



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE ARAXÁ**

GRAZIELA LIMA MENEZES

**ALIMENTADOR AUTOMÁTICO PARA BOVINOS UTILIZANDO
MICROCONTROLADOR ESP: UMA SOLUÇÃO PARA PEQUENAS
PROPRIEDADES RURAIS**

ARAXÁ-MG

2023

GRAZIELA LIMA MENEZES

**ALIMENTADOR AUTOMÁTICO PARA BOVINOS UTILIZANDO
MICROCONTROLADOR ESP: UMA SOLUÇÃO PARA PEQUENAS
PROPRIEDADES RURAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Automação Industrial, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Automação Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Luis Paulo Fagundes

ARAXÁ-MG

2023



ATA Nº 85 / 2023 - DELMAX (11.57.05)

Nº do Protocolo: 23062.059696/2023-56

Araxá-MG, 05 de dezembro de 2023.

Ata de Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Automação Industrial da Aluna Graziela Lima Menezes

Às **dezenove horas** do dia **vinte e oito de novembro de dois mil e vinte e três**, reuniu-se, no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG/ Campus Araxá, a Comissão Examinadora de Trabalho de Conclusão de Curso para julgar, em exame final, o trabalho intitulado **Alimentador Automático para Bovinos utilizando microcontrolador ESP: Uma solução para pequenas propriedades rurais**, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Automação Industrial. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, **Prof. Dr. Luis Paulo Fagundes**, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, concedeu a palavra à candidata, **Graziela Lima Menezes**, para a exposição de seu trabalho. Após a apresentação, seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Ultimada a arguição, a Comissão se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Após a reunião da Comissão Examinadora, a candidata foi considerada: **APROVADA**, obtendo nota final de: **90/100 (noventa)**. O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pelo Presidente da Comissão. A aluna, abaixo assinada, declara que o trabalho ora identificado é da sua autoria material e intelectual, excetuando-se eventuais elementos, tais como passagens de texto, citações, figuras e datas, desde que devidamente identificada a fonte original. Declara ainda, neste âmbito, não violar direitos de terceiros. Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou os trabalhos. O Prof. Dr. Leandro Resende Mattioli, responsável pela disciplina "Trabalho de Conclusão de Curso II", lavrou a presente ATA, que, após lida e aprovada, será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora e pela candidata.

Araxá, **28 de novembro de 2023**.

Assinado eletronicamente por:

- Presidente e Orientador: Prof. Dr. Luis Paulo Fagundes
- Membro Titular: Prof. Dr. Mateus Antunes Oliveira Leite
- Membro Titular: Prof^a. Dra^a. Fabiana Alves Pereira
- Professor da Disciplina TCC 2: Prof. Dr. Leandro Resende Mattioli
- Aluno: Graziela Lima Menezes

(Assinado digitalmente em 07/12/2023 10:54)

FABIANA ALVES PEREIRA
PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO
DELMAX (11.57.05)
Matricula: 3281564

(Assinado digitalmente em 06/12/2023 13:00)

LEANDRO RESENDE MATTIOLI
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DELMAX (11.57.05)
Matricula: 2973183

(Assinado digitalmente em 05/12/2023 13:25)
LUIS PAULO FAGUNDES
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DELMAX (11.57.05)
Matrícula: 2993114

(Assinado digitalmente em 06/12/2023 08:30)
MATEUS ANTUNES OLIVEIRA LEITE
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
CAAAX (11.57.01)
Matrícula: 3138470

(Assinado digitalmente em 05/12/2023 18:16)
Graziela Lima Menezes
DISCENTE
Matrícula: 201714550435

Visualize o documento original em <https://sig.cefetmg.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **85**, ano: **2023**, tipo: **ATA**, data de emissão: **05/12/2023** e o código de verificação: **90bdc773a5**

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, por amparar-me em quaisquer dificuldades e ter me dado força para concluir meus objetivos.

Aos meus pais, por todo amor compartilhado e por terem me mostrado que o conhecimento é o alicerce para construir grandes sonhos.

À minha irmã Priscila e ao meu cunhado Erik, por todo amor, incentivo e motivação para que conseguisse finalizar essa etapa.

Ao meu irmão Lucas, por todo companheirismo, força e amor, além de ter me acompanhado durante todo esse trajeto e nunca ter permitido que eu desanimasse.

Ao meu orientador Luis Paulo, por toda paciência, comprometimento e disponibilidade em me apoiar no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos e familiares, pela amizade demonstrada incondicionalmente e por toda compreensão durante o período em que estive dedicada a este projeto.

Ao CEFET-MG e a todos os membros da organização, por todo suporte e orientação durante o meu desenvolvimento profissional.

RESUMO

No contexto atual, a pecuária de corte é de suma importância para o desenvolvimento econômico do Brasil, tendo em vista que o país apresenta alguns fatores que lhe proporcionam vantagens competitivas. Sendo assim, a busca por sistemas de produção aliados a tecnologias está em constante crescimento. Em pequenas propriedades rurais, o cuidado com a alimentação dos bovinos tem se tornado um problema, considerando que a mão de obra especializada está cada vez mais escassa. Além disso, as máquinas para alimentação de bovinos existentes no mercado apresentam um valor de aquisição alto o que inviabiliza a utilização para os pequenos produtores. Portanto, como solução propõem-se a utilização de equipamentos mais simples e de menor valor aquisitivo, de modo a desenvolver um sistema de alimentação automática para bovinos e monitoramento automático do peso do animal. Para o sistema de controle foi utilizado um microcontrolador ESP 32, levando em consideração sua facilidade de comunicação com o aplicativo Blynk. Além disso, foi considerado um sensoramento com identificação por radiofrequência e uma interface homem-máquina via aplicativo. Primeiramente, definiu-se o sistema mecânico, analisando a viabilidade de utilização de cada equipamento. Assim, foi possível desenvolver o código em linguagem C++ considerando os aspectos importantes para o bom funcionamento do sistema. Feito isso, foi criada a tela de interface com o usuário, focada nas principais variáveis do sistema, sendo elas o peso do animal, a quantidade de alimento contida no reservatório e a quantidade de dias de produção. Por fim, foi utilizado um protótipo para emulações e testes do funcionamento do sistema com finalidade de corrigir possíveis erros. Após realizados os testes das situações mais prováveis do dia a dia de um confinamento, foi possível comprovar que os objetivos iniciais do projeto foram atendidos e até mesmo observar oportunidades de inovação para aprimorar ainda mais a utilização do sistema.

Palavras-chave: Automação na Pecuária; Aplicativo Blynk; Microcontrolador ESP;

ABSTRACT

In the current context, the beef cattle farming is of paramount importance for the economic development of Brazil, considering that the country has some factors that provide it with competitive advantages. Therefore, the search for production systems combined with technologies is constantly growing. On small rural properties, caring for cattle nutrition has become a problem, considering that specialized labor is increasingly scarce. Furthermore, the machines for feeding cattle on the market have a high purchase price, which makes their use unfeasible for small producers. Therefore, as a solution, we propose the use of simpler equipment with lower purchasing value, in order to develop an automatic feeding system for cattle and automatic monitoring of the animal's weight. An ESP 32 microcontroller was used for the control system, taking into account its ease of communication with the Blynk application. Furthermore, sensing with radio frequency identification and a human-machine interface via application were considered. Firstly, the mechanical system was defined, analyzing the feasibility of using each piece of equipment. Thus, it was possible to develop the code in C++ language considering the important aspects for the proper functioning of the system. Once this was done, the user interface screen was created, focused on the main variables of the system, namely the weight of the animal, the amount of food contained in the reservoir and the number of days of production. Finally, a prototype was used for emulations and testing of the system's operation in order to correct possible errors. After testing the most likely day-to-day situations in a confinement, it was possible to prove that the initial objectives of the project were met and even observe opportunities for innovation to further improve the use of the system.

Keywords: Automation in Livestock; Automation in beef cattle farming; Blynk app; ESP microcontroller;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sistema de Controle em Malha Aberta	17
Figura 2 - Sistema de Controle em Malha Fechada.....	18
Figura 3 - Placa ESP32-DevKitC	19
Figura 4 - Variação da temperatura de forma analógica	20
Figura 5 - Comparação de um sensor analógico com digital	21
Figura 6 - Ciclo do Sistema RFID	22
Figura 7 - Tela de Interação Homem-Máquina	23
Figura 8 - Fluxograma de Processo	27
Figura 9 - Exemplo de tela desenvolvida no Blynk.....	28
Figura 10 - Vista Superior do Projeto.....	29
Figura 11 - Vista Isométrica Projeto Conceitual	32
Figura 12 - Detalhamento do Alimentador.....	33
Figura 13 - Alimentador Dosador de Ração	34
Figura 14 - Motoredutor WEG GSA28	34
Figura 15 - Acoplamento de Grade Elástica 3F	35
Figura 16 - Célula de Carga P150.35	36
Figura 17 - Célula de Carga P130.30	36
Figura 18 - Sensor de Nível XK30	37
Figura 19 - Chave de Fim de Curso FM92.....	37
Figura 20 - Sensor RFID MFRC522	38
Figura 21 - Leitura do RFID.....	39
Figura 22 - Leitura do Peso do Animal	40
Figura 23 - Ganho Médio Diário e Consumo	40
Figura 24 - Leitura do Peso do cocho.....	41
Figura 25 - Comunicação Blynk de Peso Animal e Alerta.....	41
Figura 26 - Acionamento do Alimentador.....	42
Figura 27 - Acompanhamento do Reservatório de Alimentos	42
Figura 28 - Ação para Desligar o Alimentador	43
Figura 29 - Contagem de dias.....	44
Figura 30 - Configuração de Hardware no aplicativo Blynk	45
Figura 31 - Configuração da plataforma de interação	45
Figura 32 - Código base de comunicação.....	46

Figura 33 - Parâmetros para Comunicação com Blynk.....	47
Figura 34 - Opções de Ferramentas	48
Figura 35 - Tela de Acompanhamento da Produção	49
Figura 36 - Montagem do Sistema para Emulação	51
Figura 37 - Situação 1: Peso e Consumo no Serial Monitor Arduino IDE	52
Figura 38 - Situação 1: Peso no aplicativo Blynk	52
Figura 39 - Situação 2: Peso e Consumo no Serial Monitor Arduino IDE	53
Figura 40 – Situação 2: Peso no Aplicativo Blynk.....	53
Figura 41 - Teste de Posicionamento do Alimentador no Cocho A.....	54
Figura 42 - Teste de Posicionamento do Alimentador no Cocho B	55
Figura 43 - Simulação de Acompanhamento de Peso Animal A	56
Figura 44 - Simulação de Alerta de Perda de Peso Animal A.....	57
Figura 45 - Simulação de Alerta Silo Nível Máximo.....	58
Figura 46 - Simulação Alerta Silo Nível Baixo.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CV	Cavalo vapor: potência elétrica equivalente a 746 watts
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> (Ambiente de desenvolvimento Integrado)
IHM	Interface Homem-Máquina
LED	<i>Light-Emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
NRC	<i>Beef Cattle Nutrient Requirement Model</i> (Modelo de Exigência de Nutrientes para Bovinos de Corte)
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> (Identificação por Rádio Frequência)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1	Confinamento.....	15
2.2	Alimentação de Bovinos.....	16
2.3	Sistemas de controle automático de processos.....	16
2.3.1	MALHA ABERTA.....	17
2.3.2	MALHA FECHADA.....	17
2.4	Microcontroladores.....	18
2.4.1	ESP32.....	18
2.5	Sensores.....	19
2.5.1	SENSORES ANALÓGICOS.....	20
2.5.2	SENSORES DIGITAIS.....	20
2.6	Identificação por Rádio Frequência (RFID).....	21
2.7	Interface Homem-Máquina (IHM).....	22
3	DESENVOLVIMENTO.....	25
3.1	Critérios para projeto mecânico.....	25
3.2	Desenvolvimento do sistema de controle.....	25
3.3	Método de interface com o usuário.....	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
4.1	Sistema Mecânico.....	29
4.2	Especificação dos Equipamentos.....	33
4.3	Sistema de Controle.....	39
4.4	Aplicativo de Comunicação.....	44
4.5	Emulação de Funcionamento.....	50
4.6	Dinâmica de Funcionamento.....	59
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61

6	REFERÊNCIAS	63
---	-------------------	----

1 INTRODUÇÃO

A pecuária de corte é de suma importância para o desenvolvimento econômico do Brasil, tendo em vista que é um dos principais exportadores de carne do mundo. Atualmente, o país atingiu o marco de exportação de 2,26 milhões de toneladas de carne bovina vendidas para mais de cento e cinquenta países, o que representa um aumento no faturamento anual de 40,8% quando comparado ao ano anterior. Posto isto, sabe-se que a produção de proteína animal proporciona o aumento da lucratividade das agroindústrias brasileiras. (ABIEC, 2023)

É possível mencionar vários fatores que impulsionaram a conquista do Brasil no comércio internacional de carnes bovinas, podendo destacar ações relacionadas a mitigação de doenças nos bovinos, que propicia maior qualidade do alimento, além de fatores como solo, clima, recursos humanos e extensão territorial que proporcionam vantagens comparadas a outros países. Portanto, possibilitam oferecer ao mercado externo produtos de qualidade aliados a volumes crescentes e com preços competitivos. (EMBRAPA, 2007)

Por outro lado, um fator importante para o aumento da produtividade de gado de corte com qualidade é a adoção de boas práticas durante o ciclo de vida do animal, desde o nascimento até o momento de abate. Fatores relacionados à criação, como o ambiente, pastagens e nutrição oferecidas são de extrema importância para o resultado final. Assim como, a implantação de processos de apuração genética e rastreabilidade do histórico de vida e saúde dos animais.

Observando o cenário atual brasileiro, a busca por sistemas de produção aliados a tecnologias está em constante crescimento. Isso se deve principalmente pelo aumento do preço de terras, o crescimento da competitividade entre culturas agrícolas de plantio e a produção de animais e a escassez de mão de obra no campo, devido à migração rural-urbana que vem ocorrendo nos últimos anos. (FERREIRA, 2015)

Muito se tem discutido a respeito das aplicações tecnológicas no ambiente pecuário, sendo apontado como imprescindível, processos de profissionalização e implantação de técnicas eficazes. A busca é para alcançar uma maior lucratividade, aumento da produtividade e até mesmo qualidade, visando a mitigação de erros e falhas recorrentes no processo de produção da bovinocultura. Portanto, considerando os fatos apresentados, a automação se torna cada vez mais importante e presente na agropecuária brasileira, tanto na mecanização agrícola quanto na pecuária de precisão. (COIMMA, 2019)

Além disso, com as possibilidades de implementação de controles especializados e eficazes e com monitoramento da produção a partir de softwares que otimizam as tarefas, os

produtores podem dedicar mais tempo na gestão do negócio e implantação de outras técnicas produtivas. Sendo assim, é possível afirmar que diversas classes de produtores rurais são beneficiadas em razão do desenvolvimento da automação na agropecuária.

É fato que a implantação de automação nos processos rurais é crescente no Brasil, visto que, busca-se uma melhoria na qualidade dos resultados em geral. No entanto, atualmente a automação rural tem sido desenvolvida em aplicações de larga escala, conseqüentemente, atingindo um grupo de produtores que apresentam um maior poder aquisitivo. Analisando o cenário geral das pequenas propriedades rurais com enfoque em produção de gado de corte, reconhece-se o cuidado com a alimentação dos bovinos como um dos principais problemas que impactam no resultado final do processo. O animal deve se alimentar em horários específicos, com quantidades de nutrientes adequados e, nos dias de hoje, ocorre a escassez de mão de obra para realizar esse acompanhamento.

Outro ponto importante é que as máquinas mais comuns no mercado apresentam um valor de aquisição alto, o que inviabiliza a utilização para produtores de pequeno e médio porte. Sendo assim, o estudo apresentado visa utilizar equipamentos mais simples e que apresentam valor aquisitivo menor, facilitando o acesso para qualquer tipo de produtor.

Diante do cenário exposto na pecuária de corte, marcado pela crescente demanda por eficiência e automação, o objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de alimentação automática para bovinos com base em um microcontrolador ESP 32, utilizando interface homem-máquina (IHM) e sensoriamento por radiofrequência (RFID). O sistema monitorará automaticamente o peso dos animais, ajustando com precisão a quantidade diária de ração, e identificará perdas de peso não justificadas. Gerando assim, possibilidade de redução dos custos de mão de obra e melhoria da gestão da produção, aprimorando o processo nutricional e indicando a necessidade de acompanhamento veterinário quando necessário.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo objetiva apresentar de forma clara os conceitos mais importantes em que o projeto se baseia, com finalidade de facilitar o entendimento geral das aplicações realizadas.

2.1 Confinamento

A pecuária é um fator importante na economia brasileira. Com o crescente consumo de carne em todo o mundo, de acordo com Abiec (2023), o setor de pecuária de corte deverá aumentar ainda mais sua produção. Assim sendo, de acordo com o Senar (2018), é fundamental compreender os fatores que mais influenciam no desenvolvimento dos bovinos e identificar o sistema de criação ideal para os animais.

Pode-se mencionar que o sistema de criação de bovinos compreende três fases: cria, recria e terminação. O sistema de cria engloba desde a cobertura da vaca até o desmame do animal, enquanto a recria consiste no período entre o desmame e a terminação, que diz respeito à fase de engorda do animal. A aplicação do confinamento nessas fases permite a redução na idade de abate, o aumento do peso do animal, uma maior qualidade da carne e um rápido retorno do capital investido. (SENAR, 2018)

O confinamento é o sistema em que lotes de animais são colocados em piquetes ou currais em todo o ciclo de vida do animal. Embora possa ser aplicado a todas as fases de criação, geralmente, o confinamento é mais utilizado na fase de terminação. É importante que, após o período de confinamento, o bovino esteja em condições adequadas para o abate, não sendo recomendável o retorno de animais do confinamento para pastagens. Portanto, é necessário que existam algumas condições básicas para a adoção da engorda de animais em confinamento, como a disponibilidade de alimentos em quantidades adequadas, além do gerenciamento e controle constante da produção. (EMBRAPA, 2007)

Além disso, de acordo com Primaza (2023), o maior custo na recria de animais está relacionado à alimentação. Portanto, deve-se definir bem a estratégia de suplementação dos bovinos, considerar as práticas nutricionais indicadas, buscar orientações com profissionais especializados e também pesquisar sobre os tipos de alimentação disponíveis no mercado próximo à área de confinamento, visando reduzir os custos com transporte.

2.2 Alimentação de Bovinos

A bovinocultura de corte apresenta três pilares principais: a nutrição, o manejo e a genética. É válido mencionar que todos tem seu papel de influência no resultado final, no entanto, pode-se afirmar que o processo de melhoria dos três fatores simultaneamente é o que proporciona alcançar graus de excelência na produção. (ALONSO, 2022)

Segundo Alonso (2022), a nutrição ocorre desde a ingestão do alimento e assimilação dos nutrientes até a mobilização destes para propiciar o crescimento animal. Portanto, para que a nutrição seja adequada, é necessário estabelecer parâmetros de exigências e definir a composição nutricional dos alimentos que compõem a dieta diária do bovino.

As dietas balanceadas são de suma importância para o bom desenvolvimento do animal, permitindo um melhor desempenho na produção de gado de corte e, conseqüentemente, menor custo. Posto isto, a formulação dessa dieta requer análises em relação à raça do animal e situações ao qual o bovino está submetido, além das características específicas do alimento a ser consumido e o nível de produção que almeja alcançar. (EDUCAPOINT, 2020)

De modo geral, bovinos de corte em situação de confinamento apresentam duas funções em relação às exigências nutricionais: manutenção do peso vivo, que correlaciona peso e tamanho do animal, e ganho de peso, que está relacionado a taxa de peso diário que o produtor deseja alcançar. Para orientar os produtores rurais nessas determinações, existe um modelo nutricional conhecido como NRC (Beef Cattle Nutrient Requirement Model), e para bovinos de corte a versão mais atual é o NRC2016. Em suma, as composições da dieta nutricional são de grande relevância para atingir um bom resultado na produção e devem ser conduzidas por profissionais preparados. (EDUCAPOINT, 2020)

2.3 Sistemas de controle automático de processos

O controle automático de processos apresenta papel considerável no desenvolvimento da ciência e tecnologia. Pode-se mencionar diversas áreas em que o controle vem se tornando cada vez mais importante, como: sistemas de veículos espaciais, desenvolvimento de direcionamento de mísseis, sistemas robóticos, além de ser parte integrante da modernização dos processos industriais e de produção. A partir da aplicação desses sistemas de controle automáticos, é possível mencionar vários ganhos nos processos, principalmente a otimização do desempenho e a melhoria na produtividade. (OGATA, 2010)

É necessário entender o que pode ser definido como processo, que segundo Ogata (2010), consiste em uma série de ações ou movimentos controlados, com finalidade de atingir

o resultado desejado. Em resumo, considera-se como processo, toda operação a ser controlada. Além do mais, controlar consiste em medir o valor da variável controlada, que é a grandeza controlada no sistema, e utilizar a variável manipulada, que é modificada pelo controlador, para corrigir ou limitar os desvios do valor medido, a partir do valor desejado (*set point*).

De modo geral, o controle do sistema visa otimizar o processo para que uma variável de saída desejada seja alcançada a partir de uma variável de entrada inserida. Sendo assim, esse sistema é representado através de malhas, que basicamente são fluxogramas com os dados, desde a entrada até a saída. Essas malhas, por sua vez, podem ser malhas abertas, sem realimentação, ou malhas fechadas, com realimentação.

2.3.1 MALHA ABERTA

São considerados sistemas de controle de malha aberta aqueles em que a saída não exerce ação de controle, conforme Figura 1, sendo que a saída não é medida nem realimentada no sistema para realizar comparação com a entrada de referência.

Figura 1 - Sistema de Controle em Malha Aberta

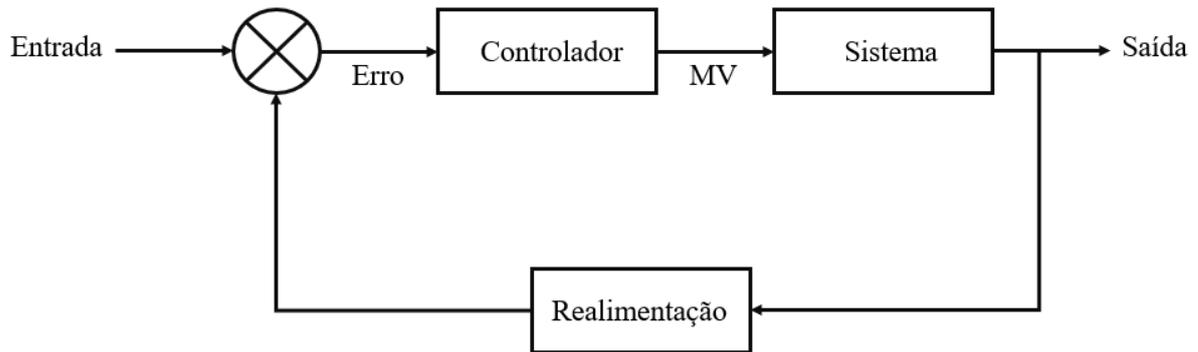


Fonte: (ROURE, 2017)

2.3.2 MALHA FECHADA

Os sistemas de controle de malha fechada, são sistemas com realimentação, conforme representado na Figura 2. Nesses casos, há uma realimentação no controlador com finalidade de diminuir o erro do sistema e atingir a variável desejada. (OGATA, 2010)

Figura 2 - Sistema de Controle em Malha Fechada



Fonte: Autoria própria.

Pode-se mencionar como vantagem nesse tipo de controle a diminuição da sensibilidade a perturbações externas e as variações em parâmetros. No entanto, o controle em malha fechada apresenta desvantagens, como a perda de estabilidade, que pode ser causada por ganhos elevados com correções de erros além do necessário, que podem causar oscilações e amplitudes constantes ou variáveis. (GARCIA, 2017)

2.4 Microcontroladores

De modo geral, pode-se definir um microcontrolador como um componente eletrônico pequeno, que possui a capacidade de executar lógicas sequenciais programáveis e é utilizado em sistemas de controles de processos lógicos. A operação desse sistema consiste em ações lógicas que devem ser executadas de acordo com as entradas e saídas definidas através de periféricos, como: displays de segmentos, resistências, relês, sensores diversos, LED's, entre outros. (SOUZA, 2005)

É válido mencionar que, toda programação a ser executada é estruturada em um programa e posteriormente gravada em um componente. Logo, no momento em que o microcontrolador é alimentado, o programa é executado. Outro ponto importante é que os componentes necessários para o funcionamento do processo estão dispostos em uma única pastilha de silício encapsulada e, portanto, proporciona vantagens na comunicação com os dispositivos periféricos. (SOUZA, 2005)

2.4.1 ESP32

Atualmente o microcontrolador ESP32 é um dos controladores mais procurados no mercado, tendo em vista suas características de velocidade de processamento, acessibilidade e

conectividade, sendo que apresenta capacidade de ser programado para conectar com redes wi-fi (sem fio) e bluetooth. (KOLBAN, 2018)

Além disso, o ESP32 apresenta características internas inovadoras em relação a outros microcontroladores existentes no mercado, como processador DUAL-CORE (dois núcleos) e memória SRAM com aproximadamente 500 kBytes, que permitem a execução de programas com nível de complexidade maior. (CURVELLO, 2018)

O microcontrolador mais comum desta linha é o ESP-WROOM-32, porém, é válido mencionar que o uso dele especificamente não é simples, por isso, foi desenvolvida uma placa denominada ESP32-DevKitC, ilustrada na Figura 3, com módulo principal, regulador de tensão para alimentação do módulo e conversor USB-Serial para comunicação através de um computador. Além disso, a placa apresenta um espaçamento de pinos adequado para o encaixe em uma protoboard comum, que permite uma melhor montagem do circuito e, portanto, facilita a utilização do usuário. (CURVELLO, 2018)

Figura 3 - Placa ESP32-DevKitC



Fonte: (ALMEIDA, 2018)

Além disso, esse tipo de microcontrolador apresenta algumas possibilidades de comunicação, podendo ser tanto por Bluetooth quanto por Rede Wireless (Wi-fi), sendo que isso facilita o desenvolvimento de diversos tipos de projetos.

2.5 Sensores

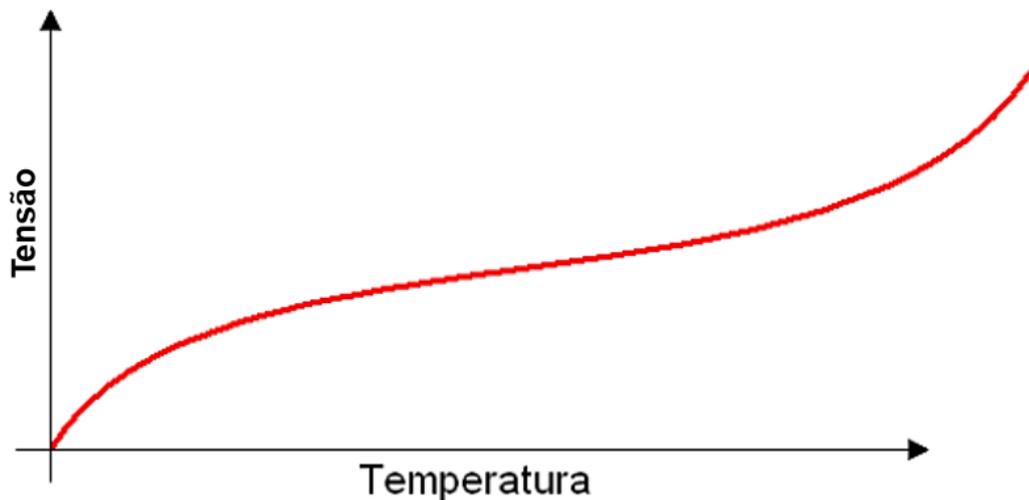
Os sensores são dispositivos que apresentam mudança de comportamento através da ação de uma grandeza física (velocidade, temperatura, pressão, posição, entre outras) sendo sua funcionalidade detectar e responder, com eficiência a algum estímulo. O sinal de um sensor pode ser utilizado para detectar falhas ou desvios em um sistema de controle em malha fechada

e, nos sistemas em malha aberta, na maioria das vezes, são utilizados para tomadas de decisões. Além disso, os sensores podem ser classificados de duas formas principais: analógicos ou digitais.

2.5.1 SENSORES ANALÓGICOS

Os sensores analógicos apresentam uma saída relacionada ao valor medido. Sabe-se que esse é um tipo de sensor que pode assumir qualquer valor na saída dentro da sua faixa de operação. A Figura 4 mostra o comportamento da variação de temperatura de forma analógica em relação a tensão.

Figura 4 - Variação da temperatura de forma analógica



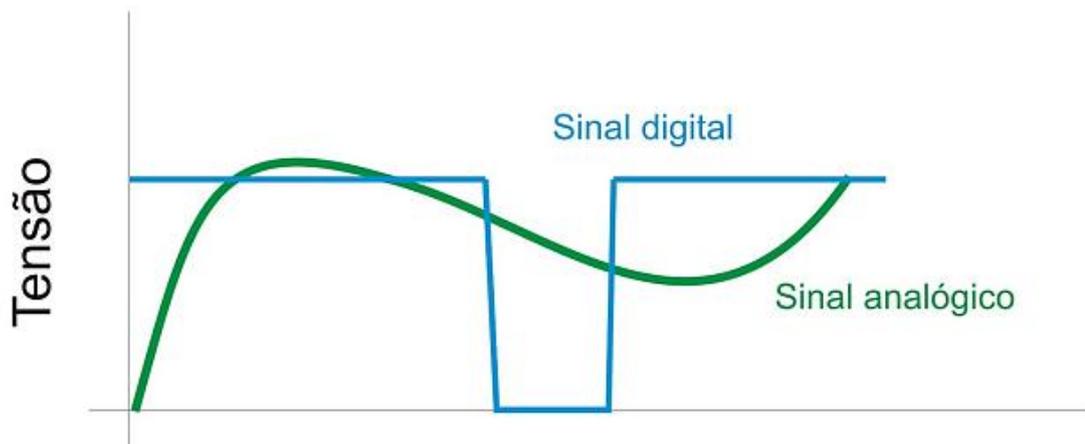
Fonte: Adaptado de (THOMAZINI e ALBUQUERQUE, 2011)

Podem ser considerados sensores analógicos, aqueles que estão relacionados a grandezas físicas como pressão, temperatura, velocidade, umidade, vazão e força. Outro ponto importante é que, essas variáveis são determinadas por elementos sensíveis com o auxílio de circuitos eletrônicos não digitais. (THOMAZINI e ALBUQUERQUE, 2011)

2.5.2 SENSORES DIGITAIS

Os sensores digitais são aqueles que podem assumir apenas dois valores na saída durante o tempo, podendo ser interpretados como zero ou um, diferente do que acontece no sensor analógico. De modo geral, os sinais digitais são apresentados ao sistema de controle após serem convertidos por um circuito eletrônico. A Figura 5 apresenta um comparativo do comportamento de sensores analógicos e digitais. (THOMAZINI e ALBUQUERQUE, 2011)

Figura 5 - Comparação de um sensor analógico com digital



Fonte: (PATSKO, 2006)

Esses sensores são muito utilizados na detecção de passagem de objetos, na determinação de distância ou velocidade, na detecção de vazamentos e incêndios e na identificação de níveis, podendo ser sólidos ou líquidos além de qualquer tipo de componente não metálico.

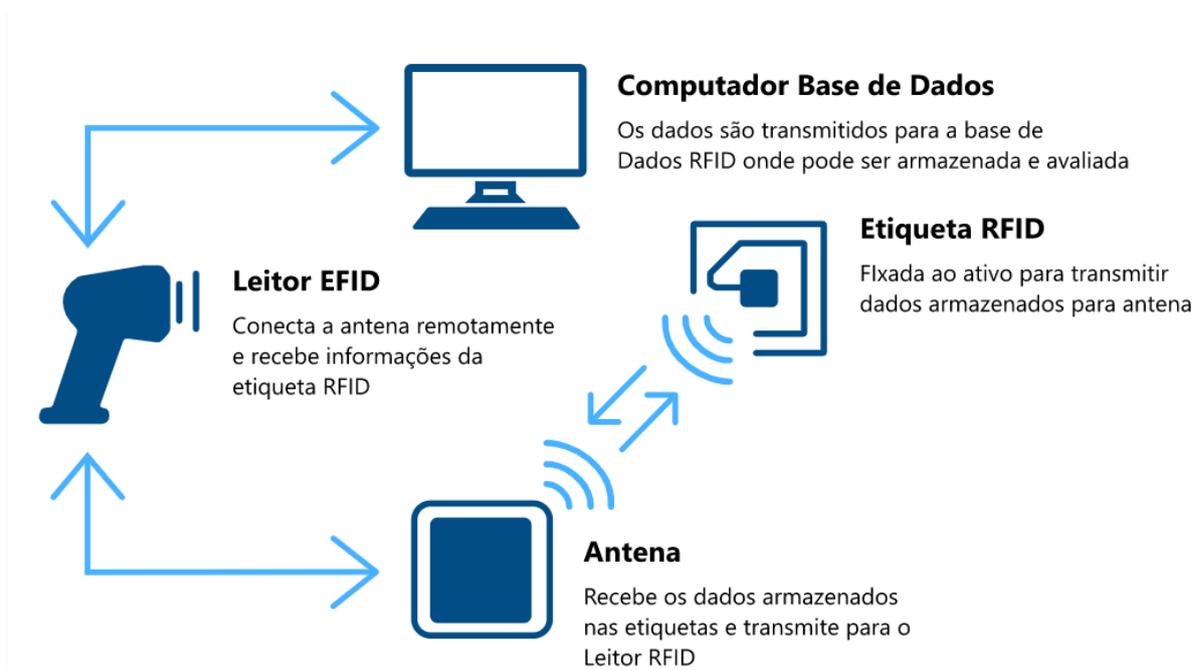
2.6 Identificação por Rádio Frequência (RFID)

Historicamente, o sistema de identificação por rádio frequência começou a ser mais utilizado no século XIX, a partir do momento que houve grandes avanços científicos na área do eletromagnetismo, tendo em vista que essa tecnologia utiliza de ondas eletromagnéticas para acessar dados armazenados em um chip. Atualmente, é uma tecnologia que cada vez mais amplia o seu campo de atuação em diversos setores. (BORGES, 2022)

O sistema RFID apresenta muitos benefícios ao se tratar de identificação de produtos e serviços através de radiofrequência. Outro ponto importante, é em relação à facilidade de utilização, integração a outras plataformas e velocidade na leitura e transmissão dos dados. Sendo assim, este sistema se torna fundamental para empresas no controle de produção e gerenciamento de logística.

O RFID é composto por etiquetas, antena e leitores. A função do leitor é efetuar a leitura da etiqueta e transferir as informações para a antena, conforme exemplificado na Figura 6.

Figura 6 - Ciclo do Sistema RFID



Fonte: (BORGES, 2022)

A tecnologia se renova ao longo dos anos e um exemplo disso, é a mais recente aplicação desse sistema utilizado na identificação de animais. Esse tipo de identificação ajuda no gerenciamento geral das fazendas, tanto no acompanhamento e controle diário, quanto no levantamento de dados para o estudo da saúde dos animais. (BORGES, 2022)

2.7 Interface Homem-Máquina (IHM)

É certo que os sistemas de controle automático estão em constante evolução, por isso, se faz necessário melhorias contínuas em metodologias de comunicação entre os sistemas e o usuário a fim de propiciar maior flexibilidade, conforto, produtividade, acessibilidade e, portanto, potencializar os ganhos obtidos através do controle. De modo geral, a IHM (interface homem-máquina) é a responsável pela interação entre o humano e a máquina. (COPADATA, 2022)

Outro ponto importante é que, os termos interface e interação são distintos e, Nunes (2020) afirma que, eventualmente, são dados como sinônimos, porém a interface diz respeito ao sistema que permite a visualização de comandos e alertas e, a interação, por sua vez, é a ação executada pelo operador, através da interface, com finalidade de controlar a máquina.

Historicamente, no século XVIII, durante o início da Primeira Revolução Industrial, ocorreu o surgimento da primeira IHM, no entanto, diferente do que ocorre atualmente, as

interações desenvolvidas geravam trabalho excessivo e ainda necessitavam de forças braçais para que o comando das máquinas acontecesse. Com o surgimento dos computadores e a evolução da tecnologia, a interação entre homem e máquina tornou-se essencial e, por consequência, comum no cotidiano humano. (NUNES, 2020)

A interface homem-máquina pode apresentar vários formatos, como por exemplo, tela independente, exemplificada na Figura 7, painel de controle ou até mesmo um aplicativo instalado em um tablet ou celular, sendo que, a definição do modelo depende da complexidade do sistema a ser aplicada. Além disso, pode-se utilizar funções distintas, podendo ser para monitoramento de um equipamento ou para controle do sistema completo com gestão de dados, diagnósticos de problemas e acompanhamento de indicadores chave de desempenho. (COPADATA, 2022)

No que se refere a automação industrial, a IHM é fator essencial para o controle dos equipamentos, considerando o foco principal na análise de alarmes no caso de possíveis falhas e alteração de parâmetros para aumentar a produtividade, substituindo o controle no chão de fábrica, o que proporciona maior segurança e melhores resultados. (CRAVO, 2022)

Figura 7 - Tela de Interação Homem-Máquina



Fonte: (CRAVO, 2022)

Em resumo, o avanço e aprimoramento das interfaces entre humanos e máquinas oferecem uma série de benefícios significativos. Estes incluem uma melhor visibilidade das operações de um processo, maior eficiência no controle da produção, redução do tempo de inatividade através da resolução rápida de problemas, capacidade de visualizar, armazenar e gerenciar dados com foco na melhoria da produtividade, bem como na facilitação da implementação de sistemas automatizados em qualquer ambiente. Como resultado, as

Interfaces Homem-Máquina (IHM) desempenham um papel fundamental ao impulsionar resultados e segurança, enquanto permitem a criação de fluxos de trabalho modernos e acessíveis a todos os profissionais.

3 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo tem como finalidade apresentar as metodologias propostas para realização da pesquisa, critérios para projeto mecânico, desenvolvimento do sistema de controle e método de interface com o usuário.

3.1 Critérios para projeto mecânico

Em primeiro lugar, para elaboração do projeto mecânico, foi importante definir o escopo, realizar o design, estabelecer recursos, verificar quais equipamentos são viáveis para implantação do projeto e por fim estimar os custos.

De modo geral, a parte mecânica é constituída por um reservatório de grãos, denominado silo. Este equipamento conta com um sensor de nível alto do tipo pá rotativa, para que no momento de reabastecimento não ocorra desperdícios.

O silo está diretamente ligado ao alimentador automático, que consiste em uma carcaça robusta, bem como, um helicóide caracol articulado com ajuste automático de acordo com o tamanho e granulação da ração para evitar o travamento do equipamento por entupimento, queima do motor e não alimentação do animal. Na concepção utilizada neste projeto, o bocal é interligado aos cochos de alimentação, sendo que, no momento que o animal se posiciona diante do cocho, o alimentador é posicionado para liberar a ração. No cocho é instalado uma balança para verificação do peso do alimento. No piso, outra balança é instalada, para acompanhamento do peso do bovino diariamente. A especificação dos equipamentos será apresentada nas próximas seções.

No que tange ao desenho técnico, escolheu-se o software SolidWorks, que proporciona melhor visualização do design, além de ser amplamente utilizado no mundo e possuir um grau elevado de precisão aliado a facilidade de recursos. Com isso, foi possível a criação do projeto conceitual em 3D e posteriormente a extração do projeto em 2D.

3.2 Desenvolvimento do sistema de controle

Para o sistema de controle foi escolhido o microcontrolador ESP-WROOM-32, visando as possibilidades de comunicação, podendo ser tanto por Bluetooth quanto por Rede Wireless (Wi-fi), que possibilitam o envio de dados para o módulo de interface com o usuário e facilitam a comunicação e acompanhamento do sistema. Outro ponto positivo é o baixo custo aliado ao bom desempenho deste microcontrolador.

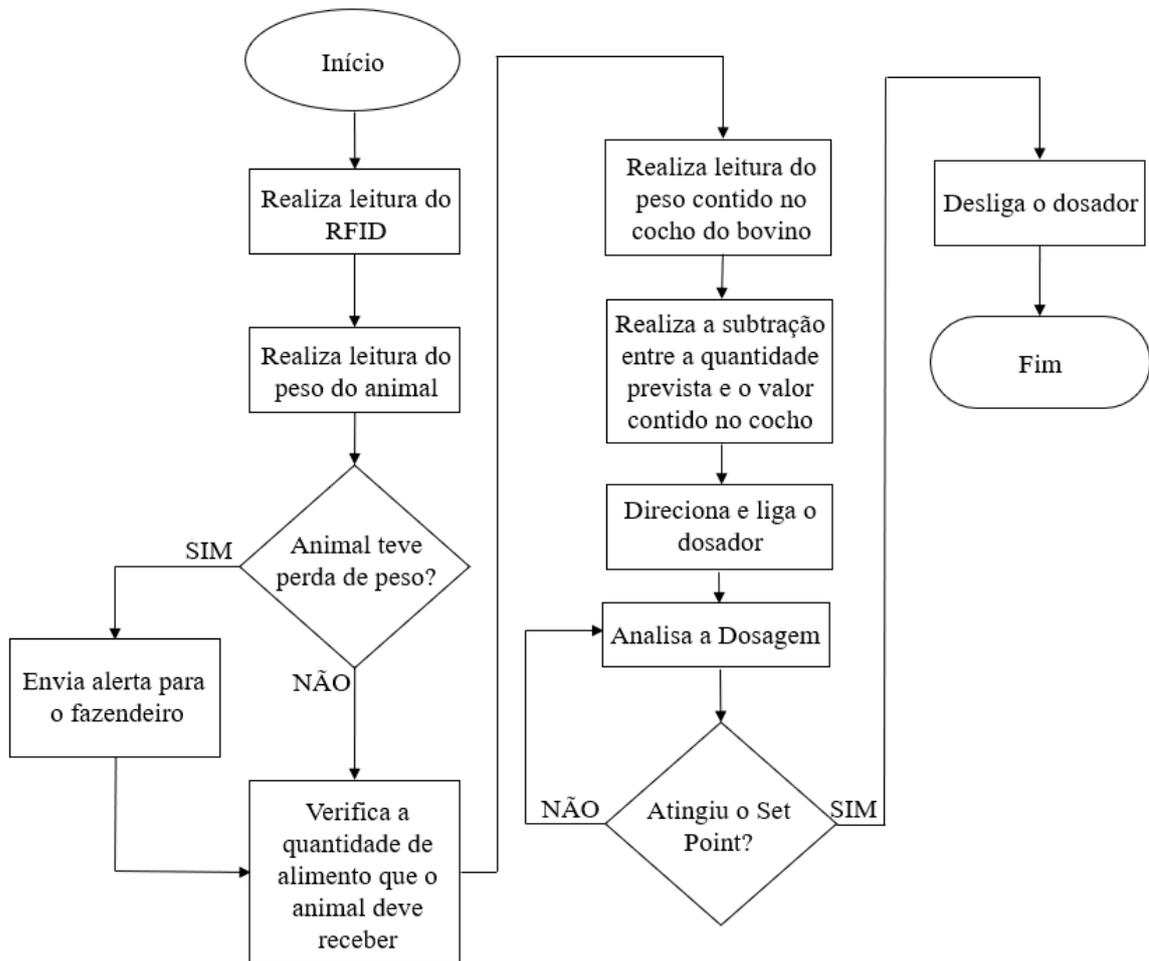
É válido mencionar que existem várias plataformas para o desenvolvimento de aplicações com o ESP32, no entanto, para empregabilidade nesse projeto, foi definido o uso do Arduino-IDE, visto que, na atualidade, é o ambiente de desenvolvimento mais conhecido para microcontroladores. Essa plataforma foi criada para ser atrelada a controles com o microcontrolador Arduino, no entanto, pode ser utilizada em outras placas de microcontroladores obtendo sólidos resultados.

No contexto da programação, optou-se pela linguagem C++ devido à sua notável versatilidade, que a capacita a lidar tanto com tarefas simples quanto com comandos complexos, graças à extensa variedade de bibliotecas disponíveis. Além disso, o C++ é reconhecido por sua capacidade de oferecer alto desempenho em sistemas, uma característica fundamental para o sucesso deste trabalho. O fato de muitos sistemas e projetos já estarem escritos em C++ ou possuírem interfaces compatíveis também simplifica a integração, tornando esta linguagem uma escolha sólida e adequada às necessidades do projeto proposto.

É importante entender qual o fluxo que a programação deve seguir, sendo assim, conforme demonstrado na Figura 8, o sistema primeiramente irá realizar a leitura da etiqueta RFID que o animal estará portando, logo em seguida, verifica o peso do animal através da balança instalada próximo ao cocho de alimentação e, caso o animal tenha tido perda de peso, o sistema irá emitir um alerta para ao fazendeiro através da interface homem-máquina. O próximo passo é verificar, de acordo com o peso apresentado, a quantidade de alimento que o animal deve receber. Além do mais, o sistema irá verificar o peso contido no cocho do animal, para os casos que haja resquícios de alimentos no reservatório. Dessa forma, realiza-se a subtração entre o peso de alimento previsto e o peso apresentado no cocho e, define-se o valor desejado (set point). Logo, o dosador é ligado e é desligado no momento que atingir a quantidade de ração desejada.

Por fim, após desenvolver a programação na plataforma Arduino-IDE, foi necessário realizar testes e emulação do sistema. Para isso, com finalidade de colher os resultados, estabeleceu-se a necessidade da montagem de um protótipo do projeto, utilizando um protoboard em conjunto com a placa ESP32-DevKitC, que permite comunicação com o computador através de um conversor USB-Serial.

Figura 8 - Fluxograma de Processo



Fonte: Autoria própria.

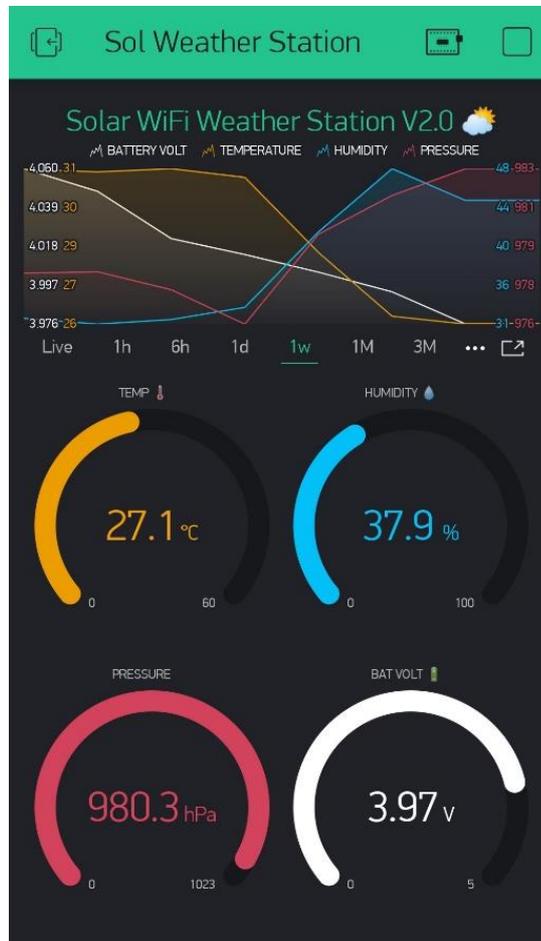
3.3 Método de interface com o usuário

Para realizar a interface entre o usuário e o sistema de controle, foi definido a utilização do Blynk, um aplicativo que pode ser instalado em celulares e permite o controle do microcontrolador ESP32 através de conexão via Bluetooth ou Wi-fi. Essa escolha se deu através de dois vieses, o primeiro sendo a facilidade de uso da plataforma e o segundo o ambiente de instalação do sistema, já que com o Blynk o produtor poderá controlar o sistema de qualquer local.

Através do aplicativo, é possível a criação de telas de controle, para os casos em que o produtor rural desejar acompanhar o peso do animal diariamente, além disso, é possível a criação do sistema de notificação para o controle de perda de peso inesperada do animal e do

controle de nível do reservatório de alimentos. A Figura 9 mostra uma tela desenvolvida no aplicativo Blynk para acompanhamento de uma estação meteorológica.

Figura 9 - Exemplo de tela desenvolvida no Blynk



Fonte: (HACKDAY, 2023)

Ao desenvolver a interface desejada é necessário realizar a integração entre o aplicativo e a plataforma Arduino-IDE através da instalação das bibliotecas do Blynk na plataforma. Feito isso, deve-se inserir na programação os códigos que ativam as ações do aplicativo no controle.

O aplicativo permite que os usuários desenvolvam telas personalizadas de controle e monitoramento para dispositivos conectados à internet de maneira descomplicada e eficaz. Notavelmente, a funcionalidade do Blynk não exige que o usuário esteja conectado à mesma rede Wi-Fi, uma vez que o Blynk opera com seu próprio servidor dedicado.

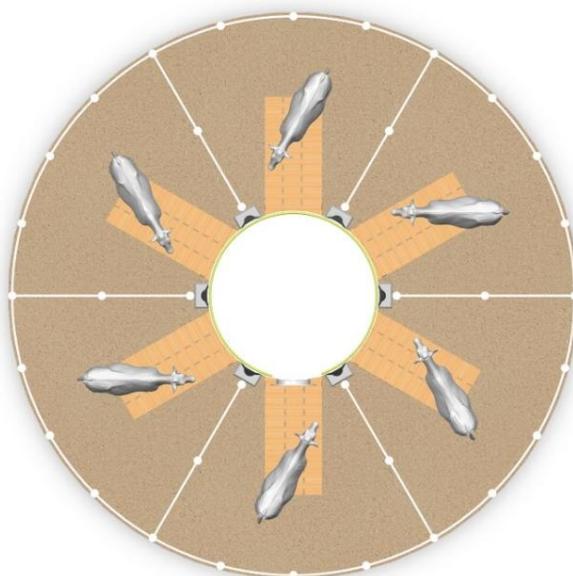
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta etapa, são apresentados e discutidos os resultados alcançados por meio de emulações e testes do projeto. Além disso, são mostradas vantagens e desvantagens do sistema, com finalidade de discutir a viabilidade do projeto, levando em consideração todas as variáveis envolvidas.

4.1 Sistema Mecânico

O desenvolvimento do sistema mecânico foi embasado no porte de animal que se objetiva atender. Considerando animais de grande porte em estado de confinamento, definiu-se que a escolha ideal seria um silo centralizado, distribuindo para a quantidade de cochos necessários para a propriedade. No projeto foi considerado uma necessidade de seis cochos de alimentação, de forma que o alimentador automático gire e se posicione no momento em que o animal chegar ao cocho, for pesado e ocorrer a definição do peso de alimento que o mesmo deve receber. A distribuição dos animais pode ser verificada através da Figura 10 na vista superior.

Figura 10 - Vista Superior do Projeto



Fonte: Autoria própria.

Além disso, foi traçada a estratégia de produção para definir o volume de ração que cada animal deve consumir por dia, escolhendo para este projeto a manutenção do peso vivo, que é uma das funções a ser utilizada de acordo com as exigências nutricionais para bovinos em

confinamento. É necessário saber o peso dos animais, o peso que se deseja atingir durante um período de tempo determinado e estimar um ganho médio diário. Baseado no NRC 2016, no item BR Corte sobre as exigências nutricionais para bovinos de corte, SENAR (2018), aponta que pode ser utilizada as seguintes equações para ganho médio diário e consumo diário de matéria seca:

$$Gmd = \frac{Pv - Pa}{Tempo} \quad (I)$$

$$Cd \left(\frac{kg}{dia} \right) = - 0,6273 + 0,06453 * Pa^{0,75} + 3,871 * Gmd - 0,614 * Gmd^2 \quad (II)$$

Sendo:

Cd = Consumo diário;

Gmd = Ganho médio diário;

Pa = Peso do animal;

Pv = Peso de venda;

Tempo = duração de dias de confinamento.

Portanto, foi considerado inicialmente o peso do animal igual a 150 kg, uma duração de confinamento de 240 dias e um peso de venda ideal de 400 kg por animal. Desta forma calculou-se o ganho médio e consumo diário, através das Equações I e II já apresentadas, e o resultado é mostrado nas Equações III e IV:

$$Gmd = \frac{400 - 150}{240} = 1,042 \text{ kg} \quad (III)$$

$$Cd \left(\frac{kg}{dia} \right) = - 0,6273 + 0,06453 * 150^{0,75} + 3,871 * 1,042 - 0,614 * 1,042^2 = 5,505 \frac{kg}{dia} \quad (IV)$$

Desta forma, para a produção planejada os animais precisam consumir cerca de 5,505 quilos de ração por dia, para que em 240 dias alcancem o peso de venda especificado.

Outro ponto importante foi verificar qual a capacidade ideal para o silo que será implementado. Tendo em vista que a densidade da ração é cerca de 500 kg por metro cúbico e no projeto está sendo considerada a alimentação de seis bezerros, totalizando aproximadamente 33,028 kg de ração/dia, um silo de 10 m³ atende a produção, pois precisará ser reabastecido uma única vez, após aproximadamente 150 dias de produção, mitigando gastos de transporte para reabastecimentos constantes. É importante ressaltar que, para os casos em que já exista

silos na propriedade rural, ele pode ser utilizado, sendo necessário apenas recalcular o tempo ideal de reabastecimento.

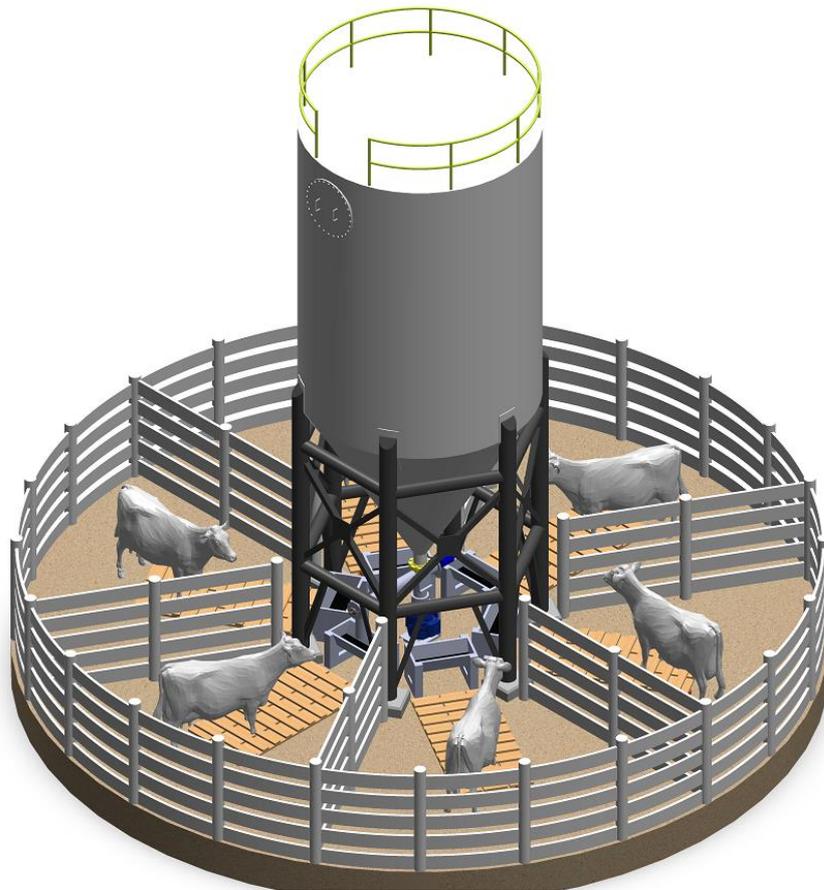
No silo deve-se instalar um sensor de nível alto para auxiliar no momento do reabastecimento e evitar desperdícios de alimentos. O controle de nível baixo é feito através da subtração da quantidade de ração distribuída durante o processo, quando atingido o valor mínimo, o fazendeiro é alertado sobre a necessidade de reabastecer o silo.

Os cochos apresentam dimensão de 40 x 60 cm e são instalados a 1 m do chão, sendo que essas medidas foram definidas considerando as melhores práticas adotadas no mercado. Nestes cochos, devem ser instaladas células de carga com capacidade total de até 20 kg, para realizar a medição da quantidade de alimento contido no cocho e possibilitar a definição da quantidade de alimento que o sistema deve enviar através do alimentador. No piso, próximo a cada cocho, é necessária a instalação de novas células de carga e nesse caso com capacidade total de até 600 kg, com intuito de acompanhar o peso dos bovinos toda vez que o mesmo acessar o ponto de alimentação.

É importante lembrar que os bovinos portarão etiquetas RFID, sendo assim, foi projetado um leitor de RFID instalado em cada cocho, para permitir que o controlador obtenha os dados de cada animal de forma precisa e auxilie no controle de saúde.

A Figura 11 mostra a vista isométrica do projeto conceitual em 3D.

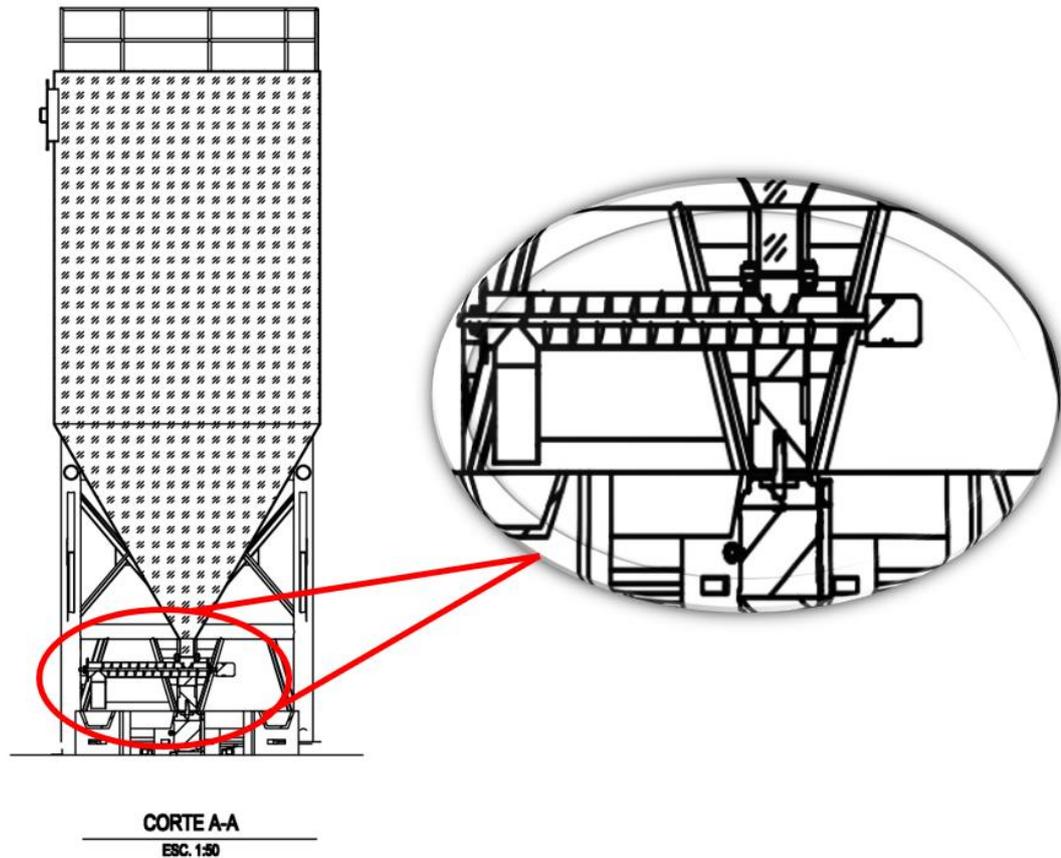
Figura 11 - Vista Isométrica Projeto Conceitual



Fonte: Autoria própria.

Para efetuar o giro do alimentador, foi considerado um conjunto motoredutor (motor acoplado diretamente a um redutor de velocidade de rotação) que está acoplado ao bocal do silo, um motor para o acionamento do alimentador, assim como sensores de posição próximos ao cocho para auxiliar na precisão do posicionamento do alimentador. O corte da vista frontal do projeto em 2D é apresentado na Figura 12, para possibilitar melhor visualização do alimentador.

Figura 12 - Detalhamento do Alimentador



Fonte: Autoria própria.

4.2 Especificação dos Equipamentos

Após definir o arranjo geral do sistema mecânico, foram delimitadas as especificações dos equipamentos a serem adquiridos em conjunto com o microcontrolador ESP32. Nesta etapa foram considerados os equipamentos necessários para automatizar o processo, partindo do princípio que a propriedade rural já tenha infraestrutura de alimentação manual. Dessa forma, os critérios para busca dos equipamentos em mercado foram focados em custo e atendimento aos parâmetros mínimos do sistema.

Para o alimentador foram encontradas muitas opções com o sistema de rosca helicoidal, desde aplicações para cães, alimentação de peixes e até com maior capacidade podendo ser aplicados para equinos e bovinos. Foi escolhido o conjunto alimentador do fabricante Rei dos Alimentadores, o qual já está incluso o mecanismo dosador de ração com rosca sem-fim, um motor para acionamento e uma fonte de alimentação de 12V, conforme ilustrado na Figura 13.

Figura 13 - Alimentador Dosador de Ração



Fonte: (ALIMENTADORES, 2023)

No que diz respeito ao motor que aciona o movimento giratório do alimentador, tendo em vista a sua função de posicionamento, há necessidade de redução na velocidade de rotação. Portanto, optou-se por um motor com o redutor de velocidade já acoplado. Considerando que a carga para giro do alimentador é baixa, conseqüentemente a potência requerida para o motor é pequena. Sendo assim, foi definido o uso do Motoredutor WEG, modelo GSA28, com redução de 1:20 e potência de 0,33CV, como mostra a Figura 14.

Figura 14 - Motoredutor WEG GSA28



Fonte: (ELETRISHOP, 2023)

Para transferência do movimento do redutor para o alimentador é necessário o uso de um acoplamento mecânico. Conforme ilustrado na Figura 15, foi escolhido o acoplamento de grade elástica modelo 3F (compatível com o diâmetro do eixo de saída do redutor), sendo o fabricante IRSA.

Figura 15 - Acoplamento de Grade Elástica 3F

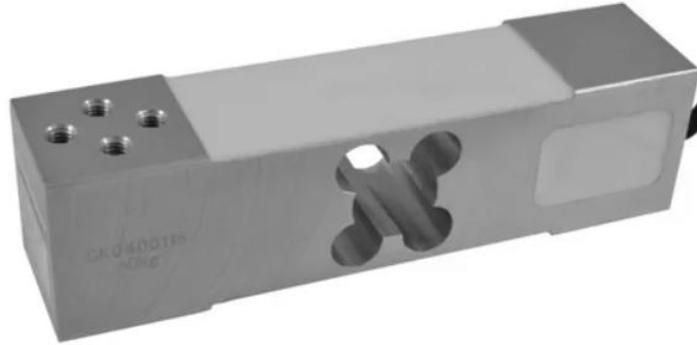


Fonte: (IRSA, 2023)

É válido mencionar que para realizar a conexão entre o acoplamento e o alimentador é necessário realizar a fabricação de um flange de adaptação. Uma extremidade possui um eixo fixo de encaixe no acoplamento e na extremidade oposta uma furação retangular para fixação no corpo do alimentador.

No que se refere à pesagem dos bovinos, foi definida a utilização de quatro células de carga para cada uma das seis unidades de alimentação. Assim, escolheu-se o uso da Célula de Carga modelo P150.35, com capacidade de pesagem unitária de 150 kg, conforme demonstrado na Figura 16.

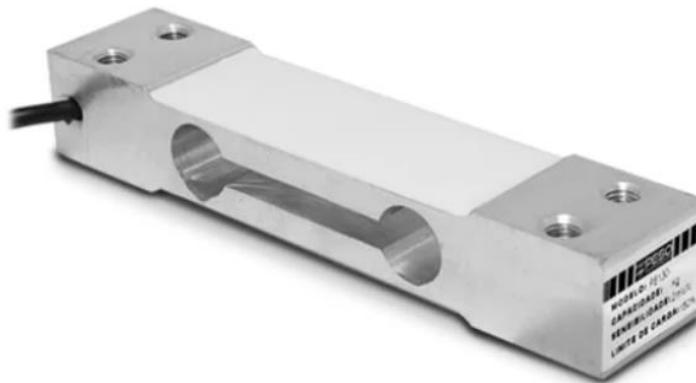
Figura 16 - Célula de Carga P150.35



Fonte: (ELÉTRICA, 2023)

Para pesagem do alimento, foi escolhido o uso de duas células de carga em cada cocho. Assim, a Célula de Carga modelo P130.30, com capacidade de pesagem unitária de 10kg, mostrada na Figura 17, atende a necessidade do projeto.

Figura 17 - Célula de Carga P130.30



Fonte: (ELÉTRICA, 2023)

Outro ponto importante é a definição do sensor de nível a ser instalado no silo para auxiliar no momento de reabastecimento. Para esse caso foi escolhido um sensor de nível tipo Pá Rotativa XK30 do fabricante SIBRATEC, considerando as suas principais aplicações que são em medições de nível de grãos. O seu princípio de funcionamento é a partir de um motor que proporciona o giro da pá, e no momento em que o material atinge a pá a rotação do motor é impedida e ocorre o acionamento do contato elétrico reversível. Quando a pá estiver livre, o motor fica livre para o giro e, portanto, o sinal de saída é repostado. A Figura 18 ilustra o sensor escolhido.

Figura 18 - Sensor de Nível XK30



Fonte: (ALFABOT, 2023)

Além disso, para realizar o posicionamento do alimentador é importante utilizar algum método de identificação da posição de cada cocho. Neste projeto foi definido o uso em cada cocho de uma chave de fim de curso do tipo roldana e modelo FM92, do fabricante Metaltex, onde a extremidade da bica de alimentação fará contato acionando a chave correspondente. A Figura 19 ilustra a chave de fim de curso selecionada.

Figura 19 - Chave de Fim de Curso FM92



Fonte: (ELETRODEX, 2023)

Por fim, para identificação da chegada do animal ao cocho definiu-se a utilização do sensor RFID modelo MRFC522, do fabricante Mifare, conforme Figura 20. Cada animal

receberá um colar com a etiqueta RFID e os sensores serão instalados na borda externa do cocho, induzindo a leitura no momento em que o animal procurar o alimento no cocho.

Figura 20 - Sensor RFID MFRC522



Fonte: (ROBÓTICA, 2023)

Mediante o exposto, através da Tabela 1, consolida-se as quantidades e preços de aquisição dos componentes do projeto.

Tabela 1 - Levantamento Financeiro

Descritivo	Qtde	Valor Unitário	Valor	Fonte de Custo
Microcontrolador ESP32	2	R\$ 66,40	R\$ 132,80	Cotação - Eletrogate
Alimentador Dosador de Ração	1	R\$ 599,00	R\$ 599,00	Cotação - Rei dos Alimentadores
Motoredutor WEG GSA28	1	R\$ 1.279,34	R\$ 1.279,34	Cotação - Eletrishop
Acoplamento de Grade Elástica 3F	1	R\$ 445,48	R\$ 445,48	Cotação - IRSA
Flange de Adaptação Alimentador	1	R\$ 700,00	R\$ 700,00	Estimativa
Célula de Carga P150.35	24	R\$ 212,21	R\$ 5.093,04	Cotação - 47 Elétrica
Célula de Carga P130.30	12	R\$ 97,22	R\$ 1.166,64	Cotação - 47 Elétrica
Sensor de Nível XK30	1	R\$ 572,36	R\$ 572,36	Cotação - Alfabet
Chave de Fim de Curso FM92	6	R\$ 179,75	R\$ 1.078,50	Cotação - Eletrodex
Sensor RFID MFRC522	6	R\$ 23,90	R\$ 143,40	Cotação - AutoCore Robótica
Infraestrutura Alimentação Elétrica	1	R\$ 800,00	R\$ 800,00	Estimativa
Infraestrutura de Comando	1	R\$ 1000,00	R\$ 1000,00	Estimativa
Total			R\$ 13.010,56	

Fonte: Autoria própria.

4.3 Sistema de Controle

No que se trata do desenvolvimento do sistema de controle para o microcontrolador ESP32, optou-se por elaborar e implementar o código na plataforma Arduino IDE empregando a linguagem C++. Nesse processo, tirou-se proveito de bibliotecas já existentes, como ESP32Servo, SPI, MFRC522 e Blynk.

A programação deste sistema foi desenvolvida em estrita conformidade com o fluxograma de processo, apresentado anteriormente na Figura 8. O processo se inicia com a leitura do RFID, cujo objetivo é identificar o animal por meio da etiqueta TAG. Para essa finalidade, o projeto se valeu do sensor RFID MFRC522 e a Figura 21 mostra o código proposto para realizar a identificação do animal através desse periférico.

Figura 21 - Leitura do RFID

```
// Ao aproximar a etiqueta, começa a ler
if (rfid.PICC_IsNewCardPresent()) {
  //Início do bloco de código responsável por gerar a tag RFID lida
  if (rfid.PICC_ReadCardSerial()) {
    String strID = "";
    for (byte i = 0; i < 4; i++) {
      strID +=
        (rfid.uid.uidByte[i] < 0x10 ? "0" : "") + String(rfid.uid.uidByte[i], HEX) + (i != 3 ? ":" : "");
    }
    strID.toUpperCase();
  }
}
```

Fonte: Autoria própria.

Nesse contexto, a interface SPI desempenhou um papel importante, simplificando a comunicação entre o microcontrolador e o dispositivo RFID. Sendo que, não apenas agilizou a troca de dados, mas também ofereceu uma comunicação de alta velocidade. Além disso, a biblioteca MFRC522 atuou na tarefa de leitura dos cartões RFID, tratando aspectos mais complexos de comunicação e dos protocolos envolvidos. Ela contribui para que os dados sejam lidos de forma precisa, o que gera confiabilidade no sistema como um todo.

Quando o animal é identificado, o sistema inicia uma sequência de ações importantes. Primeiramente, realiza-se a pesagem do animal conforme mostrado na Figura 22. É válido mencionar que nos testes foi utilizado um potenciômetro para variação do peso do animal, mas se tratando do projeto real o peso é definido através de células de carga.

Figura 22 - Leitura do Peso do Animal

```

//Leitura do peso do animal
int peso_animal = analogRead(PESO_ANIMAL);
//exclui a faixa morta
int pesoanimal_min = dzl * 4095;
int pesoanimal_max = (1 - dzr) * 4095;
peso_animal = constrain(peso_animal, pesoanimal_min, pesoanimal_max);
//define valores mínimos e máximos para a balança
auto peso_animal1 = map(peso_animal, pesoanimal_min, pesoanimal_max, 0, 400);

```

Fonte: Autoria própria.

Após avaliar o peso do animal, o programa realiza cálculos com base nos parâmetros previamente definidos, conforme detalhados na seção 4.1 deste trabalho. Assim, é possível determinar a quantidade diária de alimento necessária através da definição de ganho médio diário e consumo apresentados na Figura 23.

Figura 23 - Ganho Médio Diário e Consumo

```

//calculo do ganho medio e consumo
int ganho_medio_diario = (peso_venda - peso_animal1) / dias_restantes;
auto A = pow(peso_animal1, 0.75);
auto B = pow(ganho_medio_diario, 2);
//Condição para calcular o consumo apenas quando existir peso na balança
if (peso_animal1 > 0) {
| consumo = (-1)*(0.6273f) + (0.06453f) *(A) + (3.871f)*(ganho_medio_diario) + (-1)*(0.614f)*(B);
} else {
| consumo = 0;
}
}

```

Fonte: Autoria própria.

Em seguida, na Figura 24 pode-se observar que o sistema realiza a pesagem do cocho para verificar a quantidade de alimento disponível com intuito de liberar apenas o que falta de alimento para alcançar o consumo diário do animal. Analogamente à situação do peso do animal, foi utilizado um potenciômetro para simular o peso, no entanto, no projeto real o peso é medido de acordo com os valores lidos via células de cargas instaladas no cocho.

Figura 24 - Leitura do Peso do cocho

```

//leitura do peso do cocho
int peso_cocho = analogRead(PESO_COCHO);
//exclui a faixa morta
int pesococho_min = dzl * 4095;
int pesococho_max = (1 - dzr) * 4095;
peso_cocho = constrain(peso_cocho, pesococho_min, pesococho_max);
//define valores mínimos e máximos para a balança
auto peso_cocho1 = map(peso_cocho, pesococho_min, pesococho_max, 0, 10);

```

Fonte: Autoria própria.

Além disso, estabeleceu-se uma comunicação com o Blynk para envio do peso diário do animal, assim o produtor consegue acompanhar a produção continuamente. Feito isso, é verificado se houve perda de peso em relação ao dia anterior, e para os casos em que é detectada uma redução de peso, foi implementada uma comunicação direta com o aplicativo. Isso permite que o produtor rural receba imediatamente uma notificação em seu telefone celular, para verificar o estado de saúde do animal e tomar as medidas necessárias. As condições para as situações mencionadas podem ser visualizadas na Figura 25.

Figura 25 - Comunicação Blynk de Peso Animal e Alerta

```

//Condição para alimentar animal A de acordo com código da tag
if (strID.indexOf("A3:23:AE:05") >= 0) {
  //Comunicação com Blynk para enviar o peso do animal
  Blynk.virtualWrite(V4, peso_animal1);
  //condição para alimentar o animal uma unica vez ao dia
  if (animalA_alimentado == 0) {
    //Condição para o envio do alerta de perda de peso
    if (peso_animal1 < peso_animal_Aant) {
      Blynk.logEvent("alerta_animal_a", "Animal A perdeu peso");
    }
    peso_animal_Aant = peso_animal1; //salva o peso do animal na variavel
  }
}

```

Fonte: Autoria própria.

Nesse contexto, foi implementado um sistema de controle on-off, que entra em ação sempre que o peso do cocho é inferior ao consumo médio diário do animal. Quando essa condição é satisfeita, o motor de posicionamento do alimentador é acionado, direcionando-o para a posição pré-definida com base no sensor RFID lido, além disso, as chaves fim de curso

instaladas no cocho auxilia na precisão e segurança do sistema. Após essa etapa, o segundo motor é ativado para iniciar o processo de alimentação conforme mostra a Figura 26.

Figura 26 - Acionamento do Alimentador

```

if (peso_cocho1 < consumo) {
  //calculo de racao a ser diminuida no silo
  racao_distribuida = consumo - peso_cocho1;
  quantidade_silo = quantidade_silo - racao_distribuida;
  //condicao para posicionar o alimentado e liga-lo
  servo.write(180);
  delay(1000);
  digitalWrite(ALIMENTADOR, HIGH);
}
//Mudança de valor da variavel para evitar a alimentação mais de uma vez ao dia
animalA_alimentado = 1;

```

Fonte: Autoria própria.

Outro ponto importante é que foi definida uma variável para armazenamento da quantidade de alimento contido no silo, esta variável recebe um valor inicial no primeiro abastecimento. Sendo que, no momento em que o alimentador é acionado, realiza-se o cálculo da quantidade de alimento distribuído e subtrai esse valor da quantidade total do silo. Assim, foi implementada outra comunicação com o Blynk permitindo o acompanhamento diário da quantidade de alimento contida no reservatório, além dos alertas criados para nível baixo e alto, conforme Figura 27.

Figura 27 - Acompanhamento do Reservatório de Alimentos

```

//Comunicação com Blynk para enviar a quantidade de alimento contida no silo
Blynk.virtualWrite(V8, quantidade_silo);

if (quantidade_silo > 4900 && quantidade_silo < 5010) {
  Blynk.logEvent("alerta_silo", "Silo com Nivel Alto");
} else if (quantidade_silo > 4940 && quantidade_silo < 4950) {
  Blynk.logEvent("alerta_silo", "Silo com Nivel Baixo");
}

```

Fonte: Autoria própria.

Ao atingir a quantidade de alimento necessária, o motor de alimentação é desligado e o alimentador retorna à sua posição inicial. O código para essa situação pode ser observado na Figura 28. Esse controle preciso garante que os animais recebam a quantidade correta de alimento no momento certo, melhorando a eficiência da alimentação e a saúde dos animais.

Figura 28 - Ação para Desligar o Alimentador

```
//condição para desligar o alimentador quando o peso do cocho for igual ao consumo  
} else if (peso_cocho1 > consumo) {  
  servo.write(90);  
  delay(1000);  
  digitalWrite(ALIMENTADOR, LOW);  
}
```

Fonte: Autoria própria.

Nos testes, utilizou-se o micro servo SG90 como motor de posicionamento do alimentador, controlando-o por meio da definição de ângulos no intervalo de 0 a 180 graus, representando as posições em que o alimentador deveria atuar. A biblioteca ESP32Servo auxiliou nesse processo, permitindo o controle preciso desses ângulos com apenas algumas linhas de código.

É importante destacar que o controle de precisão é de extrema importância em aplicações como esta, onde o posicionamento do alimentador desempenha um papel crítico no fornecimento adequado de alimentos aos animais. Cabe ressaltar que foi utilizado o micro servo apenas para efeito de teste, mas na aplicação real deve ser utilizado um motor de indução juntamente de um redutor, como detalhado na seção 4.2, que irá movimentar o alimentador e ao receber o sinal da chave fim de curso, será parado na posição ideal.

Outro aspecto crucial deste projeto diz respeito ao controle do consumo diário de alimentos, uma vez que o excesso de ingestão pode desequilibrar a dieta dos animais e aumentar a predisposição a doenças. Para evitar esses problemas, implementou-se uma contagem de dias no código. Essa funcionalidade baseia-se na função `millis()`, que fornece o número de milissegundos decorridos desde a inicialização do Arduino, armazenando esse valor em uma variável que representa o tempo atual. Além disso, calculou-se a diferença de tempo entre o tempo atual e o tempo anterior. Sempre que essa diferença excede a duração de um dia, acrescenta-se um valor ao contador de dias, conforme ilustrado na Figura 29.

Figura 29 - Contagem de dias

```

//calendario - determina em quanto tempo deve-se contar 1 dia
auto tempo_atual = millis();
auto delta_tempo = tempo_atual - tempo_anterior; //contagem de tempo
//Condição para contagem dos dias
if (delta_tempo >= duracao_dia) {
    n_dias++;
    tempo_anterior = tempo_atual;
    dias_restantes = duracao - n_dias; //determina quantos dias restam
    animalA_alimentado = 0; //retorna a variavel para condição inicial
    animalB_alimentado = 0; //retorna a variavel para condição inicial
}
Blynk.virtualWrite(V7, n_dias);

```

Fonte: Autoria própria.

Dessa forma foi possível implementar uma condição inicial no programa em que a leitura do RFID é realizada uma única vez ao dia, no momento em que o valor da variável de dias restantes é alterado. Isso evita que o animal se alimente de forma exagerada e garante que a dieta seja implementada de forma correta.

Em resumo, o código desenvolvido representa um notável exemplo das transformações que a programação pode proporcionar ao agronegócio. Ao empregar a linguagem C++ em conjunto com condições de controle, o resultado foi a criação de um código funcional. Além disso, a integração com o projeto mecânico proporcionou uma representação visual tangível do funcionamento do sistema, permitindo uma análise aprofundada das necessidades reais a serem implementadas na programação.

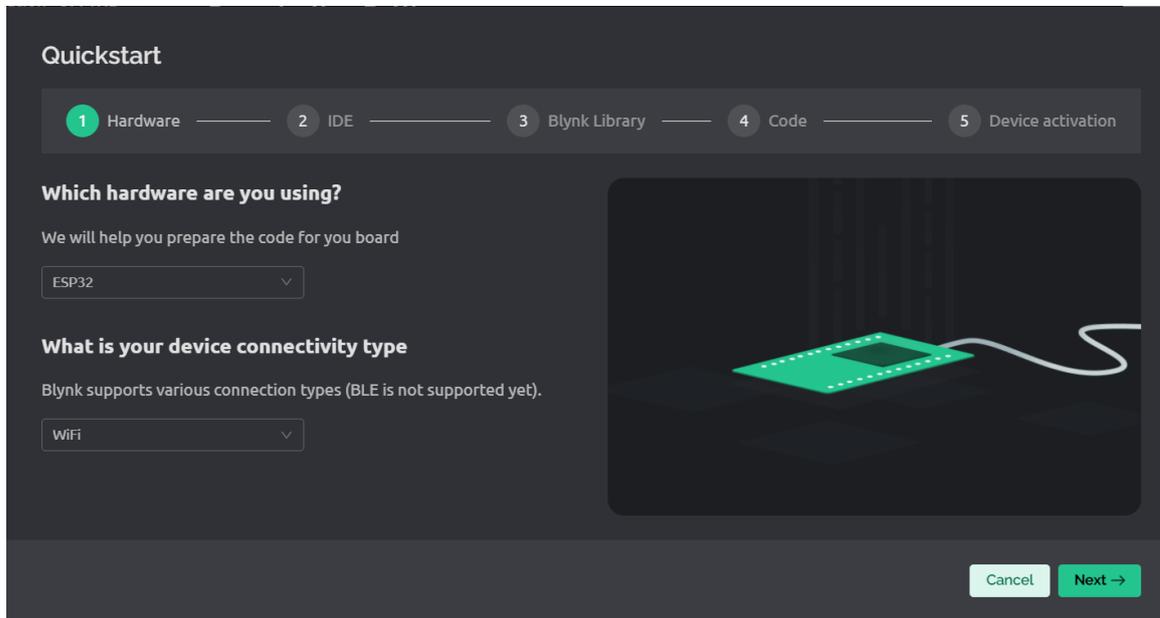
4.4 Aplicativo de Comunicação

O desenvolvimento da interface de comunicação foi conduzido usando o aplicativo Blynk, uma plataforma IoT com flexibilidade de uso tanto para sistemas Android quanto para iOS. A integração da biblioteca Blynk na plataforma Arduino IDE neste projeto desempenha um papel importante ao facilitar a conexão com uma plataforma IoT. Isso possibilitou o monitoramento em tempo real do desenvolvimento dos animais por meio do aplicativo móvel, oferecendo maior acessibilidade e agilidade nas informações relacionadas à produção.

Ao acessar o aplicativo, foi criado um login de acesso gratuito e recebido via e-mail um código de acesso a plataforma. Este código é essencial para garantir a segurança das interações. Uma vez logado, um novo projeto foi iniciado e realizadas as configurações de interação com

o hardware, como mostrado na Figura 30. Nesta etapa, define-se como o aplicativo se comunicará com os dispositivos físicos que deseja controlar ou monitorar.

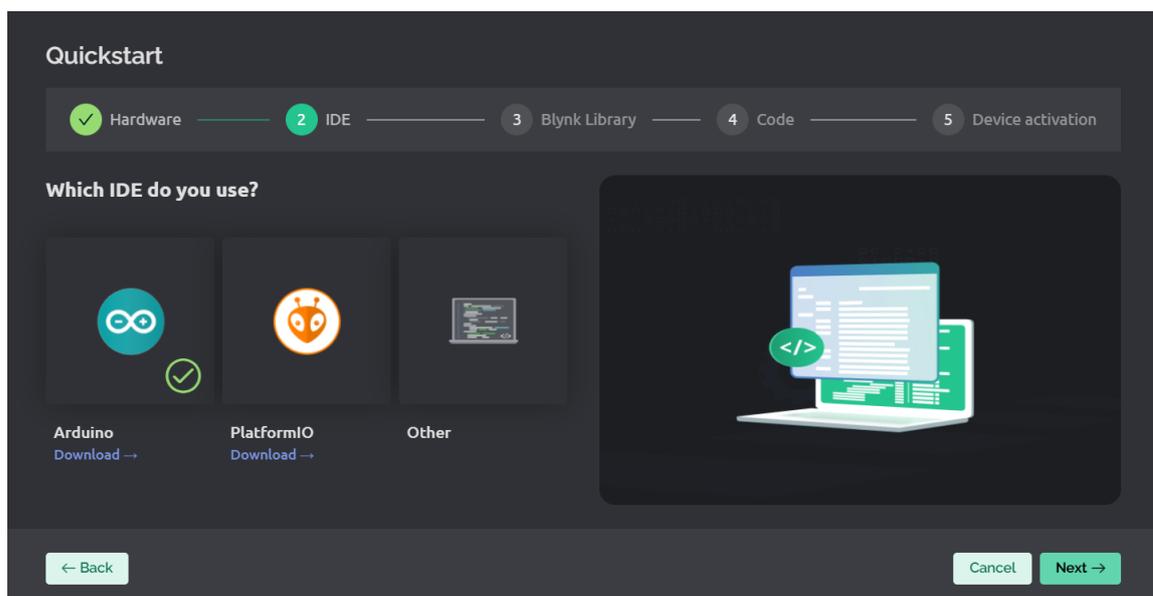
Figura 30 - Configuração de Hardware no aplicativo Blynk



Fonte: Autoria própria.

A Figura 31 apresenta detalhes adicionais das configurações da plataforma que foram utilizadas para permitir as interações desejadas. Essas configurações são cruciais para garantir que o hardware e o aplicativo funcionem em harmonia.

Figura 31 - Configuração da plataforma de interação



Fonte: Autoria própria.

Após a configuração inicial, prosseguiu-se com o download da biblioteca Blynk. O próprio aplicativo gera um código base de comunicação que pode ser baixado. É possível visualizar na Figura 32 a disponibilização do código de forma conveniente.

Figura 32 - Código base de comunicação

The screenshot shows the Blynk Quickstart interface. At the top, there is a progress bar with five steps: Hardware, IDE, Blynk Library, Code (highlighted in green), and Device activation. Below the progress bar, the text reads "Here is a code for your device". To the left of the code editor, there are instructions and input fields for Wi-Fi Network Name (SSID) and Password. The code editor on the right contains the following code:

```

/***** Copy Download

This is a simple demo of sending and receiving some data.
Be sure to check out other examples!
*****/

/* Fill-in information from Blynk Device Info here */
#define BLYNK_TEMPLATE_ID      "TMPL2xd_s7kz6"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME    "Quickstart Template"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN      "wHkT2bIK7RwtI5muTwSkysVMMVtkgFH6"

/* Comment this out to disable prints and save space */
#define BLYNK_PRINT Serial

#include <WiFi.h>

```

At the bottom of the interface, there are buttons for "Back", "Cancel", and "Next".

Fonte: Autoria própria.

Esse código foi incorporado ao código principal do projeto, com intuito de incluir os parâmetros de comunicação necessários para a plataforma, conforme Figura 33.

Figura 33 - Parâmetros para Comunicação com Blynk

```

//INSERÇÃO DE PARAMETROS PARA CONEXAO COM BLYNK
BLYNK_CONNECTED() {
  Blynk.setProperty(V3, "offImageUrl",
  "https://static-image.nyc3.cdn.digitaloceanspaces.com/general/fte/congratulations.png");
  Blynk.setProperty(V3, "onImageUrl",
  "https://static-image.nyc3.cdn.digitaloceanspaces.com/general/fte/congratulations_pressed.png");
  Blynk.setProperty(V3, "url",
  "https://docs.blynk.io/en/getting-started/what-do-i-need-to-blynk/how-quickstart-device-was-made");
}

//INSERÇÃO DOS PARAMETROS PARA LEITURA DE VALORES E ENVIO PARA BLYNK
BLYNK_WRITE(V0) {
  int value = param.asInt();
  Blynk.virtualWrite(V1, value);
}

//INSERÇÃO DOS PARAMETROS PARA EVENTO NO BLYNK
void myTimerEvent() {
  Blynk.virtualWrite(V2, millis() / 1000);
}

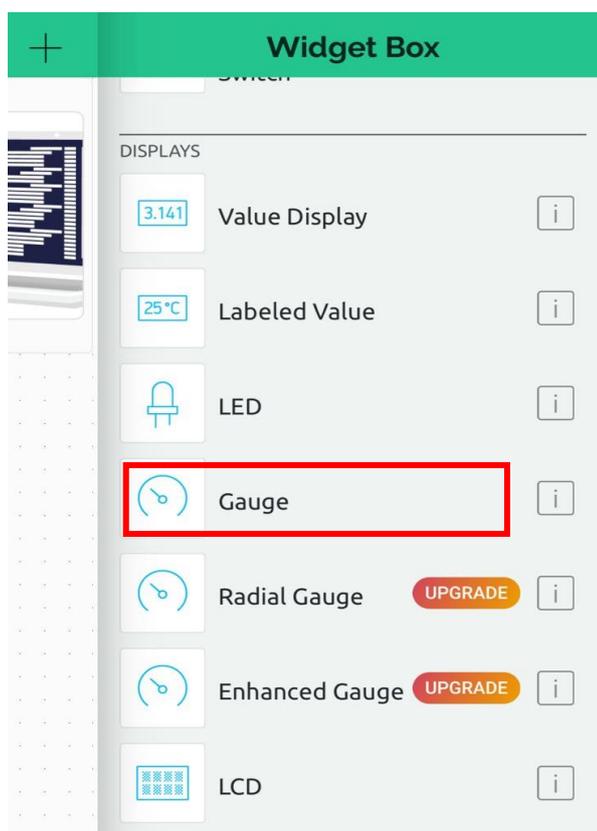
```

Fonte: Autoria própria.

Dentro do projeto criado, há uma tela em branco destinada à criação da interface com o usuário. Para personalizar essa interface, é necessário clicar em “+” localizado na lateral superior direita da tela e acessar “Widget Box”, onde pode ser escolhido, entre várias opções de design, o mais adequado para as informações que serão coletadas e exibidas. Essa funcionalidade permite a seleção e adição de ferramentas que se adequem melhor ao projeto.

Neste contexto, como exemplificado na Figura 34, é possível visualizar algumas das opções disponíveis. Para a exibição do peso dos animais, optou-se pelo uso da ferramenta “Medidor” ou “Gauge” em inglês. Além disso, é possível personalizar diversas propriedades, como nome e cores das ferramentas selecionadas, tornando a experiência de interação do usuário mais intuitiva e adaptada às suas necessidades.

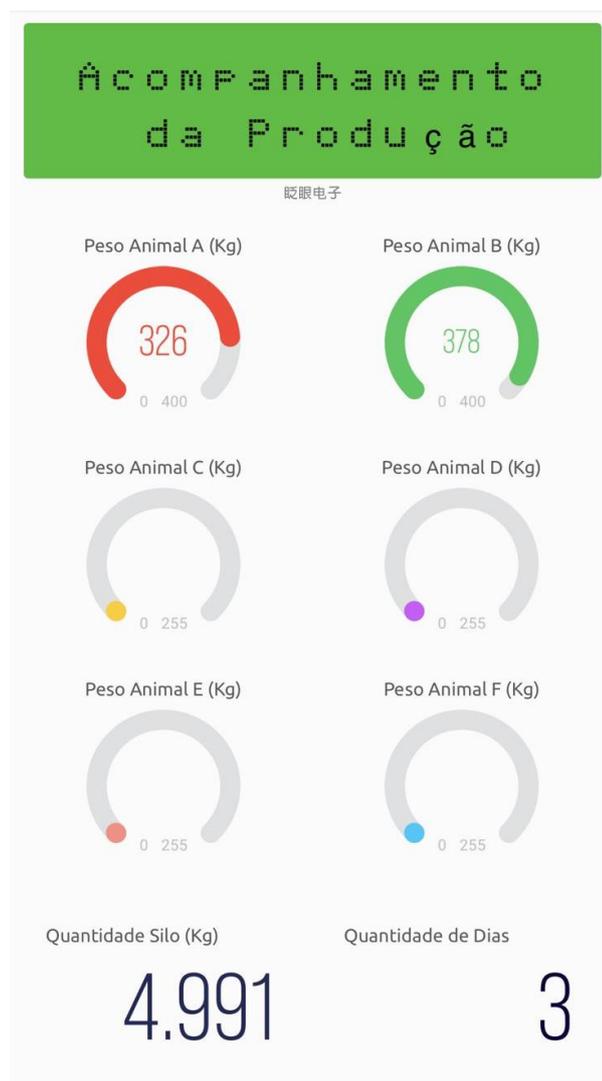
Figura 34 - Opções de Ferramentas



Fonte: Autoria própria.

Assim, ao considerar o público-alvo deste projeto, foi decidido criar uma interface simplificada focada no peso dos animais, que é a informação central do processo, na quantidade de alimento contida no reservatório para possibilitar ação rápida de reabastecimento e na quantidade de dias de produção, como mostra a Figura 35.

Figura 35 - Tela de Acompanhamento da Produção



Fonte: Autoria própria.

Outro ponto importante da plataforma é a disponibilidade dos recursos de alertas que permitem monitorar e receber informações importantes do projeto. No aplicativo existe uma ampla variedade que pode ser configurada, dependendo das necessidades específicas do projeto. Os tipos de alertas mais comuns incluem notificações, e-mails e mensagens via SMS. Os alertas podem ser personalizados de acordo com as condições desejadas. É possível definir critérios específicos que acionarão um alerta, bem como ajustar o intervalo de tempo entre alertas subsequentes.

No contexto deste projeto, a decisão foi tomar o caminho de usar alertas de notificação. Vale ressaltar que a função de alerta desempenha um papel essencial no sistema, possibilitando a tomada oportuna de medidas de controle, o que, por sua vez, promove ações rápidas e mitiga possibilidade de perda na produção.

Além disso, antes de concluir o projeto e proceder com a implantação, foi de extrema importância realizar testes dentro do ambiente Blynk. Esta etapa desempenha um papel crítico na garantia de que todos os widgets estejam operando conforme as expectativas previamente definidas. Foi crucial verificar a eficácia e estabilidade da comunicação entre o aplicativo Blynk e os dispositivos IoT. Isso implicou a realização de testes de conectividade para assegurar que os comandos enviados do aplicativo fossem recebidos e executados de maneira adequada pelos dispositivos. Após a conclusão bem-sucedida do desenvolvimento da interface no aplicativo Blynk e dos testes, a implantação pode ser realizada.

4.5 Emulação de Funcionamento

No que se refere ao funcionamento do sistema, foram conduzidas emulações em dispositivos de pequena escala e criados cenários com a alimentação de dois animais. Isso possibilitou identificar erros por meio de testes, corrigi-los e validar as funcionalidades do projeto.

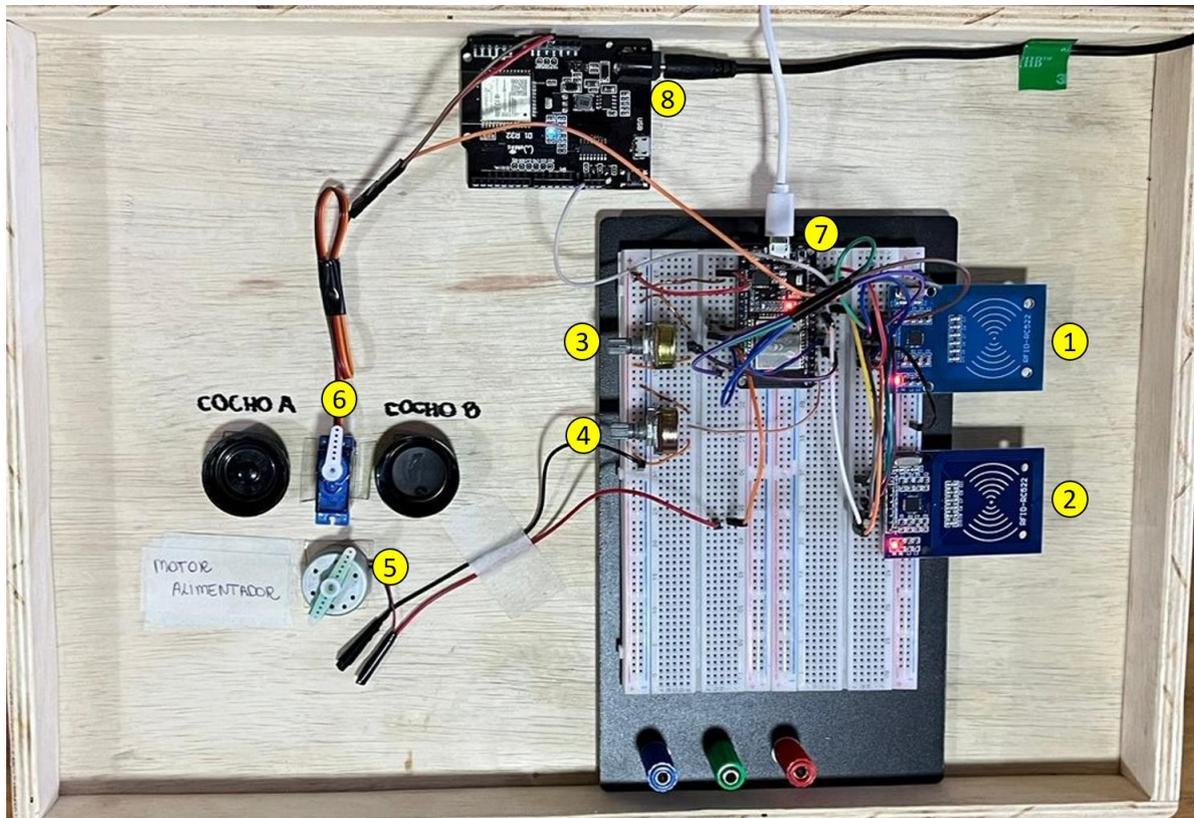
Para a leitura da etiqueta do animal, foram utilizados dois sensores RFID-RC522. No que tange à simulação das balanças foram utilizados potenciômetros, sendo um para medir o peso dos animais e outro para registrar o peso dos cochos. Além disso, optou-se pelo motor RF 300CA-11440 para acionar o alimentador e o posicionamento deste foi realizado por meio do Micro Servo SG90. Os dispositivos foram conectados ao microcontrolador ESP 32 através de uma protoboard. No Quadro 1 são detalhados os componentes que estão enumerados na Figura 36, onde é apresentada a montagem do sistema para emulação.

Quadro 1 - Descritivo dos Itens

Componente	Descrição Breve do Item
1	Sensor RFID-RC522 para leitura do Animal "A"
2	Sensor RFID-RC522 para leitura do Animal "B"
3	Potenciômetro para leitura do peso do animal
4	Potenciômetro para leitura do peso do cocho
5	Motor RF 300CA-11440 para acionar o alimentador
6	Micro Servo SG90 para posicionamento do alimentador
7	Microcontrolador ESP 32
8	Alimentação 5V

Fonte: Autoria própria.

Figura 36 - Montagem do Sistema para Emulação



Fonte: Autoria própria.

Após a montagem dos dispositivos, foi implementada a programação na plataforma Arduino IDE para conduzir todos os testes. Inicialmente, foram realizados testes para garantir a precisão da leitura da etiqueta do animal e verificar se a condição de contagem de dias estava produzindo os resultados esperados, uma vez que a liberação de alimentos para o animal deve ocorrer diariamente.

Em seguida, procedeu-se com a verificação do consumo diário. Utilizando os potenciômetros, foi possível variar o peso dos animais de diversas maneiras e observar se o cálculo do consumo seria alterado e permanecia preciso. Além disso, durante essa análise, foram conferidos os pesos apresentados no aplicativo comparando com o apresentado no “Serial Monitor” da plataforma Arduino IDE para garantir a precisão da comunicação. A primeira situação analisada foi com o peso do animal “A” simulado em 279kg, sendo que o sistema calcula um consumo no valor de 6,22kg por dia, conforme Figura 37.

Figura 37 - Situação 1: Peso e Consumo no Serial Monitor Arduino IDE

```

Alimentador_AutomáticoRev3.ino
1 //Alimentador Automático para Bovinos - Graziela Lima Menezes

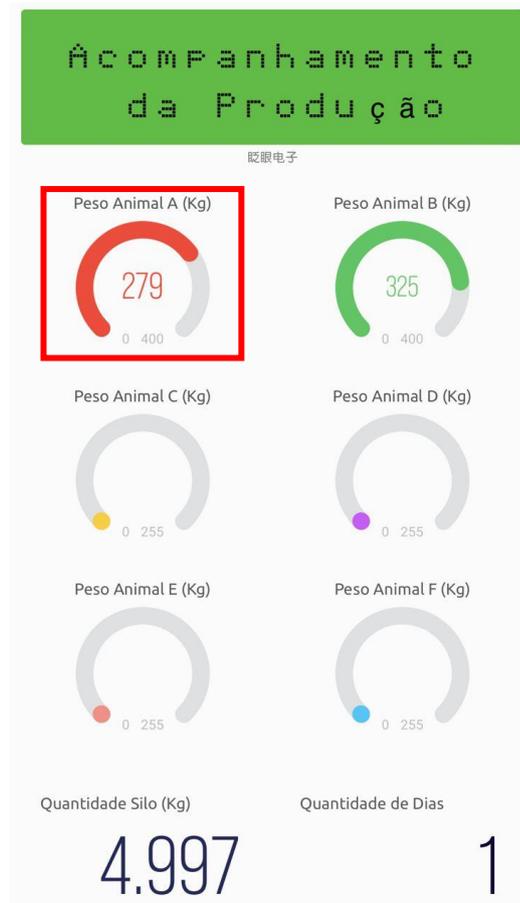
Output Serial Monitor X
Peso animal:279

consumo:6.22
  
```

Fonte: Autoria própria.

É possível confirmar que a comunicação com o Blynk ocorreu de forma satisfatória pois o peso apresentado é igual ao mostrado no Serial Monitor, de acordo com a Figura 38.

Figura 38 - Situação 1: Peso no aplicativo Blynk



Fonte: Autoria própria.

Na segunda situação, o peso do animal “A” foi alterado para verificar se a comunicação permanecia confiável e o consumo seria alterado. Dessa forma, pode-se observar na Figura 39

que o peso passa a ser de 320kg e consumo calculado de 6,17kg confirmando a confiabilidade do sistema.

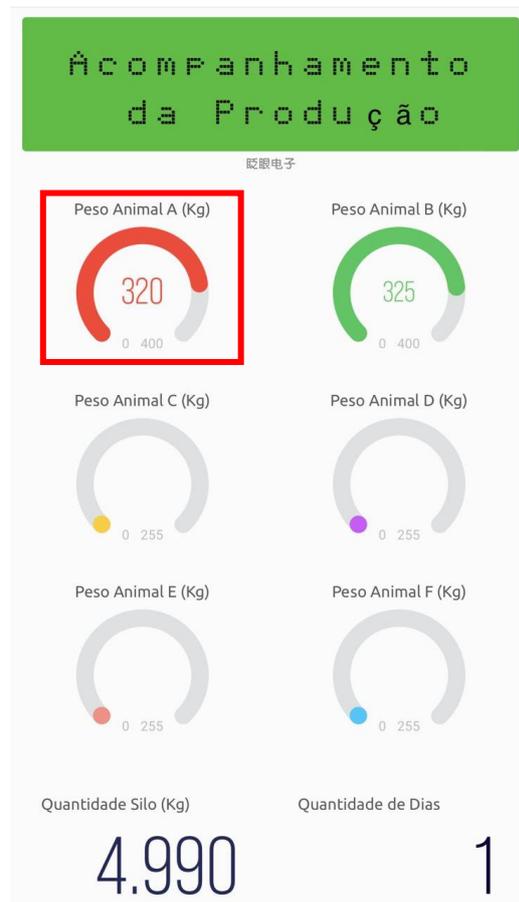
Figura 39 - Situação 2: Peso e Consumo no Serial Monitor Arduino IDE

```
Alimentador_AutomatocoRev3.ino
1 //Alimentador Automatico para Bovinos - Graziela Lima Menezes
Output Serial Monitor X
Peso animal:320
consumo:6.17
```

Fonte: Autoria própria.

Da mesma forma que na primeira situação, foi verificada a alteração do peso no aplicativo Blynk, conforme Figura 40.

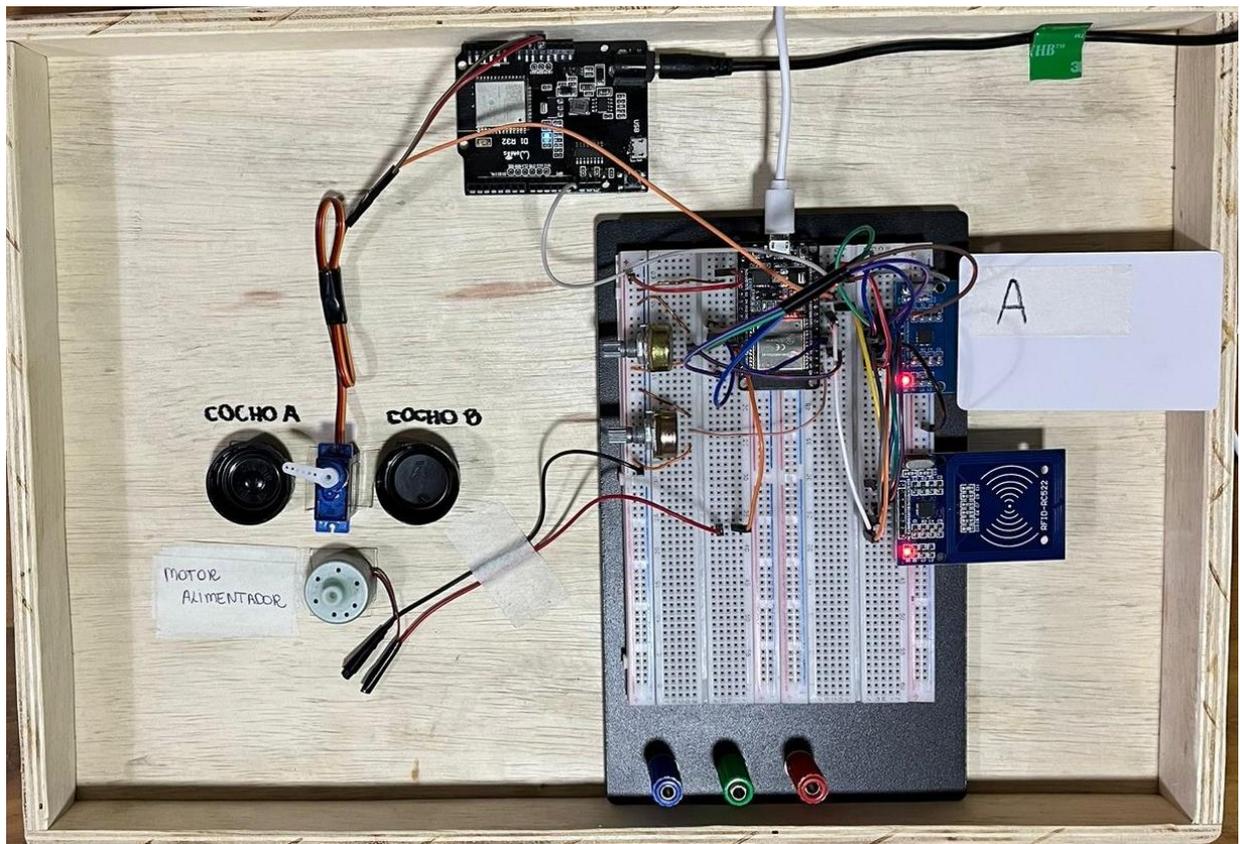
Figura 40 – Situação 2: Peso no Aplicativo Blynk



Fonte: Autoria própria.

Assim procedeu-se com os testes dos motores de alimentação, iniciando pela verificação do direcionamento do alimentador. Foi necessário realizar testes separados para cada um dos dois animais, uma vez que em cada caso o alimentador deveria se posicionar em ângulos diferentes. Em conjunto com essa etapa verificou-se o acionamento do motor. Na Figura 41, pode-se observar o teste de posicionamento do alimentador quando o animal “A” se aproxima do sensor RFID.

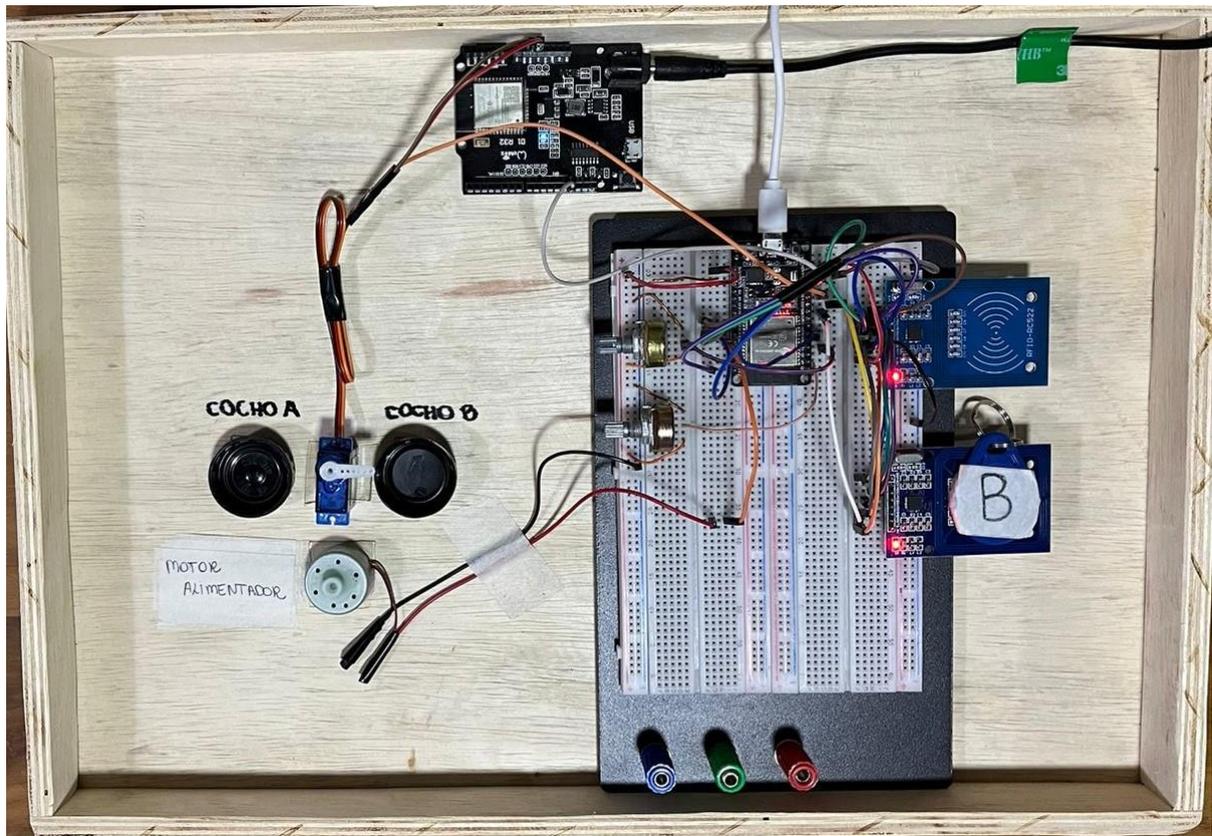
Figura 41 - Teste de Posicionamento do Alimentador no Cocho A



Fonte: Autoria própria.

Analogamente, na Figura 42, pode-se observar o teste de posicionamento do alimentador quando o animal “B” se aproxima do sensor RFID.

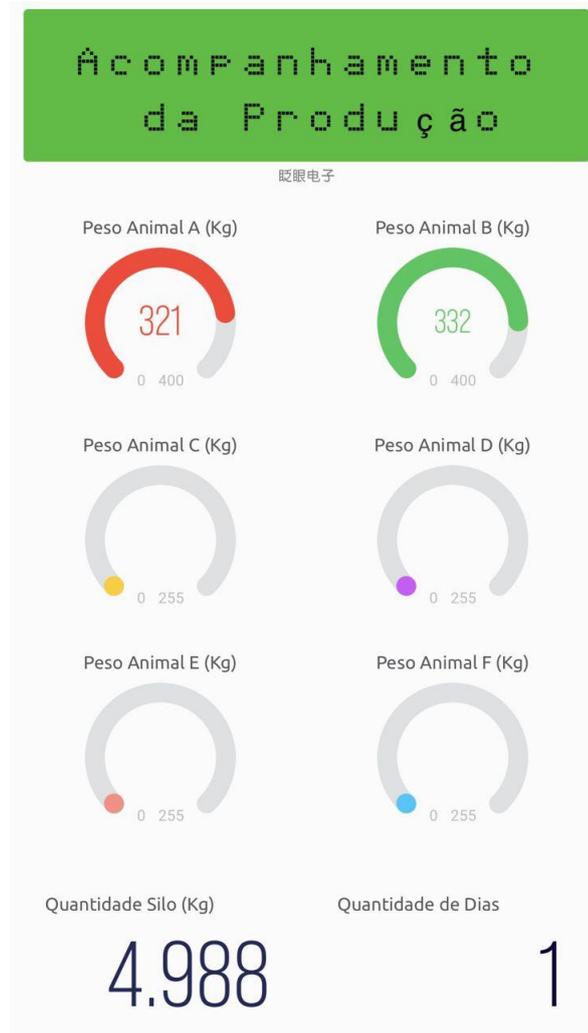
Figura 42 - Teste de Posicionamento do Alimentador no Cocho B



Fonte: Autoria própria.

Por fim, foi crucial conduzir a verificação dos alertas do sistema por meio da comunicação com o aplicativo Blynk. Ao monitorar o peso do animal e detectar uma perda de peso, o sistema tem a capacidade de emitir imediatamente uma resposta ao usuário por meio de notificações. Dessa forma, foi avaliado a resposta do sistema por meio do aplicativo, ao alterar o peso dos animais. A Figura 43 mostra a primeira situação testada, onde o animal “A” apresentou um peso de 321kg.

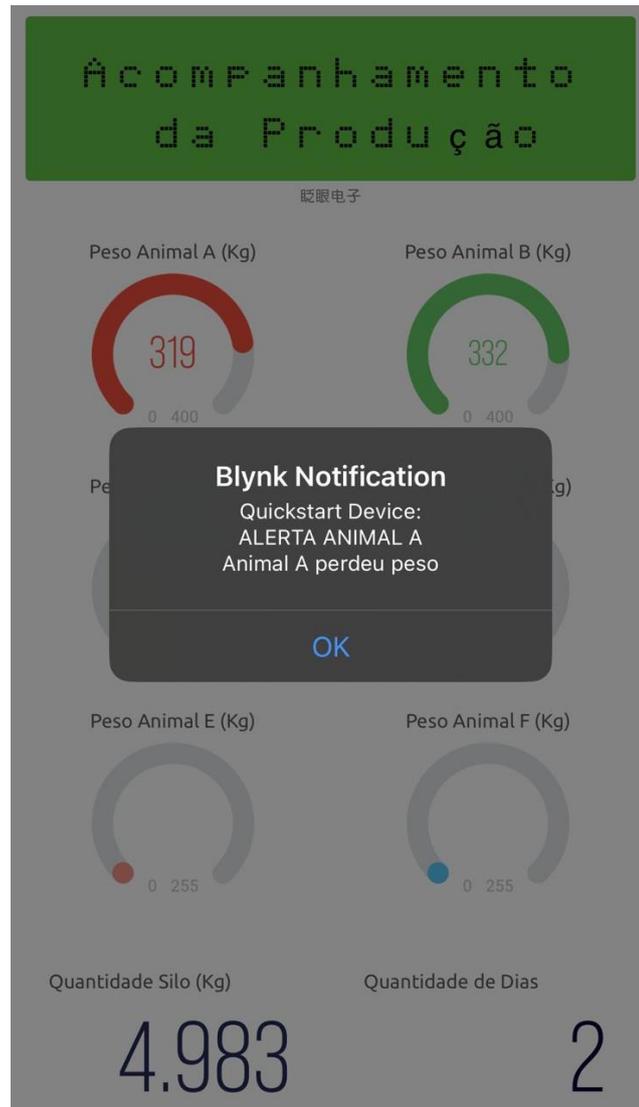
Figura 43 - Simulação de Acompanhamento de Peso Animal A



Fonte: Autoria própria.

Na segunda situação, forçou-se uma leitura de peso de 319kg, e dessa forma, o sistema fornece o alerta, conforme Figura 44.

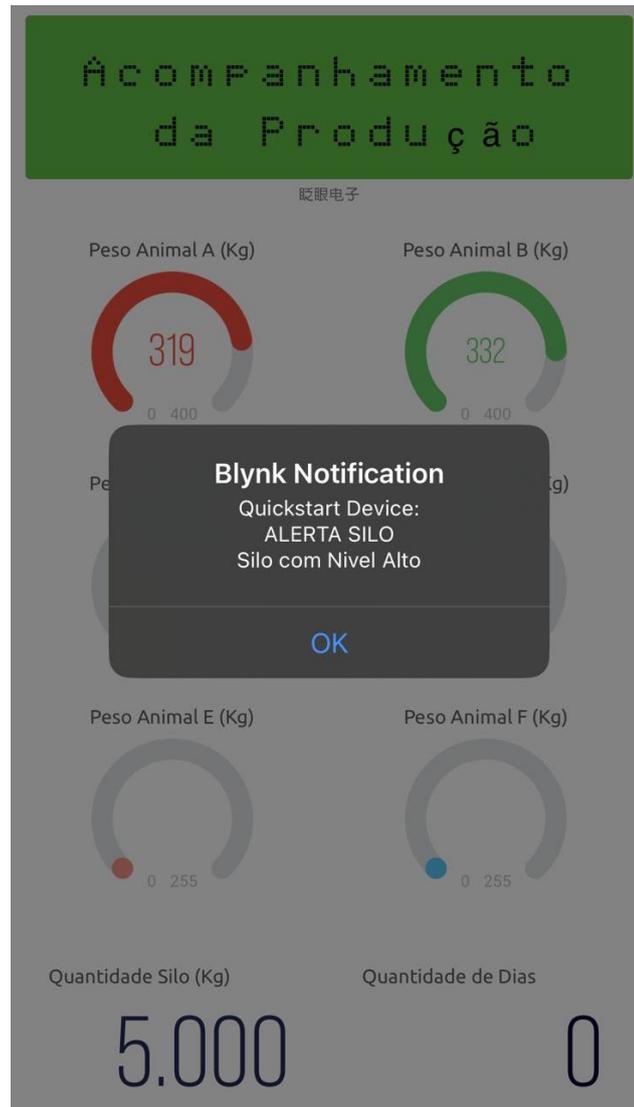
Figura 44 - Simulação de Alerta de Perda de Peso Animal A



Fonte: Autoria própria.

Adicionalmente, é de suma importância monitorar a quantidade de alimento no reservatório. Para isso, foram estabelecidos alertas que indicam quando o nível do silo atinge o mínimo e quando atinge o máximo. Esses alertas desempenham um papel importante ao auxiliar o usuário no momento adequado para efetuar o reabastecimento, garantindo a operação contínua do sistema. Sendo assim, foi simulado o início do processo com silo em nível alto e a Figura 45 ilustra o alerta informativo enviado.

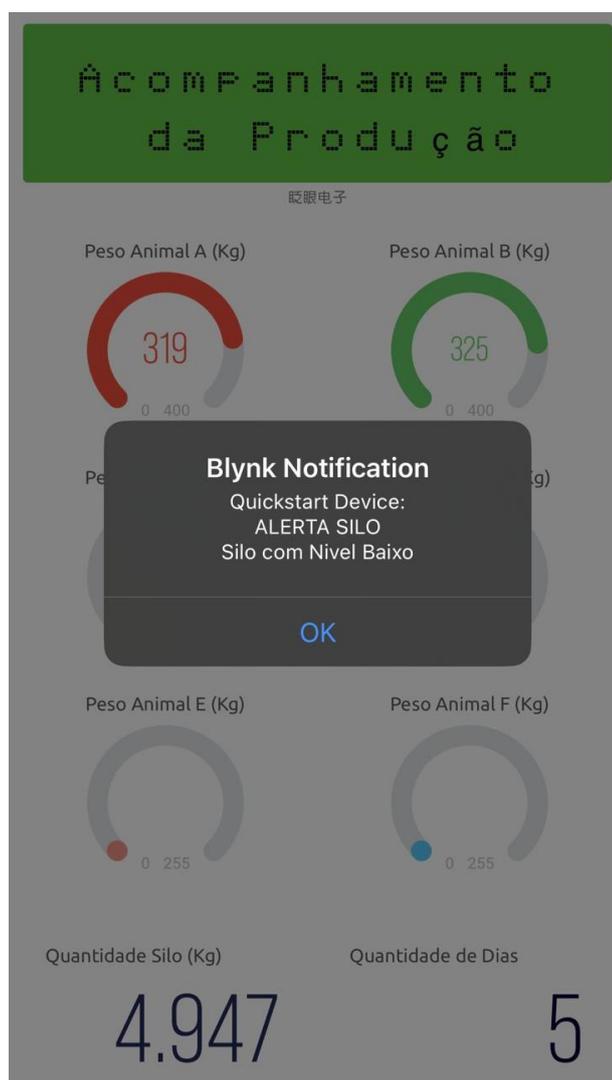
Figura 45 - Simulação de Alerta Silo Nível Máximo



Fonte: Autoria própria.

Analogamente, foi verificada a situação de nível baixo, sendo que nesse caso foi considerado o nível baixo com 4950kg apenas para efeito de teste como mostra a Figura 46 . Em situação real deve ser analisado o tempo de compra e logística de entrega dos alimentos para definir o momento ideal de alertas de nível baixo para solicitar o reabastecimento.

Figura 46 - Simulação Alerta Silo Nível Baixo



Fonte: Autoria própria.

Essas etapas não apenas validaram a solução, mas também permitiram análise das respostas e correções de alguns pontos principalmente em relação a comunicação. Após a conclusão dos testes, foi possível obter confiança em relação a possível implementação física do projeto.

4.6 Dinâmica de Funcionamento

Esse sistema é dinâmico e engloba diversos elementos interconectados, para compreender o funcionamento do processo é importante entender as interações que ocorrem em todo o sistema de alimentação dos bovinos.

No projeto proposto, foi estabelecida uma dinâmica envolvendo seis animais, que estão alojados em piquetes (espaços pré-definidos e limitados na área de pastagem) que possibilitam

a sua movimentação e acesso a um ponto central de alimentação e bebedouros. Essas instalações são projetadas para fornecer condições controladas de temperatura, umidade e ventilação, garantindo o conforto e bem-estar dos animais.

O processo tem início no primeiro dia de confinamento, quando todos os animais passam por análises nutricionais e pesagens para registrar as informações iniciais no sistema, incluindo o peso inicial do animal, o peso de venda previsto e a duração da produção. Nesse momento, é necessário que o reservatório de alimentos esteja abastecido em nível máximo, evitando necessidade constante de reabastecimento.

Em sequência, a alimentação dos animais é automatizada e ocorre diariamente, com uma dieta balanceada composta principalmente por grãos, como milho e soja. É fundamental destacar que um estudo conduzido por Panzera (2021) identificou que, em cenários de confinamento, a frequência ideal de limpeza dos cochos e bebedouros é a cada cinco dias. É válido mencionar que durante todo o processo de produção é necessário que haja controles específicos como acompanhamento veterinário e nutricional, além de gerenciamento dos resíduos do sistema e manutenção das instalações para mantê-las em bom estado.

Por fim, quando os animais atingem o peso de venda desejado, são retirados do sistema e encaminhados para o abate, marcando o início de um novo ciclo com um novo rebanho. As lições aprendidas durante o monitoramento do rebanho anterior são levadas em consideração, o que pode resultar em ajustes nas variáveis iniciais, como a duração do confinamento, o peso ideal de venda e o peso inicial de cada animal, buscando constantemente melhorar a eficiência do processo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No âmbito do desenvolvimento de soluções tecnológicas voltadas para a produção agropecuária, a aplicação de sistemas inteligentes tem se tornado cada vez mais relevante. A inserção de um alimentador automático para bovinos na pecuária de corte, proporciona diversas vantagens, sendo que as principais são: redução da necessidade de mão de obra no processo, controle maior da nutrição sem que haja excessos ou subnutrição, melhoria na qualidade de vida do animal, diminuição do risco de contaminação por contato humano, otimização de tempo e, por consequência, maior lucratividade.

Analisando os resultados obtidos, ao utilizar de um monitoramento remoto, os fazendeiros podem acessar dados em tempo real sobre o peso dos bovinos, intensificando a eficiência dos cuidados com a saúde do animal, além de permitir a análise de tendências e a detecção precoce de variações significativas. O acompanhamento diário dessa evolução permite que o produtor tome decisões mais ágeis e eficazes. Outro ponto importante é que, em cenários onde o monitoramento não é automatizado, a ausência da pesagem diária compromete a exatidão no cálculo de consumo, aumentando a vulnerabilidade da produção. Sendo assim, comprova o potencial da tecnologia para melhorar a produtividade e o bem-estar na pecuária.

A integração com a plataforma Blynk se destaca como elemento fundamental do sistema, assegurando que os pecuaristas tenham acesso as informações em tempo real sobre o processo através de uma interface dinâmica e de fácil utilização, além de aprimorar significativamente a eficiência da produção. Os alertas configurados de acordo com critérios específicos, oferecem a capacidade de identificar prontamente qualquer desvio dos padrões desejados. É válido destacar também, a importância do monitoramento da disponibilidade de grãos, sendo um aspecto crucial para um planejamento financeiro e logístico mais sólido. A falta desse controle expõe o produtor à volatilidade dos preços de mercado e às incertezas na gestão dos recursos. Além disso, a plataforma é gratuita, o que viabiliza a implantação para pequenos produtores rurais, visto que visam cada vez mais diminuir custos para maximizar os lucros.

A identificação por RFID auxilia o sistema na capacidade de rastrear individualmente cada animal, associando informações vitais como peso atual e histórico de saúde, sendo de extrema importância para a tomada de decisões.

É fato que, a automatização de quaisquer processos, implica na redução de mão de obra humana. No entanto, não leva necessariamente à extinção da necessidade de trabalhadores, mas cria oportunidade de concentração da mão de obra em tarefas específicas, como cuidados com

a saúde do animal, gerenciamento de resíduos do sistema e manutenção das instalações. Ao mesmo tempo que, a mão de obra em atividades rurais está cada vez mais escassa e é essencial o uso eficiente dos recursos humanos disponíveis.

Paralelamente, ao analisar o levantamento financeiro de implantação, percebe-se que o custo não é alto quando comparado aos desembolsos financeiros necessários para manter um único funcionário com todos os encargos trabalhistas durante o período de um ciclo de produção.

Após a conclusão do desenvolvimento deste projeto, identificaram-se melhorias e oportunidades para inovações que podem aprimorar ainda mais suas funcionalidades. Algumas dessas incluem a expansão das variáveis monitoradas no aplicativo, como a inclusão de informações sobre a idade dos animais, histórico de vacinação e registros de saúde em geral. Além disso, a adição de novas telas para alteração das variáveis iniciais, como valores de nível mínimo e máximo do silo, cadastro de novos animais, entre outros. A implementação de um banco de dados para rastrear o histórico dos pesos dos animais ao longo do tempo também é uma adição valiosa. Isso possibilita que os produtores correlacionem os dados com situações ou mudanças ocorridas durante o período de produção, identificando áreas de aprimoramento.

Em resumo, com base nos resultados obtidos, é seguro concluir que o projeto alcançou seus objetivos estabelecidos, sendo aplicável e benéfico para pequenas propriedades rurais, especialmente devido à facilidade de implementação, à adição de recursos ao gerenciamento da produção e à possibilidade de uso do recurso humano de forma eficiente.

6 REFERÊNCIAS

ABIEC. NOSSA CARNE NAS MESAS DO MUNDO. **Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes**, 2023. Disponível em: <<https://www.abiec.com.br/>>.

ALFABOT. Alfabot. **Alfabot**, 2023. Disponível em: <https://www.alfabot.com.br/sensor-de-nivel-tipo-pa-rotativa-aluminio-xk30-220v-60hz-com-flange-e-pa?utm_source=google&utm_medium=Shopping&utm_campaign=sensor-de-nivel-tipo-pa-rotativa-aluminio-xk30-220v-60hz-com-flange-e-pa&inStock=&srsId=AfmBOorpfB0SRu>. Acesso em: 22 outubro 2023.

ALIMENTADORES, Rei D. Rei dos Alimentadores. **Rei dos Alimentadores**, 2023. Disponível em: <<https://www.reidosalimentadores.com.br/produtos/mecanismo-dosador-de-racao-automatico-com-timer-digital-bivolt/>>.

ALMEIDA, GABRIEL. Configurando o ambiente de desenvolvimento do ESP32 no Windows. **Embarcados**, 2018. Disponível em: <<https://embarcados.com.br/ambiente-esp32-no-windows/>>.

ALONSO, MARCELL. ABELA DE EXIGÊNCIA NUTRICIONAL PARA GADO DE CORTE: O QUE É E COMO UTILIZAR? **Nutri Mosaic**, 2022. Disponível em: <<https://nutrimosaic.com.br/exigencia-nutricional-gado-de-corte/>>.

BORGES, VINICIUS. RFID: O que é e como funciona. **Grupo CP CON**, 11 Outubro 2022. Disponível em: <<https://www.grupocpcon.com/rfid-o-que-e-e-como-funciona/#Radio-Frequency-Identification-RFID>>.

CERVO, AMADO L.; BERVIAN, PEDRO A.; SILVA, ROBERTO D. **Metodologia Científica**.

CHILA, ELTER F.; PLINTA, RAFAEL; TAMANINI, VINICIUS HENRIQUE A. **MÁQUINA PARA ALIMENTAÇÃO AUTOMÁTICA DE BOVINOS E EQUINOS CONFINADOS**. Curitiba. 2014.

COIMMA. Pecuária 4.0: apenas um conceito ou uma mudança de visão? **www.coimma.com.br**, 2019. Disponível em: <<https://www.coimma.com.br/blog/post/pecuaria-4-0-um-conceito-ou-mudanca-de-visao>>.

COPADATA. O que é a HMI? **COPADATA**, 2022. Disponível em: <<https://www.copadata.com/pt/produtos/zenon-software-platform/visualizacao-controle/o-que-e-hmi-a-interface-homem-maquina-copa-data/>>.

CRAVO, EDILSON. O que é IHM e para que serve? Veja vantagens e aplicações! **KALATEC AUTOMAÇÃO**, 2022. Disponível em: <<https://blog.kalatec.com.br/o-que-e-ihm/>>.

CURVELLO, ANDRÉ. ESP32 – Um grande aliado para o Maker IoT. **FilipeFlop**, 27 de Fevereiro de 2018. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/esp32-um-grande-aliado-para-o-maker-iot/>>.

EDUCAPOINT. Novo NRC: formulando dietas para bovinos de corte em confinamento. **EducaPoint**, 2020. Disponível em: <<https://www.educapoint.com.br/blog/pecuaria-corte/novo-NRC-formulacao-dietas-bovinos-corte/>>.

ELÉTRICA, 47. 47 Elétrica. **47 Elétrica**, 2023. Disponível em: <https://www.47eletrica.com.br/celula-de-carga-bloco-aluminio-m6-ip66-p150-35-11548?utm_source=google&utm_medium=Shopping&utm_campaign=celula-de-carga-bloco-aluminio-m6-ip66-p150-35-11548&inStock#derivacao=874>. Acesso em: 22 outubro 2023.

ELETRISHOP. Eletrishop. **Eletrishop**, 2023. Disponível em: <https://www.eletrishop.com.br/redutores-de-velocidade/motorreductor-weg-geremia-reducao-de-120-gsa28-0-33cv-4-polos?gclid=CjwKCAjwkNOpBhBEEiwAb3MvvZW3vbuF1_ljTV8idxSOIgjGNc2rSvMBPgXMxBa0IcFOABnoCqTVAhocFz0QAvD_BwE>. Acesso em: 22 outubro 2023.

ELETRODEX. Eletrodex. **Eletrodex**, 2023. Disponível em: <https://www.eletrodex.net/montagem/chaves/fim-de-curso/fm92-chave-fim-de-curso-caixa-plastica-metaltex?variant_id=14781&parceiro=2574>. Acesso em: 22 outubro 2023.

EMBRAPA, Gado D. C. **Boas Práticas Agropecuárias**.

FERREIRA, F. N. **Estudo sobre confinamentos de gado de corte em São Paulo, com ênfase na legislação ambiental e automação**, 2015. São Paulo, Brasil.

GARCIA, CLAUDIO. **Controle de Processos Industriais**.

GIL, ANTONIO C. **Como Elaborar Projeto de Pesquisa**.

HACKDAY. Hackday io. **Hackday io**, 2023. Disponível em: <<https://hackaday.io/project/165061-solar-powered-wifi-weather-station-v20/log/162058-interfacing-with-blynk-app>>.

IRSA. IRSA. **IRSA**, 2023. Disponível em: <https://www.irsa.com.br/3f-acopto-acoplamento-de-grades-elasticas-pti?gclid=CjwKCAjwkNOpBhBEEiwAb3MvvRHKIX--8MuHiKTuRsGWQJ_ZHeQa1cX8gV0L9Q-pvOm1g3VmolTVGBoCKBEQAvD_BwE>. Acesso em: 22 outubro 2023.

KOLBAN, NEIL. **Kolban's book on ESP32**.

MADEIRA, DANIEL. Controlador Proporcional. **Embarcados**, 2016. Disponível em: <<https://embarcados.com.br/controlador-proporcional/>>.

MARCONI, MARINA DE A.; LAKATOS, EVA M. **Fundamentos de Metodologia Científica.**

NUNES, TASSIA. A evolução da Interface homem máquina: Importância do ICM e EEG para a geração futura de IHM. **Brain Support**, 06 Setembro 2020. Disponível em: <[OGATA, KATSUHIKO. **Engenharia de Controle Moderno.**](https://www.brainlatam.com/blog/a-evolucao-da-interface-homem-maquina-importancia-do-icm-e-eeg-para-a-geracao-futura-de-ihm-2042#:~:text=A%20IHM%20teve%20seu%20in%C3%ADcio,bra%C3%A7al%20para%20co mandar%20as%20m%C3%A1quinas.>. >.</p></div><div data-bbox=)

PANZERA, ANDERSON A. **FREQUÊNCIA DE LIMPEZA DE BEBEDOUROS SOBRE O CONSUMO DE ÁGUA.** UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. VIÇOSA, p. 26. 2021.

PATSKO, LUÍS F. **TUTORIAL APLICAÇÕES, FUNCIONAMENTO E UTILIZAÇÃO DE SENSORES.** [S.l.]. 2006.

ROBÓTICA, AutoCore. AutoCore Robótica. **AutoCore Robótica**, 2023. Disponível em: <<https://www.autocorerobotica.com.br/modulo-leitor-rfid-mfrc522-mifare>>. Acesso em: 22 outubro 2023.

ROURE, MARCEL D. Instrumentação Industrial - Entenda de uma vez por todas. **Instrumentação e Controle**, 2017. Disponível em: <<https://instrumentacaoecontrole.com.br/>>. Acesso em: 18 Outubro 2022.

SENAR. **Bovinocultura:** manejo e alimentação de bovinos de corte em confinamento.

SOUZA, DAVID J. D. **Desbravando o PIC.**

THOMAZINI, DANIEL; ALBUQUERQUE, PEDRO URBANO B. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações.**



Emitido em 11/12/2023

CÓPIA DO TRABALHO Nº 223/2023 - DELMAX (11.57.05)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 16/12/2023 10:33)

LUIS PAULO FAGUNDES

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

DELMAX (11.57.05)

Matrícula: ###931#4

(Assinado digitalmente em 14/12/2023 11:47)

Graziela Lima Menezes

DISCENTE

Matrícula: 2017#####5

Visualize o documento original em <https://sig.cefetmg.br/documentos/> informando seu número: **223**, ano: **2023**, tipo: **CÓPIA DO TRABALHO**, data de emissão: **14/12/2023** e o código de verificação: **3d63892d66**