

Campus Porto Velho Calama
Coordenação do Curso de Engenharia de Controle e Automação

ALDOINO BONADEU DA SILVA
JÉSSICA EVANGELISTA ARAÚJO KASSUPÁ

**APLICAÇÃO DAS FASES DE PROJETO INFORMACIONAL, CONCEITUAL NO
DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE COCHO AUTOMATIZADO**

PORTO VELHO
2025

ALDOINO BONADEU DA SILVA
JÉSSICA EVANGELISTA ARAÚJO KASSUPÁ

**APLICAÇÃO DAS FASES DE PROJETO INFORMACIONAL, CONCEITUAL NO
DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE COCHO AUTOMATIZADO**

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Porto Velho Calama, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel, junto ao Curso de Engenharia de Controle e Automação, sob a orientação do professor Me. Kariston Dias Alves.

PORTO VELHO
2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Kassupá, Jéssica Evangelista Araújo.
Aplicação das Fases de Projeto Informacional, Conceitual no
Desenvolvimento de Protótipo de Cocho Automatizado / Jéssica
Evangelista Araújo Kassupá. - Porto Velho, 2025.
26 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Kariston Dias Alves.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de
Controle e Automação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Rondônia - IFRO, Porto Velho, 2025.

ISBN 1696-8352

1. Alimentação Automatizada. 2. Automação. 3. Confinamento. 4.
Protótipo. 5. RFID. I. Alves, Kariston Dias (orient.). II. Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Miria Santana Veiga, CRB-11/898

ALDOINO BONADEU DA SILVA
JÉSSICA EVANGELISTA ARAÚJO KASSUPÁ

**APLICAÇÃO DAS FASES DE PROJETO INFORMACIONAL, CONCEITUAL
NO DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE COCHO AUTOMATIZADO**

Artigo publicado como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Porto Velho Calama, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel, junto ao Curso de Engenharia de Controle e Automação, sob a orientação do professor Me. Kariston Dias Alves.

Aprovado em: 14/11/2025 pela banca examinadora.

Eduardo Araujo de Sousa
Coordenador

Kariston Dias Alves
Orientador



Aplicação das fases de projeto informacional, conceitual no desenvolvimento de protótipo de cocho automatizado

Application of the informational and conceptual design phases in the development of an automated trough prototype

Aplicación de las fases de diseño informacional y conceptual en el desarrollo de un prototipo de canaleta automatizada

DOI: 10.55905/oelv23n11-026

Receipt of originals: 10/1/2025

Acceptance for publication: 10/27/2025

Jéssica Evangelista Araújo Kassupá

Graduanda em Engenharia de Controle e Automação
Instituição: Instituto Federal de Rondônia - campus Calama
Endereço: Porto Velho, Rondônia, Brasil
E-mail: jessicaaraujobio@gmail.com

Aldoino Bonadeu da Silva

Graduando em Engenharia de Controle e Automação
Instituição: Instituto Federal de Rondônia - campus Calama
Endereço: Porto Velho, Rondônia, Brasil
E-mail: aldoino.abs@gmail.com

Roberto Lucas Coelho de Oliveira

Graduando em Engenharia de Controle e Automação
Instituição: Instituto Federal de Rondônia - campus Calama
Endereço: Porto Velho, Rondônia, Brasil
E-mail: robertolucaseng@gmail.com

Martin Paulo Mendonça Guedes

Graduando em Engenharia de Controle e Automação
Instituição: Instituto Federal de Rondônia - campus Calama
Endereço: Porto Velho, Rondônia, Brasil
E-mail: martinengenheiro@gmail.com

Daniel Oliveira dos Santos

Graduando em Engenharia de Controle e Automação
Instituição: Instituto Federal de Rondônia - campus Calama
Endereço: Porto Velho, Rondônia, Brasil
E-mail: daniel2892santos@gmail.com



Artur Vitório Andrade Andrade dos Santos

Mestre em Sistemas Mecatrônicos
Instituição: Instituto Federal de Rondônia - campus Calama
Endereço: Porto Velho, Rondônia, Brasil
E-mail: artur.santos@ifro.edu.br

Kariston Dias Alves

Meste em Sistemas Mecatrônicos
Instituição: Instituto Federal de Rondônia - campus Calama
Endereço: Porto Velho, Rondônia, Brasil
E-mail: kariston.alves@ifro.edu.br

RESUMO

A alimentação automatizada de bovinos tem se consolidado como uma solução cada vez mais buscada por criadores, por oferecer uma produção mais eficiente e rentável. A disponibilidade de refeições ao longo do dia tem impactos positivos no bem-estar animal e, quando transformada em taxa de conversão alimentar, pode resultar em uma maior produção de leite em rebanhos leiteiros ou maior ganho de peso na bovinocultura de corte. Assim, a nutrição animal se destaca como um dos principais pilares do sistema de produção, representando o maior custo em sistemas de criação de corte. Reduzir o desperdício de ração em animais que já atingiram o peso ideal para o abate é essencial para uma gestão alimentar mais eficiente. O presente estudo apresenta o desenvolvimento de um protótipo de sistema de dosagem automatizada de ração bovina, fundamentado nas fases de projeto informacional e conceitual. O sistema utiliza tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) para leitura dos dados registrados nos chips a serem implantados nos animais, permitindo um controle individualizado e preciso da alimentação.

Palavras-chave: Alimentação Automatizada, Automação, Confinamento, Protótipo, RFID.

ABSTRACT

Automated cattle feeding has become increasingly sought after by farmers, offering more efficient and profitable production. The availability of meals throughout the day has positive impacts on animal welfare and, when converted into feed conversion rates, can result in higher milk production in dairy herds or greater weight gain in beef cattle. Therefore, animal nutrition stands out as one of the main pillars of the production system, representing the largest cost in beef cattle systems. Reducing feed waste in animals that have already reached ideal slaughter weight is essential for more efficient feed management. This study presents the development of a prototype automated cattle feed dosing system, based on the informational and conceptual design phases. The system uses radio frequency identification (RFID) technology to read data recorded on the chips to be implanted in the animals, enabling individualized and precise feeding control.

Keywords: Automated Feeding, Automation, Confinement, Prototype, RFID.

RESUMEN

Es la opción más solicitada por los ganaderos, ya que ofrece una producción más eficiente y rentable. La disponibilidad de comidas a lo largo del día tiene un impacto positivo en el bienestar animal y, al traducirse en índices de conversión alimenticia, puede resultar en una mayor producción de leche en los rebaños lecheros o una mayor ganancia de peso en el ganado vacuno. Por lo tanto, la nutrición animal se destaca como uno de los pilares principales del sistema de producción, representando el mayor costo en los sistemas de ganado vacuno. Reducir el desperdicio de alimento en animales que ya han alcanzado el peso ideal de sacrificio es esencial para una gestión alimentaria más eficiente. Este estudio presenta el desarrollo de un prototipo de sistema automatizado de dosificación de alimento para ganado, basado en las fases de diseño informativo y conceptual. El sistema utiliza tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) para leer los datos registrados en los chips que se implantarán en los animales, lo que permite un control individualizado y preciso de la alimentación.

Palabras clave: Alimentación Automatizada, Automatización, Confinamiento, Prototipo, RFID.

1 INTRODUÇÃO

A pecuária é uma das atividades econômicas mais relevantes do Brasil, ocupando a segunda posição no ranking mundial em 2021. Com o aumento da demanda global por alimentos de origem animal, o setor tende a crescer nos próximos anos. Mesmo com os impactos da pandemia de COVID-19, as exportações brasileiras de carne bovina em 2022 cresceram 45,5% em relação ao ano anterior (ABIEC, 2022). Em 2023, o abate total de bovinos aumentou 1,44%, alcançando 41,96 milhões de cabeças, das quais 16,6% foram finalizadas em confinamento, o equivalente a 6,9 milhões de animais (ABIEC, 2024). Nesse mesmo ano, o Brasil exportou 2,29 milhões de toneladas de carne bovina, consolidando-se como o maior exportador mundial e responsável por 13,8% da produção global, com a carne representando 38% das exportações da pecuária (ABIEC, 2024).

Para atender à crescente demanda, o sistema de confinamento se destaca por possibilitar carne de melhor qualidade, maior ganho de peso e redução da idade de abate, proporcionando retorno mais rápido (SENAR, 2018). A bovinocultura, ou produção de gado, envolve práticas de manejo que variam conforme a espécie, raça, finalidade e região de criação (Euclides Filho, 2007). O confinamento é uma alternativa eficiente para a fase

de terminação e engorda, permitindo o controle individual da dieta, maior produtividade e menor dependência das condições ambientais (Oliveira, 2013).

Esse sistema intensivo de produção busca otimizar fatores sanitários, nutricionais e comportamentais dos animais (Dias Filho, 2011). No Brasil, há crescente interesse em compreender e aprimorar as fases da criação — do nascimento à terminação —, visando melhorar a eficiência e os resultados produtivos (SENAR, 2018). Entre os principais benefícios do confinamento estão a liberação de pastagens, aumento do número de animais terminados, aceleração da produção, redução de custos alimentares e de transporte, além de melhor aproveitamento no abate (Almeida *et al.*, 2010).

Pesquisas sobre eficiência alimentar buscam aperfeiçoar o uso de nutrientes consumidos, embora a medição manual do consumo individual seja complexa em baias coletivas (Crozara, 2018). Sistemas automatizados de cochos eletrônicos têm contribuído para entender o comportamento alimentar e sua relação com a eficiência produtiva (Schwartzkopf-Geinswein; Atwood; MCallister, 2002). Contudo, ainda há limitações tecnológicas que dificultam a expansão desse sistema (Moura, 2019).

Assim, este trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo de cocho automatizado para alimentação controlada de dois animais, com base na metodologia de desenvolvimento de produto aplicada à bovinocultura de corte.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTÂNCIA DA BOVINOCULTURA DE CORTE NO BRASIL

A bovinocultura de corte é praticada em todos os estados do Brasil, sendo expressa na densidade dos bovinos, nas taxas de crescimento do gado, nas diferentes regiões e nos sistemas de produção aplicados, na qual estão inseridas as fases de cria, recria e engorda, de maneira combinada ou isolada, utilizando pastagens cultivadas e nativas, com associação ou não de suplementação alimentar em confinamento e em pastagem (EMBRAPA, 2005).

Em se tratando da questão econômica, o crescimento da criação de gado



representa uma boa parte da movimentação do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. Diante disso, é importante que se busque por alternativas que mantenham a produção de forma sustentável. Uma dessas alternativas para a bovinocultura de corte é o aprimoramento da eficiência alimentar dos animais, reduzindo custos com alimentação, promovendo a economia de recursos naturais utilizados na atividade e ainda gerando economia de capital (Soares *et al.*, 2018).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o rebanho bovino brasileiro em 2023 alcançou mais de 238 milhões de cabeças, um crescimento de mais de quatro milhões em relação a 2022, quando foram contabilizadas 234 milhões. Esse número tende a continuar crescendo à medida que a demanda mundial por carne bovina aumenta (IBGE, 2024).

No que diz respeito aos dados de confinamento, em 2021, foram confinados 6,5 milhões de bovinos (DSM-FIRMENICH, 2022), e em 2023, o número mapeado ultrapassou os 7 milhões de cabeças, indicando uma tendência de expansão no sistema intensivo da pecuária de corte nacional, com uma projeção de aumento de 2,5% para o ano de 2024 (ACRISSUL, 2024).

A criação por confinamento consiste em um método alternativo da fase de terminação ou engorda de animais. As principais vantagens desse sistema de alimentação individual é que cada dieta é adaptada às necessidades de cada animal sendo fornecidos em cochos, e maior produção de quantidade de carne em relação ao tempo, além de não depender de condições inteiramente ambientais como ocorre na pecuária extensiva (Oliveira, 2013).

Não há uma raça específica indicada para o confinamento, sendo possível utilizar todas as raças de gado de corte. O produtor precisa avaliar e escolher a melhor raça com base em sua região e no objetivo do confinamento. Alguns exemplos incluem o Nelore e o Angus. Se o produtor optar por animais zebuínos, estes são mais resistentes, mas levam mais tempo para engordar e têm menos gordura. Já os taurinos, como o Angus, atingem o peso ideal para abate mais rapidamente, possuem mais gordura, mas são menos resistentes a parasitas, como carrapatos, e ao clima tropical do Brasil (SENAR, 2018).



2.2 ALIMENTAÇÃO E CONTROLE DA ALIMENTAÇÃO PARA BOVINOCULTURA

A nutrição animal é um dos pilares da bovinocultura, junto à saúde e à genética, sendo essencial para a produtividade de leite e carne. Representa o principal custo da produção de bovinos de corte, chegando a 70% do total (Crozara *et al.*, 2019; Paulo; Rigo, 2012). A redução do desperdício de ração, portanto, é fundamental para elevar a rentabilidade e otimizar o ciclo produtivo.

Compreender os mecanismos de consumo dos ruminantes é essencial, pois a dieta deve ser balanceada conforme a categoria animal, contendo gorduras, proteínas, minerais e vitaminas (Oliveira *et al.*, 2017; CPT, 2021). Durante o período chuvoso, as pastagens suprem as exigências nutricionais; entretanto, na estiagem, é necessária suplementação (CPT, 2021). A restrição alimentar compromete o ganho de peso e a eficiência produtiva, podendo causar distúrbios digestivos (Azevêdo, 2010). O consumo de matéria seca (MS) é determinante para o desempenho, sendo a parte do alimento livre de água, aplicável tanto a volumosos quanto a concentrados (Waldo; Jorgensen, 1981; Brito, 2017).

No confinamento, utiliza-se uma dieta com volumosos e concentrados, destacando-se o milho como principal fonte energética. Os animais confinados permanecem cerca de 100 a 120 dias, com ganhos médios de 1,1 a 1,7 kg/dia, o que garante melhor rendimento de carcaça e conversão alimentar (Ezequiel *et al.*, 2006; Barros, 2015; Portela, 2018).

A automação surge como ferramenta essencial para otimizar a alimentação e reduzir falhas humanas (Pecuária de Alta Performance, 2023). Diversos estudos têm explorado sistemas automatizados para controle alimentar.

Crozara *et al.* (2019) em seu trabalho conseguiram não só desenvolver o alimentador automático como também realizar teste em novilhas nelore. Realizaram o controle de alimento por meio da mensuração diária do consumo de matéria seca por meio de cochos com balanças automatizadas e pesos dos animais, sendo o alimento (silagem de sorgo, grão de milho moído, farelo de soja, ureia) oferecido três vezes ao dia e a vontade,

com a intenção de que obtivesse ganho em peso de 1,0kg/dia, em que obtiveram êxito ao utilizar tais tecnologias no período de 54 dias.

Cavalcanti (2019) em sua dissertação automatizou comedouro para ovinos e caprinos, utilizando arduino como microcontrolador e RFID. Para que os animais tivessem uma melhor qualidade de vida nas instalações quanto a sua suplementação, explicando a importância de aplicação de tecnologias que visassem auxiliar o desempenho animal por meio da disponibilização de alimento de modo adequado em horários e quantidades pré-determinados (Cavalcanti, 2019).

Rajput *et al.* (2021) desenvolveram um sistema automático de alimentação controlado por arduino, para animais para produção leiteira, por meio de uma plataforma alimentadora sobre rodas que se move sobre um trilho, sendo esse alimentador operado com base nos dados dos sensores infravermelho (IR), a fim de saber a presença ou ausência do animal próximo ao portão. O alimento é fornecido em uma quantidade adequada para o gado utilizando um dispensador, que enquanto os sensores estiverem gerando sinal de presença, o alimento será fornecido, caso contrário o motor parará de fornecer ração.

De acordo com Karn *et al.* (2019) apresentaram no Nepal um comedouro automatizado para substituir o método manual e demorado de alimentação. O sistema utiliza sensores infravermelhos e ultrassônicos, microcontrolador e motores DC para se deslocar por um caminho pré-determinado e distribuir ração automaticamente. Possui ainda controle sem fio via smartphone, permitindo intervenções manuais. O protótipo demonstrou eficiência ao rastrear rotas e distribuir o alimento de forma precisa.

3 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO ALIMENTADOR AUTOMATIZADO

O protótipo do cocho automatizado foi desenvolvido conforme a metodologia de desenvolvimento de produto descrita por Ulrich e Eppinger (2012), conforme apresentado a seguir.



3.1 REQUISITOS DOS CLIENTES

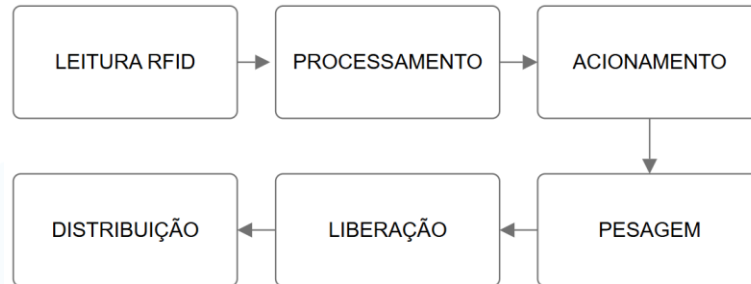
A identificação das necessidades do cliente e sua transformação em requisitos de produto garantem o alinhamento entre o desenvolvimento e o mercado-alvo (Ulrich; Eppinger, 2016). Esse processo visa reconhecer necessidades explícitas e ocultas, definir especificações, registrar informações relevantes e promover um entendimento comum na equipe de projeto. Santos e Álvares (2019) aplicaram essa metodologia no desenvolvimento de uma mão robótica, validando sua estrutura, cinemática e controle.

Com base na importância da alimentação animal para a eficiência da produção bovina, potenciais clientes incluem pecuaristas de corte, leite e melhoramento genético. Assim, o cocho automatizado foi projetado considerando as demandas do setor, com base em dados do IBGE e da ABIEC, além das limitações tecnológicas observadas na literatura, o que permitiu identificar oportunidades e definir o público-alvo do produto.

3.2 REQUISITOS DE PROJETO

Compreender as necessidades do cliente é essencial, assim como definir as especificações do produto, que indicam o que deve ser feito para atendê-las (Ulrich; Eppinger, 2016). Soh *et al.* (2019) desenvolveram um alimentador bovino semi-automático com microcontrolador, reduzindo de 80 para 50 minutos o tempo gasto para duas alimentações diárias de um rebanho de 20 animais. As especificações, ou requisitos técnicos, definem o desempenho esperado e as principais variáveis de projeto. Dessa forma, o desenvolvimento visa reduzir desperdícios e aumentar a eficiência alimentar, conforme ilustrado no fluxograma de funcionamento do protótipo (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma de funcionamento. Leitura RFID: Orelha bovino; Processamento: Quantidade de ração por cabeça; Acionamento: Relé, motor e rosca sem fim; Pesagem: Ração do silo para cilindro; Liberação: Solenoide libera ração do cilindro para o cocho; Distribuição: Fechamento solenoide.



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 PRIORIZAÇÃO DOS REQUISITOS DE PROJETO

As especificações-alvo representam as esperanças e aspirações da equipe, mas são estabelecidas antes que a equipe conheça as restrições que a tecnologia do produto colocará sobre o que pode ser alcançado. Os esforços da equipe podem não atender a algumas dessas especificações e podem superar outras, dependendo dos detalhes do conceito do produto que a equipe eventualmente selecionar (Ulrich; Eppinger, 2016).

Levando em consideração ao produto desenvolvido neste trabalho, foi priorizado a funcionalidade principal atribuída a eficiência da automação do abastecimento de ração ao cocho com quantidade de alimento especificada de acordo com a necessidade de cada animal evitando o desperdício.

3.4 DESENHO CONCEITUAL

As necessidades do cliente e as especificações do produto orientam a fase conceitual do desenvolvimento, mas, nas etapas posteriores, as equipes muitas vezes enfrentam dificuldades em relacioná-las aos problemas específicos de design (Ulrich; Eppinger, 2016). Para isso, aplica-se a metodologia *Design for Manufacturing* (DFM), que considera os custos e impactos das decisões de projeto sobre a qualidade e o custo final do produto. Como o desenvolvimento envolve objetivos múltiplos e frequentemente conflitantes, o DFM oferece métricas e critérios para comparar alternativas e apoiar a tomada

de decisão. Assim, melhorias significativas dependem de esforços criativos nas fases iniciais, conduzidos por um método estruturado que otimize o processo de desenvolvimento (Ulrich; Eppinger, 2016).

Diante disso, o sistema de alimentação bovina automatizada neste trabalho foi projetado visando a eficiência na produção, redução de desperdícios e facilidade de fabricação e manutenção, considerando a integração de módulos por um módulo de identificação (RFID), responsável por reconhecer de modo individual cada animal, microcontrolador cuja funcionalidade é a tomada de decisão e gerenciamento dos dados nutricionais contidos nos chips do RFID para que assim seja definido a quantidade de ração a ser dispensada pelo sistema de liberação dosadora de ração calibrado por animal.

Deste modo, dentre os princípios de DFM aplicados no sistema de alimentação bovina automatizada prototipado, estão a minimização de custos de fabricação devido a escolha de componentes facilmente adquiríveis como módulos RFID e microcontrolador, dosagem de ração mais precisa não tornando o sistema financeiramente caro utilizando válvula do tipo solenoide e sensor de peso (célula de carga) de baixo custo, prototipagem rápida podendo fazer uso de impressão 3D para a confecção de peças, desenvolvimento que pode ser adaptado a diferentes tamanhos de rebanho, podendo ser replicados a outras baias que possam ser adicionadas e um método bem definido com fluxograma de funcionamento de fluxo de ações bem definidas desde o reconhecimento da condição do animal até a liberação do alimento.

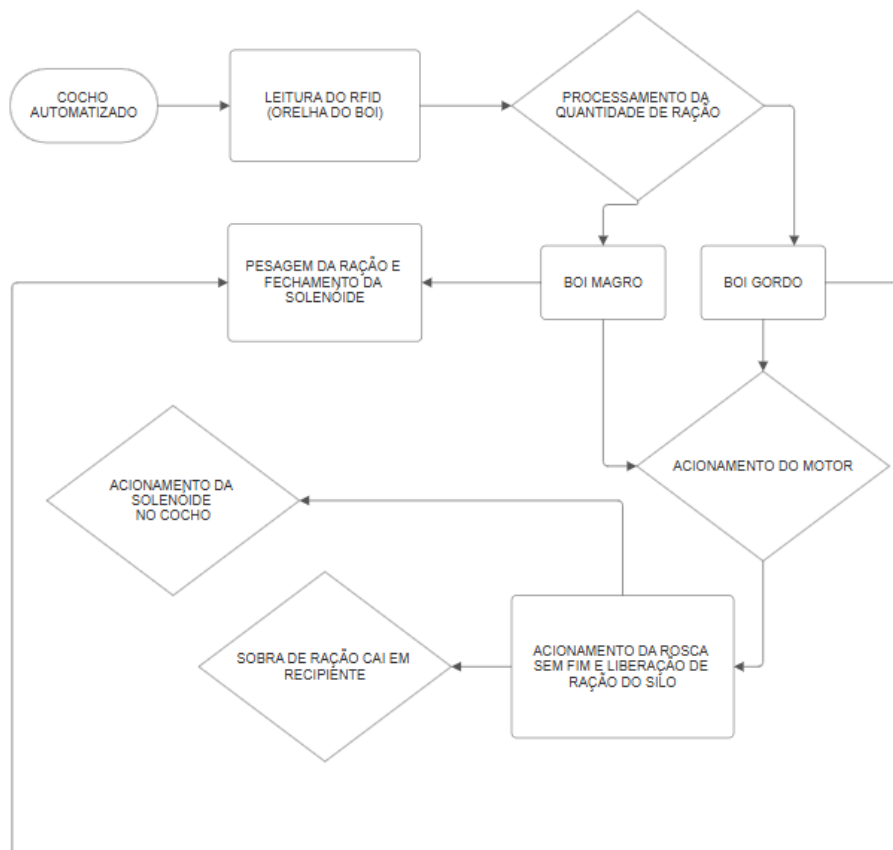
3.5 PROTOTIPAÇÃO

Para Ulrich e Eppinger (2012), protótipo é uma aproximação do produto ao longo de uma ou mais dimensões de interesse, na qual, qualquer entidade que tenha pelo menos um aspecto do produto que seja de interesse da equipe de desenvolvimento pode ser visto como um protótipo, englobando esboços conceituais, simulações, modelos matemáticos, componentes de teste e versões de pré-produção funcionais de um produto, permitindo visualizar a aplicação, as limitações e compreensão da importância das etapas de um Processo de Desenvolvimento de Produto – PDP.

Assim, o objetivo do projeto e da solução proposta é assegurar que a quantidade de alimento seja liberada de forma a atender às necessidades específicas do animal, levando em consideração os requisitos de projeto e a problemática a ser resolvida. Para isso, foram pensados em componentes eletrônicos que melhor atendessem o custo-benefício para o desenvolvimento do protótipo minimamente viável, para que assim fossem atribuídos de acordo com a função a ser executada para o funcionamento do cocho. Esses componentes são: Módulo RFID RC522, Arduino Uno, Módulo relay, motor 127 V, Válvulas solenoides, silo, rosca-se-fim, redutor de velocidade, cocho duplo e células de carga.

Por meio da solução da problemática apresentado na Figura 1, o fluxograma abaixo apresenta o processo de funcionamento do cocho automatizado (Figura 2).

Figura 2 – Fluxograma de processo do cocho automatizado para liberação de ração conforme condicional do animal.



Fonte: Elaborado pelos autores.



Desta forma, o sistema funciona da seguinte forma: o módulo RFID RC522 identifica a condição do bovino por meio da leitura do cartão ou chip, o sistema representado pelo Arduino processa essa informação e decide liberar a ração. Na sequência, o motor que está acoplado um redutor de velocidade, é acionado e movimenta a rosca sem fim, transportando ração. A solenoide abre no cocho correspondente e a célula de carga mede em tempo real a quantidade de ração a ser liberada. Quando o peso de ração programado é atingido, a solenoide fecha e o motor é desligado.

3.5.1 Projeto mecânico

O projeto mecânico do alimentador automatizado foi desenvolvido a partir da análise dos requisitos funcionais definidos na etapa de concepção. Essa etapa tem como objetivo transformar o conceito em uma solução estrutural viável, contemplando a escolha de materiais, o dimensionamento dos componentes e a definição dos mecanismos responsáveis pela armazenagem, dosagem e liberação da ração.

Para Collins (2019), com as especificações bem definidas, os métodos expostos orientam de maneira consistente a escolha dos materiais, a definição de geometrias e a integração de componentes na configuração do equipamento, garantindo segurança e confiabilidade no alcance dos objetivos de engenharia e de mercado.

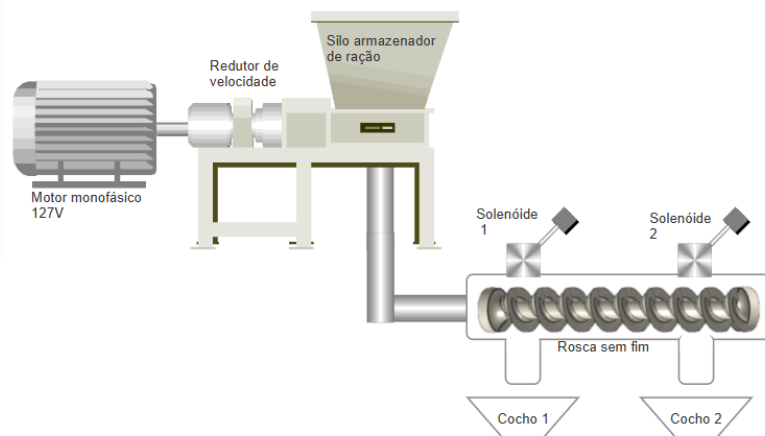
Como se trata de um protótipo, para a escolha dos materiais utilizados para o desenvolvimento do produto não foram considerados os aspectos reais de uso. Desta forma, buscou-se garantir que o protótipo apresentasse robustez suficiente somente para o funcionamento do sistema nas condições de testes.

Desta forma, o protótipo pode ser dividido:

- a) Estrutura física: representada pelo suporte estrutural da base feito de Medium-density Fiberboard - MDF, madeira, hastes e chapas metálicas, parafusos, fios, rebites, mancais que asseguram a estabilidade estrutural do sistema;
- b) Reservatório ou silo: armazenamento da ração feito de chapa metálica;
- c) Mecanismo de dosagem: projetado de forma a garantir a liberação controlada da ração em cada cocho, de acordo com a condição nutricional dos animais.

O mecanismo de dosagem é constituído por uma rosca sem-fim, acoplada a um motor elétrico monofásico 127 V, associado a um redutor de velocidade. O redutor está acoplado ao eixo da rosca sem-fim por meio de rolamentos que asseguram o alinhamento e reduzem o atrito durante a operação. A rosca sem-fim encontra-se posicionada dentro de um cilindro metálico, o qual apresenta duas aberturas laterais. Cada abertura está conectada a um cocho individual, sendo controlada por uma válvula solenoide que regula a passagem da ração. Ainda com mecanismo de dosagem, o controle do peso da ração é realizado por células de carga instalada na parte do fundo de cada cocho, responsáveis pela medição em tempo real da quantidade de ração dispensada. Durante o funcionamento, o motor aciona a rosca sem-fim, que transporta a ração, que “cai” do silo por gravidade, ao longo do cilindro. A abertura da solenoide permite que o alimento seja direcionado ao cocho correspondente. Quando a massa de ração acumulada atinge o valor pré-determinado (estabelecido de acordo com a condição nutricional do animal), a célula de carga por meio do microcontrolador e imediatamente, a solenoide é fechada e o motor é desligado, interrompendo o fluxo de ração.

Figura 3 – Representação visual do sistema desenvolvida do software online Smartdraw.



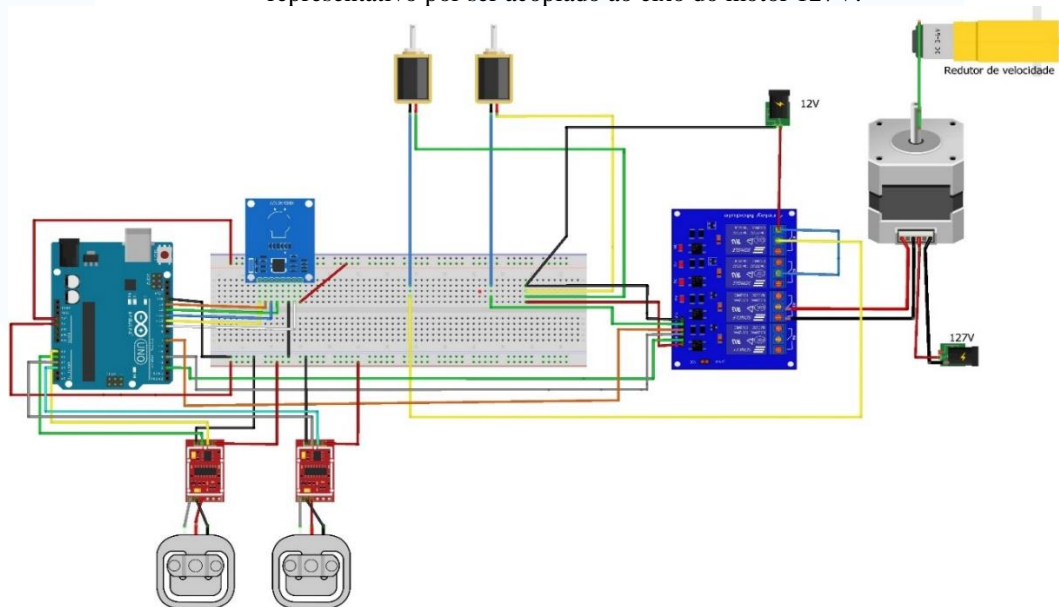
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.5.2 Projeto elétrico e eletrônico

O sistema desenvolvido combinou controle eletrônico e acionamento elétrico para fornecer ração de forma automatizada. A concepção do projeto elétrico-eletrônico parte da necessidade de acionar cargas maiores como o motor de 127 V, responsável pelo mecanismo de dosagem por rosca sem-fim, e ao mesmo tempo processar sinais de baixa intensidade provenientes dos sensores e módulos eletrônicos.

A distribuição de energia é realizada por diferentes níveis de tensão. O motor de 127 V é alimentado diretamente pela rede elétrica doméstica, porém seu acionamento não ocorre de forma direta, sendo acionado indiretamente pelo módulo de relés controlado pelo microcontrolador Arduino Uno.

Figura 4 – Diagrama do circuito completo realizado no software Fritzing. Redutor de velocidade é apenas representativo por ser acoplado ao eixo do motor 127V.



Fonte: Elaborado pelos autores.

fritzing

As válvulas solenóides de 12 V, utilizadas para liberar a ração em cada cocho, também são controladas pelo módulo de relés. Cada solenóide é acionada mediante abertura de contato do relé correspondente, sendo a alimentação proveniente de uma fonte de 12 V.



A parte eletrônica do sistema é centralizada no microcontrolador Arduino Uno, que realiza a leitura e processamento dos dados dos sensores e aciona as saídas de controle. Dois módulos conversores e amplificador de sinais de carga do tipo HX711, alimentados em 5 V, estão conectados às células de carga instalados sob cada cocho, permitindo a medição precisa do peso da ração dispensada. Esses sinais são processados pelo Arduino, que compara os valores medidos com os parâmetros previamente definidos para cada animal.

Complementando a aquisição de dados, o sistema conta com módulo RFID RC522, alimentado a 3.3V, responsável pela identificação individual dos animais por meio de cartões eletrônicos. Tanto a alimentação do RFID quanto o HX711 foram obtidas por pinos específicos de alimentação contidos no Arduino (5 V e 3.3 V).

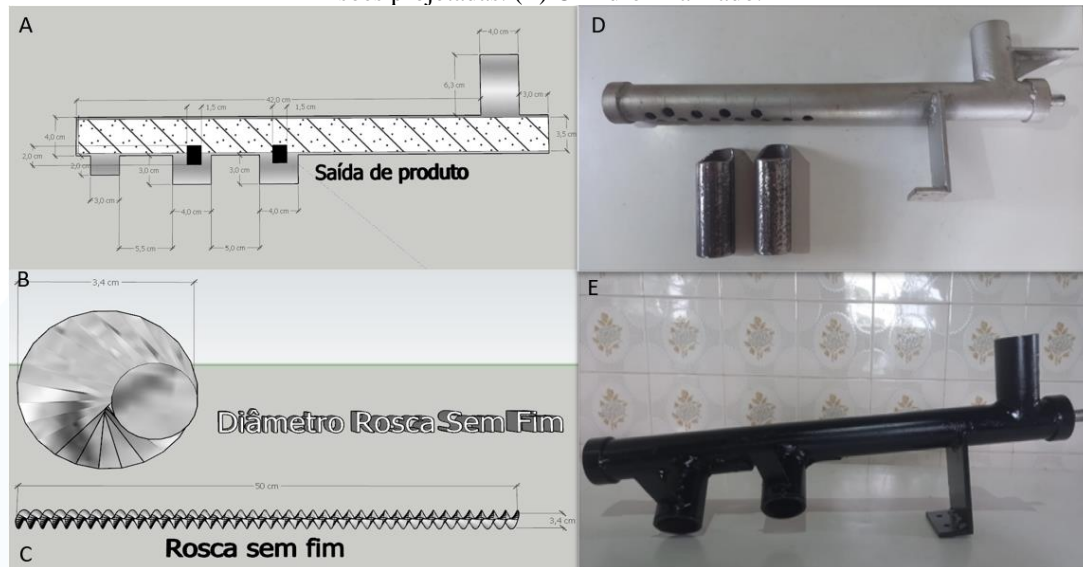
A integração entre os subsistemas elétrico e eletrônico ocorre no módulo de relés de quatro canais, que funciona apenas para fechar ou abrir contatos permitindo a passagem de energia proveniente das fontes externas para o motor, o contator e as válvulas solenóides. Assim, o microcontrolador exerce apenas a função de comando lógico, enquanto os dispositivos elétricos executam a atuação prática sobre as cargas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento do protótipo de cocho automatizado para alimentação de dois animais foi realizado com base na metodologia de desenvolvimento de produto, utilizando diferentes componentes eletrônicos e estruturais, conforme descrito nas seções anteriores.

O protótipo apresentou estabilidade estrutural satisfatória, assegurada pela escolha dos materiais descritos na seção 3.5, garantindo o correto alinhamento e a movimentação eficiente da rosca sem-fim. O cilindro projetado desempenhou adequadamente a função de transporte da ração. Na Figura 5, são apresentados o desenho e o dimensionamento da rosca sem-fim, bem como as etapas de corte e finalização do cilindro.

Figura 5 – Cilindro metálico com rosca-sem-fim. (A) Desenho técnico do cilindro de proteção da rosca sem-fim. (B) e (C) Dimensionamento da rosca sem-fim. (D) Cilindro cortado de acordo com as dimensões projetadas. (E) Cilindro finalizado.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A fase de prototipagem do alimentador permitiu validar a integração entres os sistemas mecânico, elétrico, eletrônico e de programação, possibilitando a avaliação do desempenho do conjunto em condições de teste. Os testes foram conduzidos com base nos parâmetros definidos durante o projeto, permitindo a avaliação do desempenho, da precisão e da confiabilidade de cada subsistema.

Com base nos fluxogramas e nos critérios de desenvolvimento de produto apresentados, foram elaboradas as estruturas do cocho por meio do *software SketchUp*, de modo a possibilitar a visualização tridimensional da proposta (Figura 6).

Figura 6 – Visualização do cocho automatizado a partir do *software SketchUp*. (A) Conjunto estrutural montado. (B) Visão motorredutor e cilindro do cocho. (C) Saída dupla do cilindro para despejo da ração e os dois cochos em conjunto com a instalação do leitor RFID.

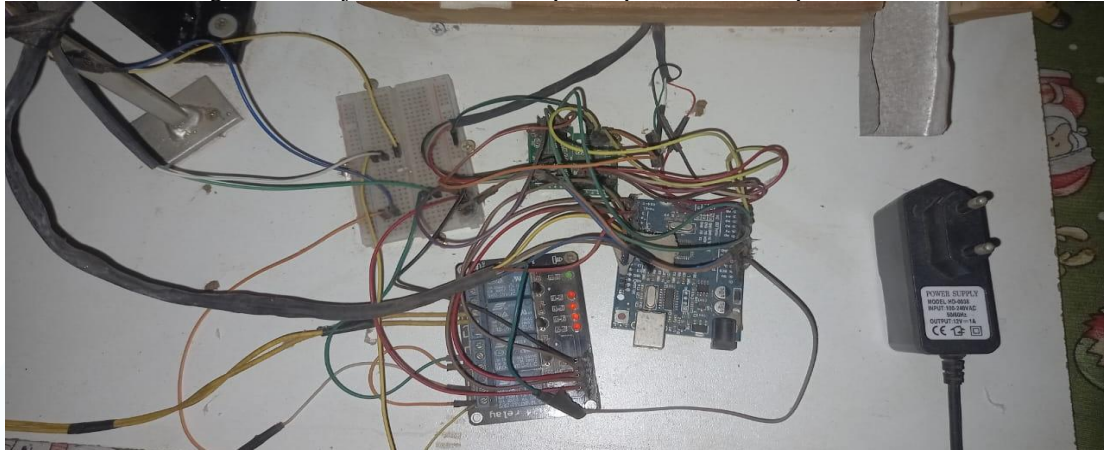


Fonte: Elaborado pelos autores.

O mecanismo de dosagem operou conforme previsto, transportando a ração do silo aos cochos e permitindo a liberação controlada pelas válvulas solenóides. A medição do peso da ração, realizada pelas células de carga mostrou-se precisa, permitindo que o fluxo fosse interrompido automaticamente ao atingir o valor programado.

O conjunto eletrônico responsável pela tomada de decisão está apresentado na Figura 7. Esse arranjo possibilita a leitura de dados em tempo real, o processamento das informações e a execução dos comandos de acionamento do motor e das válvulas solenóides. O microcontrolador desempenhou o papel central, recebendo os sinais dos sensores e interpretando-os de acordo com a lógica de programação estabelecida, garantindo que a quantidade de ração fosse liberada de forma precisa e controlada (<https://github.com/jessicaaraujobio/Cocho-Automatizado.git>).

Figura 7 - Conjunto eletrônico do protótipo montado em protoboard.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, o protótipo finalizado é mostrado na Figura 8, destacando seus principais componentes estruturais.

Figura 8 – Protótipo do cocho automatizado finalizado. (01 - Cilindro Metálico; 02 - Silo; 03 - Tampa do silo; 04 – Cochos metálicos; 05 - Redutor de velocidade; 06 - Motor 127V; 07 - Haste metálica; 08 - Suporte de MDF; 09 – Módulo RFID; 10 – Válvulas solenoides.



Fonte: Elaborado pelos autores.



A estrutura integra tanto a parte mecânica quanto eletrônica, resultando em um sistema funcional de alimentação automatizada. O silo metálico (02) permite o armazenamento da ração, protegido pela tampa superior (03), enquanto a rosca sem-fim instalada no interior do cilindro metálico (01) garante o transporte eficiente do alimento até os cochos (04). O motor monofásico 127 V (06), acoplado ao redutor de velocidade (05), fornece a força necessária para o acionamento da rosca sem-fim, assegurando o fluxo contínuo da ração em velocidade controlada. A sustentação do conjunto é fornecida por hastes metálicas (07) e suporte de MDF (08), dando estabilidade estrutural. Já o módulo RFID (09) possibilita a identificação do bovino, permitindo que a liberação da ração ocorra de forma condicionada.

5 CONCLUSÃO

A compreensão e conversão das demandas do cliente em requisitos específicos do produto, resultou no protótipo de cocho automatizado apresentado. Durante a evolução do projeto, o protótipo inicialmente concebido para apenas uma saída de alimentação foi adaptado para duas saídas, considerando a perspectiva de ampliação futura para a inclusão de novos cochos.

A identificação das necessidades do público-alvo, aliada à aplicação dos critérios de desenvolvimento de produto, foram fundamentais para orientar a construção do equipamento em escala reduzida, garantindo tanto a sua funcionalidade quanto a sua adaptabilidade às condições reais de uso.

REFERÊNCIAS

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Exportações de carne bovina brasileira cresceram 45,5%. 2022. Disponível em <<https://encurtador.com.br/0I2AG>>. Acesso em 26 fev. 2023.

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Beef Report 2024. Disponível em <<https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2024-perfil-da-pecuaria-no-brasil/>>. Acesso em 20 de set. 2024.

ACRISSUL. Associação dos Criadores de Mato Grosso do Sul. **Pecuária Intensiva – Censo de Confinamento da DSM-Firmenich estima crescimento de 2,5% para 2024**. 2024. Disponível em <<https://www.acrissul.com.br/noticias/censo-de-confinamento-da-dsm-firmenich-estima-crescimento-de-25-para/25954/>>. Acesso: 20 de set. 224.

ALMEIDA, R de *et al.* Fazendas de terminação. *In*: PIRES, A.V. **Bovinocultura de Corte**. Piracicaba: FEALQ, 2010. v. I. p.187- 198.

ÁLVARES, A. J.; SANTOS, A.V.A. Development of a anthropomorphic robotic hand with tactile perception. *In*: **International Conference on Control, decision and information Technologies**, 6. Paris, 2019.

AZEVÊDO, J. A. G. *et al.* **Predição de Consumo de Matéria Seca por Bovinos de Corte em Confinamento**. *In*: Sebastião de Campos Valadares Filho; Marcos Inácio Marcondes; Mario Luis Chizzotti; Pedro Veiga Rodrigues Paulino. (Org.). Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados - BR CORTE. 2ed.Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica LTDA, 2010, v. 1, p. 1-12.

BARROS, Q. S. O. **Dietas de alto grão: limites e potencialidades**. 2015. 63 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Zootecnia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, Sinop, 2015.

BRITO, F. **Ajuste na matéria seca da dieta de bovinos de corte**. Agrocerec Multimix. 2017. Disponível em <<https://agrocerecmultimix.com.br/blog/ajuste-materia-seca/>>. Acesso em 01 de maio de 2023.

CAVALCANTI, R. G. **Comedouro automatizado para caprinos e ovinos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2019.

COLLINS, J. A. **Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas: uma perspectiva de prevenção da falha**. Jack A. Collins, Henry R. Busby, George H. Staab ; tradução e

revisão técnica Leydervan de Souza Xavier, Paulo Pedro Kenedi, Pedro Manuel Calas Lopes Pacheco. - 2. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2019.

CPT. Centro de Produções Técnicas. **Aprenda sobre a alimentação de gado de corte.** Disponível em <<https://www.cpt.com.br/cursos-bovinos-gadodecorte/artigos/alimentacao-gado-corte>>. Acesso em setembro de 2021.

CROZARA, A.S. **Uso da automação para estimação de consumo alimentar, peso vivo e eficiência alimentar em bovinos de corte.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Escola de Veterinária e Zootecnia. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2018.

CROZARA, A.S. *et al.* Redução na duração do teste de eficiência alimentar utilizando mensurações diárias de consumo e ganho em peso em novilhas Nelore. **29º Congresso Brasileiro de Zootecnia.** Uberaba, 2019.

DIAS FILHO, A. **Técnica Aplicada para o Confinamento de Bovinos.** 2011. P.38 Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Medicina Veterinária) – Universidade de Brasília, Escola de Medicina Veterinária, Brasília, 2011.

DMS-FIRMENICH. **Censo DMS de confinamento – Resultado 2021.** 2022. Disponível em <<https://maisarroba.app.br/censoConfinamento>>. Acesso em 20 set. 2024.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate.** 2005. Disponível em <<https://encurtador.com.br/cI6zu>>. Acesso em setembro de 2021.

EUCLIDES FILHO. K. Bovinocultura de corte no Brasil. **Revista de Política Agrícola.** Ano XVI Nº 4. 2007.

EZEQUIEL, J.M.B. *et al.* Desempenho e características de carcaça de bovinos nelore em confinamento alimentados com bagaço de cana-de-açúcar e diferentes fontes energéticas. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.35, n.5, p.2050 a 2057, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores agropecuários. Bovinos (cabeças).** 2024. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/indicadores.html>>. Acesso: 20 set. 2024.

KARN, P. *et al.* Automatic Cattle Feeding System. **KEC CONFERENCE 2019.** Kantipur Engineering College, Dhapakhel Lalipur. 2019.

MOURA, H. **Pecuária de precisão aplicada em confinamentos bovinos.** Universidade de Viçosa. Departamento de Engenharia Elétrica. Viçosa, 2019.

OLIVEIRA, D. E. **Aspectos Sobre Nutrição e Alimentação de Equinos. Agroceres Nutrição Animal.** 2013. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/6893656-Dimas-estrasulas-de-oliveira-m-sc-d-sc-nutricionista-de-ruminantes-depto-tecnico-agroceres-nutricao-animal.html>>. Acesso em: 25 fev. 2023.

OLIVEIRA, B. C. *et al.* Mecanismos reguladores de consumo em bovinos de corte. **Nutri Time.** 2017.

PAULO, R.E.C.; RIGO, E.J. Dietas com milho grão inteiro como alternativa em confinamento sem volumoso. **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, v.3, 2012.

PECUÁRIA DE ALTA PERFORMANCE. **Nutrição eficiente exige automatização.** 2023. Disponível em < <https://pecuariadealtaperformance.com.br/tecnologia/nutricao-eficiente/>>. Acesso em 02 de maio de 2023.

PORTELA, F. **O preço do milho disparou? Saiba como aproveitar melhor o grão e aumentar em 20% a eficiência do boi confinado.** 2018. Disponível em <<https://www.girodobo.com.br/destaques/confinamento-bovino-com-milho-eficiencia-processamento-grao/>>. Acesso em 01 de maio de 2023.

RAJPUT, A. R. *et al.* Automatic Animal Food Feeding System. **International Journal of Advances in Engineering and Management (IJAEM)**, v. 3, p. 69, 2021.

SANTO, A. V. A.; ÁLVARES, A. J. Development of an anthropomorphic robotic hand with tactile percepton. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTROL, DECISION AND INFORMATION TECHNOLOGIES**, 6. Paris, 2019.

SCHWARTZKOPF-GEINSWEIN, K.S.; ATWOOD, S.; MCALLISTER, T. A. Relationships between bunk attendance, intake and performance of steers and heifers on varying feeding regimes. **Appl Anim Behav Sci.** 2002.

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Bovinocultura: manejo e alimentação de bovinos de corte em confinamento.** Coleção SENAR - 232. Brasília, 2018.

SOARES, B.B. *et al.* Associação entre consumo alimentar residual e tempo de permanência no cocho em bovinos da raça Nelore. Zootecnia Brasil. Centro de Convenções da PUC-GO. **55ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia.** 28º Congresso Brasileiro de Zootecnia. Goiânia, 2018.

SOH, Z.H.C. *et al.* Semi-automated double-sided livestock (SADSL) mixfeeder. **Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science.** Vol. 15. 2019.



ULRICH, K.; EPPINGER, S. **Product Design and Development**. McGraw-Hill Education; 5 Edition, 2012.

ULRICK, K.; EPPINGER, S.T. **Product Design and Development**. 6^a ed. University of Pennsylvania. Massachusetts Institute of Tecnology. 2016.

WALDO, D.R.; JORGENSEN, N.A. Forages for high animal production: Nutritional factors and effects of conservation. **Journal of Dairy Science**, 64:1207, 1981.