

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA
CURSO DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

JHONAS ROYER
SIDIMAR SANTO PERAZZOLI

**AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO DA LONA DO
TANQUE GRANELEIRO DE UMA COLHEITADEIRA DE GRÃOS
AUTOMOTRIZ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA
2016

JHONAS ROYER
SIDIMAR SANTO PERAZZOLI

**AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO DA LONA DO
TANQUE GRANELEIRO DE UMA COLHEITADEIRA DE GRÃOS
AUTOMOTRIZ**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Me. Ivair Marchetti
Coorientador: Prof. Neron Alípio Cortes Berghauser

**MEDIANEIRA
2016**



TERMO DE APROVAÇÃO

AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO DA LONA DO TANQUE GRANELEIRO DE UMA COLHEITADEIRA DE GRÃOS AUTOMOTRIZ

Por:

JHONAS ROYER

SIDIMAR SANTO PERAZZOLI

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 19h30 min do dia 1 de Dezembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. Os acadêmicos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **aprovado**.

Prof. Me. Ivair Marchetti
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Orientador)

Prof. Me. Yuri Ferruzzi
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Membro Titular)

Prof. Me. Neron Alípio Cortes Berghauser
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Coorientador)

Prof. Me. Anderson Miguel Lenz
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Membro Titular)

A folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por ter nos dado o dom da vida, por guiar nosso caminho e nos conceder a chance de estarmos alcançando nossos objetivos.

A nossa família, agradecemos por nos incentivar a sermos sempre melhores, orientando para que nos aperfeiçoássemos nas escolhas que fizemos ao longo da vida.

Aos professores do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial, por todo o ensinamento, pois este é o bem mais precioso que podemos adquirir nesta trajetória. Em especial aos professores, Professor Mestre Ivair Marchetti e Professor Mestre Neron Alípio Cortes Berghauser, por ter nos orientado brilhantemente ao desenvolvermos este projeto, estando dispostos a esclarecer nossas dúvidas e aprimorar o conteúdo.

Agradecemos a todas as pessoas envolvidas de forma direta ou indiretamente, que nos ajudaram a concluir esta etapa de uma longa caminhada em busca do sucesso.

“Nunca fiz nada dar certo por acidente; nem nenhuma das minhas invenções surgiu por acidente; elas vieram do meu trabalho”

(Thomas Edison)

RESUMO

ROYER, Jhonas, PERAZZOLI, Sidimar Santo. **AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO DA LONA DO TANQUE GRANELEIRO DE UMA COLHEITADEIRA DE GRÃOS AUTOMOTRIZ** 2016. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2016.

Este trabalho teve o objetivo de facilitar as atividades do operador de colheitadeiras automotrizes, por meio de uma automação do sistema de movimentação do sem-fim de carga e da lona do tanque graneleiro, levando em consideração a problemática gerada pelos mesmos não serem automatizados, precisando assim serem manualmente elevados e abaixados, no início e ao término da jornada de trabalho e/ou quando houver a necessidade de transporte do equipamento. Para isto, fez-se necessário uma análise para quantificar e qualificar quais seriam os equipamentos e materiais utilizados no desenvolvimento e fabricação de peças que foram essenciais para a construção de um protótipo mecânico/pneumático, capaz de realizar a automação do sistema, visando assim atender as expectativas do bom funcionamento do equipamento. Por fim, foi possível concluir que através de automações pode-se obter um melhor desempenho de equipamentos, levando conforto e praticidade aos que utilizando dos mesmos como ferramenta de trabalho.

Palavras-chave: Automação. Lona do Graneleiro. Sistema de Movimentação.

ABSTRACT

ROYER, Jhonas, PERAZZOLI, Sidimar Santo. **AUTOMATION OF THE BULK TANK CANVAS DRIVE SYSTEM OF AN AUTOMOTIVE GRAIN HARVEST**. 2016. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2016.

This work had the objective of facilitating the activities of the operator of automotive harvesters, by means of an automation of the movement system of the load worm and the canvas of the bulk tank, taking into account the problems generated by the same ones not being automated, So that they are manually lifted and lowered at the beginning and at the end of the working day and / or when there is a need to transport the equipment. For this, it was necessary an analysis to quantify and qualify what would be the equipment and materials used in the development and manufacture of parts that were essential for the construction of a mechanical / pneumatic prototype, capable of performing the automation of the system, Expectations of the proper functioning of the equipment. Finally, it was possible to conclude that through automation it is possible to obtain a better performance of equipment, bringing comfort and practicality to those that use them as a working tool.

Keywords: Automation. Canvas of Bulk Carrier. Drive System

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxo da Colheitadeira	13
Figura 2 - Colheitadeira S540.....	14
Figura 3 - Sistemas da Colheitadeira Série S.....	14
Figura 4 - Tanque Granelero S540.....	15
Figura 5 - Colheitadeira STS Realizando a Descarga do Tanque Granelero.....	16
Figura 6 -Dispositivo Sem-fim sendo colocado em Posição de Descanso.....	17
Figura 7 - Sem-fim de Carga sendo Elevado para a Posição de Operação.....	17
Figura 8 - Modelo de Utilidade do Elevação/Abaixamento.....	20
Figura 9 - Comando do Suporte Abraçadeira do Sem-fim de Enchimento.....	21
Figura 10 - Projeto do Suporte Inferior do Braço de Elevação.....	22
Figura 11 - Suporte de Elevação do Sem-fim Abaixado.....	22
Figura 12 - Suporte de Elevação do Sem-fim Elevado e Travado.....	23
Figura 13 - Esquema de Automação Pneumática.....	25
Figura 14 - Simulações do Sistema Pneumático.....	27
Figura 15 - Pontos de Fixação do Atuador Pneumático.....	27
Figura 16 - Projeto da Base do Atuador Pneumático.....	28
Figura 17 - Projeto da Estrutura de Elevação da Lona.....	29
Figura 18 - Estrutura de Elevação da Lona com Suportes.....	30
Figura 19 - Vista Explodida do Sistema de Automação.....	30
Figura 20 - Vista Aérea do Sistema de Automação.....	31
Figura 21 - Perspectiva Isométrica do Sistema de Automação.....	31
Figura 22 - Vista Frontal do Sistema de Automação.....	32
Figura 23 - Suporte Abraçadeira do Sem-fim Montado.....	33
Figura 24 - Suporte Inferior de Fixação do Sistema de Elevação.....	34
Figura 25 - Barra de Elevação (trava mecânica)	34
Figura 26 - Suporte Inferior do Atuador Pneumático.....	35
Figura 27 - Detalhe do Atuador Pneumático Montado.....	35
Figura 28 - Base do Suporte Responsável pela Movimentação da Base Octogonal.....	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
3.1 MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA.....	11
3.2 PROCESSO DE COLHEITA	11
3.3 MÁQUINAS E COLHEITADEIRAS.....	12
3.4 COLHEITADEIRA AUTOPROPELIDA SÉRIE S540	13
4 DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA	15
4.1 TANQUE GRANELEIRO DA COLHEITADEIRA S540 DE 6.750 LITROS	15
4.2 DISPOSITIVO DE ROSCA SEM-FIM DE CARGA	16
5 MATERIAIS E MÉTODOS	19
5.1 PROJETO MECÂNICO	19
5.2 MONTAGEM DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO	23
5.3 PROJETO PNEUMÁTICO.....	26
5.4 SIMULAÇÃO DO SISTEMA PNEUMÁTICO	26
5.5 PROJETO DA MONTAGEM	32
5.5.1 Materiais e Equipamentos Utilizados	32
5.5.2 Procedimento de Montagem	33
5.6 ORÇAMENTO	36
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Considerando o agronegócio o motor da economia brasileira, e levando em conta o constante aperfeiçoamento das tecnologias para a redução de custos, aumento da produtividade e qualidade da produção agrícola, faz-se necessário que surjam novas técnicas visando atingir esses objetivos. A obtenção de maior rendimento produtivo e a otimização do uso dos produtos, faz com que as inovações surjam para que de forma eficiente e segura, o homem possa aplicá-las em seu trabalho (JANK, 2005).

De acordo com Belo & Krupek (2015), a cada inovação que surge na sociedade existe por de trás um objetivo ou um motivo. Diante de uma determinada situação analisada é proposta uma nova alternativa. Como é o exemplo do trabalho rural. Até alguns anos atrás o trabalho rural era totalmente manual. Com o desenvolvimento da sociedade percebeu-se a necessidade de inovar, surgiram novas tecnologias agrícolas, como a automação de algumas atividades, facilitando o trabalho e possibilitando o aumento da produção.

A automação pode ser entendida como um sistema no qual os processos operacionais de produção agrícola são monitorados, controlados e executados por meio de máquinas e ou dispositivos mecânicos, eletrônicos ou computacionais, para ampliar a capacidade de trabalho humano. Desse modo, a automação exerce a sua função sobre processos agrícolas para aumentar a produtividade do sistema e do trabalho; otimizar o uso de tempo; reduzir perdas na produção; aumentar a qualidade dos produtos e melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores da lavoura (Embrapa, 2016).

Este trabalho surgiu da dificuldade enfrentada pelos produtores rurais e ou operadores que utilizem colheitadeiras John Deere da série S ou STS, na qual estas não possuem um sistema de levantamento e abaixamento do sem-fim de carga (enchimento) e da lona de proteção do tanque graneleiro, esta operação é realizada manualmente, dificultando assim o recolhimento e transporte deste equipamento.

Em virtude disso, o projeto visa a solução deste problema por meio da automação deste sistema utilizando um acionamento pneumático mecânico. Para tanto elegeu-se o modelo S540 da empresa John Deere.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Projetar e desenvolver um sistema que possibilite a automação das partes móveis do tanque graneleiro, sendo essas o sem-fim de enchimento (carga), e a lona de proteção em uma colheitadeira de grãos automotriz.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Desenvolver um modelo de utilidade de acordo com as medidas e características definidas para sua funcionalidade adaptadas à máquina;
- b) Realizar simulações do Sistema pneumático através do software FluidSIM Demo;
- c) Executar a montagem do protótipo utilizando os componentes adquiridos e fabricados para o seu correto funcionamento;
- d) Avaliar a necessidade de melhorias do projeto;
- e) Realizar testes operacionais em campo, para verificar o funcionamento do sistema automatizado.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

A mecanização ou automação é considerada um sistema no qual os processos operacionais de produção agrícola são monitorados, controlados e executados por meio de máquinas e ou dispositivos mecânicos, eletrônicos ou computacionais, para ampliar a capacidade de trabalho humano (Embrapa, 2016).

A mecanização total ou parcial apresenta-se, atualmente, como a opção prioritária para a colheita de inúmeras culturas, seja do ponto de vista ergonômico ou econômico (Braunbeck & Magalhães, 2004).

Uma produção em alta escala é dependente da mecanização agrícola, ou seja, o uso das máquinas é um dos principais pontos para o aumento da produtividade (Yamashita, 2010).

Desse modo, a mecanização exerce a sua função sobre processos agrícolas aumentando a produtividade do sistema e do trabalho; otimizando o uso de tempo; reduzindo perdas na produção; aumentando a qualidade dos produtos e melhorando a qualidade de vida dos trabalhadores da lavoura (Embrapa, 2016).

3.2 PROCESSO DE COLHEITA

Para que o processo da colheita ocorra de maneira satisfatória, o produtor deve planejar todas as fases, como, a implantação da cultura até a colheita, o transporte e o armazenamento, de forma a integrar este procedimento agrícola ao sistema de produção, fazendo com que o grão apresente bom padrão de qualidade (NUNES, 2016a).

Segundo Fonseca & Silva (2006), a colheita é uma das etapas mais importantes do processo de produção e, quando malconduzida, acarreta perda de grãos, comprometendo os esforços e os investimentos dedicados à cultura.

Nunes (2016) ainda destaca que a mecanização deste processo se tornou

necessário para acompanhar o crescimento populacional, considerando a necessidade de se produzir com menos pessoas empregadas na agricultura. Nota-se a importância de que as máquinas sejam eficientes e eficazes, apresentando poucas perdas, para que todo o esforço aplicado ao processo de produção não seja em vão.

Desta forma alguns fatores destacam-se quando se espera a obtenção de uma boa colheita, pois este processo é o fechamento do ciclo produtivo de uma cultura, sendo assim, qualquer inovação que venha a facilitar este procedimento deve ser levada em consideração.

3.3 MÁQUINAS E COLHEITADEIRAS

Segundo Garcia (2016), as colheitadeiras de grãos podem ser divididas nos modelos de: arrasto, quando são tracionadas pela barra de tração e acionadas mecanicamente pela tomada de potência de uma outra máquina (geralmente um trator agrícola); montadas, semelhante as de arrasto, com a diferença de que são acopladas ao sistema de levante hidráulico do trator; e auto propelidas ou combinadas, que são as máquinas que possuem fonte de potência própria, ou seja, que é capaz de realizar as operações de colheita.

Para Silva (2004), o processo de colheita nas colheitadeiras auto propelidas (combinadas), inicia-se na plataforma com a condução do material por meio do molinete para a barra de corte, após o corte segue-se para o sem fim de transporte, onde o produto colhido é direcionado para o alimentador do cilindro trilhador, neste momento ocorre a separação entre os grãos da vagem ou da espiga, seguindo posteriormente para o sistema de separação e limpeza, deste é descartado a palha e as impurezas que podem vir com os grãos. Após este processo, tem-se o sistema de transporte, no qual os grãos são conduzidos para a armazenagem no tanque graneleiro, por fim é feita a descarga pelo tubo de descarga, por meio do qual os grãos passam do tanque graneleiro para os caminhões, ou, outro transporte de preferência do produtor, como pode-se observar na Figura 1, o ciclo de colheita realizado por uma colheitadeira autopropelida.

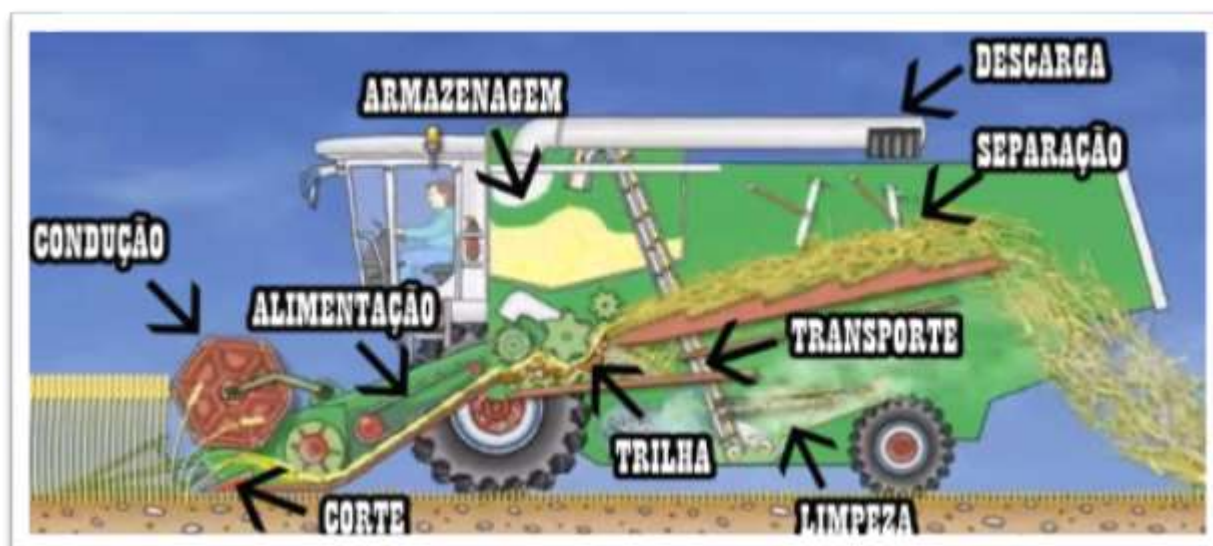


Figura 1: Representação do fluxo da colheitadeira.
Fonte: Claas (2016).

Nunes (2016b) relata que, as colheitadeiras apresentam diversas funções específicas, sendo que seus setores podem ser regulados de acordo com as condições e a cultura a ser colhida, entre elas: soja, milho, arroz, trigo, sorgo, cevada, aveia, alfafa entre outras.

Dentre os vários modelos e marcas de colheitadeiras, elegeu-se o modelo de colheitadeira autopropelida, série S540, da fabricante John Deere®, para a elaboração do modelo de utilidade. Isto se deu ao fato do proprietário daquele equipamento ter procurado os acadêmicos descrevendo as dificuldades em sua operação.

3.4 COLHEITADEIRA AUTOPROPELIDA SÉRIE S540

As colheitadeiras Série S540, apresentam novo desenho de todos os componentes do sistema, de maneira a atender as expectativas de produtividade dos produtores. Também apresenta facilidade de ajustes e operação de colheita integrado a uma nova cabine. Levando em consideração que algumas operações de campo requerem maiores rendimentos, assim, necessitam de maiores capacidades de colheita e armazenamento, pode ser observada este modelo na Figura 2 (JOHN DEERE, 2016a).



Figura 2: Colheitadeira S540.
Fonte: John Deere Brasil (2016).

Conforme já citado, como em todas as colheitadeiras, a Série S também possui seu sistema de colheita, que pode ser analisado na Figura 3.

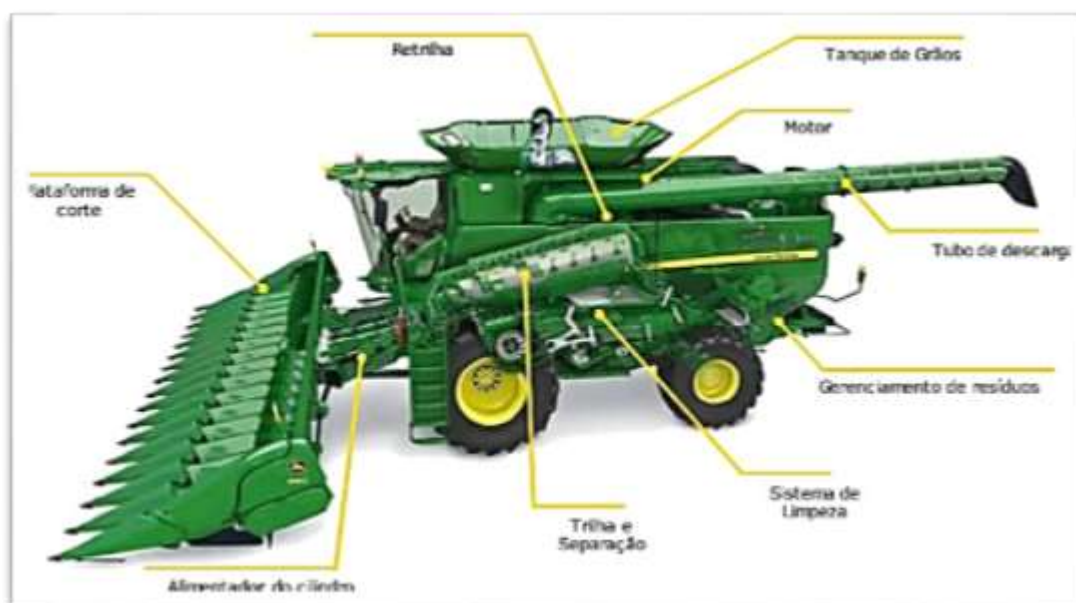


Figura 3: Sistemas da Colheitadeira Série S.
Fonte: John Deere Training (2016).

4 DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA

4.1 TANQUE GRANELEIRO DA COLHEITADEIRA S540 DE 6.750 LITROS

De acordo com a John Deere® (2016a) a Colheitadeira Série S S540 oferece um tanque graneleiro com capacidade 6.750 litros (Figura 4) para atender às demandas dos produtores. Este tanque possui um sensor de nível máximo que, ao ser acionado, ativa as luzes de sinalização (sistema de giroflex) para alertar também aos motoristas de transporte dos graneleiros (ex: caminhões).



Figura 4: Tanque Graneleiro S540.
Fonte: John Deere Brasil (2016).

Como já descrito, para Silva (2004), após o processo de corte, trilha e limpeza dos grãos, estes são transportados por meio do elevador até o sem fim de carga que irá conduzir os grãos para o tanque graneleiro. No graneleiro os grãos serão armazenados até atingir o nível máximo de sua capacidade, quando isto ocorrer, um sistema de monitoramento irá alertar o operador para que ele realize a descarga através do tubo de descarga, para que o mesmo possa continuar o processo de colheita.

Para que ocorra a proteção dos grãos e também aumento da capacidade de armazenamento no tanque, a colheitadeira conta com um sistema de tolda (lona), que está acoplada ao graneleiro. Esta lona, poderá ser levantada e abaixada manualmente pelo operador para fins de transporte e armazenamento com proteção da carga. Para isto se faz necessário que o operador se desloque da cabine de operação até o tanque graneleiro, consumindo em torno de 15 a 20 min nesta operação. Este procedimento é realizado no momento de transporte e armazenagem da colheitadeira, para evitar possíveis danos tanto ao equipamento quanto ao ambiente ao seu redor, pois, com a lona levantada a máquina irá exceder aos 5 (cinco) metros de altura. Na Figura 5 pode-se observar o momento em que a lona está levantada e a colheitadeira realizando a descarga do graneleiro.



**Figura 5: Colheitadeira STS Realizando a Descarga do Tanque Graneleiro.
Fonte: Blog Caminhoneiro.**

4.2 DISPOSITIVO DE ROSCA SEM-FIM DE CARGA

O dispositivo de rosca sem-fim tem como função o deslocamento rápido dos grãos que se encontram no elevador, direcionando-os para o tanque graneleiro. Em sua posição de descanso este equipamento fica na posição horizontal, como pode ser observado na Figura 6 (JOHN DEERE, 2016b).



Figura 6: Dispositivo Sem-fim sendo colocado em Posição de Descanso.
Fonte: John Deere Training (2016).

Ao iniciar a colheita, o operador deve deslocar-se até o tanque graneleiro para realizar o levantamento do sem-fim, como também é necessário para a lona de proteção, este procedimento pode ser observado na Figura 7 (JOHN DEERE, 2016b).



Figura 7: Sem-fim de Carga sendo Elevado para a Posição de Operação.
Fonte: John Deere Training – Sistema de Armazenagem (2010).

O peso do conjunto sem-fim é de aproximadamente 23 kg, e o procedimento de abaixamento e elevação manual deve ser realizado toda vez que exista a necessidade de reduzir a altura total da colheitadeira.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção do protótipo do sistema de elevação e abaixamento auto-travante do sem-fim de carga e lona do graneleiro, foi necessário analisar quais seriam os equipamentos e os materiais a serem utilizados em sua montagem, cada qual pensado para atender às necessidades, visando o bom funcionamento do equipamento.

5.1 PROJETO MECÂNICO

Foi elaborado um protótipo inicial para o sistema de elevação e abaixamento auto-travante do sem-fim de carga do graneleiro, o qual consiste em duas peças de perfil tubular sendo, um deles um tubo de 50x50 mm com espessura de chapa de 3 mm e comprimento 1000 mm (barra elevadora), sendo que 360 mm de um dos lados foi recortado, para encaixar o outro perfil tubular para que trabalhe como trava no momento da elevação do sem-fim de enchimento (carga), este por sua vez, é um perfil tubular de 40x40 mm, com espessura de 3 mm e comprimento de 575 mm com duas buchas nas suas extremidades (ponta elevadora), conforme Figura 08.

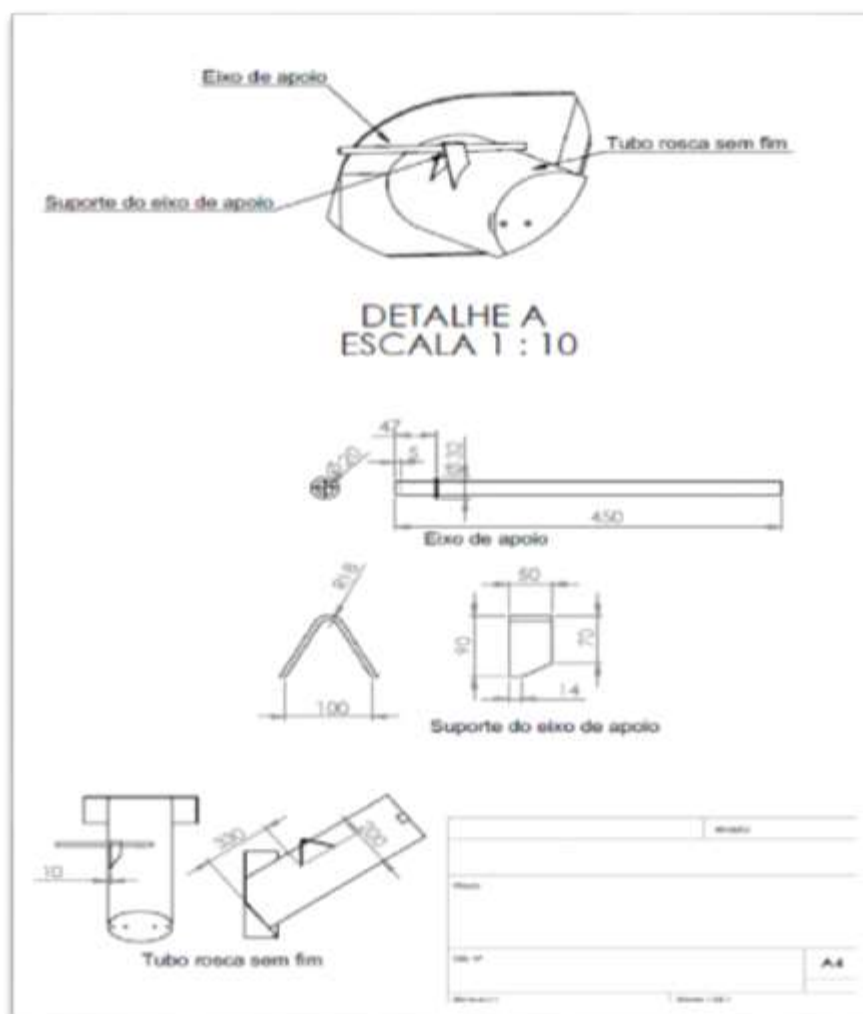


Figura 09: Comando do Suporte Abraçadeira do Sem-fim de Enchimento.
Fonte: Autoria própria.

Logo em seguida foi projetado e fabricado o suporte inferior da trava mecânica chapa 185 mm x 130 mm, e com espessura de $\frac{1}{4}$ ' (um quarto de polegada), com quatro furos de 10 mm para fixação no tanque granelero, na mesma foi soldado e dois suportes com espessura $\frac{1}{4}$ ', centralizados com ângulo de 50° em relação a chapa, para que fosse possível a montagem com o suporte de elevação, conforme Figura 10.



Figura 12: Suporte de Elevação do Sem-fim Elevado e Travado.
Fonte: Autoria Própria.

5.2 MONTAGEM DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO

Com a parte mecânica do sistema de elevação funcionando corretamente, iniciou-se a automação; após verificar a viabilidade do projeto através de estudos visando a redução de custos, facilidade de montagem e manutenção, praticidade do conjunto, e simplicidade, optou-se por utilizar um sistema de automação pneumático. Considerando o fato da colheitadeira em questão possuir um sistema de ar comprimido, facilitando a execução da automação do sistema pneumático.

Para escolha do cilindro pneumático para elevar o sistema foi necessário fazer o levantamento dos pesos de seus componentes, e das resistências de atrito decorrentes da fricção da lona com o suporte de elevação.

A partir da realização de cálculos foi escolhido o cilindro (atuador) pneumático para realizar o trabalho de elevação do sem-fim, para isso levou-se em consideração o peso do sem-fim de enchimento, que é de aproximadamente de 23 kg, e também a

estrutura da lona, juntamente com a lona (modelo original) que totalizam cerca de 22 kg.

Como não havia a possibilidade de calcular o atrito da lona com a estrutura no momento de elevação, foi adotado um coeficiente de segurança maior do que o 1.2 usado normalmente em projetos. Portanto, adotou-se o coeficiente de 1.5, para realizar o cálculo do diâmetro do êmbolo do pistão, evitando assim, problemas futuros causados por uma subestimação de carga.

Com isso, calculou-se o diâmetro do êmbolo baseado na fórmula (1).

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Sendo:

P = pressão (bar)

F = força (kg)

A = área (cm²)

$$6 = \frac{45}{A}$$

Para a aplicação desta fórmula, 45 kg é o peso do sistema de elevação, e 6 bar é a pressão disponível no sistema de ar comprimido da colheitadeira.

$$A = \frac{45}{6} = 7.5 \text{ cm}^2$$

A partir da fórmula foi obtido o resultado de que a área é igual a 7.5 cm². Com isso, foi possível calcular o diâmetro do êmbolo do cilindro de elevação, utilizando a fórmula (2):

$$(A = \pi \cdot r^2) \quad (2)$$

Sendo:

A = área (cm²)

$\pi = 3.14$

R = Raio do Círculo (cm)

$$7.5 = 3.14 \times r^2$$

$$r^2 = \frac{7.5}{3.14}$$

$$r^2 = 2.38$$

$$r = \sqrt{2.38}$$

Utilizando desta fórmula, obteve-se o resultado de que o raio do êmbolo é igual a 1.54 cm (15.4 mm). Sabendo que o diâmetro é duas vezes o raio, obteve-se o valor do diâmetro do êmbolo, sendo 30.8 mm. Posteriormente este valor, foi multiplicado pelo coeficiente de segurança adotado, sendo de 1.5, no qual o diâmetro do êmbolo do atuador seria de 46.2 mm. Essa medida não é considerada padrão pelas indústrias, não havendo então um êmbolo comercial. Por isso optou-se por utilizar um pistão com diâmetro de 50 mm, sendo que este apresenta disponibilidade para fácil aquisição no mercado e um valor comercial mais acessível. A partir deste resultado, verificou-se por meio de testes e medições que o pistão teria que ter um curso de aproximadamente 650 mm para realizar a elevação. Após a obtenção das dimensões do atuador (pistão), iniciou-se o projeto do sistema de automação conforme Figura 13.

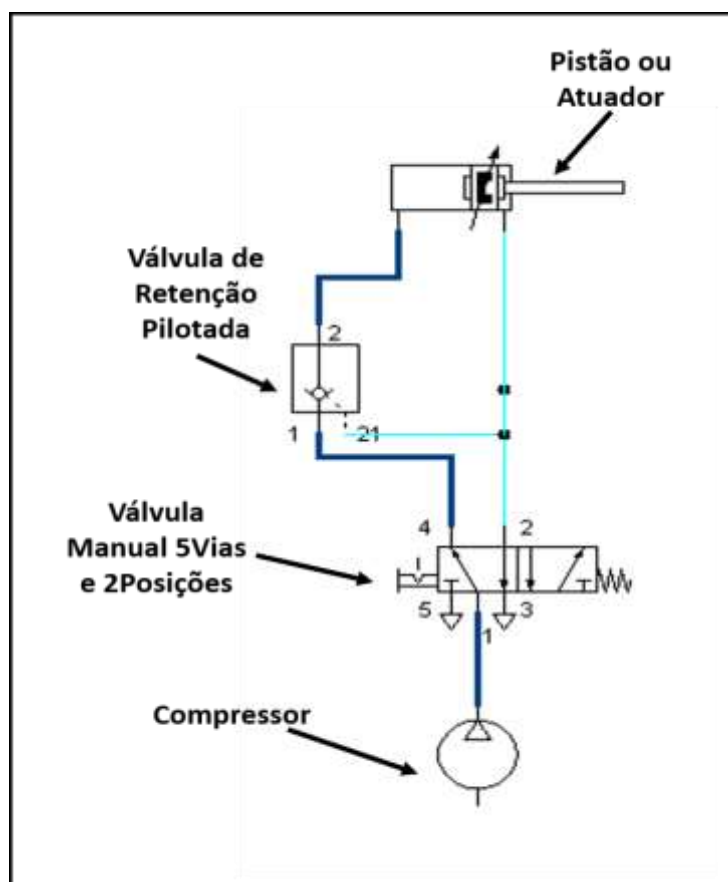


Figura 13: Esquema de Automação Pneumática.
Fonte: Autoria própria.

5.3 PROJETO PNEUMÁTICO

Para o funcionamento do equipamento utilizou-se o ar comprimido do reservatório do sistema de manutenção e limpeza da máquina, alimentando uma válvula direcional de duas posições e cinco vias, que controla a extensão e retenção do atuador, por segurança, foi adicionado uma válvula de retenção pilotada na linha de extensão, com isso impossibilitando a retração do cilindro se por um imprevisto houver a falta ar comprimido ou a fuga na linha (vazamento de ar).

5.4 SIMULAÇÃO DO SISTEMA PNEUMÁTICO

Para verificar o funcionamento do sistema pneumático, foram realizadas simulações através do *Software FluidSIM 5 Demo*.

Na simulação foi feito teste do sistema para verificação do seu funcionamento, utilizando de três estudos de caso, descritos a seguir:

- a) Simulação 1: sai o ar comprimido do compressor e passa pela válvula manual, posteriormente passando pela válvula pilotada acionando o atuador e fazendo com que o mesmo estende.
- b) Simulação 2: sai o ar comprimido do compressor passando pela válvula direcional, acionando o atuador e a válvula de retenção, fazendo com que libere a válvula de retenção para comprimir a haste do atuador.
- c) Simulação 3: Desconectou-se a tubulação piloto da válvula de retenção, simulando um imprevisto onde existe uma falta de ar, para verificar a funcionalidade da válvula, não permitindo assim o retorno da haste do pistão. Para que aconteça a retração da haste é necessário a alimentação da válvula de retenção.

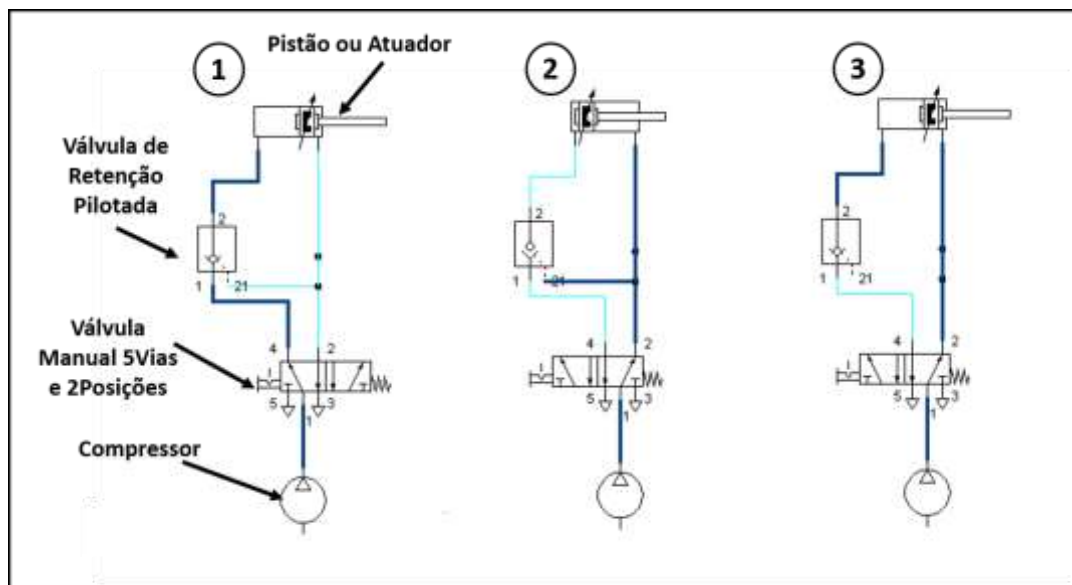


Figura 14: Simulações do Sistema Pneumático.
Fonte: Autoria própria.

Com o sistema de automação testado e o atuador dimensionado, foi necessário projetar e a fabricar os pontos de fixação do mesmo conforme mostra as Figuras 15 e 16.

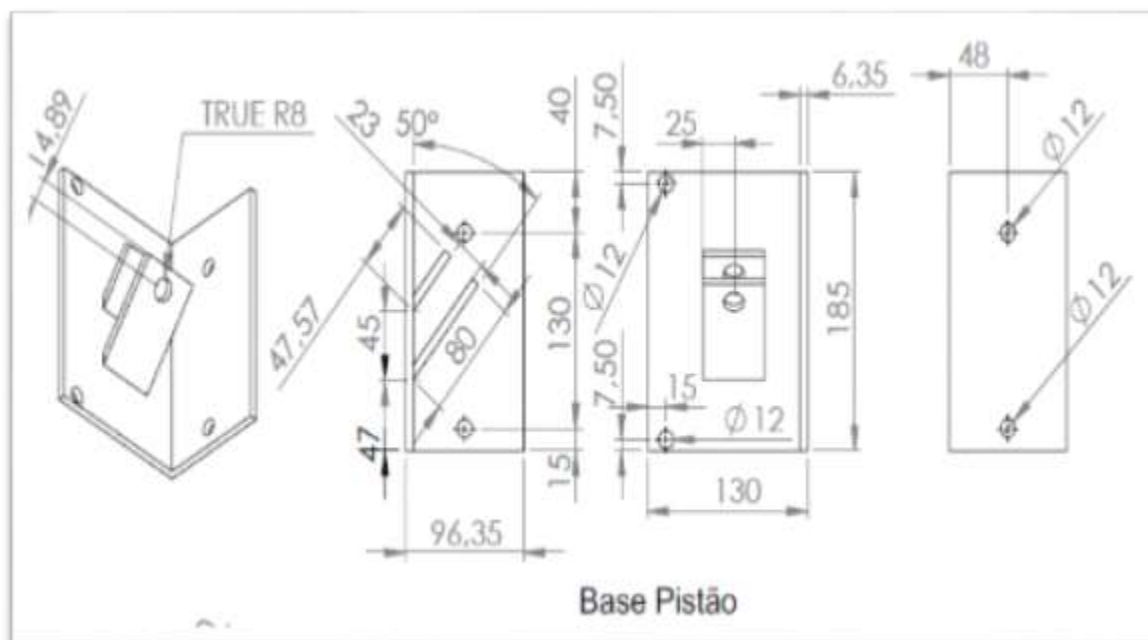


Figura 15: Pontos de Fixação do Atuador Pneumático.
Fonte: Autoria própria

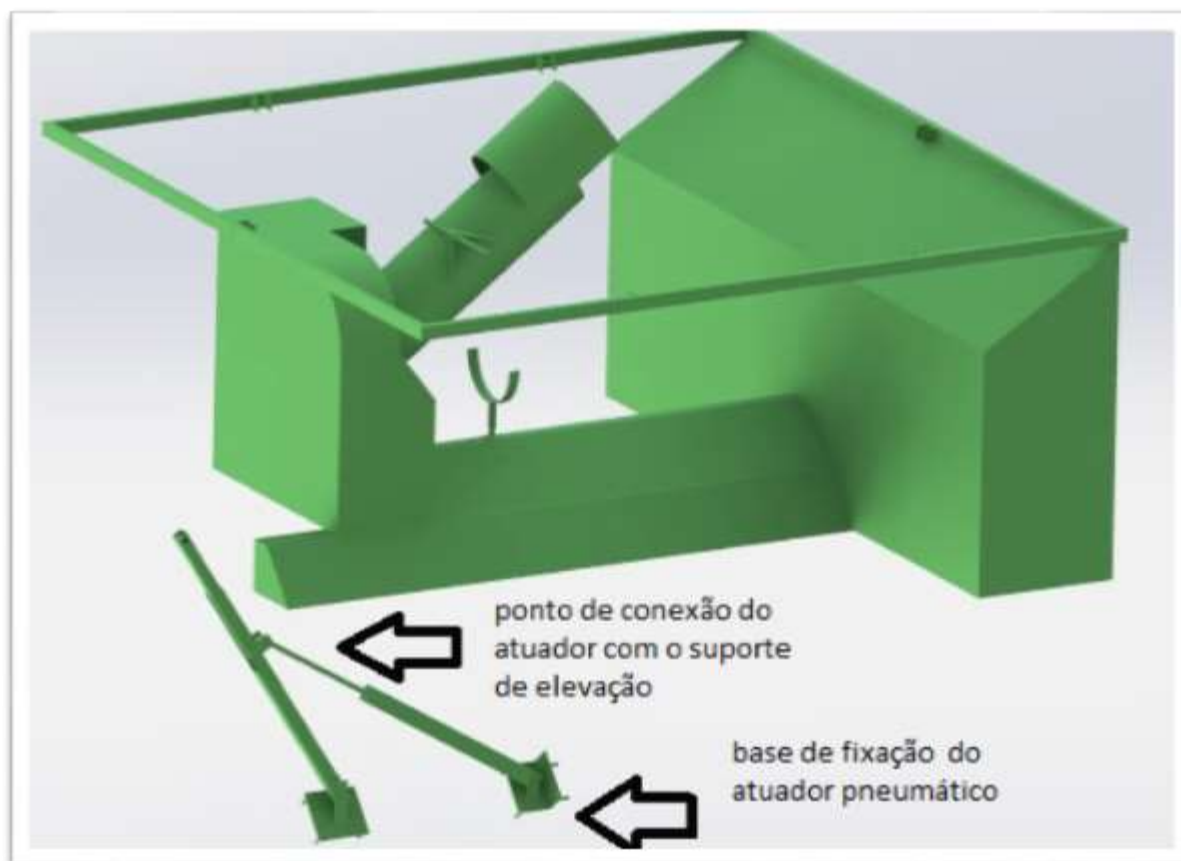


Figura 16: Projeto da Base do Atuador Pneumático.
Fonte: Autoria própria.

Com o suporte de elevação do sem-fim e o sistema de automação projetado e testados, projetou-se por fim o dispositivo de elevação da lona do tanque granelero.

Foram desenhadas as peças que elevariam a lona de cobertura, resultando em uma estrutura octogonal em perfil tubular de 20x40 mm, com espessura de 3 mm (Figura 17). Esta estrutura é elevada por dois braços de elevação, onde estes são fabricados com perfil tubular de 20x40 mm e 300 mm de comprimento com buchas nas extremidades, estes braços de elevação da estrutura octogonal, realizam seu trabalho no momento que o sem-fim é elevado pois os dois braços estão conectados na parte superior do sem-fim, e para centralização da estrutura da lona, abaixada ou elevada, foram adicionados no projeto 6 suportes telescópicos, conforme a Figura 18.

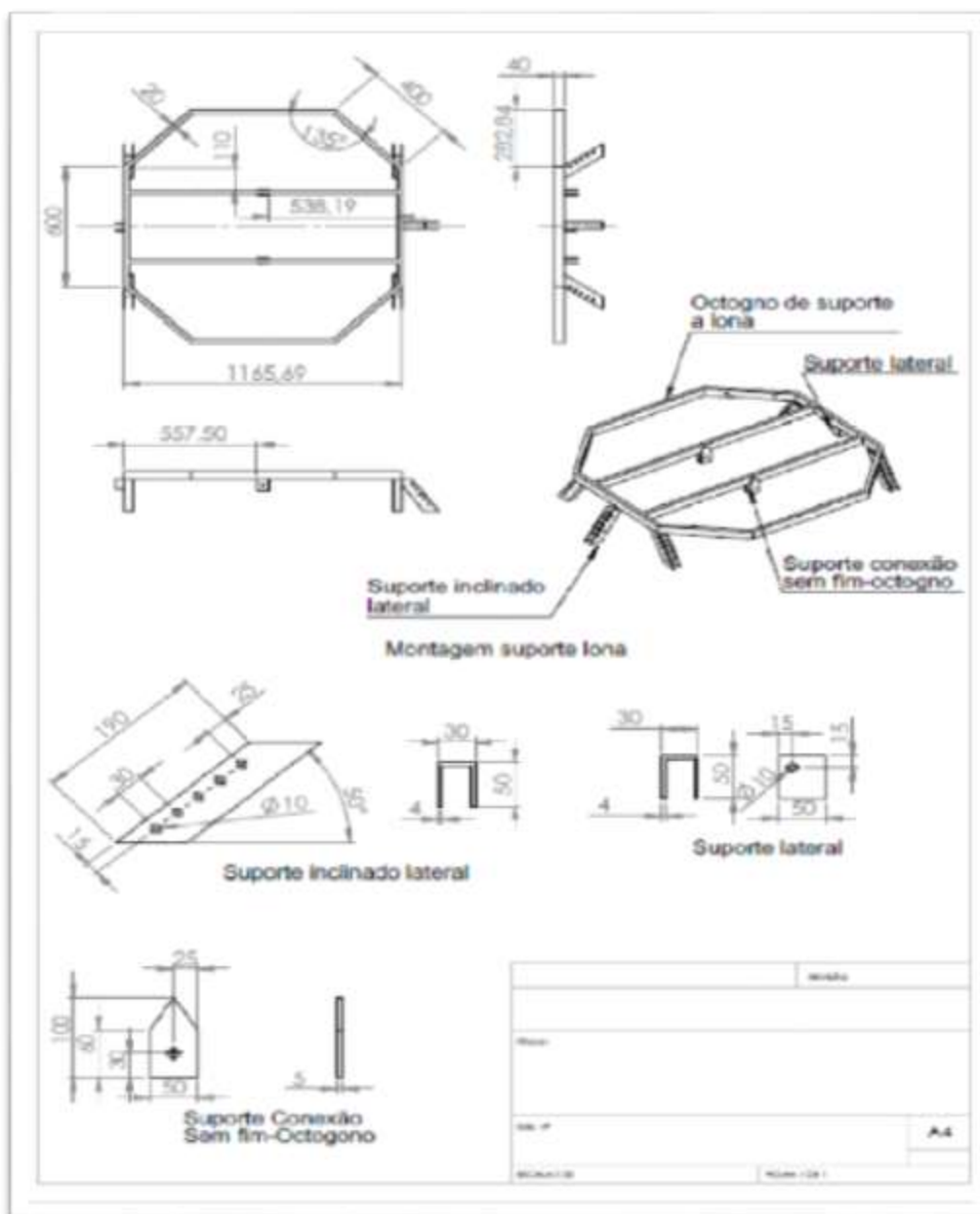


Figura 17: Projeto da Estrutura de Elevação da Lona.
Fonte: Autoria própria.

Por meio da Figura 18 é possível perceber detalhes da estrutura de elevação da lona e os braços de centralização e suporte de elevação do protótipo.

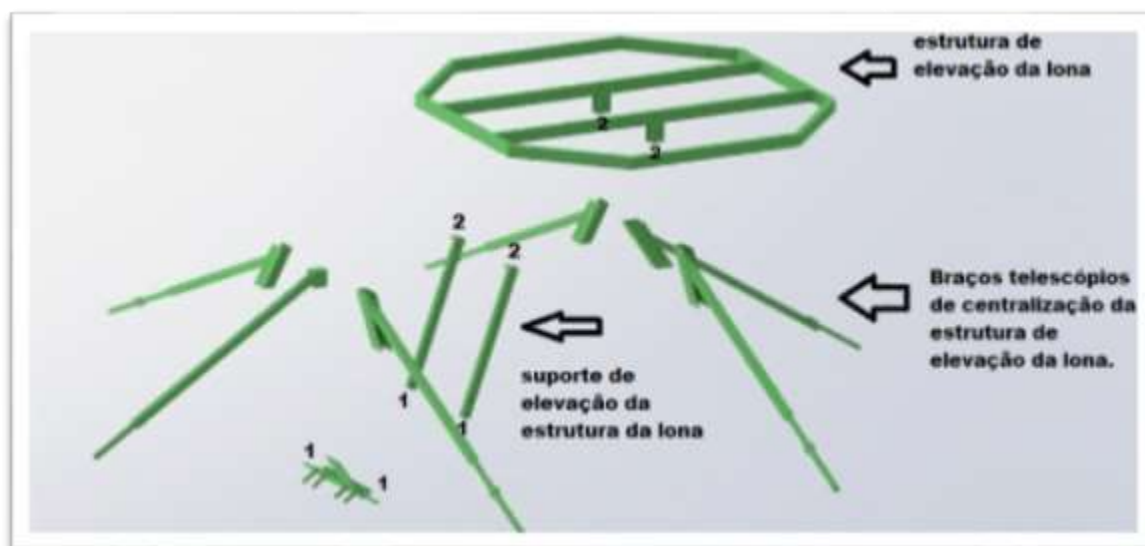


Figura 18: Vista explodida da estrutura de Elevação da Lona com Suportes.
Fonte: Autoria Própria.

Após o término do projeto e de todas as peças descritas, foi possível ter as perspectivas do sistema mecânico de elevação finalizado, conforme pode-se ver nas Figuras 19, 20, 21 e 22 apresentadas na sequência.

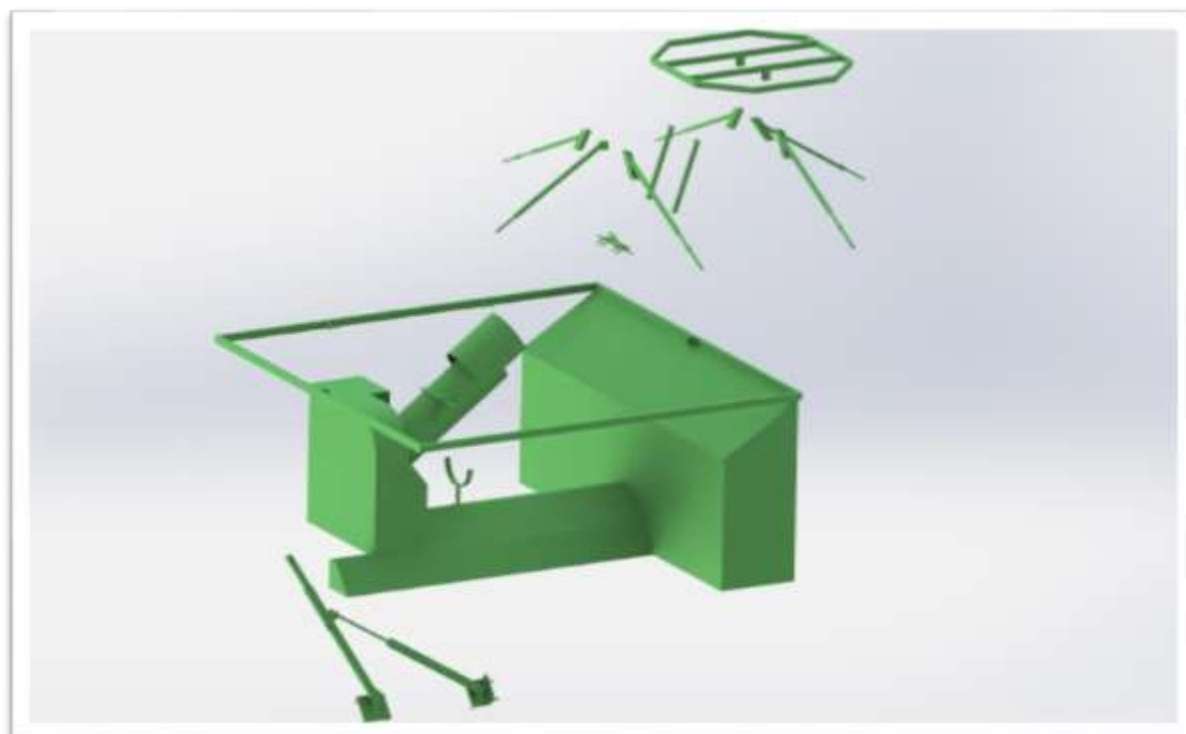


Figura 19: Vista Explodida do Sistema de Automação.
Fonte: Autoria Própria.

Nas Figuras 20 e 21 é possível visualizar detalhes da montagem do sistema mecânico de elevação.

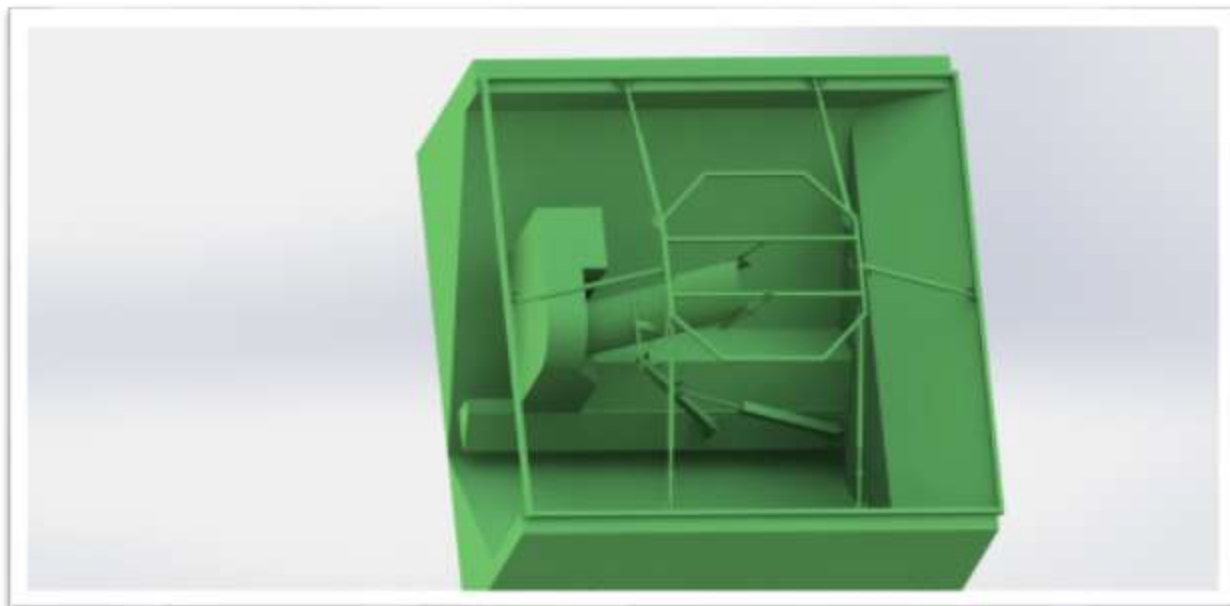


Figura 20: Vista aérea do Sistema de Automação.
Fonte: Autoria Própria.

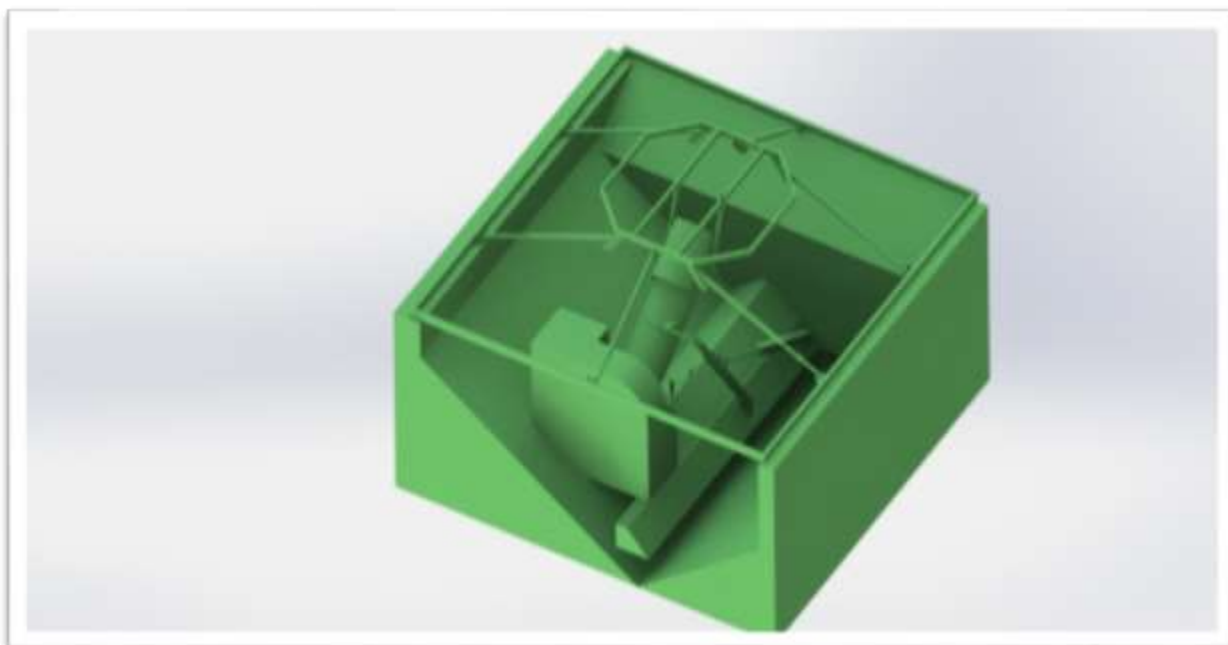


Figura 21: Perspectiva Isométrica do Sistema de Automação.
Fonte: Autoria Própria.

Por meio da Figura 22 pode-se entender melhor a disposição das principais partes do modelo de utilidade proposto neste estudo.

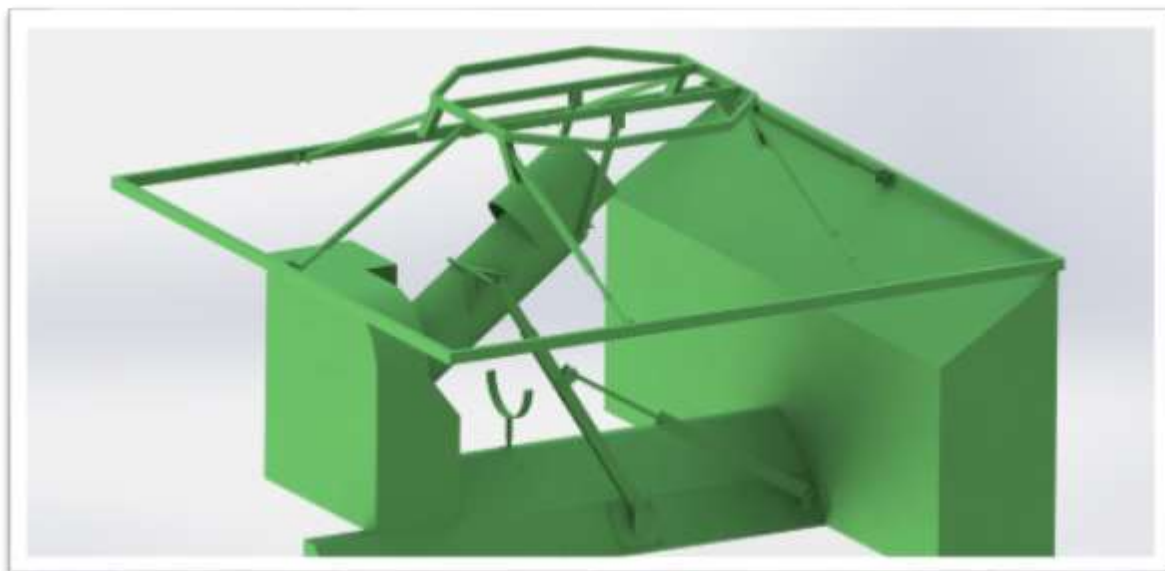


Figura 22: Vista Frontal do Sistema de Automação.
Fonte: Autoria Própria.

5.5 PROJETO DA MONTAGEM

5.5.1 Materiais e Equipamentos Utilizados

Para a construção do dispositivo de elevação da lona do graneleiro, foi optado pela terceirização da fabricação dos suportes e da estrutura, sendo assim, em seguida são listados os principais materiais e componentes utilizados na montagem da automação e todos os procedimentos realizados para se obter um bom funcionamento, e ao final é apresentado um orçamento das peças, suportes e estrutura, fabricados por terceiros.

- a) Atuador pneumático de 650 mm de curso x 50 mm de diâmetro de êmbolo;
- b) Mangueiras pneumáticas de 8 mm;
- c) Válvula de controle pneumática de 2 posições e 5 vias;

- d) Conexões pneumáticas de 8 mm;
- e) Válvula de retenção pilotada;
- f) Suportes e estrutura fabricados por terceiros.

5.5.2 Procedimento de Montagem

A montagem do sistema iniciou-se a partir do suporte de abraçadeira do sem-fim como mostrado na Figura 23, posteriormente foi montado o suporte inferior de fixação do sistema de elevação, conforme Figura 24. Em seguida foi montado o suporte de elevação (trava mecânica) como mostra a Figura 25, e o suporte inferior de fixação do atuador pneumático (Figura 26). Após fez-se a conexão do atuador no suporte e na barra de elevação, e posteriormente foi montado o braço de elevação da estrutura, finalizando com a montagem da lona do graneleiro.



Figura 23: Detalhe do Suporte Abraçadeira do Sem-fim montado.
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 24 pode-se ver o suporte inferior de fixação da barra de elevação fixada no piso do graneleiro. E na Figura 25 destaca-se a barra de elevação conectada com o atuador pneumático.



Figura 24: Suporte Inferior de Fixação do Sistema de Elevação.
Fonte: Autoria própria.



Figura 25: Barra de Elevação (trava mecânica).
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 26 vê-se o suporte inferior de atuador pneumático fixado da estrutura no piso e na lateral do graneleiro, e na Figura 27 destaca-se o atuador pneumático conectado à barra de elevação e ao suporte inferior.



Figura 26: Suporte Inferior do Atuador Pneumático.
Fonte: Autoria própria.



Figura 27: Detalhe do Atuador Pneumático Montado.
Fonte: Autoria própria.

Por meio da Figura 28 pode-se visualizar a base de fixação do suporte de elevação da lona com sua estrutura da base octogonal.



Figura 28: Suporte Responsável pela Movimentação da Base Octogonal.
Fonte: Autoria própria.

5.6 ORÇAMENTO

Para que fosse possível a construção do modelo de utilidade projetado neste trabalho, foi necessário adquirir peças e solicitar o serviço de terceiros para que fossem fabricados os suportes e a estrutura utilizados. No Quadro 1 a seguir estão dispostos os valores gastos:

Item	Quant.	Descrição	Unitário	TOTAL
01	1,00	Cilindro	450,00	450,00
02	1,00	Válvula Retenção Pilotada	310,00	310,00
03	1,00	Válvula Botão Trava	220,00	220,00
04	1,00	Fixação Oscilante Traseira Macho	52,00	52,00
05	1,00	Rotula Esférica para Haste	32,00	32,00
06	1,00	Reguladora de Fluxo 1/4 x 1/4 mm Regulagem Fenda	20,00	20,00
07	1,00	Peças, suportes e estruturas fabricados por terceiros	850,00	850,00
MONTAGEM DO SISTEMA			300,00	300,00
			TOTAL (R\$):	2.234,00

Quadro 1 – Descrição dos valores inerentes a peças e serviços na montagem do equipamento.
Fonte: Autoria Própria.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da montagem do protótipo na colheitadeira foram realizados testes em campo, onde a mesma foi liberada para executar as atividades durante a colheita do milho safrinha, totalizando 60 dias de colheita entre o início de maio ao final de junho de 2016. Durante este período a movimentação do sem-fim e da lona do tanque graneleiro foi realizada diariamente, não apresentando falhas em seu desempenho.

Foram realizados testes operacionais no equipamento montado, usando-o em suas atividades diárias de colheita. Os testes foram realizados em períodos de safra de soja (janeiro e fevereiro de 2016) e de milho (maio a julho de 2016). Não foram percebidas diferenças em termos de tempo e de desempenho por tipo de cultura colhida.

Ao analisar os testes em campo, foi possível verificar a funcionalidade do dispositivo, satisfazendo as expectativas e a necessidade dos envolvidos no projeto, sendo os acadêmicos e o produtor proprietário da colheitadeira, na qual foi realizada a montagem.

Após montado e testado o equipamento, foi possível identificar algumas características técnicas apresentadas no Quadro 2.

Característica	Condição original	Condição após mudança
Peso	45kg	75kg
Tempo de movimentação (elevação e abaixamento)	20 minutos (média)	30 s
Segurança	Riscos de acidentes com queda e de inalação de poeiras e material particulado	Mais segura pois o operador permanece ao lado da cabine da colheitadeira
Praticidade	Baixa devido a exigência de deslocamento do operador da cabine para o tanque graneleiro e realizar a manobra manualmente	Alta porque o operador precisará apenas sair da cabine e acionará o botão comando
Limpeza	Pouca devido ao contato do operador com a lona que está suja de terra e de poeira dos grãos	Maior, pois o operador não entra em contato com estas substâncias

Quadro 2: Descrição de características do equipamento antes e após a mudança.

Fonte: Autoria própria.

Considerando a possibilidade de ocorrer acidentes durante a jornada de trabalho dos operadores das colheitadeiras, pelo fato do sem-fim e a lona terem que ser manualmente movimentados, causando assim danos aos equipamentos e prejuízo aos proprietários, como mostra o relato do proprietário, o qual disponibilizou a colheitadeira para a instalação do sistema:

Esses dias fui guardar a máquina no barracão com pressa e acabei esquecendo de abaixar a lona do graneleiro que enroscou no barracão. Tive que descer da máquina, subir no graneleiro e abaixar o sem-fim e a lona. Isto me causou grandes prejuízos, pois além danificar a máquina, também danificou o barracão. Além do perigo que corremos pra subir até o graneleiro, quando entramos nele para abaixar a lona e o sem-fim, acabamos se sujando todo. (Proprietário do equipamento).

Sendo assim, o proprietário optou por adquirir o dispositivo, alegando a melhoria em sua colheitadeira, evitando possíveis prejuízos com acidentes e buscando conforto e praticidade para os operadores:

Durante a colheita, tivemos que sair da lavoura às pressas pois estava começando a chover. Ao chegar no barracão, só acionamos o botão e a lona desceu, assim pudemos guardar a máquina, sem precisar descer da mesma durante a chuva e nem se sujar ao entrar no graneleiro. (Proprietário do equipamento).

A partir destes relatos, é possível comprovar a melhoria da qualidade de serviço dos operadores, pois este sistema fornece conforto, agilidade e também segurança aos mesmos. Notou-se também a economia do tempo em que antes era gasto para fazer esta tarefa manualmente, possibilitando a otimização do uso do tempo pelo operador.

Por fim, estuda-se a possibilidade de comercialização do sistema, buscando expandir a melhoria operacional que a automação oferece, considerando seu baixo custo para a implantação e a facilidade de montagem.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final deste projeto, foi possível identificar alguns aspectos que comprovam que os objetivos definidos ao início do trabalho foram completamente atingidos, destacam-se neste caso que:

- a) Foi possível desenvolver um sistema de automação que possibilitasse a movimentação do sem fim de enchimento (carga) e da lona de proteção de uma colheitadeira automotriz.
- b) As simulações realizadas por meio do *Software FuidSIM Demo*, possibilitaram a visão final do protótipo do sistema pneumático, com isso proporcionando a escolha da melhor maneira para a execução do mesmo.
- c) A utilização de componentes projetados e fabricados torna o sistema simples e de baixo custo de instalação e manutenção, visando o custo benefício para futura comercialização.
- d) O sistema de automação atendeu todas as expectativas, apresentando bom desempenho, não havendo a necessidade de alterações e/ou melhorias.
- e) Ao realizar testes operacionais durante períodos de colheita em campo foi possível verificar que o sistema de automação apresentou correto funcionamento.
- f) O modelo de utilidade proposto também apresenta grande facilidade nos aspectos de montagem e manutenção podendo ser realizadas pelo proprietário ou operador do equipamento.

REFERÊNCIAS

BELO, Sandra Chulek; KRUIPEK, Juliana. **A Tecnologia, a Automação e a Relação com o Trabalho Rural**. UNICENTRO, 2015. Disponível em: <ftp://ftp.unicentro.br/artigos/economia2015/16521cfe48343dd5bee9a2efba9704162027.pdf>. Acesso em 03 de Junho de 2016.

BRAUNBECK, Oscar Antonio; MAGALHÃES, Paulo Sérgio Graziano. **Colheita Sustentável, com aproveitamento integral da Cana**. VISÃO AGRÍCOLA, nº 1, Jan/Jun 2004. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/cana-engenharia-rural02.pdf>. Acesso em 03 de Junho de 2016.

CLAAS. **Vídeo de um Sistema de Colheita**. Disponível no site Youtube no endereço: < <https://www.youtube.com/watch?v=RMU0goBWRjY>>, Acessado em 10/nov/2016.

EMBRAPA. **Mecanização e Agricultura de Precisão**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-mecanizacao-e-agricultura-de-precisao/nota-tecnica>. Acesso em 03 de Junho de 2016.

FONSECA, Jaime Roberto de; SILVA; José Geraldo da. **Cultivo de Arroz em Terras Altas no Estado do Mato Grosso**. Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de Produção nº 7. Setembro de 2006. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltaMatoGrosso/colheita.htm> . Acesso em 03 de Junho de 2016.

GARCIA, Ricardo Ferreira. **Máquinas de Colheita de Grãos e Forragem**. Disponível em: http://garcia.xpg.uol.com.br/aula17_colheita.pdf. Acesso em 12 de Outubro de 2016.

JANK, Marcos Sawaya; NASSAR, Andre Meloni, TACHINARDI, Maria Helena. **Agronegócio e comércio exterior brasileiro**. REVISTA USP. São Paulo, n.64, p. 14-27, dezembro/fevereiro 2004-2005.

JOHN DEERE. **Colheitadeiras S540**. Disponível em: https://www.deere.com.br/pt_BR/products/equipment/grain_harvesters/combines/s_series/s540/s540.page. Acesso em 20 de abril de 2016a.

JOHN DEERE. **Colheitadeiras S540 Características**. Disponível em:

https://www.deere.com.br/pt_BR/products/equipment/grain_harvesters/combines/s_series/s540/s540.page. Acesso em 20 de abril de 2016b.

NUNES, José Luis da Silva. **Milho: Colheita**. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/sementes/TecnologiaSementes/Colheita.aspx>. Acesso em 03 de Junho de 2016a.

NUNES, José Luis da Silva. **Tecnologia de Sementes – Colheita**. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/sementes/TecnologiaSementes/Colheita.aspx>. Acesso em 12 de Outubro de 2016b.

SILVA, Saulo Salaber Souza e. **Logística Aplicada à Colheita Mecanizada de Cereais**. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-08102004-153330/pt-br.php>. 12 de Outubro de 2016.

YAMASHITA, Leandro Massayuki Rolim. **Mecanização Agrícola**. 2010. Disponível em: http://200.17.98.44/pronatec/wpcontent/uploads/2013/06/Mecanizacao_Agricola.pdf. Acesso em 03 de Junho de 2016.