

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL  
Campus Ibirubá**

**GUILHERME LUIS NEGRELLO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Soluções integradas para pecuária: desenvolvimento de implemento para trator com funcionalidades de concha e fresa

**Ibirubá**

**2024**

GUILHERME LUIS NEGRELLO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Soluções integradas para pecuária: desenvolvimento de implemento para trator com funcionalidades de concha e fresa

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Ibirubá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Cristiano Kulman, Dr. Eng.

Ibirubá

2024

Negrello, Guilherme L

Soluções integradas para pecuária: Projeto de implemento para trator com funcionalidades de concha e fresa

Orientador: Prof. Cristiano Kulman, Dr. Eng.

Monografia (graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Ibirubá, Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, Ibirubá, 2024.

**Soluções Integradas para pecuária: desenvolvimento de implemento para trator com funcionalidade de concha e fresa**

**Guilherme Luis Negrello**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Ibirubá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Ibirubá, 05 de dezembro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. (orientador) Cristiano Kulman, Dr. Eng.  
IFRS campus Ibirubá

Prof. Marcos Vinício Oro, Dr. Eng.  
IFRS campus Ibirubá

Prof<sup>a</sup>. Ana Carolina Certato Confortin, Dr<sup>a</sup>. Zootecnia.  
IFRS campus Ibirubá

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus por me iluminar e conceder força e sabedoria durante toda minha jornada acadêmica.

Ao meu orientador, Prof. Cristiano Kulman, Dr. Eng., expresse minha profunda gratidão pela orientação, paciência e apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também aos professores que, com dedicação e empenho, compartilharam seu conhecimento ao longo do curso, contribuindo para minha formação acadêmica e pessoal.

Ao IFRS Campus Ibirubá, por oferecer uma educação gratuita e de qualidade, e por proporcionar um ambiente de aprendizado transformador, minha sincera gratidão.

Por fim, sou imensamente grato à minha família e amigos, que sempre acreditaram em mim e estiveram ao meu lado, oferecendo apoio emocional e incentivo inestimáveis. A todos que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista, deixo aqui meu mais sincero reconhecimento e agradecimento.

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso apresenta o desenvolvimento de um implemento agrícola multifuncional, com funcionalidades de concha e fresa, voltado à otimização da extração e manejo de silagem em operações pecuárias. A pesquisa teve como objetivo geral avaliar a viabilidade técnica e econômica do projeto, buscando soluções inovadoras para os desafios enfrentados por pecuaristas, como desgaste de equipamentos e altos custos de manutenção. O trabalho envolveu a definição de requisitos técnicos e funcionais, análise de demandas específicas, desenvolvimento de protótipos virtuais e avaliação econômica detalhada. As soluções propostas incluem um triturador do tipo rolo fresa e uma concha mecânica, projetados para maximizar a eficiência operacional, robustez e facilidade de manutenção. As etapas do projeto seguiram critérios de engenharia, incluindo modelagem 3D, simulações computacionais e elaboração de documento para registro de patente. Os resultados confirmaram a viabilidade técnica e econômica do implemento, bem como a possibilidade de prolongar a vida útil do equipamento. O projeto pode contribuir significativamente para a modernização do manejo agrícola, oferecendo uma solução prática para os produtores rurais.

Palavras-chave: Implemento agrícola. Extração de silagem. Engenharia mecânica. Viabilidade técnica. Custos operacionais.

## **ABSTRACT**

This final course paper presents the development of a multifunctional agricultural implement combining shell and milling functionalities, designed to optimize silage extraction and handling in livestock operations. The study aimed to assess the project's technical and economic availability, offering innovative solutions to challenges faced by livestock producers, such as equipment wear and high maintenance costs. The methodology included defining technical and functional requirements, analyzing specific demands, developing virtual prototypes, and conducting a detailed economic assessment. The proposed solutions include a rotary milling roller and a mechanical shell, both designed to enhance operational efficiency, durability, and ease of maintenance. The project's stages adhered to rigorous engineering standards, including 3D modeling, computational simulations, and patent documentation. Results confirmed the technical and economic feasibility of the implement, demonstrating its potential to extend equipment lifespan. This project significantly contributes to the modernization of agricultural practices, providing a practical and cost-effective solution for rural producers.

Keywords: Agricultural implement, Silage extraction, Mechanical engineering, Technical availability, Operating costs.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Silo trinchceira.....	17
Figura 2 – Vagão misturador.....	19
Figura 3 – Desensiladeira.....	20
Figura 4 – Macro fases e fases do processo de desenvolvimento de produto.....	25
Figura 5 – Função global do implemento agrícola.....	33
Figura 6 – Estrutura Funcional.....	34
Figura 7 – Estrutura de codificação.....	42
Figura 8 – Triturador de rolo fresa CM-00003(2400) .....	43
Figura 9 – Concha hidráulica CM-00001(2400) .....	45
Figura 10 – Articulação entre concha e triturador de rolo fresa CM-00002(2400) .....	47
Figura 11 – Triturador de rolo fresa na posição fim de curso.....	48
Figura 12 – Triturador de rolo fresa na posição elevada.....	49
Figura 13 – Curva da banheira.....	51
Figura 14 – Elemento rotativo da carreta forrageira com danos aparentes.....	52
Figura 15 – Posição do eixo no misturador.....	53
Figura 16 – Desensiladeira com indícios de danos.....	54
Figura 17 – Rolo fresador em etapa de manutenção .....	56
Figura 18 – Procedimento Operacional Padrão N° 1.....	58
Figura 19 – Procedimento Operacional Padrão N° 2.....	59
Figura 20 – Procedimento Operacional Padrão N° 3.....	60
Figura 21 – Lateral da máquina contendo os adesivos de NR12 .....	66
Figura 22 – Adesivo (1) Risco de esmagamento e (2) Perigo de corte e esmagamento.....	67
Figura 23 – Adesivo (3) Manual de instruções e (4) Atenção – movimento do sistema hidráulico.....	68
Figura 24 – Adesivo (4) Leia atentamente o manual de manutenção e (5) Risco de queda.....	69



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz conceito das estruturas funcionais propostas .....	39
Tabela 2 – Componentes do triturador de rolo fresa .....	44
Tabela 3 – Componentes da concha hidráulica .....	46
Tabela 4 – Análise de custos .....	61
Tabela 5 – Análise de custos – Articulação CM-00002(2400) .....	62
Tabela 6 – Análise de custos – Triturador de rolo fresa CM-00003(2400) .....	63
Tabela 7 – Análise de custos – Miscelâneas .....	64

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Requisitos do cliente .....	28
Quadro 2 – Requisitos do cliente x Requisitos de projeto .....	29
Quadro 3 – Requisitos do cliente x Atributos do projeto .....	30
Quadro 4 – Especificação do projeto .....	30
Quadro 5 – Matriz morfológica .....	35
Quadro 6 – Proposta 1 .....	36
Quadro 7 – Proposta 2 .....	37
Quadro 8 – Proposta 3 .....	38

# Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	12
1.2 OBJETIVO GERAL .....	13
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO .....	14
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1 PRODUÇÃO E ARMAZENAGEM DE SILAGEM .....	15
2.2 ARMAZENAMENTO DE SILAGEM EM SILOS TIPO TRINCHEIRA .....	16
2.3 COMPACTAÇÃO E ESTRUTURA DA SILAGEM .....	17
2.4 FERMENTAÇÃO ANAERÓBICA .....	18
2.5 CARRETA FORRAGEIRA.....	18
2.6 DESENSILADEIRA .....	19
2.8 PROJETAÇÃO .....	21
2.9 PADRÃO DE ENGENHARIA.....	21
2.10 PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO .....	21
2.11 MANUTENÇÃO .....	21
2.12 CUSTOS .....	22
2.13 PATENTE.....	23
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
3.1 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO .....	24
<b>4 PROJETO INFORMACIONAL .....</b>	<b>26</b>
4.1 DEMANDA DO PROJETO.....	27
4.2 REQUISITOS DO CLIENTE .....	27
4.3 REQUISITOS DO CLIENTE x REQUISITOS DO PROJETO .....	28
4.4 REQUISITOS DO CLIENTE x ATRIBUTOS DE PROJETO .....	29
4.5 ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO.....	30
<b>5 PROJETO CONCEITUAL .....</b>	<b>32</b>
5.1 FUNÇÃO GLOBAL.....	32
5.2 ESTRUTURA FUNCIONAL .....	33
5.3 MATRIZ MORFOLÓGICA .....	34
5.4 MATRIZ CONCEITO DAS ESTRUTURAS FUNCIONAIS PROPOSTAS.....	39

<b>6</b>	<b>PROJETO PRELIMINAR.....</b>	<b>41</b>
6.1	ESTRUTURA DO PROJETO.....	41
6.2	PADRÃO DE ENGENHARIA.....	41
6.3	COMPONENTES ESTRUTURAIS E FUNCIONAIS DO PROJETO.....	42
6.3.1	SISTEMA DE TRITURAÇÃO DA SILAGEM: TRITURADOR DE ROLO FRESA.....	43
6.3.2	SISTEMA DE COLETA E TRANSPORTE: CONCHA HIDRÁULICA.....	45
6.3.3	SISTEMA DE ARTICULAÇÃO ENTRE CONCHA E TRITURADOR DE ROLO FRESA.....	46
6.4	CONJUNTO COMPLETO.....	47
<b>7</b>	<b>MANUTENÇÃO.....</b>	<b>50</b>
7.1	CURVA DA BANHEIRA.....	50
7.2	ELEMENTO ROTATIVO DA CARRETA FORRAGEIRA COM DANOS APARENTES.....	51
7.3	DESENSILADEIRA COM INDÍCIOS DE DANOS.....	54
7.4	ROLO FRESADOR EM ETAPA DE MANUTENÇÃO.....	55
<b>8</b>	<b>POP – PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO.....</b>	<b>57</b>
<b>9</b>	<b>ANÁLISE DOS CUSTOS PARA PRODUÇÃO.....</b>	<b>60</b>
<b>10</b>	<b>NR12 SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS.....</b>	<b>64</b>
<b>11</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>69</b>
<b>12</b>	<b>PATENTE.....</b>	<b>71</b>
12.1	CAMPO DA INVENÇÃO.....	71
12.2	ANTECEDENTES DA INVENÇÃO.....	71
12.3	PROBLEMAS DA TÉCNICA ATUAL.....	73
12.4	SOLUÇÕES PROPOSTAS PELA INVENÇÃO.....	74
12.5	DESCRIÇÃO DAS FIGURAS.....	75
12.6	REIVINDICAÇÃO.....	78
<b>13</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>79</b>
<b>14</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>80</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A otimização é um aspecto importantes para as operações agrícolas. Para alcança-la, é necessário implementar estratégias que melhorem a gestão dos recursos, reduzam custos e desperdício, e aumentem a produção. Entre os desafios enfrentados pelos produtores de gado, destaca-se a dificuldade de uma extração eficiente da silagem dos silos.

O armazenamento e fornecimento adequado dos alimentos são essenciais para garantir um suprimento contínuo e de qualidade ao rebanho ao longo do ano. A silagem é um alimento de forragem verde como o milho, trigo ou linhaça que são conservados e armazenados em estruturas específicas, como em silos, para a preservação e a disponibilidade em períodos de escassez durante o ano.

Para facilitar a retirada da silagem, o uso de implementos especializados para a retirada da silagem dos locais de armazenamento contribui significativamente para o aumento da produtividade. Os implementos simplificam as tarefas de manejo reduzindo os esforços manuais necessários, e assim proporcionam eficiência e economicidade nas operações agrícolas.

SCARPITE et al. (2021) apresentaram um projeto de equipamento mecânico para desensilagem de silos e abastecimento de misturadoras de ração animal. Tiveram como resultado a eliminação do desperdício, aumento de produtividade e ganhos ergonômicos com a utilização deste equipamento.

Neste trabalho de conclusão de curso, foi destacada a análise das diferentes etapas do projeto de um implemento agrícola, desde sua concepção inicial até a finalização do protótipo virtual. O objetivo é desenvolver uma solução prática e eficiente para os desafios no manejo agrícola, priorizando a melhoria contínua dos processos e resultados.

Paralelamente, busca-se a redução dos custos de produção por meio da integração estratégica dos princípios fundamentais das áreas de controle de processos, engenharia assistida por computador (CAE/CAD) e projeto mecânico, promovendo soluções inovadoras.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

A importância estratégica e necessária para simplificar e aprimorar os processos relacionados à retirada da silagem requer o emprego de equipamentos específicos. Nos dias de hoje, as máquinas disponíveis no mercado, como as desensiladeiras, que contam com uma fresa

e um reservatório onde é feita a retirada da silagem dos silos trincheiras, e as carretas forrageiras já desempenham um papel importante no processo da mistura da silagem na pecuária.

No entanto, um problema enfrentado ao longo do tempo de uso pelos pecuaristas é a ocorrência de defeitos nas fresas acopladas aos misturadores. Problemas do tipo: desgaste, deformação ou danos estruturais nas fresas comprometendo o desempenho da máquina. As falhas ou problemas apresentados na fresa podem gerar diversas consequências significativas. Primeiramente, a necessidade de reparos pode prolongar o tempo de manutenção, deixando o misturador inutilizável por dias ou até semanas. Além disso, vibrações constantes decorrentes dessas falhas podem causar desconforto e problemas ergonômicos para o operador, ao mesmo tempo em que aumentam o risco de danos em outros componentes do misturador e do trator. Outro impacto relevante é o desperdício de forragem verde, causado pela silagem direcionada para fora do misturador, o que interfere no fluxo adequado do material e exige esforço adicional para sua recolha manual. Por fim, esses fatores resultam em prejuízos financeiros consideráveis, devido aos custos frequentes de manutenção e ao desperdício de recursos.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é analisar a viabilidade técnica e econômica do desenvolvimento de um novo implemento agrícola multifuncional, focado à extração de silagem, com ênfase na avaliação detalhada dos custos de produção.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral, é necessário estabelecer uma série de objetivos específicos:

- Definir as necessidades e demandas dos pecuaristas relacionadas à retirada eficiente da silagem dos silos;
- Analisar as principais características e especificações técnicas das fresas acopladas aos misturadores utilizados no processo de retirada de silagem;
- Desenvolver o projeto de um implemento que solucione os problemas recorrentes aos misturadores, visando aumentar a sua vida útil;
- Realizar protótipo virtual para verificar a viabilidade do projeto proposto;

- Avaliar a viabilidade econômica do projeto;
- Desenvolver a redação técnica de um pedido de patente;
- Elaborar Procedimento Operacional Padrão para manutenção do implemento;
- Adequar o projeto às exigências da NR12, assegurando que o equipamento atenda aos requisitos de segurança para operação e manutenção de máquinas e implementos agrícolas.

#### 1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Nesse trabalho, não foi abordado o aprofundamento em cálculos de dimensionamento detalhado dos componentes. A escolha por não explorar essa etapa em profundidade se deve à natureza introdutória e conceitual do projeto, que busca validar a viabilidade técnica e econômica do implemento por meio de simulações computacionais e análises qualitativas.

O dimensionamento detalhado, envolvendo cálculos estruturais e análises de desempenho, exige uma abordagem específica e tempo adicional que extrapolam o escopo deste trabalho. Assim, a ênfase será dada aos aspectos gerais do projeto, como concepção inicial, definição de requisitos funcionais, modelagem virtual e avaliação de custos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, foi analisada a metodologia empregada no desenvolvimento do projeto do protótipo virtual. A criação do projeto exige uma abordagem criteriosa, que envolve a análise das necessidades específicas do processo de fabricação, o modelo de soluções técnicas apropriadas e a garantia de que o projeto possa ser facilmente integrado ao ambiente de produção.

Neste trabalho, foi abordado o desenvolvimento de um implemento para a retirada de silagem do silo, projetado para atender às exigências do mercado, aumentar a vida útil do produto e manter os custos de fabricação baixos. Foram explorados os princípios teóricos que fundamentam o projeto de implementos e as etapas do desenvolvimento do projeto, abrangendo o projeto informacional, conceitual e preliminar.

Além disso, como parte do escopo do trabalho, foi elaborado o texto técnico para a redação da patente do implemento desenvolvido e os procedimentos para a solicitação de patenteamento junto aos órgãos competentes serão realizados, assegurando a proteção da propriedade intelectual.

Inicialmente, foi abordado os princípios relacionados à produção e armazenamento de silagem, destacando sua importância nas operações pecuárias. Em seguida, foram discutidos a extração da silagem dos silos e a importância dos implementos agrícolas na otimização. Além disso, foi explorados aspectos como manutenção, custos e proteção por patente.

### 2.1 PRODUÇÃO E ARMAZENAGEM DE SILAGEM

A silagem é uma técnica de conservação de forragem utilizada na pecuária, em sistemas de produção de leite e carne. Essa prática tem a capacidade de reduzir desperdícios e assegurar a estabilidade alimentar do rebanho, mesmo diante de condições climáticas adversas ou períodos de menor disponibilidade de pasto.

No Brasil, a maior parte dos produtores de leite utiliza pastagens na alimentação de seus rebanhos. Isto ocorre por fatores econômicos, pela diversidade de solos e climas e pela grande quantidade de espécies forrageiras tropicais. Contudo, durante a estação seca, as plantas forrageiras fornecem menor quantidade de alimento, e nem sempre é possível atender às exigências dos animais. Portanto, é necessário utilizar técnicas de conservação de forragem para suplementar o rebanho, durante o período de escassez de forragem (GONÇALVES et al., 2009).



O estudo de Batista et al. (2024) apresenta uma revisão sobre boas práticas na produção de silagem para bovinos, destacando aspectos técnicos e sustentáveis. A pesquisa inclui técnicas de ensilagem, armazenamento, uso de aditivos e métodos que garantam a qualidade da silagem. O trabalho enfatiza a importância da escolha de culturas adequadas, como sorgo, capim-elefante e milho, que se destacam no Brasil por seu alto rendimento e valor nutritivo. Também são abordados fatores como corte, compactação e armazenamento adequados para minimizar perdas e melhorar a qualidade final.

A suplementação alimentar baseada em silagem, apresenta a redução de custos com alimentação concentrada e o melhor aproveitamento de culturas como milho, sorgo e capim.

## 2.2 ARMAZENAMENTO DE SILAGEM EM SILOS TIPO TRINCHEIRA

Os silos tipo trincheira também conhecidos como silos horizontais são utilizados para o armazenamento de silagem em operações agrícolas de médio e grande porte. Consistem em estruturas retangulares, geralmente feitas de concreto, porém em muitas operações, visando redução de custos, opta-se por modelos onde a base da forragem fica em contato direto com o solo.

De acordo com Sales (2015), os silos tipo trincheira são estruturas utilizadas para o armazenamento de silagem, especialmente devido à sua capacidade superior de compactação e preservação do material ensilado. Essas estruturas permitem o armazenamento de até 650 kg de silagem por metro cúbico.

Ainda conforme Sales (2015), um silo trincheira com dimensões de 20 metros de comprimento, 4 metros de largura e 1,5 metros de altura pode armazenar cerca de 78 toneladas de silagem, quantidade suficiente para alimentar 20 vacas leiteiras por 120 dias, considerando uma dieta diária de 30 kg de silagem por animal. O enchimento deve ser realizado em camada, compactadas cuidadosamente em formato de pirâmide, o que minimiza a presença de oxigênio e maximiza a preservação do material (SALES, 2015).

A vedação desses silos é necessária para garantir a qualidade da silagem, sendo recomendada a utilização de lonas plásticas, preferencialmente com uma face branca para refletir a luz solar e evitar o aquecimento excessivo. Adicionalmente, é indicado o uso de uma camada fina de terra e capim sobre a lona para melhorar a vedação e proteger contra intempéries

(SALES, 2015, p.2). Este manejo adequado assegura a conservação da silagem por períodos prolongados, dependendo das condições de vedação e armazenamento.

Além disso, o uso de pesos sobre a lona é essencial para evitar a entrada de ar, que pode comprometer a fermentação anaeróbica. A seguir, a figura 1 demonstra a construção e a estrutura típica de um silo tipo trincheira.

Figura 1 – Silo trincheira.



Fonte: Acervo Rehagro.

### 2.3 COMPACTAÇÃO E ESTRUTURA DA SILAGEM

Segundo Moraes e Ramos (1998) destacam a importância da compactação no processo de ensilagem em silos tipo trincheira, especialmente em relação à estrutura da silagem. Moraes e Ramos (1998) destacam que a compactação adequada é necessária para eliminar o ar das camadas de forragem e permitir que a fermentação anaeróbica ocorra, preservando a qualidade do material ensilado. No silo trincheira, a compactação pode ser realizada por rodas de trator, sendo essencial que a forragem seja compactada enquanto é distribuída no silo. Essa compactação deve ser feita em camadas finas para garantir que toda a massa seja compactada uniformemente, sem que ocorram bolsas de ar, que podem comprometer a fermentação e a qualidade da silagem. O processo de compactação adequada favorece a conservação da forragem por longos períodos, garantindo a manutenção do valor nutritivo.

## 2.4 FERMENTAÇÃO ANAERÓBICA

De acordo com Paula (2021) a fermentação anaeróbica serve para conservar o valor nutritivo dos alimentos com mínimas perdas. Paula (2021, p.3) aborda que o processo de fermentação de microrganismos utiliza carboidratos solúveis da matéria vegetal para produzir ácidos orgânicos, como lático e acético, que reduzem o pH, inibindo microrganismos deletérios e preservando a silagem. Este processo também assegura que apenas bactérias anaeróbicas continuem a crescer, promovendo a conservação do alimento.

## 2.5 CARRETA FORRAGEIRA

Quando a silagem é retirada de um silo com compactação excessiva e descarregada em grandes volumes no vagão misturador, onde será combinada com outros nutrientes antes de ser distribuída ao rebanho, surgem desafios operacionais. Em casos em que a carreta forrageira não está equipada com sistemas de corte durante a retirada, o eixo interno do equipamento é submetido a um esforço elevado para realizar a mistura. Esse esforço adicional pode causar danos estruturais, resultando em falhas inesperadas, paradas operacionais não planejadas e aumento dos custos de manutenção, comprometendo a eficiência do processo.

Boller (2012, p.429) descreve a carreta forrageira como um equipamento utilizado para o transporte e distribuição da silagem diretamente nos cochos. Esse equipamento é frequentemente equipado com dispositivos como esteiras transportadoras ou roscas sem-fim, que garantem uma distribuição uniforme e facilitada da ração.

Na figura 2, pode-se observar a imagem de uma carreta forrageira sem equipamentos específicos para o corte da silagem. O processo é realizado por outros mecanismos que possuem a função de transportar a silagem e despejá-la dentro do vagão.

Figura 2 – Carreta forrageira.



Fonte: Ipacol.

## 2.6 DESENSILADEIRA

A desensiladeira é um equipamento utilizado no manejo de silagem por pequenos e médios produtores, sendo utilizada para retirar e transportar o material da silagem para alimentação animal.

Boller (2012, p.428) descreve as desensiladeiras como máquinas destinadas à remoção da silagem dos silos e sua preparação para alimentação dos animais. Em silos horizontais, um exemplo destacado é o uso de um rotor horizontal acionado pela tomada de potência de um trator, combinado com um depósito montado no sistema de levante hidráulico. Este rotor remove camadas de silagem e as direciona para o depósito. No interior deste, um misturador permite a adição de componentes que balanceiam a ração. A silagem processada é descarregada por uma helicóide enquanto o equipamento se movimenta ao longo do cocho.

Sobre a importância da desensiladeira, Lisbinski (2018) entende que ao descompactar a silagem com este recurso reduzem-se os custos operacionais que seriam onerosos a partir do trabalho manual.

Abaixo, é apresentada na figura 3 uma desensiladeira para ilustrar seu funcionamento e estrutura.

Figura 3 – Desensiladeira.



Fonte: SCHEMAQ.

## 2.7 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

No estudo de Romano (2003), o desenvolvimento de produtos é dividido em três macrofases: planejamento, projeção e implementação, cada uma com etapas específicas. A fase de projeção inclui quatro etapas: projeto informacional, para definir especificações iniciais; projeto conceitual, que propõe soluções; projeto preliminar, que avalia viabilidade técnica e econômica; e projeto detalhado, que formaliza a documentação técnica.

## 2.8 PROJETAÇÃO

De acordo com Romano (2003), o desenvolvimento de projetos técnicos é um processo dividido em etapas interdependentes que visam criar produtos eficientes e funcionais. A fase inicial, chamada projeto informacional, define especificações e documenta demandas e restrições técnicas e mercadológicas, servindo como base para as etapas subsequentes. Em seguida, o projeto conceitual se concentra no desenvolvimento da concepção do sistema técnico, analisando o escopo, verificando especificações, identificando restrições e criando alternativas funcionais. Por fim, o projeto preliminar refina as concepções selecionadas, detalhando aspectos funcionais, estruturais e estéticos, além de realizar verificações de desempenho e viabilidade, preparando o produto para as etapas finais de desenvolvimento e implementação.

## 2.9 PADRÃO DE ENGENHARIA

Kastner (2017) destaca a importância de padrões de nomenclatura consistentes em projetos de engenharia para evitar problemas como duplicação de nomes e comprometimento de vínculos entre componentes. Ele sugere que nomenclaturas estruturadas melhoram a organização e a rastreabilidade dos arquivos, garantindo a integridade e continuidade do projeto.

## 2.10 PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO

Truffa e Tessele (2022) descrevem o procedimento operacional padrão (POP) como uma ferramenta que garante padrões de qualidade, reduz a variabilidade nos processos e a ocorrência de defeitos. Além de servir como instrumento de auditoria interna, o POP auxilia na identificação e correção de falhas, melhorando a qualidade, os custos, a segurança e os prazos, desde que os colaboradores sejam devidamente treinados.

## 2.11 MANUTENÇÃO

A manutenção de máquinas e implementos agrícolas é um pilar essencial para garantir a eficiência, segurança e longevidade dos equipamentos. Ao adotar práticas regulares de manutenção, como inspeções, limpeza e substituição de peças desgastadas, é possível prevenir falhas, reduzir custos operacionais e evitar interrupções nas atividades.

No entanto, destaca-se que a manutenção adequada das máquinas agrícolas é necessária para garantir seu desempenho e conservação. Isso inclui verificações e controles periódicos, além de seguir as recomendações do manual do fabricante. Tais práticas aumentam a vida útil das máquinas, reduzem o tempo de inatividade e evitam despesas desnecessárias. A manutenção é necessária quando os equipamentos operam em condições adversas, como terrenos irregulares, excesso de poeira e umidade. Negligenciar esses cuidados pode resultar em queda de desempenho, interrupções na produção, riscos à segurança dos trabalhadores e aumento dos custos operacionais. Para evitar esses problemas, recomenda-se a implementação de manutenções preventivas, realização de inspeções periódicas, uso correto dos equipamentos conforme o manual e limpeza regular das máquinas (CIMETAL, 2021).

Marispan (2022), destaca a importância da manutenção preventiva dos implementos agrícolas para evitar contratempos, reduzir custos e aumentar a produtividade no campo. Inspeções regulares garantem a segurança das operações e prolongam a vida útil dos equipamentos.

Pennacchi (2023) aborda a importância de três tipos de manutenção para o maquinário agrícola: preventiva, preditiva e corretiva. Este autor destaca que a manutenção preventiva, realizada em intervalos regulares conforme orientações dos manuais, assegura a segurança dos operadores, a integridade das máquinas e a eficiência das operações. Pennacchi enfatiza que práticas como verificar fixações, utilizar peças de qualidade e planejar adequadamente as janelas de tempo para manutenção são importantes para o bom funcionamento dos equipamentos.

## 2.12 CUSTOS

Martins (2005) aborda os custos de produção em diversos contextos no artigo, mas especialmente discute a importância de considerar os custos fixos e variáveis na tomada de decisões estratégicas de fabricação ou aquisição. Este conteúdo é encontrado no capítulo sobre custos de produção e planejamento estratégico, detalhando como as empresas podem usar o ponto de equilíbrio para tomar decisões sobre investimentos em produção interna.

Santos (2018, p. 17) enfatiza que a importância dos custos é necessária para o planejamento, controle e tomada de decisões gerenciais. O autor destaca que a contabilidade de

custos fornece informações essenciais para medir e avaliar os custos de produção, possibilitando a gestão eficaz de recursos e o alcance da rentabilidade desejada.

### 2.13 PATENTE

Para auxiliar no êxito da concessão da patente de equipamentos, necessita-se de uma busca por anterioridades e a identificação das patentes válidas. Para essa finalidade, são utilizados os seguintes recursos de pesquisa: o banco de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), a plataforma Espacenet, administrada pelo Escritório Europeu de Patentes (EPO) e o Google Patents. Estas ferramentas auxiliam na definição das reivindicações do documento de patente a ser depositado nos órgãos patentários de cada país.

Durante a pesquisa, foram empregados diversos termos e expressões, tanto em português quanto em inglês. Em português, a pesquisa utilizou: desensiladeira, desensiladeira tipo rolo, rolo fresa, silagem, em inglês, a pesquisa utilizou: silage extractor, chaff, equipment for cutting, conveyor arm, silage cutter, unloading silage, rotary cutter for forage.

Os resultados das pesquisas variaram significativamente: enquanto algumas consultas retornaram com resultados, outras apresentaram nenhum registro relevante. O resultado dessas pesquisas está disponível no conteúdo a ser empregado no documento de depósito de patente, no capítulo 12.

## 3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho foi elaborada de forma estruturada e progressiva, com o objetivo de garantir um desenvolvimento eficiente e consistente do projeto do implemento agrícola. O processo foi dividido em etapas interdependentes, abrangendo desde a concepção inicial até a avaliação de viabilidade.

A fase de projeção inicia-se com a concepção e planejamento. Nessa etapa, são definidos os requisitos técnicos e operacionais.

Em seguida, é realizado um estudo para avaliação da viabilidade técnica e econômica do projeto, levando em consideração custos de produção, manutenção e potenciais retornos financeiros.



O ciclo segue com a etapa de projeto e desenvolvimento, onde ocorre a elaboração detalhada, cuja etapas são:

- Projeto informacional - são definidos os requisitos funcionais e as especificações técnicas com base nas necessidades identificadas.
- Projeto conceitual - são desenvolvidos os conceitos iniciais e soluções técnicas, utilizando esboços, protótipos virtuais e simulações computacionais.
- Projeto preliminar - esses conceitos são refinados, detalhando componentes, materiais e funcionalidades.
- Projeto detalhado - envolve a criação de modelos 3D completos e especificações finais, preparando o implemento para a fase de fabricação do protótipo.

Na fase do desenho do projeto, foram transformadas as ideias conceituais em soluções funcionais. Isso inclui a criação de modelos virtuais e o detalhamento dos componentes, materiais e processos de fabricação. Durante o projeto, são avaliados aspectos como facilidade de operação e manutenção, garantindo que o produto final seja robusto e versátil.

Em seguida o desenvolvimento abrange a realização de simulações computacionais, ajustes técnicos e testes de desempenho, refinando o projeto para que atenda às especificações estabelecidas, assegurando sua viabilidade técnica e econômica.

O ciclo de vida do projeto segue com a fase de produção e montagem, que abrange a produção do protótipo, onde é construído um modelo físico utilizando os materiais e processos de fabricação estabelecidos. Com base nos resultados, são feitos ajustes e melhorias, refinando tanto o desenho do projeto quanto os processos de produção.

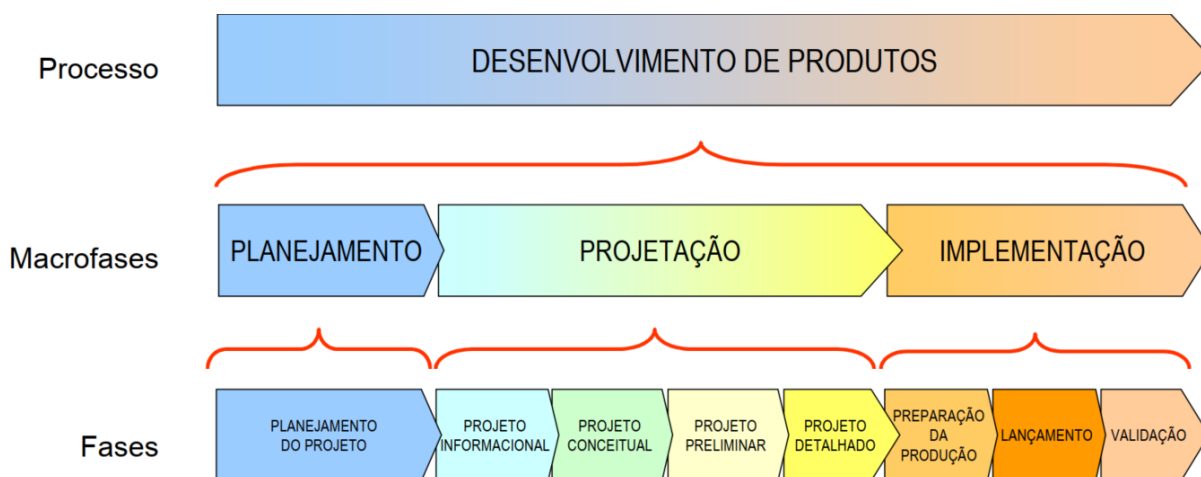
### 3.1 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

A atividade do engenheiro consiste em aplicar os princípios das ciências exatas e da engenharia, considerando os aspectos como métodos, economia e ferramentas envolvidas, tendo como o objetivo criar soluções técnicas para problemas específicos. Esses desafios são abordados por meio de projetos de engenharia, elaborados para alcançar a solução mais produtiva e adequada às condições estabelecidas.

Segundo Romano (2003), o desenvolvimento de produtos é dividido em três macrofases principais: planejamento, projeção e implementação, cada um subdividida em etapas

específicas para garantir um maior controle no processo. A figura 4 são apresentadas as macrofases e fases do processo de desenvolvimento de produto.

Figura 4 – Macro fases e fases do processo de desenvolvimento de produto.



Fonte: ROMANO (2003, p .24).

De acordo com Back et al. (2008, p. 73), a etapa de planejamento do projeto, inserida na macrofase de planejamento, tem como objetivo preparar um novo projeto alinhado às estratégias de negócio da empresa.

A macrofase de planejamento, conforme detalhado por Romano (2003), é necessária no processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. Estabelece objetivos claros para o projeto, identificando os recursos necessários e criando condições favoráveis para a execução das atividades.

Back et al. (2008) descrevem que, na macrofase de projeção, a primeira etapa é o projeto informacional, em que são definidas as especificações do produto. Nesse momento, determinam-se os requisitos do usuário e do projeto.

A fase de projeção, é composta por quatro etapas sequenciais: o projeto informacional é a etapa inicial, dedicada a identificar as demandas do mercado ou do cliente e transformá-las em especificações técnicas, garantindo que o produto atenda às necessidades. Em seguida o projeto conceitual, se concentra na geração de alternativas técnicas e criativas, avaliando diferentes soluções para selecionar as mais adequadas, reduzindo riscos nas próximas fases. O projeto preliminar tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica das alternativas, assegurando que os recursos sejam utilizados de forma eficiente e que a configuração do

produto atenda às metas do projeto. E o projeto detalhado, formaliza toda a documentação técnica do produto e do processo de manufatura.

Já a macrofase de implementação envolve a preparação para a produção, incluindo testes piloto para garantir a conformidade do produto, e o lançamento no mercado, seguido pela validação e encerramento formal do projeto. A duração do processo varia conforme a natureza do produto: projetos de produtos originais ou inovadores demandam maior tempo devido à complexidade intrínseca, enquanto projetos de produtos aperfeiçoados ou adaptados requerem menor tempo, aproveitando configurações e processos previamente existentes.

#### **4 PROJETO INFORMACIONAL**

O projeto informacional é a etapa inicial do desenvolvimento do implemento agrícola, na qual são definidos os requisitos funcionais e as especificações técnicas com base nas necessidades dos usuários.

Segundo Romano (2003), o projeto informacional é uma fase intermediária no processo de desenvolvimento de um produto. Tem como objetivo estabelecer as especificações do projeto, reunindo todas as informações e requisitos necessários para direcionar as fases subsequentes. É nesse momento que se busca compreender e documentar as demandas e restrições associadas ao produto, tanto sob aspectos técnicos quanto mercadológicos.

Romano (2003) descreve a macrofase de projeção como uma estrutura mais ampla, que inclui as fases de projeto conceitual, preliminar e detalhado. Em produtos já existentes ou em adaptações, essa fase pode ser realizada de maneira mais breve, focando na validação de concepções previamente conhecidas. No entanto, em produtos originais ou inovadores, essa etapa ganha maior complexidade, exigindo maior dedicação e coleta detalhada de informações.

Esta fase busca compreender as demandas operacionais e identificar as soluções para atender às necessidades. A partir dessa análise, é possível planejar de forma estratégica as próximas etapas do ciclo de desenvolvimento do produto, garantindo alinhamento com os objetivos do projeto.

#### 4.1 DEMANDA DO PROJETO

Diante dos desafios enfrentados pelos produtores rurais em relação à retirada de silagem dos silos, este projeto visa o desenvolvimento de um implemento inovador que atenda às necessidades específicas do setor agrícola, em especial da pecuária.

O projeto deverá manter os custos de fabricação acessíveis do equipamento ao longo do tempo. Além disso, é necessário que o implemento proposto seja capaz de suportar as condições de uso diário, garantindo a qualidade e a continuidade do fornecimento de silagem para o rebanho no dia a dia e especialmente em períodos de escassez de forragem. O desenvolvimento desse implemento representa uma resposta planejada para às demandas atuais do mercado.

Para atender às necessidades do setor agropecuário, foram realizadas entrevistas com produtores rurais de pequenas propriedades para identificar suas necessidades e dificuldades relacionadas à retirada de silagem dos silos. Com isso, utilizou-se o método de observação para analisar os requisitos técnicos ao desenvolvimento de um equipamento.

- **Eficiência na Operação:** O implemento deve retirar a silagem rapidamente e com precisão, garantindo uma retirada uniforme e minimizando o tempo de operação;
- **Robustez:** O equipamento deve ser projetado para suportar impactos e o desgaste contínuo decorrente do uso intensivo;
- **Versatilidade:** Ele deve ser adaptável a diferentes condições de uso e tipos de silagem, garantindo eficiência tanto em pequenas quanto em grandes operações pecuárias. Além disso, o design deve permitir a reposição rápida e fácil de peças desgastadas ou danificadas, evitando que o equipamento fique inoperante por longos períodos de tempo;
- **Fácil Manuseio e Manutenção:** O modelo deve priorizar a ergonomia e a simplicidade, facilitando a operação e a manutenção.

#### 4.2 REQUISITOS DO CLIENTE

Para atender às necessidades dos produtores rurais, o projeto do implemento deve ser planejado, levando em consideração uma série de aspectos fundamentais. O objetivo é assegurar

que o equipamento ofereça um desempenho otimizado, alta durabilidade e facilidade de operação além de ser adaptável às demandas de diferentes escalas de produção.

Segundo Pahl et al. (2005), no projeto informacional, a identificação dos requisitos, classificados em básicos, técnicos e de atratividade, são necessários. Os requisitos básicos são geralmente implícitos, enquanto os técnicos refletem as necessidades explicitadas pelos clientes. Esses requisitos são priorizados para determinar os mais relevantes e, posteriormente, utilizados como base para a definição dos requisitos de projeto, orientando o desenvolvimento técnico. Os requisitos de atratividade, embora frequentemente não percebidos pelos clientes nem valorizados como fatores que justifiquem um custo adicional, podem ser uma forma de diferenciação do produto diante da concorrência.

O quadro 1 apresenta uma relação dos principais requisitos identificados junto aos pecuaristas, categorizados em aspectos técnicos, básicos e de atratividade.

Quadro 1 – Requisitos do cliente.

Nº	Requisitos do cliente	Descrição	Classificação
1	Desempenho melhorado	Garantir a remoção rápida da silagem, melhorando o fluxo de trabalho nas operações diárias.	Requisito Técnico
2	Durabilidade	Construção com materiais resistentes para suportar uso contínuo em ambientes adversos, reduzindo manutenções frequentes.	Requisito Básico
3	Adaptável	Versatilidade para operar com diferentes tipos de silagem e em variadas configurações de silos.	Requisito Técnico
4	Facilidade de manutenção	Facilidade de acesso aos componentes principais para manutenção rápida e prática, sem ferramentas	Requisito Técnico
5	Redução de Custos Operacionais	Projeto eficiente que assegure baixo consumo de combustível e mínimo desgaste de peças, reduzindo custos operacionais.	Requisito de Atratividade

Fonte: Autor (2024).

#### 4.3 REQUISITOS DO CLIENTE x REQUISITOS DO PROJETO

Para garantir que o desenvolvimento do implemento atenda às necessidades e expectativas, é necessário fazer uma comparação entre os requisitos do projeto e os requisitos do cliente. O quadro 2 apresenta a interação e complementaridade desses conjuntos de

requisitos, demonstrando como eles convergem para que o produto final atinja os objetivos de desempenho, durabilidade e custo-benefício.

Quadro 2 – Requisitos do cliente x Requisitos de projeto.

Categoria	Requisitos do Cliente	Requisitos do Projeto	Comparação
<b>Eficiência Operacional</b>	Remoção rápida, precisa e uniforme da silagem, otimização do tempo e consumo de combustível.	Velocidade de carregamento (t/h) e número de comandos (unidades)	Ambos focam em produtividade e eficiência, reduzindo o tempo de operação e o consumo de energia.
<b>Robustez e Durabilidade</b>	Alta resistência ao uso contínuo e condições adversas, durabilidade e resistência ao desgaste.	Especificações de resistência (material) e dimensões projetadas (m).	Ambos destacam a robustez e durabilidade para garantir maior vida útil do implemento.
<b>Versatilidade</b>	Adaptabilidade a diferentes tipos de silagem e operações agrícolas, com rápida troca de peças.	Quantidade de módulos e capacidade de integração com sistemas existentes.	Ambos enfatizam a adaptabilidade e versatilidade para diferentes cenários de aplicação no campo.
<b>Manutenção</b>	Manutenção rápida, com fácil acesso aos componentes e sem ferramentas especializadas.	Nº de componentes e tempo médio de manutenção (minutos).	Ambos priorizam a facilidade de manutenção para minimizar o tempo de inatividade do equipamento.
<b>Ergonomia</b>	Fácil operação, com modelo ergonômico para conforto e segurança dos operadores.	Força manual exigida (N) e projetado para 95% dos operadores segundo a norma ISO 15537.	Ambos valorizam segurança e conforto para o operador durante o uso do equipamento.
<b>Custo-benefício</b>	Desempenho com custos acessíveis de fabricação e manutenção.	Nº reduzido de componentes, custo acessível e fabricação simplificada.	Ambos visam oferecer um produto com bom custo-benefício, otimizando a durabilidade e desempenho.

Fonte: Autor (2024).

#### 4.4 REQUISITOS DO CLIENTE x ATRIBUTOS DE PROJETO

O quadro 3 a seguir apresenta uma comparação entre os requisitos do cliente e os atributos de projeto que são incorporados no projeto e desenvolvimento do equipamento. Esta

relação garante que cada aspecto do projeto seja alinhado com as demandas reais, resultando em um produto final.

Quadro 3 – Requisitos do cliente x Atributos do projeto.

Requisitos do Cliente	Atributos do Projeto
<b>Desempenho Superior</b>	Eficiência operacional, garantindo rapidez e qualidade na retirada de silagem.
<b>Durabilidade</b>	Materiais e métodos de construção
<b>Adaptabilidade</b>	Projeto versátil que se adapta a diferentes tipos de silagem e tamanhos de silos.
<b>Facilidade de Manutenção</b>	Modelo com acesso simplificado a componentes para rápida substituição e manutenção.
<b>Redução de Custos Operacionais</b>	Projeto otimizado para eficiência no consumo de recursos durante a operação.
<b>Ergonomia e Facilidade de Operação</b>	Modelo ergonômico para conforto e segurança do operador durante uso prolongado. Garantir a integridade física do montador.

Fonte: Autor (2024).

#### 4.5 ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO

Especificações de projeto são detalhes sobre os requisitos técnicos, funcionais e operacionais que um projeto ou produto deve atender. Elas servem como um guia para a execução do projeto, garantindo que todas as partes envolvidas compreendam e cumpram os critérios necessários para alcançar os objetivos definidos.

O quadro 4, resume os requisitos e atributos essenciais do projeto, definindo os objetivos específicos, os métodos de medição ou sensores a serem utilizados e as saídas desejadas. Esses critérios garantem que o produto final atenda às necessidades operacionais quanto às expectativas dos clientes.

Quadro 4 – Especificação de projeto.

Requisitos do Projeto	Objetivos	Sensor	Saída Desejada
<b>Eficiência Operacional</b>	Maximizar	Medidor de produtividade	Alta taxa de produtividade
<b>Robustez e Durabilidade</b>	Maximizar	Material	Alta resistência a impactos e desgastes
<b>Adaptabilidade</b>	Maximizar	Compatibilidade e ajustes	Compatível com diferentes tipos de máquinas

<b>Facilidade de Manutenção</b>	Maximizar	Indicadores de manutenção	Tempo reduzido para manutenção e substituição de peças
<b>Facilidade de Operação</b>	Maximizar	Acessibilidade	Projeto ergonômico; segurança do operador
<b>Custo</b>	Minimizar	Análise de custo	Redução de custos e facilidade de ajustes

Fonte: Autor (2024).



## 5 PROJETO CONCEITUAL

O projeto conceitual transforma as demandas encontradas em soluções técnicas viáveis. Para explorar os conceitos e funcionalidades do implemento, são criados esboços e protótipos virtuais usando simulações computacionais e modelagem virtual. O objetivo é estabelecer a estrutura e os componentes do equipamento para garantir que ele atenda às necessidades de eficiência, robustez e facilidade de manutenção.

### 5.1 FUNÇÃO GLOBAL

Para compreender a função global de um implemento agrícola, é essencial analisar todas as etapas que compõem seu ciclo de operação. Esse processo inclui a preparação inicial do equipamento, o uso em campo e as práticas de manutenção necessárias.

De acordo com Pahl et al. (2005), o nível de detalhamento da decomposição da função global depende de fatores como o grau de inovação do projeto. Tanto a função global quanto as funções parciais e elementares, independentemente da quantidade de subdivisões realizadas, podem ser representadas por meio de uma árvore funcional ou estrutura.

A seguir, na figura 5 apresenta-se a função global que ilustra o funcionamento do implemento agrícola. O diagrama abrange todas as etapas, desde a preparação inicial do equipamento, passando pela configuração dos parâmetros operacionais, até a fase de operação em campo e os procedimentos de manutenção preventiva. O objetivo é fornecer uma visão global do processo.

Figura 5 – Função global do implemento agrícola.



Fonte: Autor (2024).

A partir da função global, ocorre sua subdivisão em funções parciais e elementares. As funções parciais representam um desdobramento da função global em componentes mais específicos, permitindo uma análise mais detalhada de cada etapa do sistema. Por sua vez, as funções elementares correspondem a um outro nível mais elevado de detalhamento, sendo nelas que se aplicam os princípios de solução para atender às necessidades específicas do projeto.

## 5.2 ESTRUTURA FUNCIONAL

A estrutura funcional é uma representação detalhada das funções que o implemento agrícola deve realizar, segmentando o sistema em tarefas elementares. Cada função é tratada de forma isolada, permitindo a identificação de soluções para atender às demandas operacionais.

Baxter (2011) sugere um método prático para a compreensão do desmembramento da estrutura funcional apresentada na figura 6. Quando a análise é conduzida no sentido da direita para a esquerda, a questão central é "como?", permitindo identificar os meios e recursos necessários para a execução de cada função. Por outro lado, ao analisar no sentido inverso, da esquerda para a direita, a pergunta torna-se "por quê?", direcionando o foco para a justificativa e a necessidade das funções identificadas nesse fluxo.

A seguir, a Figura 6 apresenta a representação esquemática da estrutura funcional do implemento agrícola, detalhando as funções elementares e suas interrelações.

Figura 6 – Estrutura funcional.



Fonte: Autor (2024).

Com base nessa estrutura funcional, a matriz morfológica é desenvolvida para explorar diferentes soluções técnicas possíveis para atender às funções elementares identificadas. Essa matriz apresenta uma análise sistemática das alternativas disponíveis, permitindo a seleção das combinações mais viáveis nos termos abordados.

### 5.3 MATRIZ MORFOLÓGICA

A matriz morfológica é uma ferramenta analítica para identificar e organizar possíveis soluções para as funções elementares de um sistema. Consiste em um quadro que relaciona cada

função elementar a diferentes princípios de solução, permitindo uma análise comparativa e a seleção das alternativas mais viáveis.

A identificação de princípios de solução para cada função elementar pode ser realizada utilizando métodos sistemáticos ou criativos, conforme discutido por Pahl et al. (2005). Os métodos sistemáticos baseiam-se em pesquisas, análises detalhadas e observações práticas, enquanto os métodos criativos exploram processos inovadores, ideias originais e inspirações intuitivas para gerar soluções.

A seguir, no quadro 5, são apresentados os princípios de solução considerados para cada função do projeto.

Quadro 5 – Matriz morfológica.

<b>Função Elementar</b>	<b>Solução</b>			
<b>Trituração da Silagem</b>	Triturador de rolos com ajuste de espaçamento	Triturador de impacto	Triturador de martelos giratórios	Triturador de rolo fresa
<b>Armazenamento da Silagem</b>	Tanque de armazenamento de polímero reforçado	Concha mecânica de aço	Caçamba basculante	Recipiente de polímero reforçado
<b>Transporte da Silagem até o Misturador</b>	Transporte por equipamento mecanizado	Transportador de parafuso de alta capacidade	Mesa transportadora por esteira	Transportador de correia de alta resistência
<b>Articulação entre componentes</b>	Hidráulica	Pneumática	Mecânica	Eletro Hidráulica
<b>Fixação de Peças Estrutura</b>	Grampos Tubular	Braçadeiras Chapa	Lego Viga	Solda Estrutura de alumínio
<b>Reforços</b>	Tubular	Chapa	Viga	Estrutura de aço reforçado

Fonte: Autor (2024).

Foram selecionadas soluções que atendem às principais funções elementares necessárias. No quadro 6 são apresentadas as soluções escolhidas para cada função constituído a proposta 1, que detalha as soluções selecionadas para cada função. Estas soluções foram escolhidas com base em estudos de viabilidade técnica e econômica.

Quadro 6 – Proposta 1.

<b>Função Elementar</b>	<b>Solução</b>	<b>Motivo</b>
<b>Triturador da Silagem</b>	Triturador de rolo fresa	Facilidade de ajuste e manutenção, ideal para corte preciso de silagem
<b>Armazenamento da Silagem</b>	Concha Mecânica de aço	Alta durabilidade, resistência ao desgaste
<b>Transporte da Silagem até o Misturador</b>	Transporte por Equipamento Mecanizado	Eficiência no transporte de grandes volumes de silagem, reduzindo esforço manual
<b>Articulação</b>	Hidráulica	Permite movimentos precisos e controlados, oferecendo maior força e capacidade de carga
<b>Fixação de Peças</b>	Braçadeira	Fixação fácil e rápida, ideal para desmontagem e ajustes frequentes
<b>Estrutura</b>	Chapa	Solidez e estabilidade, resistente a deformações
<b>Reforços</b>	Chapa	Aumenta a resistência da estrutura, garantindo maior durabilidade e suporte de peso

Fonte: Autor (2024).

As soluções apresentadas no quadro 6 foram selecionadas com base em critérios de eficiência técnica, viabilidade, economia e manutenção.

O triturador de rolo fresa foi selecionado devido à sua precisão no corte, facilidade de ajuste e manutenção, características que asseguram eficiência e praticidade durante o uso. Complementando essa escolha, a concha mecânica de aço destaca-se pela elevada durabilidade, permitindo o armazenamento seguro e prolongado da silagem, mesmo sob condições de trabalho exigentes. Para o transporte, optou-se pela mecanização, que otimiza a movimentação de grandes volumes, reduzindo significativamente o esforço manual e aumentando a produtividade.

A articulação hidráulica foi integrada ao projeto devido à sua precisão no manuseio e à elevada capacidade de carga, possibilitando operações mais ágeis e seguras. Para a fixação, foram escolhidas braçadeiras que oferecem praticidade na montagem e ajustes frequentes, atendendo à necessidade de flexibilidade e eficiência nas operações. Por fim, a estrutura foi projetada com reforços em chapas de aço, garantindo robustez, resistência a deformações e

maior durabilidade, aspectos fundamentais para assegurar a confiabilidade e a funcionalidade do implemento agrícola ao longo de sua vida útil.

Uma segunda proposta é apresentada no quadro 7, a qual foi determinada considerando os critérios de desempenho, durabilidade e custo-benefício.

Quadro 7 – Proposta 2.

<b>Função Elementar</b>	<b>Solução</b>	<b>Motivo</b>
<b>Triturador da Silagem</b>	Triturador de rolos com ajuste de espaçamento	Controle do tamanho da partícula e redução de desperdício
<b>Armazenamento da Silagem</b>	Tanque de Armazenamento de Polímero Reforçado	Leve, resistente a corrosão e fácil de limpar, ideal para ambientes úmidos
<b>Transporte da Silagem até o Misturador</b>	Transportador de Parafuso de Alta Capacidade	Ideal para grandes operações e transporte eficiente
<b>Articulação</b>	Mecânica	Simplicidade no projeto e menor custo de manutenção
<b>Fixação de Peças</b>	Solda	Fixa permanentemente as peças, proporcionando maior rigidez e durabilidade
<b>Estrutura</b>	Tubular	Leveza e resistência estrutural, ideal para suportar grandes cargas
<b>Reforços</b>	Tubular	Aumenta a rigidez da estrutura sem adicionar muito peso

Fonte: Autor (2024).

O triturador de rolos com ajuste de espaçamento foi projetado para proporcionar um controle preciso no tamanho das partículas, minimizando desperdícios e otimizando o uso do material. O tanque de polímero reforçado, destinado ao armazenamento da silagem, foi selecionado por sua alta resistência à corrosão e facilidade de manutenção, características que asseguram durabilidade e eficiência operacional.

Para o transporte, o transportador de parafuso de alta capacidade foi integrado ao sistema, destacando-se pela eficiência em operações de grande escala. A articulação mecânica foi escolhida por sua simplicidade construtiva e baixo custo, enquanto a fixação por solda garante elevada rigidez estrutural, aumentando a estabilidade e confiabilidade do equipamento. A estrutura tubular, combinada com reforços estrategicamente posicionados, assegura leveza e alta resistência, atendendo às exigências operacionais com desempenho e durabilidade. Essas

soluções foram avaliadas comparativamente para determinar a configuração mais adequada ao projeto. Uma terceira proposta é apresentada no quadro 8, a qual foram selecionadas com o objetivo de maximizar a eficiência e a durabilidade do equipamento.

Quadro 8 – Proposta 3.

<b>Função Elementar</b>	<b>Solução</b>	<b>Motivo</b>
<b>Triturador da Silagem</b>	Triturador Martelos Giratórios	Alta eficiência na trituração de silagem, ideal para grandes volumes e corte rápido
<b>Armazenamento da Silagem</b>	Caçamba Basculante	Facilita o despejo de silagem no misturador, melhorando a eficiência operacional
<b>Transporte da Silagem até o Misturador</b>	Transportador de Correia de Alta Resistência	Resistente ao desgaste, ideal para transporte contínuo em operações longas
<b>Articulação</b>	Pneumática	Menor consumo de energia e fácil manutenção, ideal para operações contínuas
<b>Fixação de Peças</b>	Grampos	Método simples e econômico para fixar peças menores, fácil de substituir
<b>Estrutura</b>	Viga	Estrutura robusta e durável, ideal para suportar cargas pesadas
<b>Reforços</b>	Estrutura de Aço Reforçado	Maior resistência à pressão e ao peso, prolongando a vida útil do equipamento

Fonte: Autor (2024).

O triturador de martelos giratórios foi selecionado devido à sua alta eficiência na trituração de grandes volumes de silagem, garantindo um processamento rápido e uniforme. Para o armazenamento, a caçamba basculante foi escolhida por facilitar o despejo no misturador, otimizando o fluxo operacional e reduzindo o tempo de trabalho. O transportador de correia, desenvolvido com materiais de alta resistência, mostrou-se ideal para operações contínuas, suportando longos períodos de uso com desempenho consistente.

A articulação pneumática foi integrada ao projeto por sua eficiência energética, simplicidade na manutenção e confiabilidade em aplicações exigentes. A fixação por grampos destaca-se pela praticidade na montagem e desmontagem, além de oferecer uma solução econômica e versátil. A estrutura em viga proporciona robustez e suporte para cargas elevadas,

enquanto os reforços em aço estruturado garantem maior resistência a esforços mecânicos e prolongam a durabilidade do equipamento. Essas escolhas resultam em um implemento agrícola robusto, eficiente e economicamente viável, atendendo plenamente às demandas do projeto.

#### 5.4 MATRIZ CONCEITO DAS ESTRUTURAS FUNCIONAIS PROPOSTAS.

Conforme Back (2008) após a elaboração das concepções na etapa de anteprojeto, torna-se essencial realizar uma análise criteriosa para selecionar aquelas que apresentam real potencial. Algumas concepções podem ser descartadas imediatamente devido à inviabilidade técnica ou à incompatibilidade com os requisitos do projeto. As concepções consideradas viáveis devem ser submetidas a uma avaliação detalhada, visando identificar a alternativa mais adequada ao desenvolvimento do projeto.

A matriz a seguir apresenta uma análise comparativa das três propostas para o implemento agrícola, avaliando diversos critérios de engenharia em relação aos principais atributos desejados pelos consumidores. Cada estrutura foi pontuada com base no grau de relacionamento entre os atributos do consumidor (ACs) e as características de engenharia (CEs), utilizando uma escala de forte (5), moderado (3) e fraco (1). Essa análise permite identificar qual das soluções atende melhor às exigências técnicas e operacionais, oferecendo uma visão sobre o desempenho esperado de cada proposta. A seguir, na tabela 1 são detalhadas as pontuações obtidas pelas três estruturas.

Tabela 1 – Matriz conceito das estruturas funcionais propostas.

Grau de relacionamento entre AC's e CE's  FORTE = 5 MODERADO = 3 FRACO = 1	Precisão de Corte	Facilidade de Operação	Durabilidade e resistência	Materiais e Métodos	Baixo Custo	Facilidade de Montagem	Facilidade de Manutenção	Segurança do Operador	Capacidade de Carga	Velocidade de Operação	Média da Pontuação
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ATRIBUTOS DO CONSUMIDOR (AC's)	CARACTERÍSTICAS DE ENGENHARIA										
Proposta I	5	5	5	5	3	5	3	5	3	3	4,2
Proposta II	3	5	3	3	3	3	5	3	5	5	3,8
Proposta III	1	3	1	3	5	1	3	1	5	1	2,4

Fonte: Autor (2024).



A análise das três soluções mostrou que a Estrutura Funcional I, com a melhor pontuação média (4,2), é a mais eficiente em termos de desempenho, durabilidade e segurança. A Estrutura Funcional II (média de 3,8) oferece um bom equilíbrio entre custo e operação, sendo ideal para aplicações de médio porte. Já a Estrutura Funcional III (média de 2,4) se destaca pelo baixo custo, mas apresenta limitações em desempenho e durabilidade, sendo mais adequada para situações em que a economia é o principal fator.

## 6 PROJETO PRELIMINAR

O projeto preliminar é o estágio onde o conceito inicial do projeto é refinado e detalhado. Nessa etapa, são definidos os componentes principais e métodos de montagem, além de realizar simulações para avaliar o desempenho e ajustar possíveis falhas.

Conforme Romano (2013), o projeto preliminar é a etapa onde o leiaute definitivo do produto é configurado. Nessa fase, são estabelecidos os detalhes finais da geometria do sistema, levando em consideração as restrições técnicas, o dimensionamento dos componentes e a modelagem tridimensional por meio de softwares CAD, além da elaboração dos desenhos técnicos correspondentes.

É importante destacar que o foco do projeto não está no dimensionamento detalhado dos componentes por meio de cálculos, mas sim na definição das características gerais e especificações necessárias para viabilizar o desenvolvimento do produto.

### 6.1 ESTRUTURA DO PROJETO

A estrutura do projeto é organizada em níveis hierárquicos que facilitam a compreensão e a gestão do processo de desenvolvimento. Essa abordagem segmentada permite que cada componente e subgrupo seja tratado de forma independente, mas também integrado ao sistema como um todo.

### 6.2 PADRÃO DE ENGENHARIA

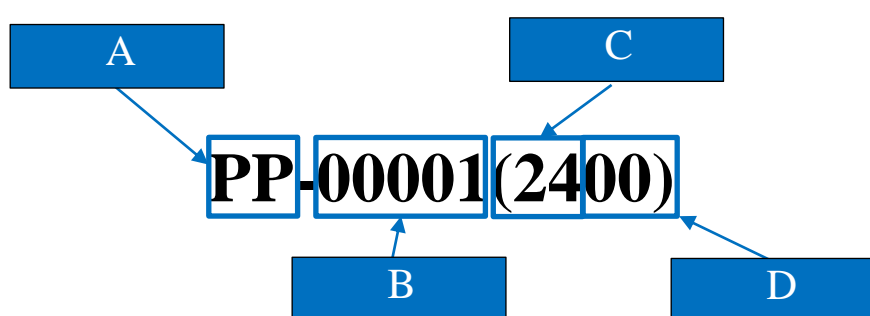
Kastner (2017) ressalta a relevância de adotar padrões de nomenclatura consistentes para arquivos em projetos de engenharia. Ele destaca que a ausência de critérios claros pode gerar diversos problemas, como a impossibilidade de renomear arquivos sem comprometer os vínculos entre os componentes, dificultando a continuidade e a integridade do projeto. A utilização de nomes como "eixo 1" ou "chapa estrutura 2", sem um sistema padronizado, pode levar à duplicação de nomes em projetos semelhantes, aumentando a complexidade no gerenciamento de arquivos. Kastner (2017) sugere que a implementação de nomenclaturas estruturadas facilita a organização e a rastreabilidade dos componentes.

Foi estabelecido um padrão de estrutura de codificação para as peças e componentes utilizados no projeto, visando aprimorar a organização, o gerenciamento e a rastreabilidade dos itens. Nesse sistema, cada elemento do projeto é identificado por um código específico para

facilitar o gerenciamento e a rastreabilidade. As peças terão como código PP-00001(2400), enquanto os conjuntos soldados serão identificados como CS-00001(2400). Por sua vez, os conjuntos montados serão designados como CM-00001(2400), já os elementos de máquina EM-00001(2400) e os elementos de fixação EF-00001(2400).

A figura 7 ilustra a estrutura de codificação empregada no projeto, destacando a organização hierárquica e a padronização dos códigos

Figura 7 – Estrutura de codificação.



Fonte: Autor (2024).

**A – PP, CS, CM, EM e EF:** Indica se o item é uma peça do projeto, um conjunto soldado um conjunto montado um elemento de máquina ou um elemento de Fixação.

**B – 00001:** Numeração sequencial de cada item, que continuará com 00002, 00003, 00004 e assim por diante.

**C – (24\*\*):** Representa o ano em que a peça foi dimensionada.

**D – (\*\*00):** Indica a revisão da peça.

### 6.3 COMPONENTES ESTRUTURAIS E FUNCIONAIS DO PROJETO

Nessa etapa, será abordada a identificação e descrição técnica de cada componente que integra a estrutura funcional do projeto. Essa seção detalha os elementos individuais, suas funções específicas, materiais escolhidos e dimensões, além dos métodos de fabricação.

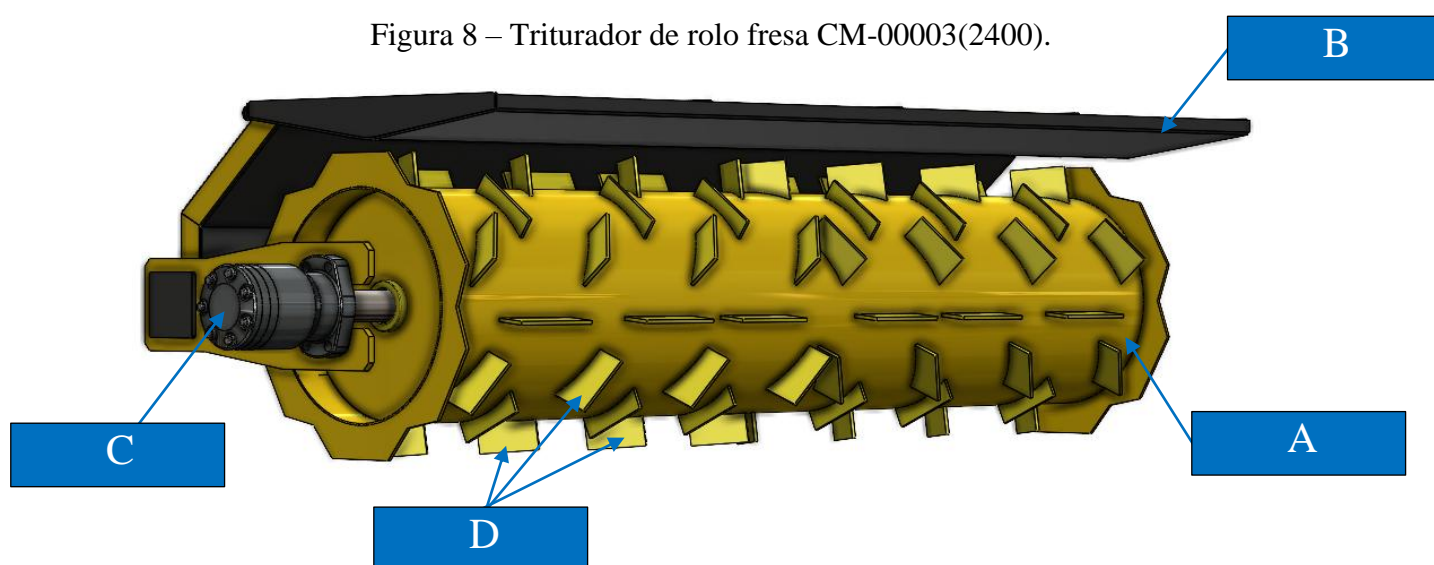
O objetivo é fornecer uma visão precisa dos itens que compõem o projeto. Esse nível de detalhamento permite uma análise de cada peça e conjunto, garantindo que todos os

componentes atendam aos requisitos de desempenho, segurança e eficiência estabelecidos para o projeto.

### 6.3.1 SISTEMA DE TRITURAÇÃO DA SILAGEM: TRITURADOR DE ROLO FRESA

Este componente tem a função da trituração da silagem no contexto do projeto. A solução adotada, o triturador de rolo fresa, foi selecionada por suas vantagens em termos de precisão no corte e facilidade em manutenção.

Essa escolha é propícia para operações que exigem uma padronização da silagem, que garante que o material triturado esteja nas condições adequadas para as próximas etapas do processo, como o armazenamento e a mistura. A seguir, a figura 8 ilustra o modelo do triturador de rolo fresa utilizado no projeto.



Fonte: Autor (2024).

A descrição técnica desse item abrange as características do rolo fresa, os materiais envolvidos, as dimensões, e os requisitos de operação. A Tabela 2 – Componentes do Triturador de Rolo Fresa apresenta os principais itens que compõem o sistema.

Tabela 2 – Componentes do triturador de rolo fresa.

ITEM	Qnt.	Código	Descrição do Componente
<b>A</b>	01	CM-00004(2400)	Unidade de Corte com Rolo Fresador
<b>B</b>	01	CM-00005(2400)	Suporte de Proteção para Fragmentos de Silagem
<b>C</b>	01	EM-00001(2400)	Motor Hidráulico Orbital
<b>D</b>	84	PP-00020(2400)	Segmentos de Corte

Fonte: Autor (2024).

**A** - A Unidade de Corte com Rolo Fresador tem como objetivo realizar o corte do material vegetal, utilizando lâminas fixas distribuídas ao longo de sua superfície. Ao girar em alta velocidade, o rolo fresador tritura a silagem em partículas uniformes, garantindo um corte preciso. O sistema é fabricado em aço que oferece resistência especialmente contra abrasão gerada pelo material vegetal e também facilidade de fabricação e conformação, permitindo cortes precisos e ajustes personalizados.

**B** - O Suporte de Proteção para Fragmentos de Silagem é um dispositivo projetado para conter e direcionar os resíduos gerados durante o processo de trituração. Posicionado acima da zona de corte, este componente atua como uma barreira física, prevenindo a dispersão de partículas de silagem. O suporte auxilia, direcionando os fragmentos triturados diretamente para o mecanismo de coleta, o que diminui perdas de material e otimiza o fluxo do material.

**C** - O Motor Hidráulico Orbital é responsável por converter a energia hidráulica em movimento rotacional, permitindo o funcionamento eficiente da máquina. Esse tipo de motor é utilizado em equipamentos agrícolas devido à sua capacidade de operar sob altas demandas de torque e pressão. Além disso, a disponibilidade no mercado, agiliza a reposição e menor tempo de inatividade do conjunto.

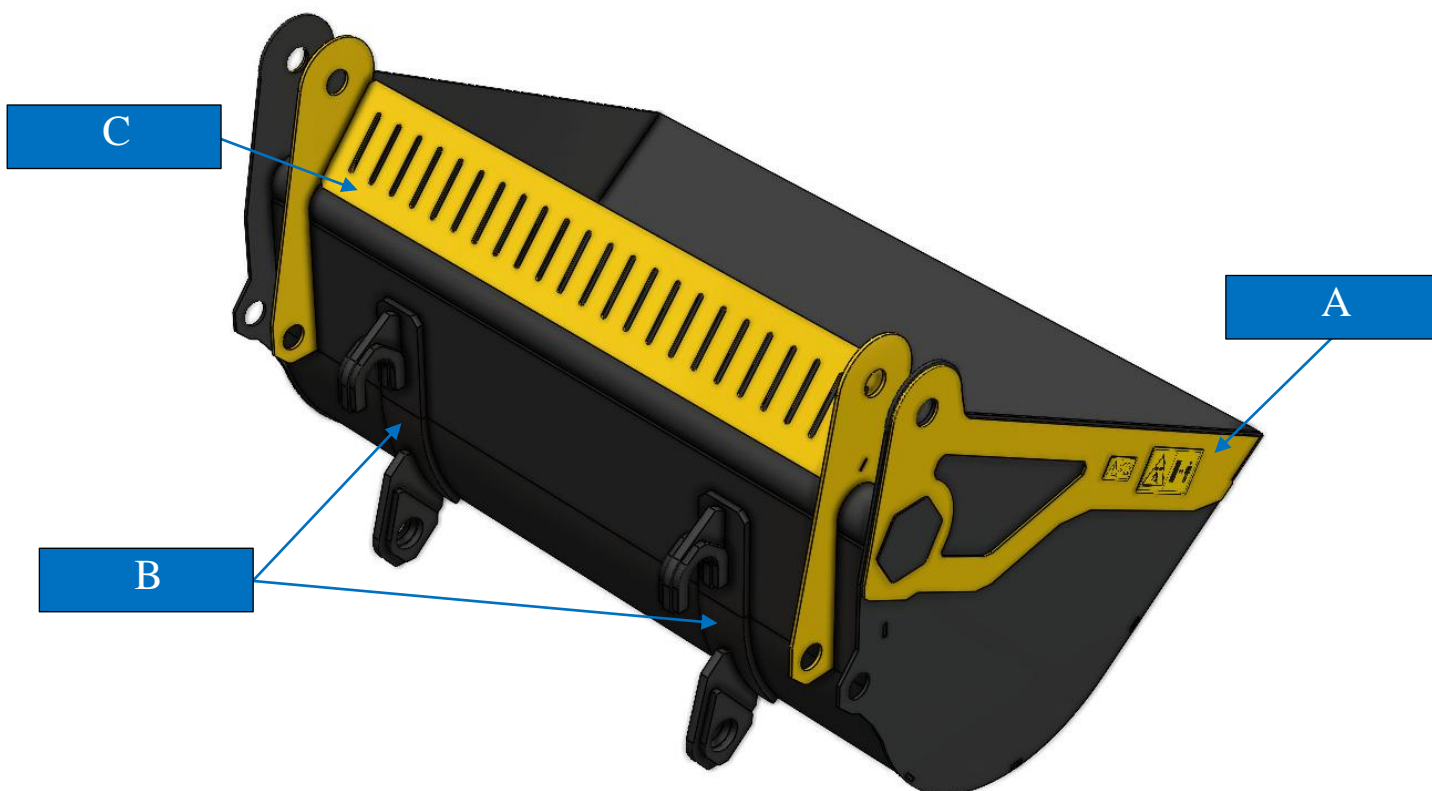
**D** - Os segmentos de corte são dispostos ao redor do rolo fresador de maneira a maximizar a área de corte e otimizar o fluxo da silagem. O alinhamento dos segmentos permite um corte eficiente e uma distribuição adequada do material triturado, garantindo a qualidade da silagem e o desempenho do equipamento durante a trituração.

### 6.3.2 SISTEMA DE COLETA E TRANSPORTE: CONCHA HIDRÁULICA

A Concha de Aço foi dimensionada para atender ao volume necessário para as desensiladeiras, assegurando eficácia no processo de carregamento e transporte da silagem. O projeto da concha leva em conta a quantidade de material que pode ser transportada, sem sobrecarregar o sistema.

O comprimento da concha foi projetado de forma a permitir um despejo preciso da silagem dentro das desensiladeiras e misturadores, evitando desperdícios nas laterais. Além disso, o projeto facilita a manutenção e é especialmente adequado para uso em ambientes pecuários de médio a grande porte, onde é necessário movimentar grandes volumes de material. A figura 9 apresenta a estrutura detalhada da concha de aço projetada.

Figura 9 – Concha hidráulica CM-0001(2400).



Fonte: Autor (2024).

Abaixo, são detalhadas as principais características e funcionalidades técnicas que compõem este elemento. A tabela 3 a seguir apresenta os componentes principais da concha.

Tabela 3 – Componentes da concha hidráulica.

ITEM	Qty.	Código	Descrição do Componente
<b>A</b>	02	PP-00004	Reforço Estrutural Lateral
<b>B</b>	02	CM-00006	Engate Frontal de Acoplamento Rápido (EFR)
<b>C</b>	01	PP-00034	Placa de Proteção com Aberturas de Inspeção

Fonte: Autor (2024).

**A** – O Reforço Estrutural Lateral da concha serve para aumentar a integridade estrutural durante operações de carga e descarga. Posicionado nas laterais, sua função é distribuir de maneira homogênea as tensões e cargas aplicadas, reduzindo o risco de deformações e desgastes excessivos. A implementação desse reforço garante que a concha tenha uma vida útil mais longa e mantém a estabilidade operacional em condições de trabalho exigentes.

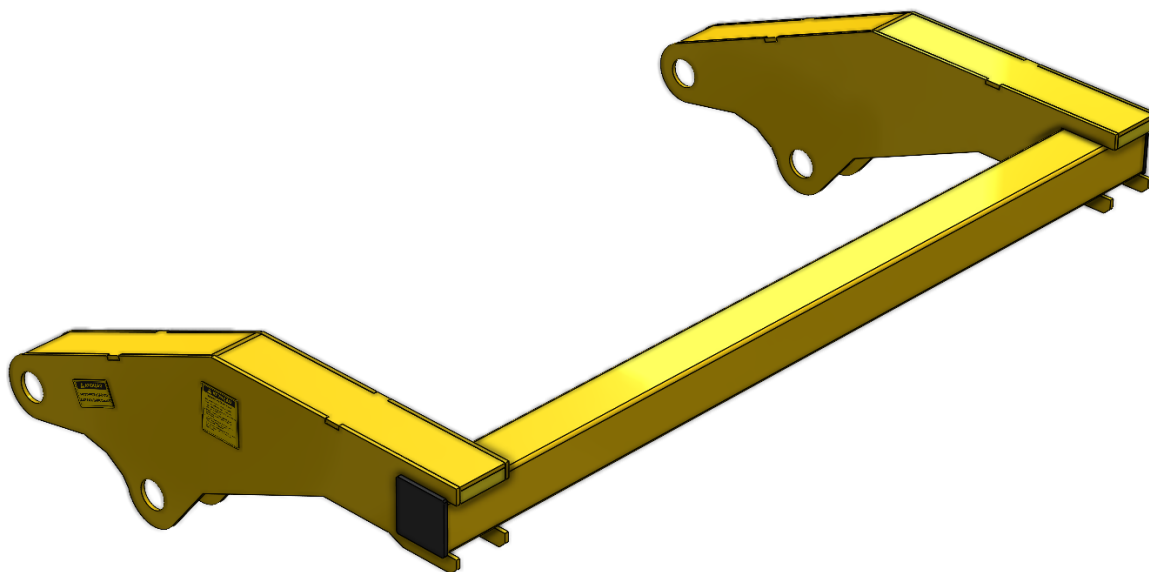
**B** – A conexão entre o implemento e o sistema de articulação do veículo de tração é feita através do Engate Frontal de Acoplamento Rápido. O seu formato facilita a colocação e retirada da concha de maneira eficaz, dispensando o uso de ferramentas e otimizando o tempo de trabalho. O sistema garante uma fixação estável durante os processos de carregamento e descarregamento. Este mecanismo é particularmente apropriado para campos agrícolas de média a grande escala, onde a rapidez na substituição de equipamentos aumenta a eficácia dos ciclos de trabalho e reduz os períodos de paralisação.

**C** – A Placa de Proteção com Aberturas de Inspeção fornece proteção ao operador enquanto permite a visualização da silagem durante o processo de retirada do silo. As aberturas proporcionam acesso visual à carga, facilitando o monitoramento do processo de carregamento e garantindo maior controle sobre a quantidade de silagem movimentada.

### 6.3.3 SISTEMA DE ARTICULAÇÃO ENTRE CONCHA E TRITURADOR DE ROLO FRESA.

O mecanismo de conexão entre a concha e o Sistema de Trituração de Silagem é formado por dois braços articulados, acionados por dois cilindros hidráulicos. Este sistema possibilita o deslocamento controlado, posicionando o Sistema de Trituração de Silagem, para efetuar o corte da silagem. A seguir, a figura 10 ilustra o mecanismo de articulação.

Figura 10 – Articulação entre concha e triturador de rolo fresa CM-00002(2400).



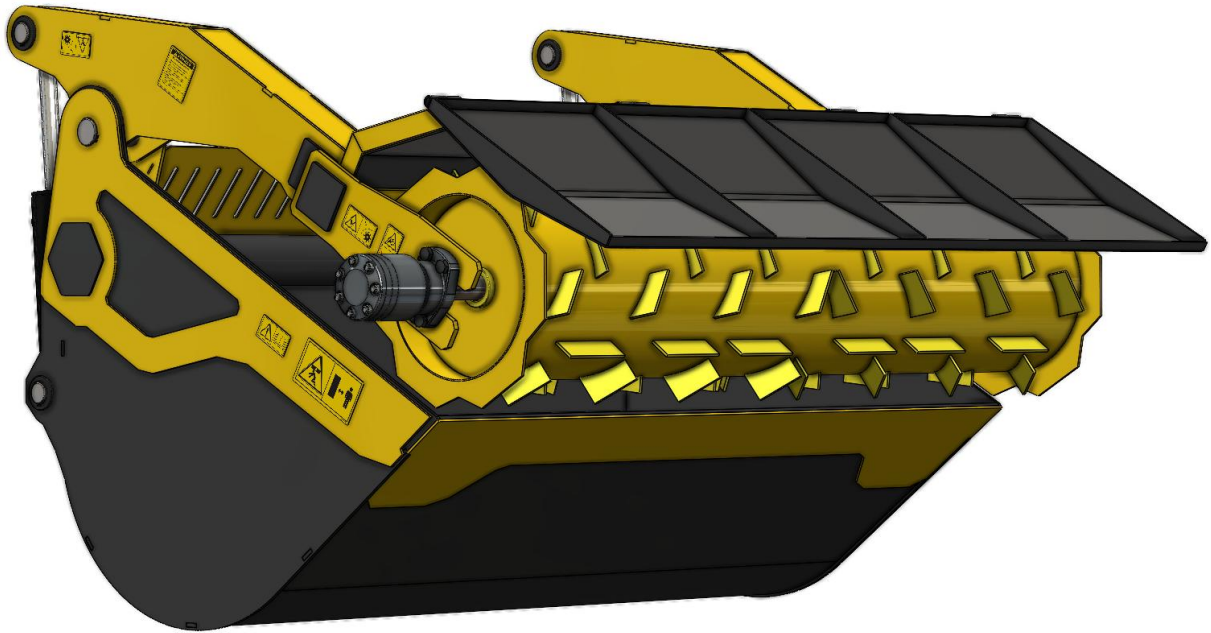
Fonte: Autor (2024).

#### 6.4 CONJUNTO COMPLETO

Após a realização dos modelos dos componentes, o conceito final de montagem foi desenvolvido no software SolidWorks, com a criação de modelos tridimensionais dos componentes. O uso do CAD possibilitou a execução de simulações para avaliar a interação entre as peças. A geometria final do projeto, representada na figura 11, serve como referência para o processo de fabricação, assegurando a eficiência do sistema. A seguir, a figura 11 apresenta o implemento com a fresa na posição final de corte, enquanto a figura 12 exhibe a fresa na posição elevada, condição inicial para o início das operações.



Figura 11 - Triturador de rolo fresa na posição fim de curso.

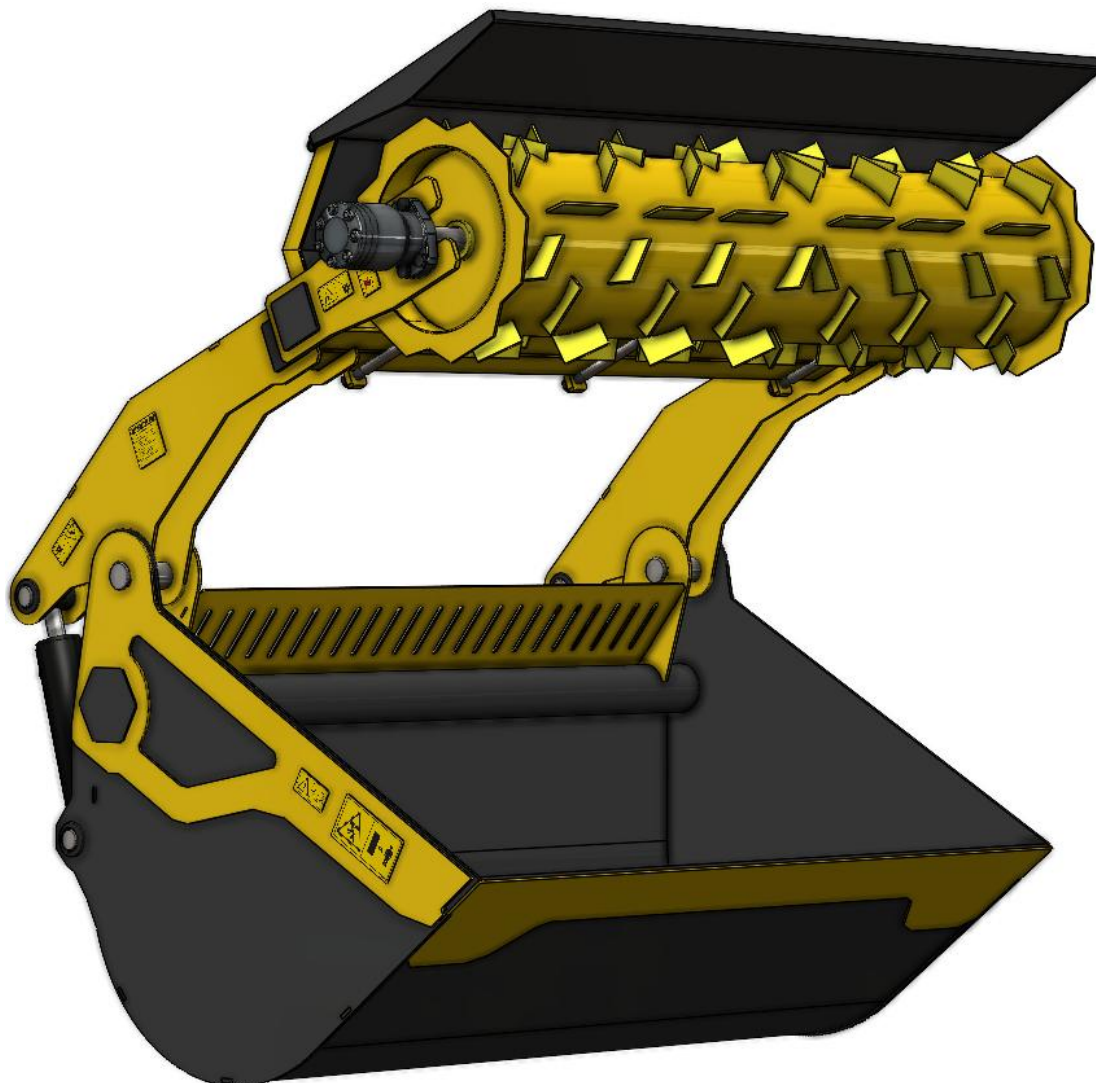


Fonte: Autor (2024).

Na posição final de operação, com a fresa após a conclusão do processo de trituração da silagem, os cilindros hidráulicos permanecem avançados, assegurando que a articulação hidráulica da concha permaneça em sua posição final.

A fresa, em sua posição de corte final, aguarda o comando para ser elevada novamente, enquanto a concha continua desempenhando sua função de armazenamento e direcionamento, utilizando o mecanismo basculante para descarregar a silagem no vagão misturador, direcionando-a para área determinada.

Figura 12 - Triturador de rolo fresa na posição elevada.



Fonte: Autor (2024).

Quando a concha está com a fresa na posição elevada, o implemento encontra-se em uma condição inicial para o início das operações. Nessa posição, os cilindros hidráulicos estão recuados para manter a articulação hidráulica na configuração elevada, permitindo a movimentação do conjunto para iniciar o processo de carregamento ou transporte da silagem.

A concha nessa posição oferece uma maior liberdade de movimento, facilitando a aproximação do implemento até o silo.

## 7 MANUTENÇÃO

Uma das principais funcionalidades do implemento desenvolvido é a facilidade de manutenção e a rápida substituição de componentes críticos. Como mencionado anteriormente, o objetivo principal do projeto é minimizar os tempos de inatividade, que em muitos casos podem se estender por alguns dias até semanas devido a reparos prolongados em desensiladeiras convencionais disponíveis no mercado.

### 7.1 CURVA DA BANHEIRA

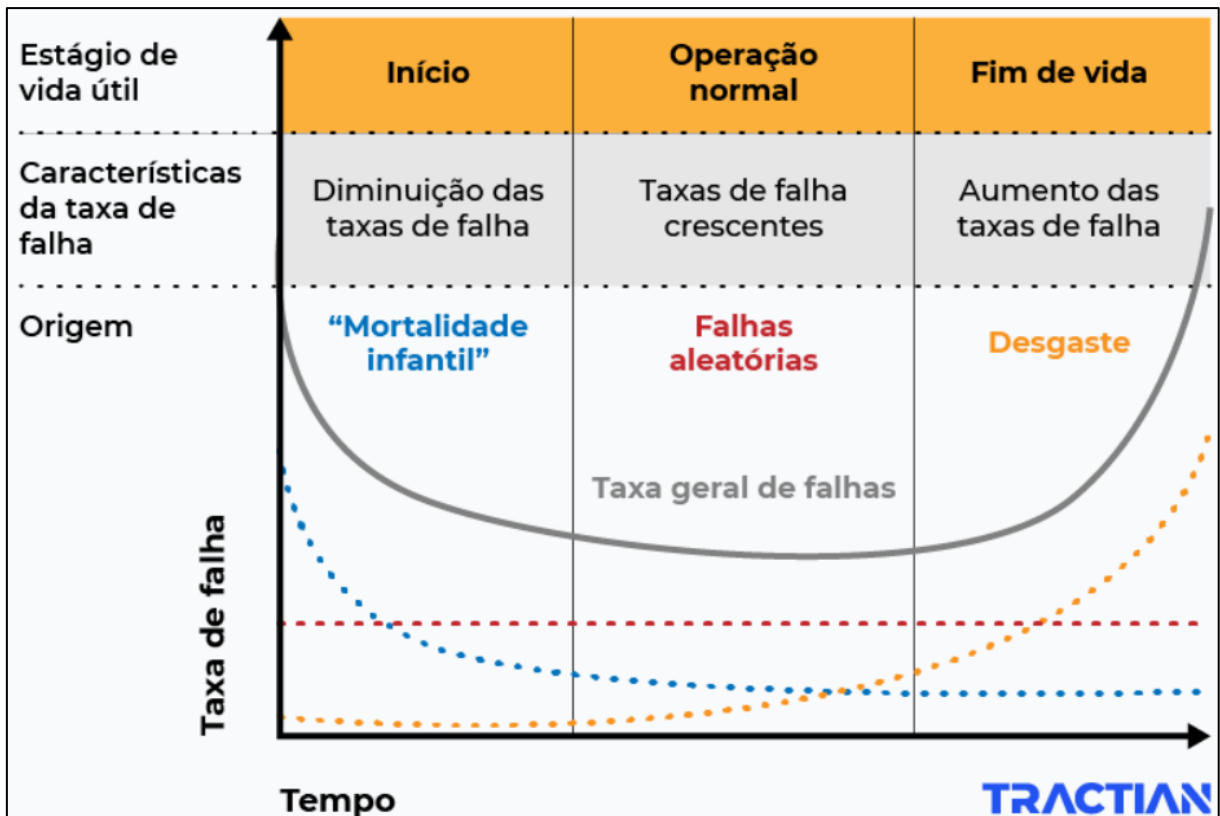
Conforme Igor Marinelli (2024) a curva da banheira é um modelo utilizado na engenharia de manutenção para descrever a taxa de falhas de equipamentos ao longo de seu ciclo de vida, representando três fases. Na primeira fase, conhecida como mortalidade infantil, ocorre uma alta taxa de falhas devido a problemas de fabricação, instalação inadequada ou erros de projeto.

Na segunda fase, chamada de vida útil, apresenta uma taxa de falhas constante e baixa, com falhas ocorrendo de forma aleatória e relacionadas a eventos externos, como condições ambientais ou uso inadequado.

Na fase final, caracterizada pelo desgaste, a taxa de falhas aumenta devido ao envelhecimento natural e à degradação acumulada dos componentes. Nesta etapa, problemas como fadiga de materiais tornam-se mais frequentes, exigindo estratégias de manutenção corretiva, recondicionamento ou substituição dos equipamentos.

Na figura 13 a seguir está ilustrado um modelo da curva da banheira, utilizado para descrever a variação da taxa de falhas de equipamentos ao longo de seu ciclo de vida.

Figura 13 – Curva da banheira.



Fonte: Revista Manutenção.

As máquinas agrícolas, estão sujeitas a falhas em todas as etapas do ciclo de vida descritas pela curva da banheira. No entanto, ao atingir a fase de desgaste, observa-se um aumento progressivo na taxa de falhas devido ao envelhecimento natural dos componentes e à degradação.

Assim, o equipamento frequentemente permanece inoperante por períodos prolongados, comprometendo a produtividade. Ainda assim a frequência crescente de falhas pode levar a uma situação de inviabilidade operacional, onde a continuidade do uso do equipamento, mesmo com reparos, resulta em menor eficiência e maior dependência de processos alternativos.

## 7.2 ELEMENTO ROTATIVO DA CARRETA FORRAGEIRA COM DANOS APARENTES

Um exemplo de danos no eixo interno de uma carreta forrageira pode ser observado quando a silagem, compactada em excesso no silo, é retirada e descarregada em grandes

volumes no vagão misturador. Nesse equipamento, a silagem é combinada com outros nutrientes antes de ser distribuída ao rebanho. Quando a carreta forrageira não está equipada com sistemas de corte durante o processo de retirada, o eixo interno é submetido a um esforço elevado para realizar a mistura. Esse esforço excessivo pode ocasionar falhas inesperadas, como quebras estruturais, e resultar em paradas operacionais não programadas.

A seguir, na figura 14, é apresentado um eixo interno da carreta forrageira, que sofreu deformação devido à demanda por um esforço elevado durante o processo de mistura. Este eixo é responsável pelo movimento das pás dentro do misturador, que realizam a mistura da silagem.

Figura 14 – Elemento rotativo da carreta forrageira com danos aparentes.



Fonte: Autor (2024).

Para complementar, a figura 15 apresenta o mesmo elemento similar e em bom estado, desta vez inserido no sistema de misturador.

Figura 15 – Posição do eixo no misturador.



Fonte: Agross do Brasil.

No entanto, devido às condições de operação, com contato contínuo com materiais úmidos e abrasivos, o equipamento está sujeito a um desgaste. Esse desgaste exige manutenções regulares, que podem durar dias ou até semanas, forçando o produtor a recorrer a métodos alternativos ou até mesmo a processos manuais durante a indisponibilidade do equipamento.

Esses reparos exigem que o equipamento seja enviado integralmente para uma oficina mecânica especializada, onde é possível realizar a desmontagem dos componentes para a execução da manutenção.

### 7.3 DESENSILADEIRA COM INDÍCIOS DE DANOS

Na figura 16 abaixo, observa-se uma desensiladeira enviada para manutenção, destacando-se a necessidade de reparos no conjunto fresador e na estrutura de suporte do compartimento de armazenamento.

Figura 16 – Desensiladeira com indícios de danos.



Fonte: Autor (2024).

Em silos trincheira, o material pode apresentar-se em blocos rígidos, pedras, metais, e outros resíduos dificultando a ação dos sistemas de corte da desensiladeira. Durante a operação, diversos problemas podem comprometer o desempenho dos rolos.

Problemas comuns incluem a corrosão e fadiga do material, causadas pela exposição a ambientes úmidos e ácidos, o que provoca a deterioração das superfícies metálicas e eleva a frequência de manutenção.

A quebra de lâminas ou dentes resulta de impactos com objetos duros, como pedras grandes ou fragmentos metálicos e outros resíduos presentes na silagem. Esses danos ao sistema de corte reduzem o seu desempenho, aumentam o risco de acidentes e demandam a substituição dos componentes.

#### 7.4 ROLO FRESADOR EM ETAPA DE MANUTENÇÃO

Abaixo, apresenta-se uma imagem ilustrativa na figura 17 de um rolo tipo fresa em processo de manutenção. Este procedimento pode levar de dias a semanas e não assegura produtividade total, o que pode exigir ajustes adicionais e manutenções mais frequentes em intervalos menores.



Figura 17 – Rolo fresador em etapa de manutenção.



Fonte: Autor (2024).

Este rolo foi cortado para realização de manutenção interna e posteriormente soldado. Após esse processo, será necessário realizar um balanceamento e ajustes antes de ser novamente montado à desensiladeira, que permanece inoperante enquanto o pecuarista aguarda a conclusão da manutenção.

O presente trabalho permite a substituição simplificada do triturador de rolo fresa. Este componente é fixado por braçadeiras, o que possibilita sua remoção rápida após o desprendimento do conjunto articulador. Dessa forma, é possível retirar o triturador danificado e substituir por outro em melhores condições, sem a necessidade de remover o implemento do trator ou enviá-lo para uma oficina especializada. Essa característica é necessária, pois em sistemas convencionais, quando ocorre uma falha no triturador, é necessário enviar o conjunto completo para a mecânica especializada, o que gera um período de inatividade significativo.

No caso do implemento desenvolvido neste trabalho, a substituição do componente é feita de forma ágil, sem a necessidade de desacoplar o implemento do trator, garantindo que a operação do pecuarista continue com o mínimo de interrupções. Em contraste, nas desensiladeiras convencionais, enquanto o equipamento está em reparo, o produtor precisa se adaptar utilizando outros meios, como adquirir uma nova unidade para garantir a continuidade da produção ou trabalho braçal.

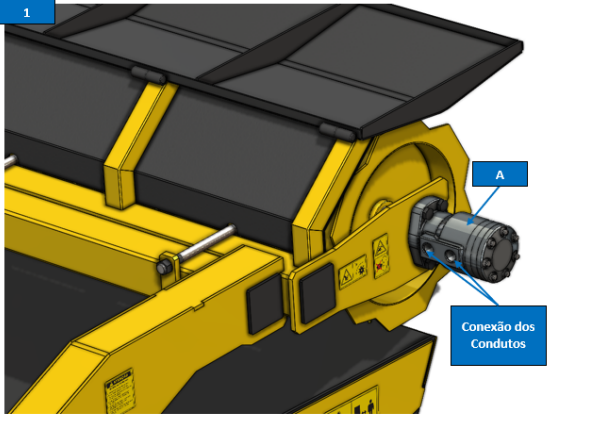
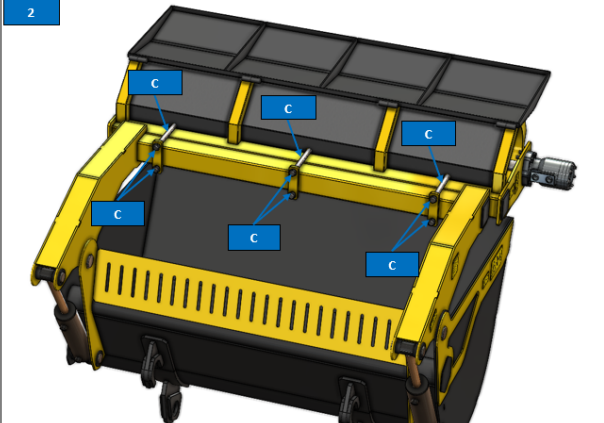
## **8 POP – PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO**

O Procedimento Operacional Padrão (POP) é um documento que descreve, de forma detalhada e padronizada, as etapas necessárias para a execução de uma tarefa específica, garantindo que a operação seja realizada de maneira correta, segura e eficiente. Em se tratando de manutenção, o POP apresenta um passo a passo claro e ilustrado, com figuras ou diagramas que ajudem a visualizar cada etapa do procedimento.

Truffa e Tessele (2022), descrevem o procedimento operacional padrão como uma ferramenta que permite às empresas assegurar um padrão de qualidade em seus produtos ou serviços. Ele reduz a probabilidade de variabilidade nos processos, diminuindo a incidência de defeitos de fabricação e garantindo maior consistência nos resultados. Além disso, pode ser usado como instrumento de auditoria interna, permitindo que os colaboradores acompanhem e verifiquem o cumprimento das etapas e métodos descritos no documento. Essa ferramenta também contribui para a identificação e correção de falhas, melhorando a qualidade, os custos, a segurança e os prazos da organização, desde que seja precedida por treinamento adequado dos responsáveis pelas tarefas.

A seguir, na figura 18 para representar o conceito da substituição do componente triturador de rolo fresa é apresentado o POP (Procedimento Operacional Padrão) do processo de remoção e montagem do triturador de rolo fresa. Este procedimento demonstrará de forma simplificada que não há necessidade de desativar todo o equipamento para realizar a manutenção, facilitando o processo e minimizando o tempo de inoperância da máquina.

Figura 18 – Procedimento operacional padrão N° 1.

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP)			
FUNÇÃO:	Substituição do Triturador de Rolo Fresa	CÓDIGO:	CM-00003(2400) N° POP: 001
DESCRIÇÃO DA SEQUENCIA DA OPERAÇÃO			
1			
<p>Utilize os EPIs necessários, em seguida certifique-se que o sistema hidráulico esteja totalmente despressurizado, eliminando qualquer risco de pressurização residual. Após essa verificação realiza a remoção das mangueiras hidráulicas conectadas ao motor hidráulico orbital (A).</p>			
2			
<p>Em seguida, realize a remoção das porcas M18 (B) e das braçadeiras de fixação (C), conforme indicado na imagem de referência</p>			

Fonte: Autor (2024).

A figura 14 acima ilustra as etapas iniciais do Procedimento Operacional Padrão (POP) para a substituição do Triturador de Rolo Fresa. Nesta fase, é destacada a necessidade de utilizar os EPIs apropriados e garantir a despressurização completa do sistema hidráulico antes de iniciar o processo de desmontagem. Além disso, são demonstrados as conexões hidráulicas e os pontos de fixação do componente, indicando as porcas e braçadeiras que devem ser removidas.

Com a conclusão da etapa descrita no POP N°1, segue para a próxima etapa, POP N°2, representado na figura 19 com as instruções detalhadas para a substituição do triturador de rolo fresa, dando sequência ao procedimento de substituição.

Figura 19 – Procedimento operacional padrão N° 2.

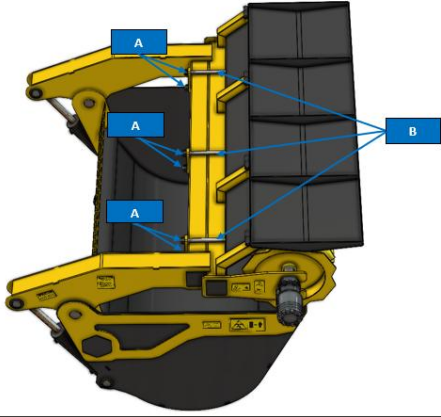
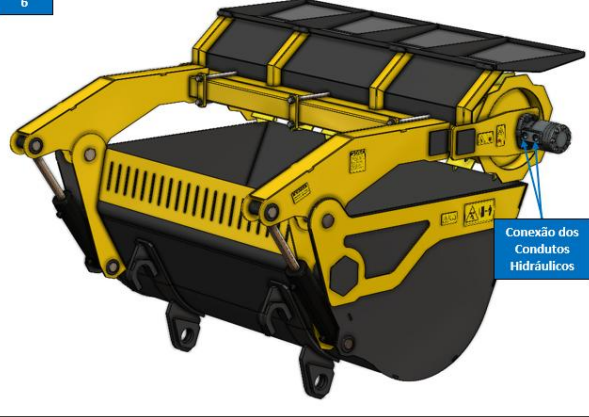
PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP)			
FUNÇÃO:	Substituição do Triturador de Rolo Fresa	CÓDIGO:	CM-00003(2400)
		N° POP:	002
DESCRIÇÃO DA SEQUENCIA DA OPERAÇÃO			
3			4
<p>Remova o conjunto do triturador de rolo fresa danificado (A). Em seguida, inspecione a área de montagem, verificando a presença de resíduos ou componentes desgastados. Limpe a superfície de acoplamento, preparando o local para a instalação do novo triturador de rolo fresa.</p>		<p>Em seguida, posicione o novo conjunto do triturador de rolo fresa (B) nos pontos de Superfície de Acoplamento.</p>	

Fonte: Autor (2024).

Na figura 19 está detalhada a etapa de substituição do triturador de rolo fresa. Nesta fase, é realizada a remoção do conjunto danificado e a inspeção da área de montagem, assegurando que não haja resíduos ou componentes desgastados que possam comprometer o desempenho do novo conjunto. Além disso, destaca-se a importância de limpar a superfície de acoplamento e prepará-la para a instalação do novo triturador, ilustrado em sua posição correta nos pontos designados.

Dando sequência ao procedimento, a figura 20 apresenta as etapas finais da substituição.

Figura 20 – Procedimento operacional padrão N° 3.

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP)			
FUNÇÃO:	Substituição do Triturador de Rolo Fresa	CÓDIGO:	CM-00003(2400) N° POP: 003
DESCRIÇÃO DA SEQUENCIA DA OPERAÇÃO			
5			6
<p>Alinhe corretamente o eixo de acoplamento e fixe o conjunto utilizando as porcas M18 (A) e as braçadeiras correspondentes (B).</p>		 <p>Finalize o procedimento realizando a conexão dos condutos hidráulicos, garantindo a correta vedação dos engates. Por fim, execute um teste de funcionamento para verificar a ausência de vazamentos..</p>	

Fonte: Autor (2024).

Nesta última fase na figura 20, o foco está no alinhamento correto do eixo de acoplamento, utilizando as porcas M18 e as braçadeiras correspondentes para fixar o conjunto. Por fim, é demonstrada a reconexão dos condutos hidráulicos, seguida da realização de um teste funcional para verificar a integridade e o desempenho do sistema antes do retorno à operação.

## 9 ANÁLISE DOS CUSTOS PARA PRODUÇÃO

A análise dos custos de produção é necessária para a gestão financeira de projetos industriais. De acordo com Scharf (2003), a importância da análise de custos é destacada como fundamental para a gestão empresarial eficiente, especialmente em contextos de alta competitividade. Conforme descrito no texto, a análise de custos proporciona informações gerenciais indispensáveis para a tomada de decisões estratégicas, incluindo a definição de políticas de preços, a avaliação da rentabilidade de produtos e a identificação de oportunidades para redução de custos. Essas informações permitem que as empresas desenvolvam estratégias de mercado mais eficazes, ao invés de apenas seguir os preços praticados pela concorrência. Nesse contexto do projeto, foram detalhados os custos associados a cada componente do

projeto, com base em orçamentos obtidos junto a empresas terceirizadas especializadas nos processos de conformação das peças.

A seguir, a tabela 4 contém os custos das peças orçadas por fornecedores terceirizados, levando em consideração variáveis como preço unitário e quantidade requisitadas. O orçamento foi realizado em outubro de 2024. Com base nos dados fornecidos, é possível realizar uma análise sobre o impacto desses custos no orçamento global do projeto, permitindo a identificação de oportunidades de redução de despesas caso necessário e o ajuste das projeções financeiras. Esse tipo de avaliação é necessário para garantir que os custos de aquisição de peças não comprometam a competitividade do projeto. A tabela 4, apresenta a análise detalhada dos custos associados à fabricação da Concha CM-00001(2400). Nela, estão descritos os componentes utilizados no projeto, incluindo a quantidade necessária, peso unitário, valor unitário e o custo total de cada item.

Tabela 4 – Análise de custo.

<b>Tabela de Análise de Custos - Concha CM-00001(2400)</b>						
<b>Nº</b>	<b>Item</b>	<b>Descrição do Material</b>	<b>Qnt.</b>	<b>kg/un</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Total</b>
1	PP-00001(2400)	Chapa Lateral da concha	2	24,64	R\$ 295,68	R\$ 591,36
2	PP-00002(2400)	Tubo Redondo de Reforço ø 88,9	1	25,87	R\$ 310,44	R\$ 310,44
3	PP-00003(2400)	Chapa de Posicionamento Interno	2	2,94	R\$ 58,80	R\$ 117,60
4	PP-00004(2400)	Reforço Lateral da concha	2	5,94	R\$ 71,28	R\$ 142,56
5	PP-00008(2400)	Chapa de Fechamento do Tubo	2	0,32	R\$ 3,84	R\$ 7,68
6	PP-00034(2400)	Chapa de Proteção com Aberturas de Inspeção	1	5,11	R\$ 61,32	R\$ 61,32
7	PP-00039(2400)	Reforço frontal da Estrutura	1	1,09	R\$ 13,08	R\$ 13,08
8	PP-00033(2400)	Chapa do Conjunto Engate ao Trator	2	4,35	R\$ 52,20	R\$ 104,40
9	PP-00035(2400)	Chapa Engate Superior	2	1,27	R\$ 15,24	R\$ 30,48
10	PP-00036(2400)	Chapa do Engate Inferior	2	2,19	R\$ 26,28	R\$ 52,56
11	PP-00037(2400)	Chapa de Reforço do Engate Superior	4	0,5	R\$ 6,00	R\$ 24,00
12	PP-00038(2400)	Chapa de Reforço do Engate Inferior	4	0,75	R\$ 9,00	R\$ 36,00
13	PP-00041(2400)	Base Estrutural da Concha	1	103,8	R\$ 1.245,60	R\$ 1.245,60
<b>Total:</b>						<b>R\$ 2.737,08</b>

Fonte: Autor (2024).

De acordo com os dados apresentados, o custo total estimado para a fabricação da Concha CM-00001(2400) é de R\$ 2.737,08.

A tabela 5 a seguir apresenta a análise de custos referente à Articulação CM-00002(2400). São listados todos os materiais necessários para a fabricação do sistema de articulação.

Tabela 5 – Análise de custos – Articulação CM-00002(2400).

<b>Tabela de Análise de Custos - Articulação CM-00002(2400)</b>						
<b>Nº</b>	<b>Item</b>	<b>Descrição do Material</b>	<b>Qnt.</b>	<b>kg/un</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Total</b>
1	PP-00009(2400)	Chapa Lateral do Braço Articulado	4	6,26	R\$ 75,12	R\$ 300,48
2	PP-00010(2400)	Chapa de Fechamento do Articulador	2	0,07	R\$ 0,84	R\$ 1,68
3	PP-00011(2400)	Perfil Tubular Quadrado 80x80x9,17	1	28,5	R\$ 456,00	R\$ 456,00
4	PP-00012(2400)	Chapa de Fechamento do Perfil Estrutural	2	0,36	R\$ 4,32	R\$ 8,64
5	PP-00013(2400)	Chapa Superior do Braço Articulado	2	3,51	R\$ 42,12	R\$ 84,24
<b>Total:</b>						<b>R\$ 851,04</b>

Fonte: Autor (2024).

Com base nas informações apresentadas, o custo total estimado para a fabricação da Articulação CM-00002(2400) é de R\$ 851,04.

Na sequência, apresenta-se a tabela 6 referentes ao levantamento de custos do Triturador de Rolo Fresa CM-00003(2400).

Tabela 6 – Análise de custos – Triturador de rolo fresa CM-00003(2400).

<b>Tabela de Análise de Custos - Triturador de Rolo Fresa CM-00003(2400)</b>						
<b>Nº</b>	<b>Item</b>	<b>Descrição do Material</b>	<b>Qty.</b>	<b>kg/un</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Total</b>
1	PP-00005(2400)	Chapa Lateral de Fixador do Mancal	1	3,65	R\$ 43,80	R\$ 43,80
2	PP-00006(2400)	Bucha para Dobradiça	4	0,04	R\$ 4,00	R\$ 16,00
3	PP-00007(2400)	Lâmina Angular de corte	48	0,13	R\$ 1,56	R\$ 74,88
4	PP-00012(2400)	Tampa de Vedação do Tubo	2	0,36	R\$ 4,32	R\$ 8,64
5	PP-00020(2400)	Lâmina Horizontal de Corte	18	0,19	R\$ 2,28	R\$ 41,04
6	PP-00021(2400)	Lâmina Vertical de Corte	18	0,09	R\$ 1,08	R\$ 19,44
7	PP-00022(2400)	Corpo Tubular do Rolo	1	3,14	R\$ 37,68	R\$ 37,68
8	PP-00023(2400)	Chapa de Reforço da Proteção	5	0,6	R\$ 7,20	R\$ 36,00
9	PP-00024(2400)	Chapa da Proteção	1	17,54	R\$ 210,48	R\$ 210,48
10	PP-00025(2400)	Tubo Menor Quadrado de Perfil 40x40x2,69	4	0,22	R\$ 2,64	R\$ 10,56
11	PP-00026(2400)	Tubo Maior Quadrado de Perfil 40x40x2,69	4	0,6	R\$ 7,20	R\$ 28,80
12	PP-00027(2400)	Chapa Protetora	1	9,06	R\$ 108,72	R\$ 108,72
13	PP-00028(2400)	Eixo Tubular 1250mm ø50,8 x ø41,04	1	6,95	R\$ 83,40	R\$ 83,40
14	PP-00031(2400)	Eixo da Dobradiça	4	0,13	R\$ 13,00	R\$ 52,00
15	PP-00032(2400)	Chapa Lateral de Fixador do Motor Orbital	1	3,48	R\$ 41,76	R\$ 41,76
16	PP-00042(2400)	Chapa Guia do Corte	2	1,64	R\$ 19,68	R\$ 39,36
17	PP-00043(2400)	Tubo Quadrado de Perfil 80x80x9,17	1	30,53	R\$ 366,36	R\$ 366,36
18	PP-00044(2400)	Flange ø295,2	2	6,7	R\$ 80,40	R\$ 160,80
19	PP-00045(2400)	Arruela ø64,45	2	0,17	R\$ 8,50	R\$ 17,00
20	PP-00046(2400)	Eixo Mancal	1	1,88	R\$ 94,00	R\$ 94,00
21	EM-00001(2400)	Motor Hidraulico Orbital	1	5,6	R\$ 650,00	R\$ 650,00
22	EM-00002(2400)	Mancal SKF UCF 208	1	2,08	R\$ 59,25	R\$ 59,25
23	EF-00008(2400)	Parafuso Sextavado 8.8 M12x55	8	0,07	R\$ 3,50	R\$ 28,00
24	EF-0000(2400)	Porca Sextavada Auto Travante DIN 982 M12	8	0,025	R\$ 1,25	R\$ 10,00
<b>Total:</b>						<b>R\$ 2.237,97</b>

Fonte: Autor (2024).

Com base nas informações apresentadas, o custo total estimado para a fabricação da Articulação CM-00003(2400) é de R\$ 2.237,97.

A tabela 7 a seguir apresenta a análise detalhada dos custos associados aos materiais de miscelâneas. Nela estão os itens necessários para a fixação e o posicionamento, além dos elementos de máquina do conjunto final.



Tabela 7 – Análise de custos – Miscelâneas.

<b>Tabela de Análise de Custos - Miscelâneas</b>						
<b>Nº</b>	<b>Item</b>	<b>Descrição do Material</b>	<b>Qty.</b>	<b>kg/un</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Total</b>
1	PP-00014(2400)	Pino de Fixação do Conjunto Articulação	2	1,6	R\$ 80,00	R\$ 160,00
2	PP-00015(2400)	Bucha de Suporte do Olhal Superior do Cilindro	4	0,19	R\$ 19,00	R\$ 76,00
3	PP-00016(2400)	Pino de Fixação do Olhal Superior do Cilindro	2	0,9	R\$ 45,00	R\$ 90,00
4	PP-00017(2400)	Grampo Tipo U ø 18mm	3	0,96	R\$ 19,20	R\$ 57,60
5	PP-00018(2400)	Chapa de Fixação do Grampo Tipo U	3	0,4	R\$ 4,80	R\$ 14,40
6	PP-00029(2400)	Bucha de Suporte do Olhal Inferior do Cilindro	4	0,22	R\$ 22,00	R\$ 88,00
7	PP-00030(2400)	Pino de Fixação do Olhal Inferior do Cilindro	2	1	R\$ 50,00	R\$ 100,00
8	EM-00003(2400)	Cilindro Hidraulico de Dupla Ação	2	13,26	R\$ 1.657,50	R\$ 3.315,00
9	EF-00004(2400)	Anel Elástico Externo DIN 472 ø21,5	4	0,0285	R\$ 4,28	R\$ 17,10
10	EF-00005(2400)	Anel Elástico Externo DIN 472 ø17,5	4	0,03	R\$ 4,50	R\$ 18,00
11	EF-00006(2400)	Porca Sextavada Auto Travante DIN 982 M18	6	0,311	R\$ 3,73	R\$ 22,39
12	EF-00007(2400)	Anel Elástico Externo DIN 472 ø16,5	4	0,03	R\$ 4,20	R\$ 16,80
					<b>Total:</b>	<b>R\$ 3.975,29</b>

Fonte: Autor (2024).

Com base nas informações apresentadas, o custo total estimado para compor a montagem final do projeto é de R\$ 3.975,29.

O custo de cada componente, quando somado, contribui para o total geral do projeto. O maior custo individual é representado pelos materiais de miscelâneas (R\$ 3.975,29), que tem uma participação significativa no custo total.

Somando todos os custos de fabricação das peças e miscelâneas, o custo global do projeto fica em: R\$ 2.737,08 (Concha) + R\$ 851,04 (Articulação) + R\$ 2.237,97 (Triturador) + R\$ 3.975,29 (Miscelâneas) = R\$ 9.801,38.

Scharf (2003) também destaca que um sistema adequado de controle de custos não apenas suporta decisões relacionadas à alocação de recursos e estratégias de precificação, mas também fornece subsídios para a elaboração de planos gerenciais baseados em métricas como ponto de equilíbrio, margem de contribuição e projeções financeiras.

Para garantir que os custos de aquisição de peças não comprometam a competitividade do projeto, pode-se analisar alternativas, como negociar com os fornecedores para reduzir os preços unitários ou avaliar se a quantidade requisitada de certos itens pode ser otimizada sem prejudicar a qualidade e a funcionalidade do projeto.

## 10 NR12 SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

A NR-12 (Norma Regulamentadora 12) estabelece requisitos técnicos e medidas de segurança para máquinas e equipamentos, com ênfase na proteção dos operadores e demais pessoas envolvidas na operação. A norma define critérios mínimos para o projeto, operação e manutenção, com o objetivo de minimizar riscos e prevenir acidentes no ambiente de trabalho.

Entre as principais diretrizes da NR-12, destacam-se a obrigatoriedade de dispositivos de proteção, como barreiras físicas, sistemas de sinalizações de alerta.

No contexto do implemento agrícola em questão, a NR-12 é necessária para garantir que o equipamento atenda aos requisitos de segurança, permitindo sua operação de forma segura.

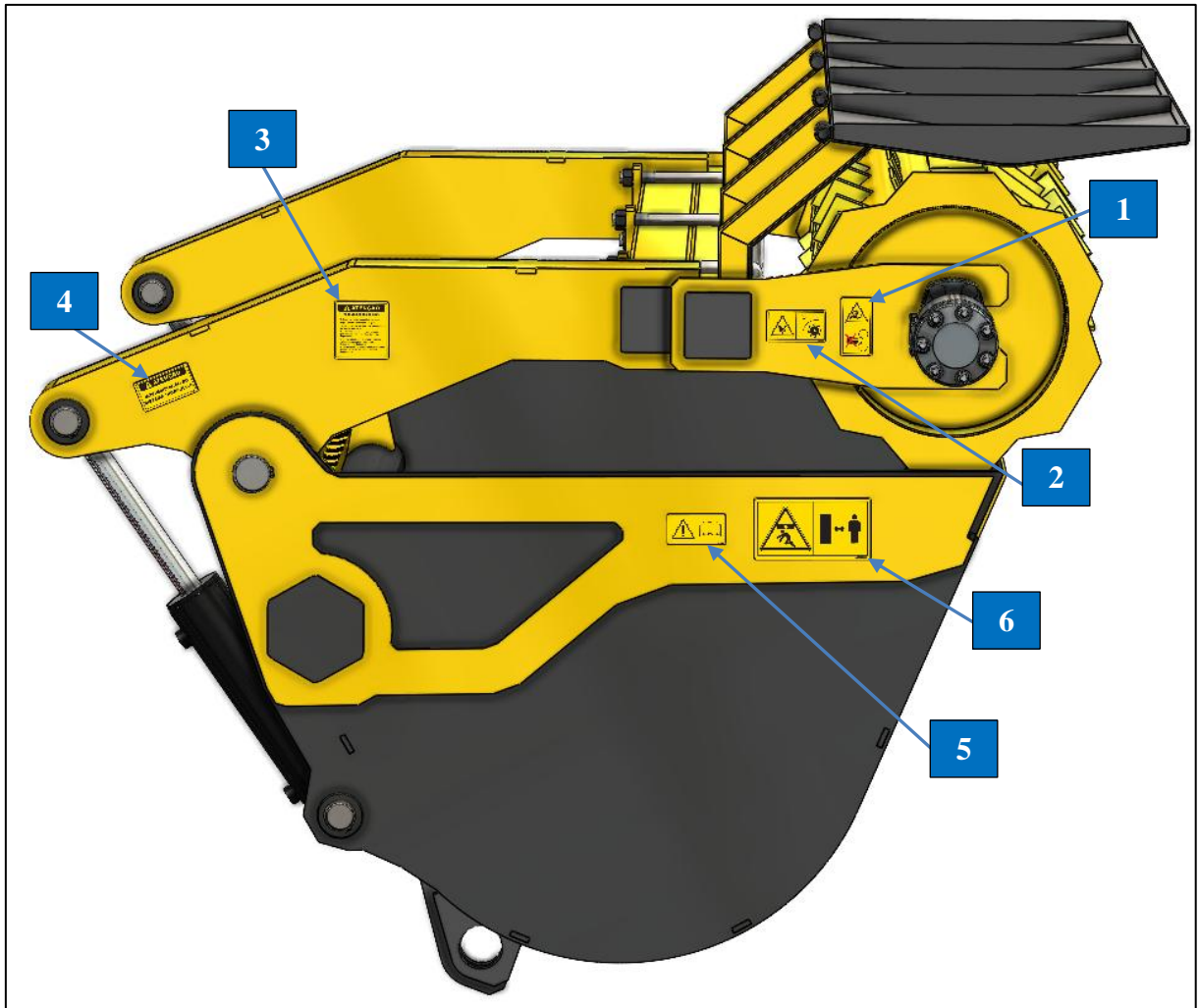
A NR-12 especifica, no item 12.12.1, a necessidade de sinalização de segurança, que inclui a instalação de avisos e alertas para informar os operadores sobre os riscos associados ao uso de máquinas e equipamentos. De acordo com esse item, placas, etiquetas ou adesivos de segurança devem ser dispostos em locais visíveis e legíveis, indicando os cuidados necessários, como o uso de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), zonas de perigo e procedimentos corretos de operação e manutenção.

Esses alertas são particularmente relevantes para equipamentos agrícolas, como o implemento de silagem, pois destacam os riscos relacionados ao uso inadequado, à proximidade de partes móveis e ao contato com superfícies cortantes (MTP, nº4219, 2022):

“As máquinas e equipamentos, bem como as instalações em que se encontram, devem possuir sinalização de segurança para advertir os trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos, as instruções de operação e manutenção e outras informações necessárias para garantir a integridade física e a saúde dos trabalhadores.”

Na sequência são apresentadas imagens de adesivos de alerta de risco. Na figura 20 está destacando a aplicação de adesivos de segurança conforme exigido pela NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, atendendo aos requisitos mínimos de sinalização para prevenir acidentes e garantir a integridade física dos operadores. Esses adesivos são posicionados em áreas de risco da máquina, proporcionando instruções claras sobre o uso adequado do equipamento e a necessidade de EPIs.

Figura 21 –Lateral da máquina contendo os adesivos de NR12.



Fonte: Autor (2024).

Além disso, a sinalização inclui alertas sobre zonas de perigo, como partes móveis e superfícies cortantes, reduzindo a probabilidade de incidentes operacionais. Na figura 22 abaixo, são apresentadas imagens detalhadas dos adesivos em tamanhos maiores, destacando as mensagens de segurança.

Figura 22 – Adesivo (1) Risco de esmagamento e (2) Perigo de corte e esmagamento.



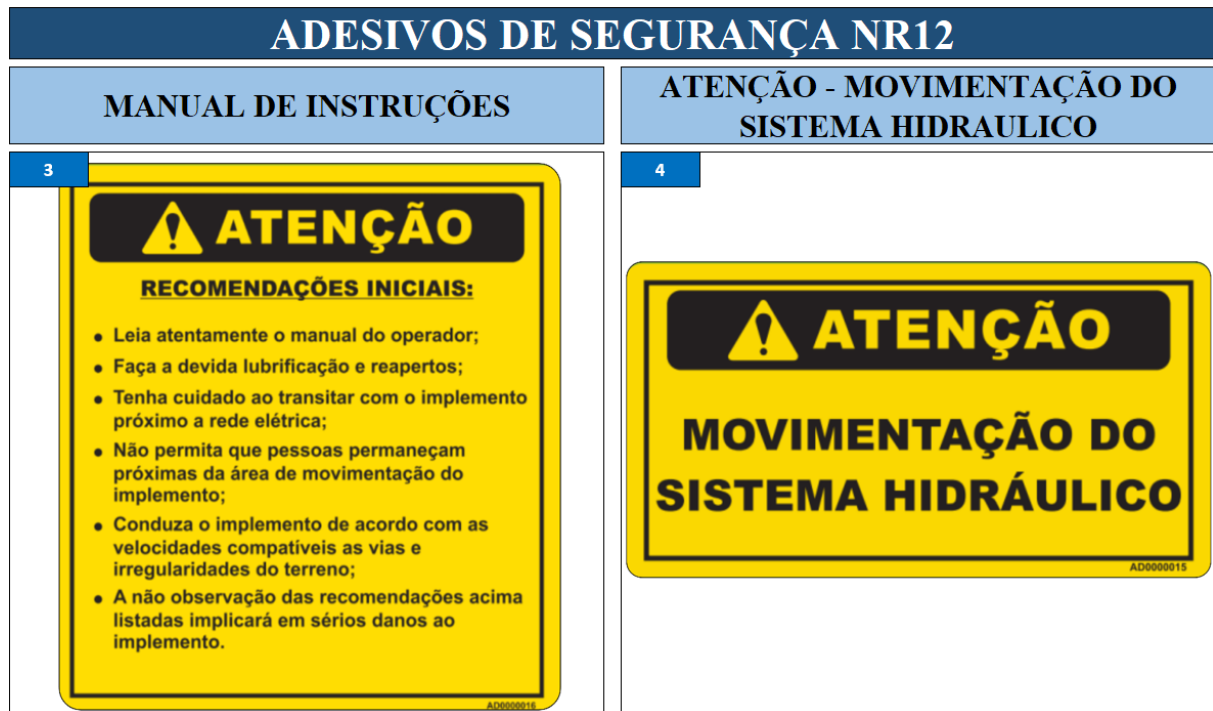
Fonte: Autor (2024).

A figura 21 acima apresenta os adesivos de segurança relacionados ao risco de esmagamento e perigo de corte e esmagamento. Esses adesivos alertam os operadores sobre os pontos críticos da operação, destacando as áreas de maior risco, como partes móveis e componentes que podem causar lesões em caso de uso inadequado.

Nos adesivos exibidos, as mensagens são claras e objetivas, promovendo a conscientização dos operadores quanto à necessidade de precaução durante o manuseio do equipamento.

A seguir, na figura 23 serão apresentadas imagens adicionais de outros adesivos de segurança em detalhes ampliados, demonstrando sua aplicação em diferentes áreas da máquina e reforçando os cuidados necessários durante a operação.

Figura 23 – Adesivo (3) Manual de instruções e (4) Atenção – movimento do sistema hidráulico.



Fonte: Autor (2024).

A figura 23 acima destaca dois adesivos essenciais para a operação segura do equipamento. O Adesivo (3) Manual de Instruções reforça a importância de consultar o manual do fabricante antes de operar a máquina, garantindo que todas as recomendações de uso, manutenção e segurança sejam seguidas corretamente.

Já o Adesivo (4) Atenção – Movimento do Sistema Hidráulico alerta sobre o perigo associado às partes móveis acionadas pelo sistema hidráulico. Este aviso é colocado estrategicamente próximo às áreas onde os componentes hidráulicos estão em operação, prevenindo que o operador ou terceiros se aproximem durante o funcionamento, reduzindo assim os riscos de acidentes.

Em seguida na figura 24, serão apresentados outros adesivos de segurança que complementam a sinalização da máquina.

Figura 24 –Adesivo (4) Leia atentamente o manual de manutenção e (5) Risco de queda.



Fonte: Autor (2024).

O Adesivo (4) Leia atentamente o manual de manutenção reforça a necessidade de seguir as orientações fornecidas pelo fabricante para a correta manutenção do implemento.

O Adesivo (5) Risco de queda alerta os operadores e demais envolvidos na operação sobre a possibilidade de quedas ao acessar áreas elevadas ou ao trabalhar em torno do equipamento.

As figuras apresentadas reforçam a importância da sinalização de segurança no implemento agrícola, conforme exigido pela NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Os adesivos não apenas atendem aos requisitos normativos, mas também desempenham um papel educativo, orientando os operadores sobre os cuidados necessários para evitar acidentes.

Esses elementos de sinalização demonstram o compromisso do projeto com a segurança, funcionalidade e conformidade legal, criando um ambiente de trabalho mais protegido e produtivo para os usuários.

## 11 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O triturador tipo rolo fresa atende aos requisitos de eficiência operacional ao combinar um cilindro equipado com dentes orientados em disposições horizontais, verticais e diagonais, juntamente com um motor hidráulico orbital. Essa configuração possibilita cortes uniformes do material processado. O motor hidráulico orbital transforma energia hidráulica em movimento

rotacional, garantindo desempenho estável mesmo em condições de trabalho intensas. Além disso, o suporte de proteção para fragmentos de silagem direciona o material triturado para a concha, otimizando o fluxo operacional e minimizando perdas durante o processo de trituração. No entanto, é necessária a construção e avaliação de um protótipo físico para validar os resultados.

O requisito de robustez e durabilidade, identificado pelos pecuaristas, foi atendido com a concha de aço e o triturador de rolo fresa sendo que ambos foram modelados para suportar condições adversas e uso intensivo. O modelo robusto do implemento assegura resistência a impactos em ambientes de trabalho exigentes.

O requisito de versatilidade do cliente e a flexibilidade operacional do projeto foram atendidos com a integração de uma concha de aço à estrutura hidráulica do trator, utilizando um sistema de engate rápido. Essa configuração permite que a concha opere em diferentes alturas e ângulos, reduzindo a necessidade de manobras durante as operações. O implemento foi projetado para se adaptar a diferentes tipos de silos, com ajuste para alturas de até cinco metros e troca rápida de componentes. A validação dessas funcionalidades requer a construção e teste de protótipos físicos. Além do manejo de silagem, o implemento demonstra versatilidade ao ser utilizado no transporte de grãos, fertilizantes e outros materiais. Sua construção robusta e articulação hidráulica permitem sua aplicação em diversos contextos operacionais. Adicionalmente, o equipamento pode atuar como suporte em situações de emergência, assegurando continuidade das operações agrícolas durante a manutenção de maquinários principais.

O requisito de manutenção simplificada foi atendido com a adoção de um sistema de fixação por braçadeiras, que possibilita a substituição rápida do triturador sem a necessidade de desmontar todo o implemento. Essa característica reduz significativamente o tempo de inatividade, atendendo diretamente à demanda dos produtores por facilidade e economia na manutenção.

O requisito de segurança e ergonomia também foi atendido com a concha possuindo aberturas estrategicamente posicionadas, que protegem o operador e permitem uma visualização clara da carga, assegurando maior precisão durante o carregamento e descarregamento.

O requisito do cliente relacionado à economia, alinhado ao requisito do projeto de empregar materiais e processos econômicos, foi atendido no desenvolvimento do implemento

agrícola. O modelo simplificado, combinado com sistemas como o engate rápido e as braçadeiras para fixação do triturador, reduziu a complexidade do equipamento, facilitando sua fabricação e manutenção.

## **12 PATENTE**

Apresenta-se o documento técnico necessário para a solicitação de patente do implemento desenvolvido. A estrutura segue os padrões próprios de formatação e redação técnica exigidas pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) para pedidos de patente, com o detalhamento técnico para a proteção da propriedade intelectual e registro do invento. Diferentemente dos modelos convencionais, este implemento é acoplado à parte frontal do trator

### **12.1 CAMPO DA INVENÇÃO**

[001] A presente invenção refere-se a um implemento pecuário multifuncional para extração, trituração e transporte de silagem, possuindo um sistema de troca rápida do triturador, o que proporciona agilidade na sua substituição ou realização de reparos diretamente no local de operação.

Ao contrário do modelo apresentado ele é acoplado à parte frontal do trator oferecendo maior flexibilidade, redução do esforço operacional e menores tempos de ciclo.

### **12.2 ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

[002] A silagem é uma técnica de conservação de alimentos volumosos utilizada principalmente na alimentação de bovinos. Consiste na preservação de forragem verde e succulenta por meio de fermentação anaeróbica, um processo que reduz o pH devido à produção de ácido lático e outros subprodutos, inibindo o metabolismo de microrganismos decompositores. Este método permite a manutenção da capacidade nutritiva do material armazenado, garantindo sua utilização em períodos de escassez, como na estação seca.

[003] O processo de ensilagem envolve etapas específicas, a forragem é cortada, colocada no silo, compactada e protegida por uma vedação eficiente, que assegura as condições



anaeróbicas necessárias para a fermentação. A silagem, assim conservada, é geralmente armazenada em silos ou trincheiras e, após retirada, pode ser utilizada pura ou misturada a componentes nutritivos, como grãos e farelos, para alimentação dos animais.

[004] No Brasil, a alimentação de rebanhos bovinos baseia-se predominantemente no uso de pastagens, favorecida por fatores como diversidade climática, variedade de solos e ampla disponibilidade de espécies forrageiras tropicais. Entretanto, durante a estação seca, a redução na produção de forragem compromete o suprimento alimentar necessário para atender às exigências dos animais. A silagem, portanto, emerge como solução para suplementação alimentar nesses períodos.

[005] Além de substituir o pasto em épocas de escassez, a silagem ajuda na engorda de animais em confinamento, quando é combinada com grãos e outros alimentos concentrados. Sua aplicação otimiza a gestão alimentar, garantindo o fornecimento de nutrientes de forma contínua e eficiente ao longo do ano.

[006] O processo de retirada da silagem dos silos envolve o uso de diferentes implementos agrícolas, que variam conforme o tamanho da operação e as necessidades dos produtores. Entre os equipamentos mais utilizados estão as carretas forrageiras e as desensiladeiras. As carretas forrageiras são destinadas ao transporte e distribuição da silagem nos cochos e, em alguns casos, apresentam sistemas que facilitam a mistura com outros nutrientes antes da distribuição. Já as desensiladeiras, empregadas principalmente por pequenos e médios produtores, são projetadas para remover camadas da silagem e direcioná-las para misturadores ou cochos. Esses equipamentos podem ser equipados com rotores acionados pela tomada de potência do trator, garantindo eficiência na remoção e preparo da silagem.

[007] O documento BR 202012005463-4 descreve uma desensiladeira frontal que é acoplada a uma estrutura frontal ou traseira de um trator, com a função de retirar silagem dos silos. O dito, após a retirada, realiza a mistura da silagem em um depósito interno e, posteriormente, distribui o produto triturado de forma ordenada para os animais. Contudo, a manutenção desse equipamento é mais complexa, exigindo suporte técnico especializado, o que pode resultar em períodos prolongados de inatividade.

[008] O documento PI0702698-6 A2 descreve uma desensiladeira com caixa prismática triangular, acoplável a um trator agrícola, destinada a armazenar e distribuir forragem nos cochos de alimentação. O dito sistema é composto por um desensilador que coleta a forragem e a direciona para um rolo com grampos para aeração, seguido de um caracol de descarga que

realiza a distribuição. Entretanto, o dito equipamento apresenta limitações técnicas como dificuldades para adaptação a diferentes condições de uso. Por conta de o dito equipamento apenas apresentar configuração para acoplamento na parte traseira do trator exigindo manobras repetitivas para posicionar o implemento e abastecê-lo, demandando maior habilidade do operador.

[009] O documento BR 202015013064-9 U2 apresenta um extrator de silagem projetado para acoplar a plataformas traseiras fixas ou basculantes. O sistema utiliza um rolo desensilador com navalhas fixas ou intercambiáveis, acionado por motor hidráulico, destinado a descompactar e transferir silagem para a plataforma. Apesar de sua funcionalidade, o equipamento apresenta limitações técnicas semelhantes às descritas no documento PI0702698-6 A2, como a operação restrita a uma única altura devido ao acoplamento no terceiro ponto do trator, tornando inviável o uso em silos elevados. Além disso, a operação do sistema requer monitoramento constante pelo operador, que precisa assumir posturas físicas desconfortáveis devido à falta de retrovisores adequados e aumentando o cansaço durante o trabalho. Embora o BR 202015013064-9 U2 destaque a adaptabilidade do extrator para diferentes plataformas, sua aplicação permanece focada exclusivamente na extração e transporte de silagem.

[010] Diversos documentos de patente fornecem um panorama técnico sobre o estado da arte de desensiladeiras, incluindo: US5452861, FR9606738, EP1449426, EP0638230, EP0543688, EP0447296, EP0392890, EP0383175, MU8502921 e EP0015823. Essas patentes abordam diferentes soluções técnicas e configurações relacionadas ao processo de extração e manuseio de silagem.

### 12.3 PROBLEMAS DA TÉCNICA ATUAL

[011] A extração de silagem apresenta desafios significativos relacionados à compactação do material, desgaste de equipamentos e condições operacionais adversas. Durante o armazenamento, a silagem é compactada para prevenir a entrada de oxigênio, garantindo a fermentação anaeróbica necessária para sua preservação. No entanto, a compactação excessiva pode dificultar a retirada, exigindo maior esforço dos equipamentos e resultando em falhas, como o desgaste acelerado de componentes e o desalinhamento de sistemas mecânicos. Além disso, a resistência à extração é agravada em silos onde a compactação é inadequada, levando à formação de blocos rígidos que comprometem o

desempenho dos sistemas de corte, aumentando o esforço operacional e reduzindo a eficiência do processo.

[012] Outro desafio significativo está associado ao desgaste de componentes, causado pelas condições severas de operação, como a abrasividade do material e a exposição prolongada a ambientes úmidos. Isso provoca danos estruturais e a necessidade de manutenção frequente, com impacto direto na produtividade. Em muitos casos, o equipamento precisa ser enviado a oficinas especializadas, o que aumenta o tempo de inatividade e força o uso de métodos alternativos de extração menos eficientes.

[013] Danos causados por corpos estranhos, como pedras e fragmentos metálicos presentes na silagem, representam um problema adicional. Esses objetos podem quebrar lâminas ou dentes dos sistemas de corte, gerando custos elevados de manutenção e riscos operacionais. Além disso, o desperdício de material durante o manuseio é uma preocupação, especialmente em equipamentos com projeto inadequado para conter e direcionar eficientemente a silagem.

[014] A solução para esses desafios envolve o desenvolvimento de implementos agrícolas robustos e eficientes, projetados para suportar condições operacionais adversas e minimizar os esforços de manutenção. Equipamentos com sistemas de corte precisos, como trituradores de rolo fresa, articulação hidráulica para movimentação controlada e estruturas reforçadas, são essenciais para aumentar a durabilidade e a eficiência. O design modular, que facilite a substituição de componentes críticos, também é fundamental para reduzir os períodos de inatividade. Essas melhorias garantem maior produtividade e uma operação mais econômica e sustentável, atendendo às demandas do setor agrícola e otimizando o manejo da silagem.

## 12.4 SOLUÇÕES PROPOSTAS PELA INVENÇÃO

[015] Diante das considerações relacionadas ao estado da arte previamente discutido, a presente invenção tem como objetivo desenvolver um equipamento voltado para a alimentação de rebanhos menores de gado de corte ou leite. O equipamento é composto por um triturador de rolo fresa acionado por um motor hidráulico, acoplado a uma concha de aço que se conecta ao sistema hidráulico do trator por meio de um engate frontal de acoplamento rápido. O sistema inclui um mecanismo de conexão entre a concha e o triturador, formado por dois braços articulados acionados por cilindros hidráulicos. Esse conjunto apresenta uma solução técnica

que facilita a manutenção do triturador de rolo fresa, empregando braçadeiras para sua fixação, garantindo praticidade e eficiência durante as operações de reparo ou substituição.

## 12.5 DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[016] A caracterização do presente documento para patente é realizada por meio de desenhos representativos da disposição construtiva aplicada ao equipamento, de modo que este possa ser integralmente reproduzido por técnicas adequadas, assegurando a plena caracterização da funcionalidade do objeto pleiteado.

[017] As figuras apresentam a forma preferencial de execução do produto idealizado e fundamentam a parte descritiva do relatório. Esta descrição utiliza uma numeração detalhada e consecutiva, que esclarece aspectos possivelmente subentendidos na representação gráfica, determinando de forma clara a proteção pretendida. Ressalta-se que as figuras são ilustrativas e podem apresentar variações, onde esclarece aspectos que possam ficar subentendidos pela representação adotada, de modo a determinar claramente a proteção ora pretendida.

Neste caso se tem que:

[018] – A figura 1 mostra uma perspectiva do triturador tipo rolo fresa;

[019] – A figura 2 mostra uma perspectiva da máquina proposta;

[020] – A figura 3 mostra a vista lateral da máquina proposta;

[021] – A figura 4 mostra uma perspectiva da parte posterior da máquina proposta.

[022] A presente invenção consiste em um triturador tipo rolo fresa (100), composto por um cilindro rotativo (1) equipado com dentes (2) dispostos em orientações horizontais, verticais e diagonais. O movimento do cilindro é gerado por um motor hidráulico (3), responsável por converter a energia hidráulica em movimento rotacional “puxando” a forragem e a demanda para dentro da caixa.

[023] A concha de aço (4) do dito equipamento é acoplada ao sistema hidráulico do trator por meio de um engate frontal (5) de acoplamento rápido, eliminando a necessidade de ferramentas adicionais para sua fixação ou remoção. Posicionada na parte frontal do trator, a concha de aço (4), em conjunto com o sistema hidráulico, permite trabalhar em diferentes alturas e ângulos, proporcionando maior flexibilidade operacional.

[024] O mecanismo de conexão entre a concha e o sistema de trituração de silagem é composto por dois braços articulados (6), acionados por cilindros hidráulicos (7). Este conjunto permite o deslocamento controlado do sistema de trituração, possibilitando o posicionamento

para realizar o corte da silagem. Os cilindros hidráulicos (7), integrados à estrutura do sistema de articulação (6) e à concha de aço (4), permitem ajustes rápidos da posição do equipamento. Essa configuração amplia a flexibilidade operacional, possibilitando o uso em diferentes ângulos e alturas, atendendo a diversas necessidades durante o manejo da silagem.

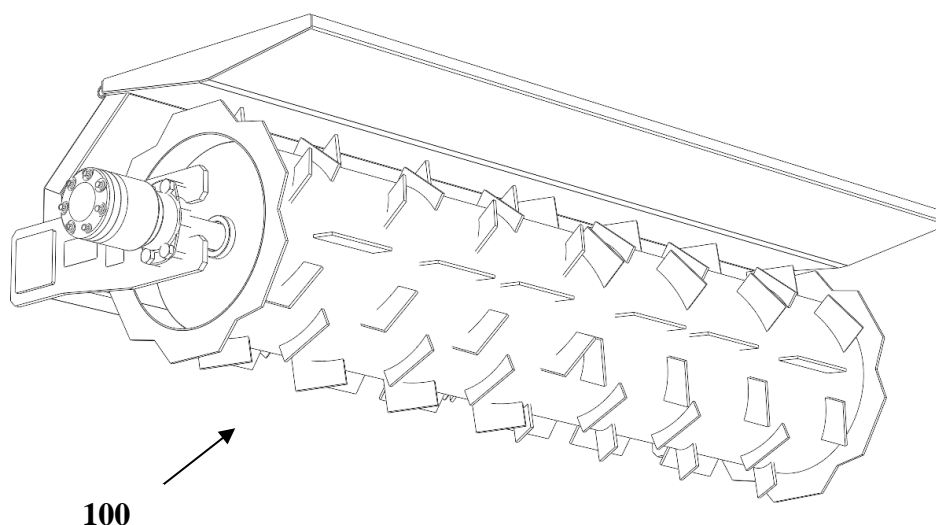
[025] Junto ao conjunto de triturador tipo rolo fresa (100) tem um suporte de proteção (8) que é posicionado acima da zona de corte, atuando como uma barreira física para conter e direcionar os fragmentos de silagem gerados durante o processo de trituração.

[026] Uma característica técnica importante do implemento é a facilidade de manutenção do triturador de rolo fresa. O sistema utiliza braçadeiras (9) para fixação, permitindo que o triturador tipo rolo fresa (100) seja substituído rapidamente, sem necessidade de desmontar o implemento ou enviá-lo para oficinas especializadas. Essa funcionalidade reduz significativamente o tempo de inatividade, permitindo que reparos e substituições sejam realizados diretamente no local de operação, mantendo a continuidade das atividades agrícolas.

[027] Além disso, a concha de aço (4) é equipada com uma chapa de aço (10) que possui aberturas estrategicamente posicionadas ao longo de seu corpo. Essas aberturas protegem o operador, permitindo ao mesmo tempo a visualização da carga, o que facilita o monitoramento do processo de carregamento e assegura maior controle.

[028] A concha de aço (4) apresenta versatilidade, podendo ser utilizada em diversas outras operações, como a movimentação de grãos, adubos e outros materiais. Sua construção robusta, aliada à articulação hidráulica, garante que o implemento seja adaptável às diferentes necessidades do produtor rural, ampliando sua funcionalidade além do manejo de silagem.

Figura 1.



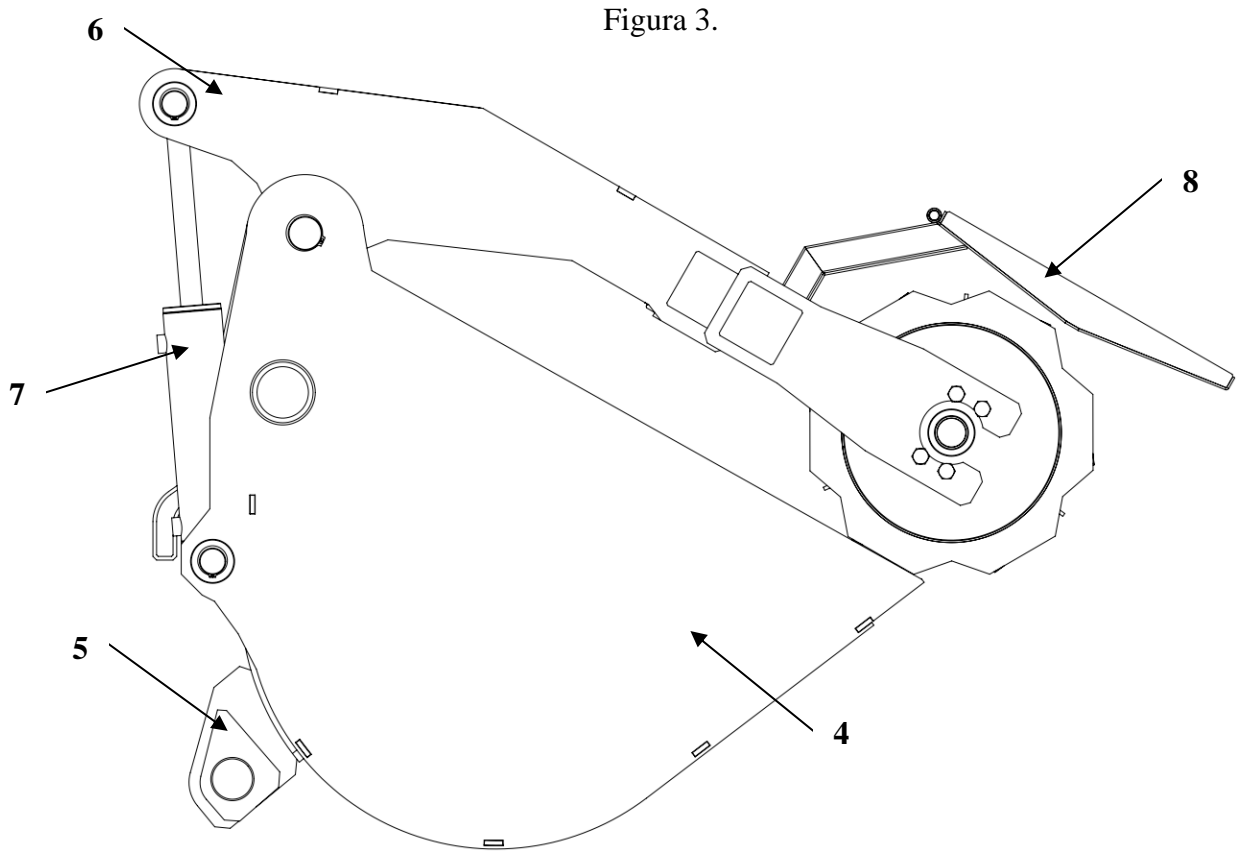
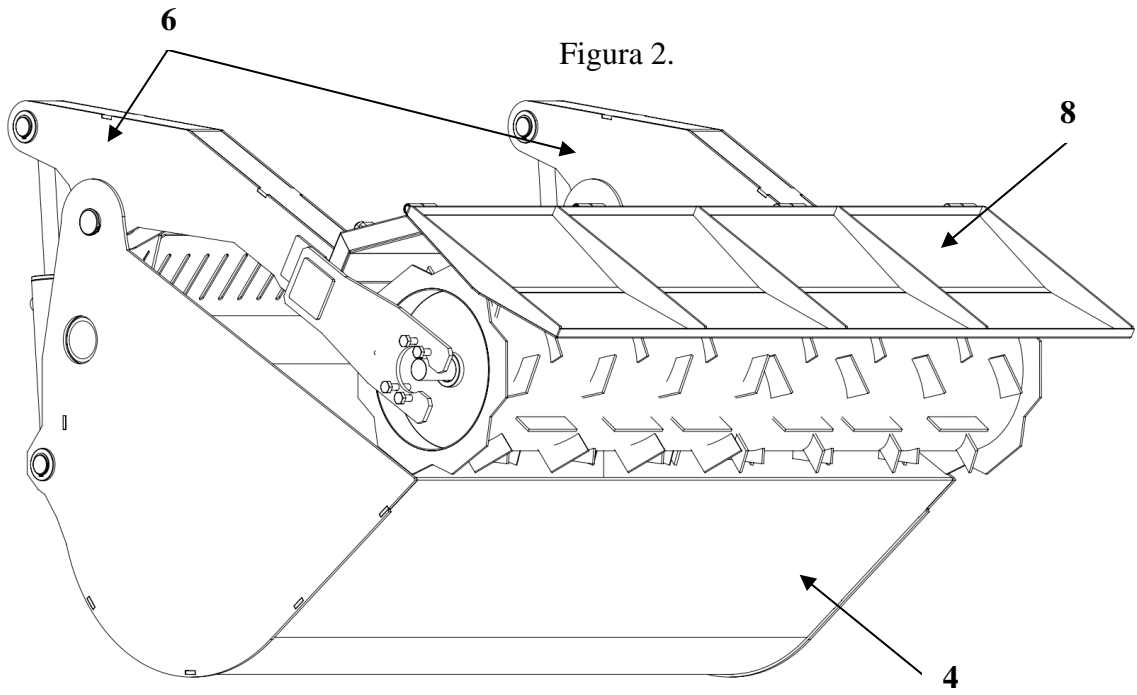
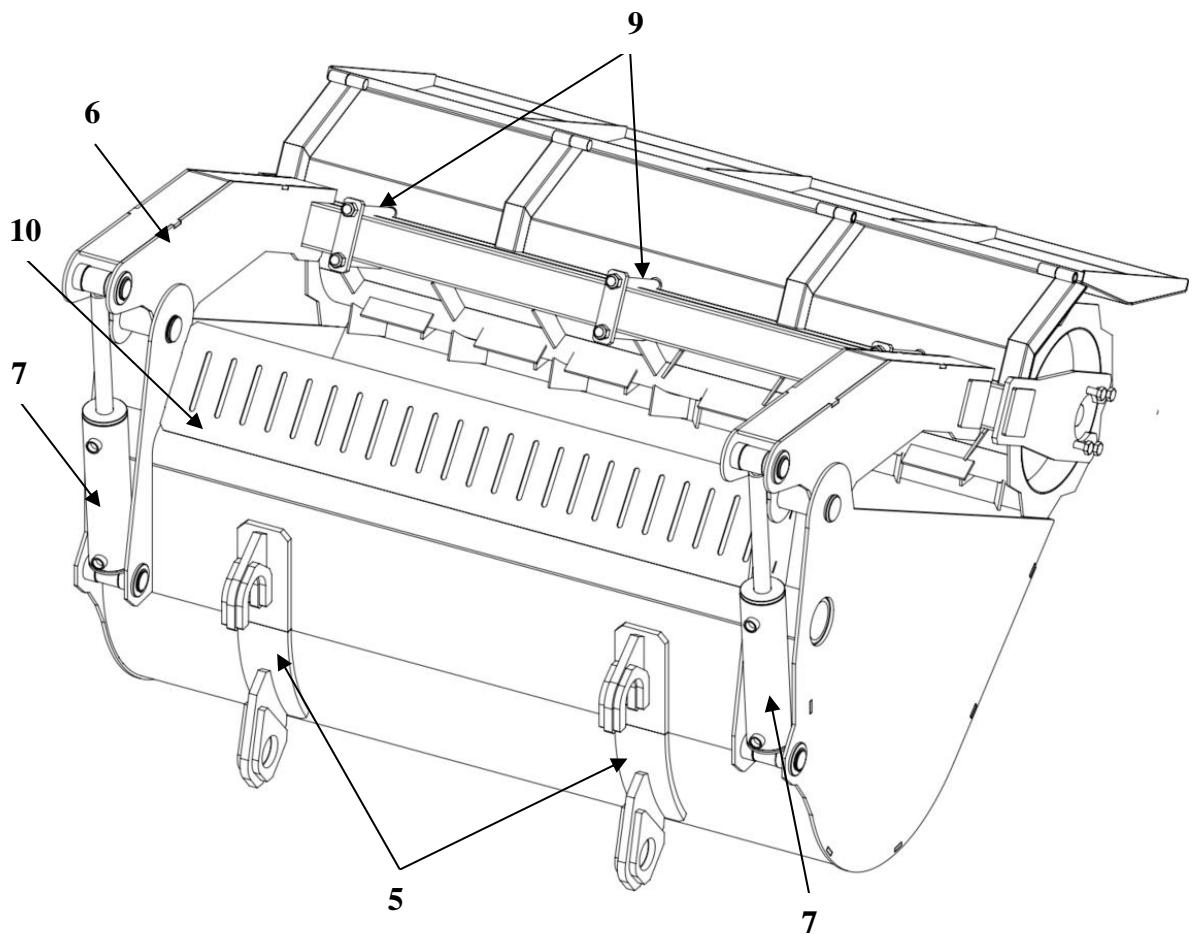


Figura 4.



## 12.6 REIVINDICAÇÃO

DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA APLICADA EM IMPLEMENTO MULTIFUNCIONAL COM SISTEMA DE TROCA DO ROLO FRESA caracterizada por compreender uma estrutura composta por uma concha de aço (4), projetada para ser acoplada a um trator agrícola via engate frontal (5) em que a referida concha (4) recebe a silagem desensilada através de um triturador do tipo rolo fresa (100), o qual é fixado por braçadeiras (9) a um sistema de articulação (6) o que é acionado por dois cilindros hidráulicos, promovendo a movimentação do triturador em relação à concha, sendo que o triturador possui uma chapa de suporte e proteção (8) que direciona a silagem para o interior da concha de aço (4). O diferencial técnico está no mecanismo de desacoplamento rápido do triturador tipo rolo fresa (100), permitindo a permitindo a troca ágil do triturador tipo rolo fresa (100) de forma prática ao

remover as braçadeiras (9), sem a necessidade de desmontar o equipamento inteiro, simplificando a manutenção. Além disso, a concha de aço (4) oferece suporte para diferentes finalidades, como transporte de grãos, fertilizantes e outros materiais, ampliando a funcionalidade do implemento.

## 12.7 RESUMO

DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA APLICADA EM CONCHA. O PRESENTE MODELO DE UNIDADE DESCREVE UMA DESENSILADEIRA cujo modelo descreve uma concha em aço (4) para armazenamento e transporte de silagem, contando com um sistema articulável (6) que conecta a concha de aço (4) ao triturador tipo rolo fresa (100) onde o diferencial técnico está no mecanismo de desacoplamento rápido do triturador tipo rolo fresa (100), permitindo a substituição por outro triturador tipo rolo fresa (100) de forma prática ao remover as braçadeiras (9).

## 13 CONCLUSÃO

O presente trabalho consolidou um avanço significativo no desenvolvimento de um implemento agrícola multifuncional, capaz de atender as demandas do setor pecuário, principalmente no manejo eficiente de silagem. A partir de uma abordagem abrangente, que envolveu desde a identificação de requisitos técnicos e funcionais até a elaboração de protótipos virtuais, foi possível demonstrar a viabilidade técnica e econômica da solução proposta.

A análise detalhada dos desafios enfrentados pelos pecuaristas destacou a necessidade de um equipamento robusto, eficiente e de fácil manutenção. O implemento projetado atendeu a esses critérios ao incorporar soluções, como o triturador de rolo fresa e a concha hidráulica. Esses componentes foram projetados para otimizar o desempenho, reduzir custos operacionais e prolongar a vida útil do equipamento.

Adicionalmente, a modelagem virtual realizada foi fundamental para o refinamento do projeto e para a definição de especificações técnicas preliminares. No entanto, é importante ressaltar que a validação completa dos aspectos funcionais, como a eficiência no corte da silagem e a segurança operacional, depende da fabricação e dos testes de um protótipo físico. Essa etapa é necessária para ajustar detalhes técnicos e assegurar a performance esperada do equipamento.



O estudo também contribuiu para a proteção da propriedade intelectual do implemento, com a elaboração de documentos para solicitação de patente. Este aspecto reforça o potencial de comercialização e posicionamento competitivo do equipamento no mercado.

Conclui-se que o trabalho não apenas atingiu os objetivos propostos, mas também oferece uma solução prática e economicamente viável para as necessidades do setor pecuário, promovendo a modernização do manejo agrícola e as operações rurais.

## 14 REFERÊNCIAS

ANASTÁCIO, D. F., Dias, R. S., & Santos, M. P. Sustentabilidade na Fundação Brasileira. In *Fundação sob Pressão no Brasil: Processos, Máquinas e Ligas* (pp. 443-464). Associação Brasileira de Fundação, 2016.

BACK, Nelson. et at. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. 1 ed. Barueri: Manole, 2008.

BATISTA, Pedro H. S.; DUARTE, Paula R.; COSTA, Julia B.; PAIS, Adrielle D.; MACHADO, João V. F.; JUNIOR, Valter H. B. **Boas práticas na produção de silagem para bovinos**. In: I SEMINÁRIO DE GESTÃO INTEGRADA EM QUALIDADE, 1., 2024, Londrina. Anais [...]. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2024.

BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

BOLLER, Walter. Máquinas para a colheita e conservação de forragens. Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira. In.: FONTANELI, Renato; SANTOS, Henrique dos; FONTANELI, Roberto. DF: **Embrapa**, 2 ed., 2012, p. 367-434.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Item 12.12.1. Disponível em: <http://trabalho.gov.br>. Acesso em: [20/11/2024].  
<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf>

CIMETAL. **Manutenção de equipamentos agrícolas**. Nov/2021. Disponível em: [https://cimental.pt/manutencao-equipamentos-agricolas/?utm&doing\\_wp\\_cron=1733597745.6921830177307128906250](https://cimental.pt/manutencao-equipamentos-agricolas/?utm&doing_wp_cron=1733597745.6921830177307128906250). Acesso em 20 de outubro de 2024.

GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; FERREIRA, P.A.S (Eds.) **Alimentação de gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 412pp.

IPACOL. Disponível em: <https://www.ipacol.com.br/produtos/vagoes/vagoes-misturadores/vagao-forrageiro-misturador-tombador>. Acessado em 15 de outubro de 2024.

KASTNER, Guilherme. **Criando padrões de Engenharia:** Como mudar a falta de critério ao nomear arquivos de projetos? SKA, 2017. Disponível em: [https://www.ska.com.br/blog/criando-padroes-de-engenharia-como-mudar-a-falta-de-criterio-ao-nomear-arquivos-de-projetos/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.ska.com.br/blog/criando-padroes-de-engenharia-como-mudar-a-falta-de-criterio-ao-nomear-arquivos-de-projetos/?utm_source=chatgpt.com). Acessado em 3 de novembro de 2024.

LISBINSKI, E. A. G. Feno e Silagem. In.: **Revista do criador**. Edição: 220, Setembro/2018.

MARINELLI, Igor. Entenda o que é curva da banheira. **Revista manutenção**, 2022. Disponível em: [https://revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/manutencao/entenda-o-que-e-curva-da-banheira.html?utm\\_source=chatgpt.com%20\(2024\)%20acessado%20em%2004/12/2024](https://revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/manutencao/entenda-o-que-e-curva-da-banheira.html?utm_source=chatgpt.com%20(2024)%20acessado%20em%2004/12/2024). Acessado em: 27 de outubro de 2024.

MARISPAN. **13 dicas de manutenção para o seu implemento agrícola**. 2022. Disponível em: <https://marispan.com.br/blog/manutencao-implemento-agricola/>. Acessado em 24 de outubro de 2024.

MARTINS, Petrônio. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 2005.

MORAES, Elino; RAMOS, Allan. **Como produzir silagem**. Comunicado técnico: Embrapa. n. 75, Dez./98.

ORIENTAL CHAIN MFG.CO.,LTD. OCM ANSI Roller chain: Chain No. 240. Disponível em: < [http://www.ocm.co.jp/en/pro/roller/03\\_01\\_15.pdf](http://www.ocm.co.jp/en/pro/roller/03_01_15.pdf)>. Acesso em 07 de jun. 2017.

PAHL, G. et al. **Projeto na engenharia:** fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

PAULA, Talita de. Produção de silagem: aspectos agronômicos e valor nutricional em regiões semiáridas – revisão sistemática. **Arquivos do Mudi**, v. 25, n. 2, 2021, p. 127- 154.

PENACCHI, João. Aegro, 2023. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/manutencao-de-maquinas-agricolas/>. Acessado em: 26 de outubro de 2024.

REHAGRO BLOG. Tipos diferentes de silo e principais cuidados. Disponível em: <https://rehagro.com.br/blog/tipos-de-silos-caracteristicas-e-cuidados/> acessado em 12 de outubro de 2024.

**Revista manutenção**, 2022. Disponível em: [https://revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/manutencao/entenda-o-que-e-curva-da-banheira.html?utm\\_source=chatgpt.com%20\(2024\)%20acessado%20em%2004/12/2024](https://revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/manutencao/entenda-o-que-e-curva-da-banheira.html?utm_source=chatgpt.com%20(2024)%20acessado%20em%2004/12/2024). Acessado em: 27 de outubro de 2024.

ROMANO, L. N. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas**. 2003. 266p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SALES, Maykel. **Os dez passos da ensilagem**. Acre: Embrapa, 2015.

SANTOS, Marinéia dos. **Contabilidade de Custos**. Salvador: UFBA, Faculdade de Ciências Contábeis, 2018, 103 p.

SCARPITE, F; MARQUES, D. J; MOURA, D. J; SILVA, M, B. Gestão inovadora de um dispositivo mecânico de vanguarda para desensilagem autônoma de silos e abastecer misturadores de ração no agronegócio. **Anais do VIII CIMATech**, Fatec, São José dos Campos, SP, 2021.

SCHARF, Luciano. **Análise dos custos de fabricação em uma micro cervejaria**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

SCHEMAQ. Disponível em: <https://www.schemaq.com.br/implementos/schemix-1-5/>. Acessado em 16 de outubro de 2024.

TRUFFA, Bruno; TESSELE, Vinícius. Procedimento operativo padrão: utilização da ferramenta como apoio a instalação de um modelo de produção em massa em uma montadora de máquinas agrícolas. **RECIMA21**, V. 3, n.11, 2022.