com o medidor de umidade Motomco, Modelo 999E, para posteriormente compará-las.

Os valores de temperatura e umidade relativa, obtidos com o protótipo, foram utilizados para determinação do teor de umidade dos grãos em equilíbrio, através da metodologia de Henderson Modificado, sugerida por Thompson et al. (1968), através da seguinte equação:

$$Ue = \{\ln \ln (1 - Aw) / [-a(T + b)]\}^{1/c}$$

Onde:

Ue – teor de umidade de equilíbrio (% base seca);

T – temperatura do ar (°C);

Aw – atividade de água (decimal);

a, b e c – constantes que dependem da natureza do produto.

O desempenho do protótipo foi avaliado através do Índice de confiança “c”, proposto por Camargo e Sentelhas (1997), conforme Tabela 1:

Tabela 1- Intervalos de valores do índice de confiança “c” utilizados na interpretação do desempenho do protótipo medido de temperatura e umidade relativa.

Valor de “c”	Desempenho
>0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
>0,40	Péssimo

Fonte: Camargo e Sentelhas (1997)

4 Resultados e Discussões

Os resultados de temperatura e umidade relativa, obtidos através do protótipo, e utilizados na obtenção do teor de umidade de equilíbrio das sementes, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados de temperatura e umidade relativa obtidos com o protótipo.

Hora	Soja (Garra)		Arroz (BRS Pampa CL)		Arroz (424 Irga)	
	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)
07:30	31,9	53,0	29,9	55,0	29,8	56,0
08:30	32,2	53,0	31,4	54,0	31,7	53,0
09:30	31,5	53,0	31,3	53,0	33,7	53,0
10:30	33,1	53,0	33,9	53,0	35,1	53,0
11:30	35,4	53,0	36,3	51,0	36,3	53,0
12:30	36,1	54,0	36,3	52,0	36,4	53,0
13:30	36,7	51,0	37,0	53,0	37,6	52,0

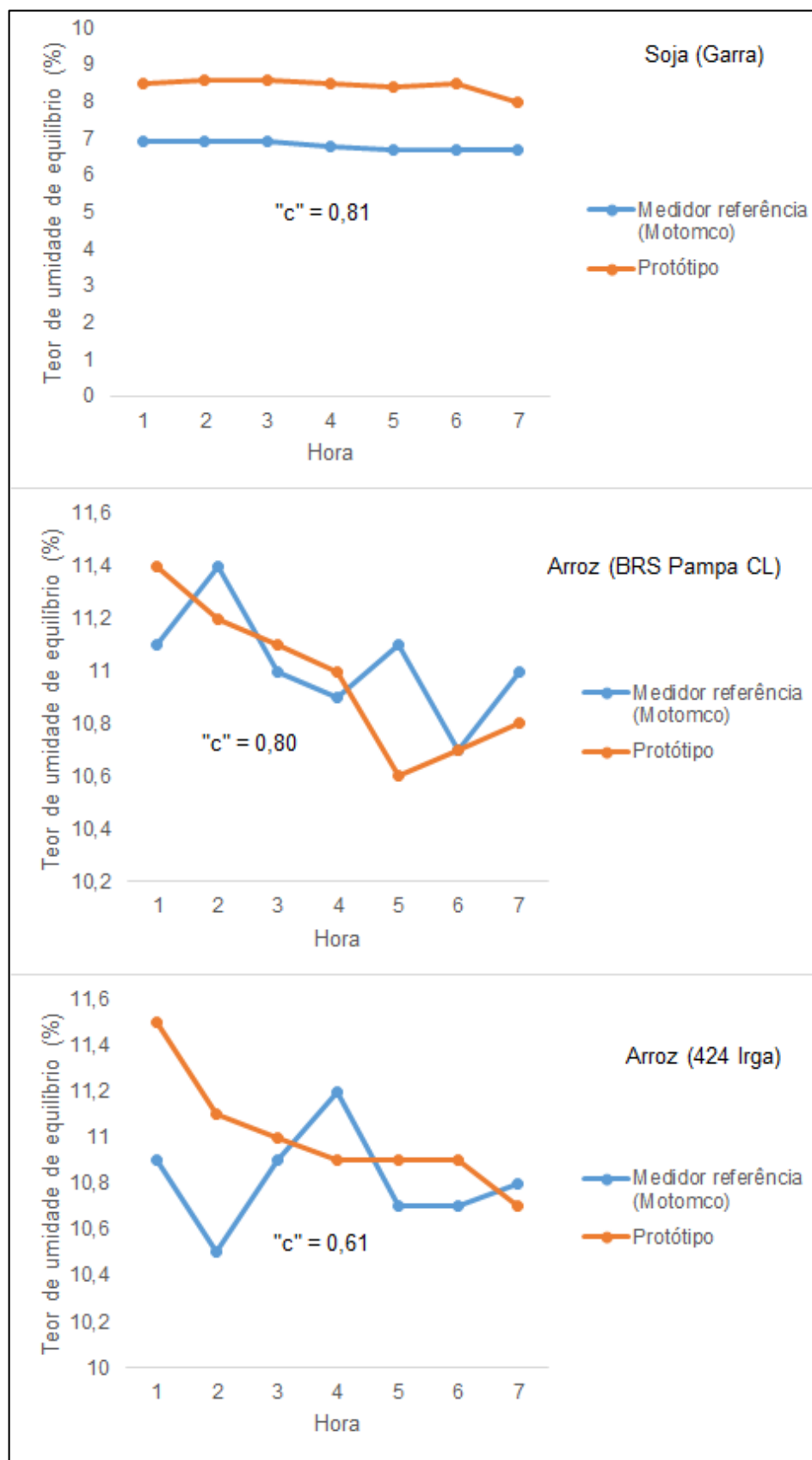
Na Figura 8 são apresentados os resultados para o teor de umidade de equilíbrio para as sementes, e comparadas com o medidor referência utilizado (Motomco).

O protótipo apresentou resultados satisfatórios para o teor de umidade de equilíbrio das sementes, após aplicada a equação de Henderson Modificado (1968).

O desempenho do protótipo foi avaliado em “muito bom” para a cultivar de soja Garra e para a cultivar de arroz BRS Pampa CL, e “mediano” para a cultivar de arroz 424 Irga.

Entretanto, observou-se que o protótipo não foi capaz de ler diretamente o teor de umidade de equilíbrio das sementes, devido a sua calibração ter sido ineficiente, ou seja, não ter sido calibrado com a equação para tal finalidade. Sugere-se que para novos trabalhos, a programação do protótipo seja revista, acrescentando a equação de Henderson Modificado, e melhorando sua sensibilidade. Outra sugestão é a adaptação do sensor dentro de um mecanismo capaz de realizar a calagem no big bag, facilitando as respectivas leituras.

Figura 8 - Resultados da comparação do teor de umidade de equilíbrio entre o protótipo e o medidor referência



5 Conclusão

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que o protótipo se mostrou eficiente ao medir a temperatura e umidade relativa do ar, entretanto, por falta de calibração e inserção da equação do teor de umidade de equilíbrio na sua programação, ele não foi capaz de realizar tal leitura diretamente, o que pode ficar como sugestão para trabalhos futuros.

6 Referências Bibliográficas

ARAUJO, PEDRO. **Influência da Condição De Armazenamento de Qualidade Fisiológica De Sementes De Soja**. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (Graduação) - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, [S. I.], 2016.

ARAUJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTE, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 18, n. 3, p. 278-286, 2014.

DEVILLA, I. A. et al.. **Variação da temperatura e umidade de grãos armazenados em silos com aeração**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 8, n. Rev. bras. eng. agríc. ambient., 2004 8(2-3), maio 2004.

CABEZUDO, E. **Arquivo Pessoal**-RS. 2023.

CALEGARO, A. **Arquivo Pessoal**-RS.2022.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, p.89-97, 1997.

COSTA, André Rodrigues da et al. Qualidade de grãos de milho armazenados em silos bolsa. **Revista Ciência Agronômica**. 2010, v. 41, n. 2 , pp. 200-207.

LIMA, Pedro. **Medidores de Umidade Grãos**. Alfa Mare, [s. I.], 28 out. 2021. Disponível em: <https://alfamare.com.br/medidores-de-umidade-de-graos/>. Acesso em: 9 fev. 2023

LIMA, Rodolfo França. **Modelagem matemática do escoamento de grãos de soja em um secador com fluxo misto usando o método dos elementos discretos**. 2014. 87 p. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Matemática) - - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2014.

MAPA, **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: Acesso em: 25 de jul. de 2022 a.

MEDIDOR de Umidade Motomco 999E. [S. I.], 23 jan. 2023. Disponível em: <https://motomco.com.br/produtos/motomco-999e/>. Acesso em: 23 jan. 2023.

MEZZALIRA, DANIELE. **Armazenagem de soja em silo bolsa: avaliação do ar intergranular e qualidade de grãos**. 2016. 60 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Engenheiro Agrícola e Ambiental.) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO, Campus Universitário de Sinop, 2016.

NUNES, LUCAS FONTOURA. **Sistema de aeração para silos de armazenagem de grãos com a utilização de termometria digital**. 2019. 76 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Bacharel em Engenharia Elétrica.) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA, Alegrete, 2019.

PARAGINSKI, Ricardo T. et al. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2015, v. 19, n. 4 , pp. 358-363.

PARK, K. J.; ANTONIO. G. C; OLIVEIRA. R. A; PARK. K. L. B. (2007). **Conceitos de processo e equipamentos de secagem**. CT&EA, Campinas, São Paulo

PATURCA, Elaine Yasutake. **“Caracterização das estruturas de armazenagem de grãos: um estudo de caso no Mato Grosso”**. 2014. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, PIRACICABA - SP, 2014.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Instituto Campineiro de Engenharia Agrícola. Campinas – SP 1986

RIBEIRO, D. M.; CORRÊA, P. C.; RODRIGUES, D. H.; GONELI, A. L. D. Análise da variação das propriedades físicas dos grãos de soja durante o processo de secagem. **Revista Ciência e tecnologia de alimentos**, v. 25, nº 3, p. 611-617, 2005.

SILVA, J. S.; CORRÊA, P. C. **Estrutura, Composição e Propriedades dos Grãos. Secagem e Armazenagem De Produtos Agrícolas**. 2ª Ed. Editora Aprenda Fácil, p. 19-33, 2008.

SILVA, J. S.; BERBERT, P. A.; AFONSO, A. D. L.; RUFATO, S. **Estrutura, composição e propriedades dos grãos. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. 2ª Ed. Editora Aprenda Fácil, p. 63-104. 2008.

SIVIERO, Uiz Fernando Conte. **Monitoramento via ultrassom, temperatura e umidade no armazenamento de grãos com acionamento do sistema de aeração**. Orientador: Prof. Dr. Walter Gemanovix. 2017. 105 p. Trabalho de

Conclusão de Curso (Título de Bacharel em Engenharia Elétrica.) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

SOBREIRA, MARJORIE. **Influência do teor de Impurezas nas propriedades físicas de milho, soja e arroz em casca.** 2017. 28 p. Trabalho de Conclusão de Curso (ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL) - Universidade Federal de Mato Grosso, [S. l.], 2017.

THOMPSON, T. L.; PEART, R. M.; FOSTER, G. H. **Mathematical simulation of corn drying – A new model.** Transaction of the ASAE, St. Joseph, v. 11, n. 4, p. 582-586, 1968

WEBER, E. A. (2005). **Excelência em beneficiamento e armazenamento de grãos.** Canoas, RS: Editora Salles.