

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO – Engenharia Mecânica
Disciplina MEC041 - Trabalho Final de Graduação II

DESENVOLVIMENTO DE UM LAMINADOR DE CEREAIS

Jéferson Luís Maldaner

160655@upf.br

Prof. Mestre. Rubens Stuginski Jr.

rubens@upf.br

Comissão Examinadora – Prof. Dr. William Haupt, Prof. Mestre Auro Candido Marcolan.

RESUMO

Máquinas para laminação de grãos de cereais são importantes pois transforma os grãos de cereais em um alimento de melhor digestão animal, aumentando, assim, a qualidade de vida dos animais. A produção de laminadores de grãos ainda é incipiente em nosso país, porém vem apresentando alta demanda. Neste trabalho é apresentado a modelagem e o projeto de uma máquina para laminar grãos de cereais para uso na alimentação de animais. Aqui são apresentadas as características da máquina, bem como detalhes construtivos e do seu projeto mecânico. O produto obtido, ao final, é aquele pretendido inicialmente, ou seja, é um equipamento leve, resistente, prático, com boa capacidade de produção, que respeita as normas de segurança e de baixo custo. Essas características são apresentadas nos modelos 3D do projeto.

Palavras chave: laminador de cereais; projeto mecânico; alimentação animal

1 INTRODUÇÃO

Os dispositivos de laminação de cereais, também chamados de amachacadores, estão cada vez mais presentes no dia a dia dos criadores de animais. Equipamentos leves, econômicos, de alta confiabilidade, de fácil manuseio e operação segura, são, cada vez mais, requisitados no mercado. Os benefícios desse equipamento pode ser medido por vários parâmetros, entre eles a melhoria da qualidade da alimentação animal. Cabe ressaltar que o fato desse equipamento possuir baixo custo proporcionando ao agricultor a possibilidade de produzir seus cereais laminados na sua propriedade, e na quantidade necessária para tratar seus animais, tendo sempre grãos frescos, pois após laminados em poucos dias apodrecerão, aumento o desperdício devido à perda em sua produção.

O processo de laminação consiste na passagem dos grãos sob alta pressão entre dois rolos lisos recartilhados ou estriados, fragmentando-os por amassamento. Esse processo afeta diretamente na composição química e em seu valor nutricional, pois quebra a matriz proteica que conecta e recobre os grânulos de amido, aumentando consideravelmente a digestibilidade. Em especial para laminar aveia e outros “grãos finos” destinados a alimentação de equinos e na suplementação de outros animais (Ovinos, Caprinos, Suínos, Coelhos, etc.), destacando-se por sua alta produtividade, baixo consumo de energia e redução de pó em seu processamento. Tendo um maior ganho de peso do animal cerca de 9 a 13%, melhor conversão alimentar 15 a 27%, redução de até 15% em custos operacionais e ganhos de 26 a 32% no preço da alimentação.

Para isso estudos foram realizados com o objetivo de melhorar as técnicas para elaboração e análise de projeto, que consistiu-se em estudos de produtos atuais no mercado brasileiro e estrangeiro, assim como métodos de transmissão tanto por correntes como por

correias e seus respectivos cálculos para sua definição no projeto. E por meio de *software* de modelagem em 3D foi realizado um projeto de um laminador de cereais.

1.1 Objetivos Gerais e Específicos

O objetivo deste trabalho é de realizar estudos para se desenvolver uma máquina de amassar grãos de cereais para uso na alimentação animal com um custo abaixo dos produtos já existentes no mercado.

Já os objetivos específicos são os seguintes:

- Estudo de cereais para alimentação animal;
- Pesquisa de mecanismos usados para amassar grãos de cereais;
- Estudo dos sistemas de transmissão de potência para acionamento da máquina;
- Pesquisa sobre os materiais já usados nesses equipamentos.
- Realizar um esboço preliminar da máquina de amassar grãos de cereais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão abordados temas que servirão de base a este estudo. Como existe pouco material em livros sobre laminadoras de cereais, julgamos importante realizar uma pesquisa de fabricantes e de patentes existentes sobre esse tipo de equipamento. Assim este trabalho, baseado em catálogos, patentes e alguns livros para transmissão de potência.

2.1 Patentes

Foi feita uma pesquisa em sites de patentes brasileiras e estrangeiras, porém poucas patentes foram encontradas, pois se trata de um dispositivo que teve sua primeira patente nos anos 80, e por tratar-se de um dispositivo muito simples, outras patentes são difíceis de serem obtidas. Dentre as patentes encontradas e que possuem alguma relevância, destacam-se as seguintes.

2.1.1 Patente US 2003/0145738A1

Se trata de um dispositivo de laminação de aveia onde o mecanismo de alimentação inclui um tubo de alimentação sem-fim tendo fendas de alimentação longitudinais e diametralmente dispostas opostas e encerrando um sem-fim de alimentação giratório em espiral como mostrado na figura 1. (BOWEN, SKIPPER, 2003).

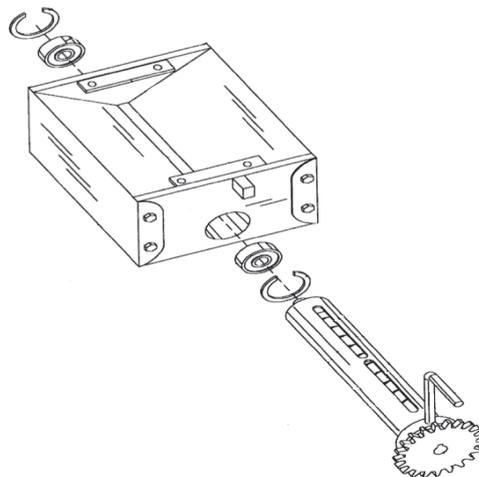


Figura 1: Representação do rolo sem fim
(Fonte: Adaptado de Bowen, Skipper, 2003)

O tubo do sem-fim de alimentação pode ser manipulado em um arco por meio de uma alça para alinhar as fendas de alimentação superiores com uma fenda correspondente definida pelas placas de alimentação da tremonha e distribuir aveia crua através das fendas de alimentação superiores no tubo do sem-fim de alimentação e do sem-fim de alimentação tubo através das ranhuras de alimentação inferiores, para os rolos de crimpagem giratórios.(BOWEN, SKIPPER, 2003, p.2).

O dispositivo é tipicamente acionado por um motor elétrico que opera um dos rolos de compressão como o rolo de acionamento e também aciona o sem-fim de alimentação por meio de uma correia. O rolo de acionamento e o rolo intermediário são conectados por engrenagens para facilitar a rotação na mesma velocidade. O ajuste do fluxo de estoque de alimentação de aveia bruta do barril de alimentação para o tubo do sem-fim de alimentação é realizado segurando uma alça de colar ligada ao tubo do sem-fim de alimentação e alinhando as fendas de alimentação do sem-fim com a fenda de alimentação na tremonha para facilitar um fluxo de gravidade suave de aveia crua através das fendas de alimentação superiores para o sem-fim de alimentação rotativo e do sem-fim de alimentação em uma distribuição em espiral mais uniforme, através das fendas de alimentação inferiores no tubo do sem-fim de alimentação para os rolos de crimpagem. Na figura 2 mostra-se o laminador de aveia completo. (BOWEN, SKIPPER, 2003).

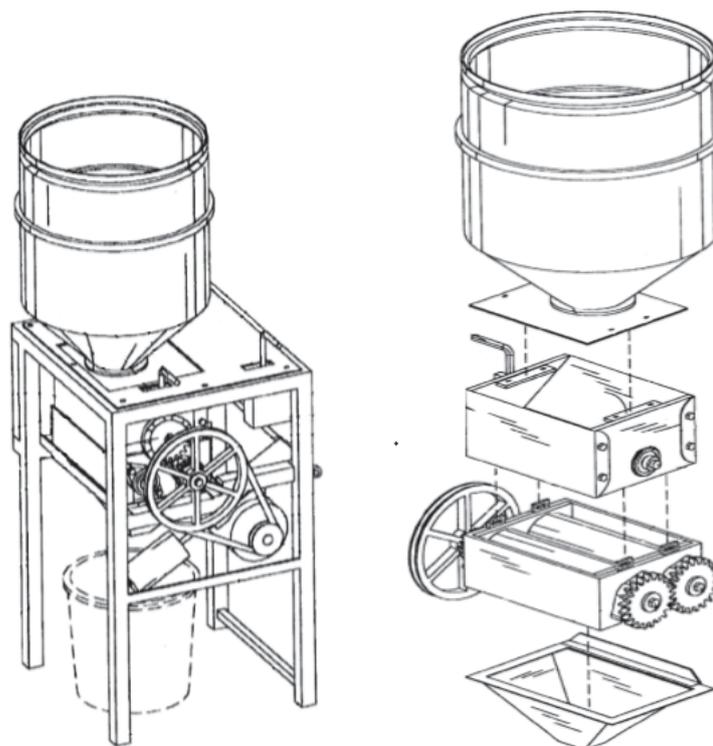


Figura 2: Modelo de laminador de aveia.

(Fonte: Adaptado de Bowen, Skipper, 2003)

2.1.2 Patente BR202014023532U

A presente Patente de Modelo de Utilidade refere-se a um equipamento desenvolvido para amachacar (amassar) aveia natural para alimentação de espécies variadas de gado como equinos, bovinos e ovinos entre outros, uma vez que a aveia amachacada permite a absorção do amido e outros nutrientes pelo trato intestinal dos animais aumentada em até 30% ou mais em relação à aveia que não foi amachacada. Isto ocorre porque ao ser amassada, a proteção externa do grão é quebrada e o amido fica exposto para que seja absorvido mais rápido pelo sistema intestinal dos

animais. Este processo resulta em uma grande economia para o produtor, por conta de ser aproveitado 100% do grão a ser oferecido para os animais. (RIGÃO, 2014, p.1)

O estado da técnica referente ao presente assunto é composto dos mais variados tipos e modelos de dispositivos de destinação similar, porém nenhum com as características técnicas encontradas no presente projeto mostrado na figura 3, alvo deste pedido de patente. Visando superar e se diferenciar do estado da técnica, é que foi desenvolvido o presente “MACHACADOR DE AVEIA”. (RIGÃO, 2014)

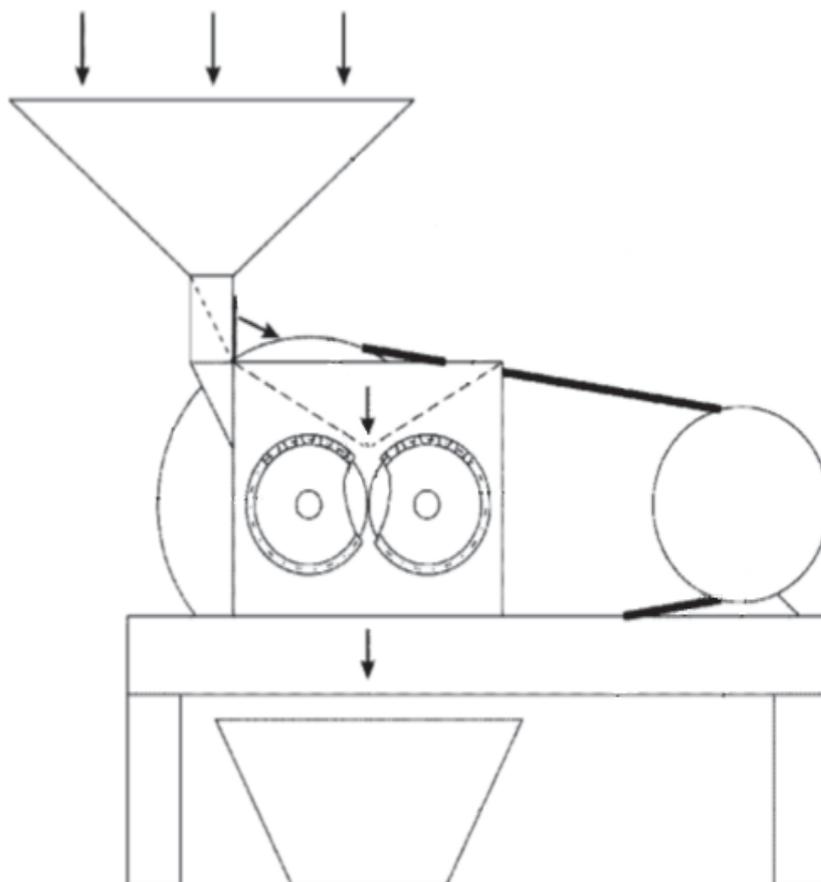


Figura 3: Modelo 2 laminador de aveia
(Fonte: Adaptado de Rigão, 2014)

2.1.3 Patente US4608007A

A presente invenção refere-se a moinhos de rolos do tipo que tem sido usado por muitos anos para quebrar ou amassar grãos, como aveia ou milho. Preocupa-se particularmente com a laminação da aveia, mas também prevê a trituração do milho.

O material a ser rachado ou frisado é alimentado pela gravidade no estreitamento entre um par de rolos opostos que são espaçados um do outro por uma distância selecionada de acordo com o material a ser manuseado, que é tal que o material granular tem sua casca rachada, mas o grão em si não é indevidamente triturado ou pulverizado. Esse rachamento e achatamento de casca externa, no caso da aveia, por exemplo torna a aveia mais facilmente digerível por cavalos

e estima-se que um cavalo obtém a mesma quantidade de nutrição de uma libra de aveia que foi quebrada. (WOOD, 1985, p.1)

Como o objetivo de tais moinhos é rachar ou romper a casca externa do material sem esmagar indevidamente o material interno, foi criado o presente projeto como mostrado na figura 4. O espaçamento entre os dois rolos deve estar relacionado ao tamanho dos grãos ou grãos do material que está sendo rachado. A aveia por exemplo, requer um espaçamento muito menor do que o milho. (WOOD, 1985)

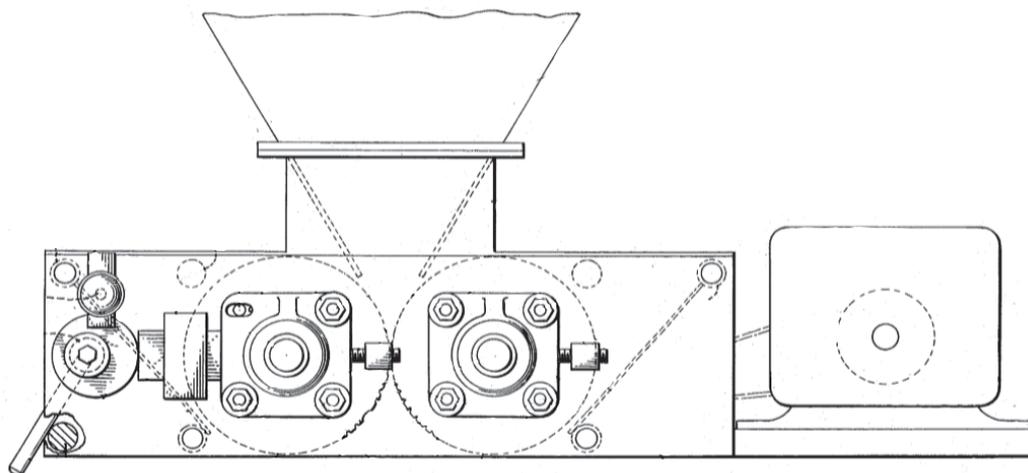


Figura 4: Modelo 3 laminador de aveia
(Fonte: Adaptado de Wood, 1985)

Assim as seguintes patentes citadas acima, somente a última foi concedida sendo criada em 1983 por Wood, ambas as outras foram indeferidas por partirem do mesmo princípio de laminação, que é por meio de rolos cilíndricos.

2.2 Estudos dos Cereais na Laminação

Há diversos tipos de processamento de grãos de cereais com a finalidade de romper as pontes de hidrogênio dentro dos grânulos de amido, melhorando a sua capacidade de hidratação. Dessa forma, o amido torna-se mais susceptível à digestão enzimática. A digestibilidade do amido do grão de milho é limitada também pela matriz proteica que encapsula grânulos de amido e pela natureza compacta do amido em si, particularmente na parte do endosperma duro que impede a colonização microbiana e a penetração de enzimas amilolíticas (McAllister et al., 1990, apud MOURÃO, 2012, p. 8). A quebra da matriz proteica pode melhorar a velocidade e a extensão da digestão do amido (Philippeau et al, 1999;. Correa et al, 2002, apud MOURÃO, 2012, p. 8).

Assim os cereais como aveia, cevada, centeio, sorgo, milheto, quinoa, linhaça, painço, entre outros grãos finos, tem a mesma finalidade na laminação que é romper os grânulos de amido para que o cereal seja melhor aproveitado na digestão do animal.

2.3 Laminação a seco

O processo de laminação consiste na passagem dos grãos entre dois rolos, sob alta pressão, que podem variar em tamanho, tipo de esmagamento e velocidade de passagem. Neste processo, assim como na moagem, os grãos sofrem modificações apenas na sua estrutura física, porém, de forma mais branda. Este procedimento permite um aumento na digestibilidade ruminal em relação ao grão inteiro, porém, em comparação à moagem, a digestibilidade ruminal é menor.

De acordo com Mello Júnior (1991), conforme citado por Mourão (2012, p. 11), o uso de concentrados contendo grãos submetidos a este tipo de processamento determina aumento na quantidade de amido que chega ao intestino delgado. O amido, neste caso, pode ser pouco disponível por não sofrer gelatinização e ter reduzida superfície de exposição aos microrganismos ruminais e enzimas digestivas.

2.4 Tipos de transmissões

Aqui foram estudadas os tipos de transmissão possíveis nesse projeto, que são por correntes e por correias trapezoidais.

2.4.1 Transmissão por correntes

As correntes são elementos de máquinas flexíveis utilizadas para a transmissão de potência ou transporte/movimentação de carga. Normalmente são utilizadas em situações em que transmissões por meio de engrenagens ou correias não sejam possíveis. E devem ser utilizadas somente em eixos paralelos conforme figura 5.

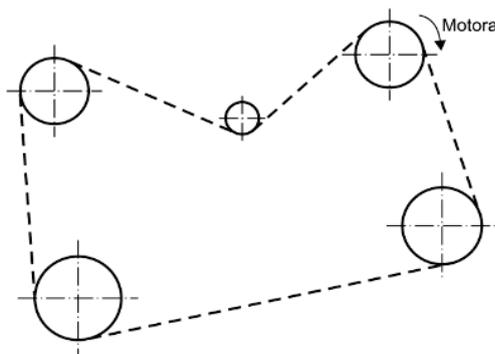


Figura 5: Eixos paralelos

(Fonte: Melconian, 2019)

A relação de transmissão máxima a ser utilizada $i \leq 10$ sendo a faixa ideal $i \leq 6$.

A potência máxima de que se tem conhecimento, que foi transmitida até hoje por corrente, é de 5000 CV (~3700 kW) e rotação $n = 5000$ rpm.

Características na transmissão por correntes:

- Transmitir grande quantidade de energia
- Muito utilizado em sistemas mais pesados onde se exige mais força.
- Possuem bom sincronismo, devido as engrenagens e pinhões.
- Bom rendimento de 0,95 a 0,99, quando bem dimensionados.
- Adequada para grandes distâncias entre eixos.
- Opera em condições severas de operação (correias são inadequadas sob umidade, alta temperatura ou ambiente agressivo).
- Possui longa vida útil se bem selecionadas ou dimensionadas.
- Permite grandes reduções ($i < 7$).

2.4.2 Tipos de correntes mais usadas

Corrente de rolos: São as mais utilizadas tanto para transmissão de potência como para esteira transportadora, podem ser elas, simples dupla ou tripla. São fabricadas com diversos elos sendo cada um deles composto por placas internas e externas que seguram os elos interno e

externo suportando toda a carga do conjunto tendo alta resistência ao choque, à tração e à fadiga. Roletes e buchas tem a função de amortecer os impactos causados pelo engrenamento. Grampos ou anéis e pinos juntam e dão resistência a corrente.

A corrente se acopla à engrenagens motora (pinhão) e movida (coroa) que transmitem o movimento. Os dentes das engrenagens se acoplam com os roletes rotativos, onde o desgaste é reduzido, pois acontecem contatos do tipo deslizante e rolante como mostrado na figura 6. Estas correntes estão disponíveis em diversas formas padronizadas e materiais, tais como aço, aço inox, plásticos (para autolubrificação). Permitem velocidade de até 11 m/s, porém a faixa recomendada é de 3 a 5 m/s.

Essas correntes são utilizadas em casos em que é necessária a aplicação de grandes esforços para baixa velocidade, como na movimentação de rolos para esteiras transportadoras.

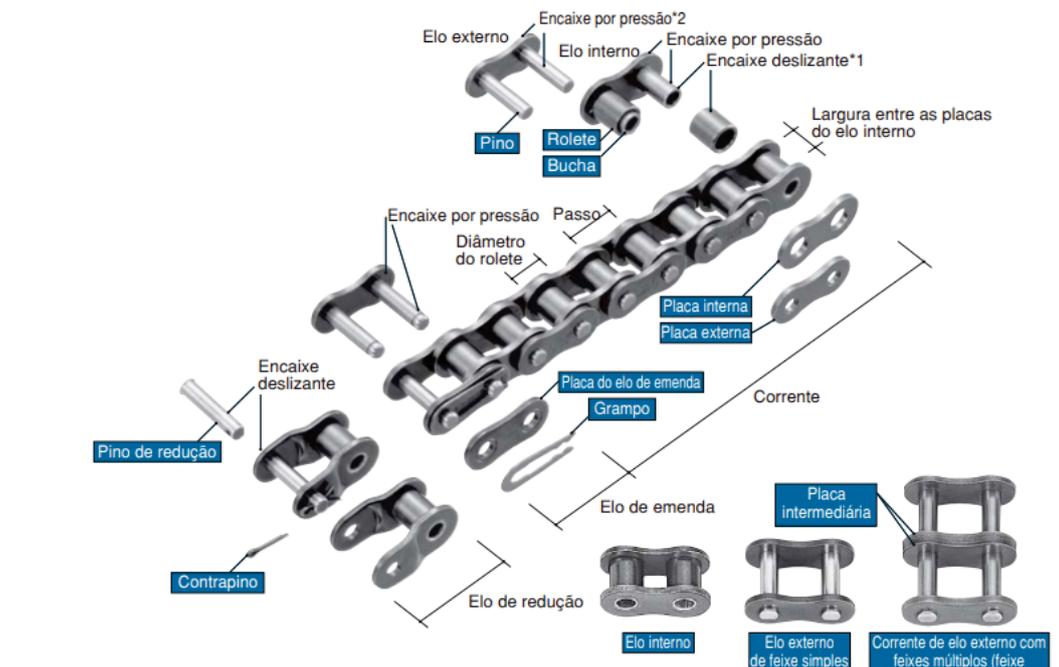


Figura 6: Modelo corrente de rolos

Fonte: Tsubaki (2021)

Corrente de buchas: Não possuem rolo. Por isso, os pinos e as buchas são feitos com diâmetros maiores, o que confere mais resistência a este tipo de corrente do que à corrente de rolo. A única diferença para as correntes de rolo é a ausência do rolo; e por causa disto a corrente de bucha se desgasta mais rapidamente e provoca mais ruído.

Correntes de dentes ou silenciosas: Nesses tipos de corrente, as talas se dispõem sobre os rolos, podendo construir correntes mais largas.

Este tipo de corrente tem as placas laterais fabricadas em forma de dentes invertidos que se acoplam com os dentes da engrenagem. O perfil dos dentes da corrente e do pinhão é normalmente reto. Devido a esta geometria o acoplamento é feito com um perfil equivalente aos dentes de engrenagem (maior distância entre centros) proporcionando um engrenamento gradual, com melhor distribuição da carga ao longo do “dente”, diminuindo, assim, o impacto, o desgaste, o efeito cordal e o ruído em altas velocidades (7 a 16 m/s).

2.4.3 Lubrificação

A lubrificação das transmissões por correntes pode ser periódica ou contínua. A lubrificação periódica se realiza com uma azeiteira ou pincel, sendo recomendada para

velocidade acima de 4 m/s. Nos casos em que a velocidade oscilar de 4 a 6 m/s, aconselha-se submergir a corrente em determinados intervalos, introduzindo o ramal conduzido no lubrificante.

Com isso as correntes de rolos são as mais utilizadas por ter um custo muito menor comparada com as outras correntes citadas a cima, porém comparada com a corrente silenciosa tem um ruído bem maior, mas nada que atrapalhe o seu desempenho.

2.4.4 Transmissão por correias

Na transmissão por correia, a correia um pouco elástica abraça duas ou mais polias, transmitindo, assim, a força tangencial por meio do atrito entre correia e polia. É um elemento flexível, normalmente utilizado para transmissão de potência entre dois eixos.

- Podem transmitir grande quantidade de energia;
- Uma das formas mais utilizadas em sistemas de transmissão de potência;
- Possuem rendimento entre 0,95 a 0,98, pois podem apresentar escorregamentos;
- Possuem custos relativamente baixos;
- Tendem a proteger a unidade motora.

Os tipos de correias mais usadas são, correias planas e correias trapezoidais (ou correias em V).

A correia em “V” é inteiriça, fabricada com seção transversal em forma de trapézio. É feita de borracha revestida de lona e é formada no seu interior por cordões vulcanizados para suportar as forças de tração, assim mostrado na figura 7.

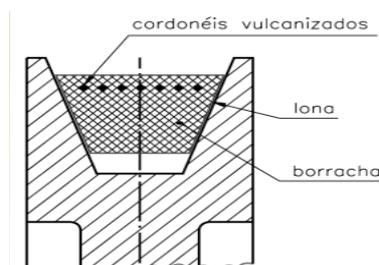


Figura 7: Representação correia em V

(Fonte: Melconian, 2019)

O alinhamento das polias é mais crítico no caso de correias trapezoidais. São quase sempre fornecidas em comprimentos padronizados, limitando o projeto da transmissão.

O emprego da correia trapezoidal ou em “V” é preferível ao da correia plana. Entre os fatores que dão preferência À correia trapezoidal pode-se destacar:

- O efeito da cunha da correia na polia aumenta muito o coeficiente de atrito;
- Praticamente não apresenta deslizamento;
- Permite o uso de polias bem próximas;
- Elimina os ruídos e os choques, típicos das correias emendadas (planas).

As principais características das correias trapezoidais são:

- Potência até 1100 kW (~1500 CV)
- Velocidade tangencial até 26 m/s
- Relação de transmissão ideal até 1:8
- Relação de transmissão máxima 1:15

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

3.1 O equipamento

Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de um laminador/machacador de cereais. Construído com uma estrutura feita de cantoneiras, e consiste em dois rolos cilíndricos ranhurados, girando em sentidos contrários para assim puxar e esmagar o grão. Os rolos são construídos com tubos de aço preenchidos com concreto para deixá-los mais pesados, aumentando assim sua inércia, e com eixos maciços de aço-carbono, com diâmetro de 30 mm, fixados através de mancais de pedestal com rolamentos. Um dos rolos tem montagem fixa, enquanto o outro é móvel para permitir regular do espaçamento entre eles. Isso é necessário para adequar o equipamento ao trabalho com diversos grãos.

O acionamento é feito com um motor WEG de 3CV com uma rotação nominal de 1720 rpm que inicialmente seria reduzido na transmissão por correia e após isso seria reduzido novamente na transmissão por engrenagens, mas para diminuir custos e deixar um projeto melhor dimensionado, foi reduzido apenas na transmissão por correia de 1720 rpm para 550 rpm, assim podendo ser usadas as mesmas engrenagens em todos os eixos, reduzindo o custo por poder comprar lotes maiores de engrenagens iguais.

Este equipamento é apropriado para laminação de grãos finos como aveia, cevada, centeio, sorgo, milheto, quinoa, linhaça, painço, entre outros, que tem uma capacidade de laminar cerca de 500 a 600 kg/h

3.2 Detalhamento do projeto

Neste projeto inicialmente foi desenvolvida uma mesa com um dimensionamento menor para reduzir seus custos na fabricação, sendo projetada com cantoneiras de diferentes tamanhos.

Como mostra na figura 8, a mesa foi projetada com 500 mm de largura, 700 mm de comprimento e com altura de 800 mm. Na parte superior foi utilizada cantoneiras Gerdau mais largas para acomodar melhor os mancais de rolamentos, sendo usadas cantoneiras de 2" ou seja com abas de 50,8 mm e com espessura de ¼" que corresponde a 6,35 mm.

Já na parte dos pés da mesa foram usadas cantoneiras menos largas para diminuir o peso e os custos sendo usadas cantoneiras de 1.½" (31,80 mm) e espessura de ¼" (6,35 mm), com reforços nos quatro cantos para se ter uma estrutura mais rígida.

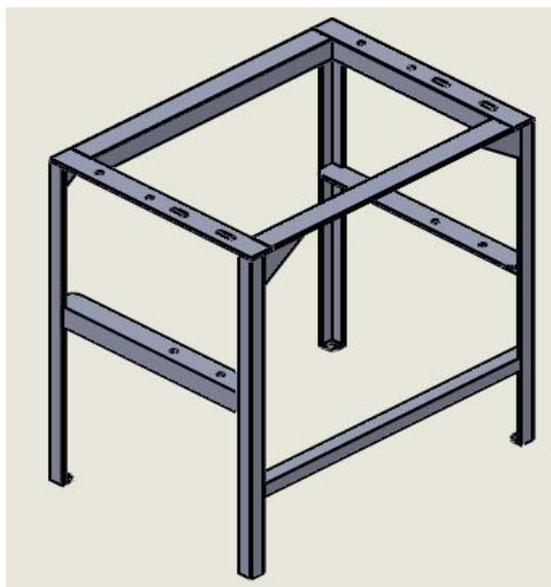
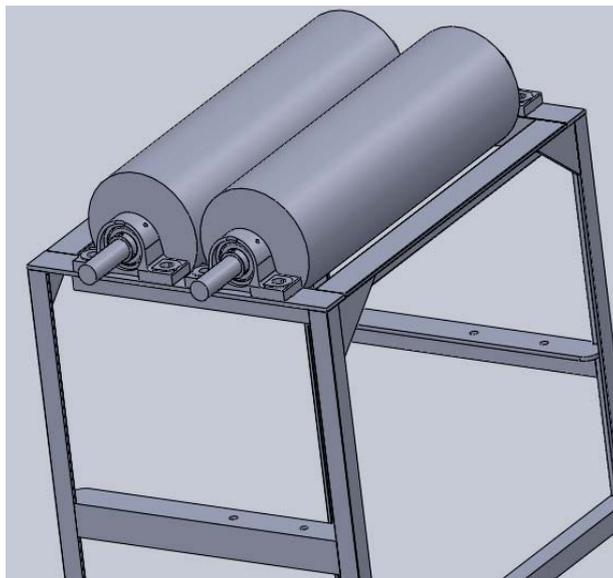


Figura 8: Mesa do laminador de cereais
(Fonte: Autor)

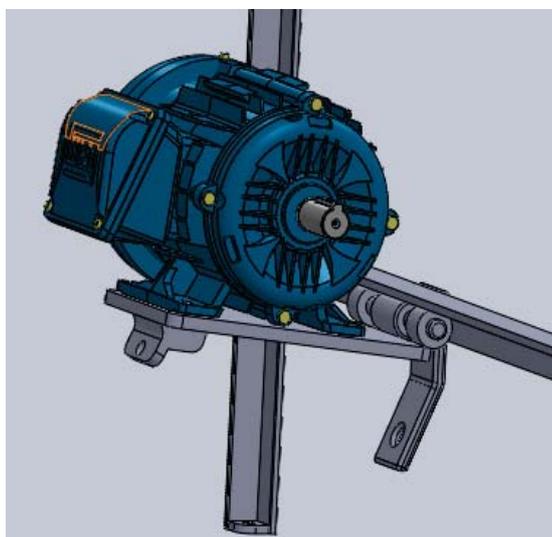
Com a mesa pronta foram colocadas cantoneiras para abrigar o sistema de transmissão e motor com as cantoneiras laterais com a mesma dimensão da parte superior da mesa para abrigar os mancais.

Com isso foi feito o dimensionamento do tamanho dos rolos cilíndricos conforme o tamanho da mesa como mostra na figura 9, tem diâmetro de 180 mm e comprimento de 570 mm. Fixados com mancais P206 de ferro fundido com base reforçada e rolamentos UC 206 com fixação do rolamento no eixo através de 2 parafusos tipo allen “mosca”. Todos os eixos serão feitos de 30 mm de diâmetro.



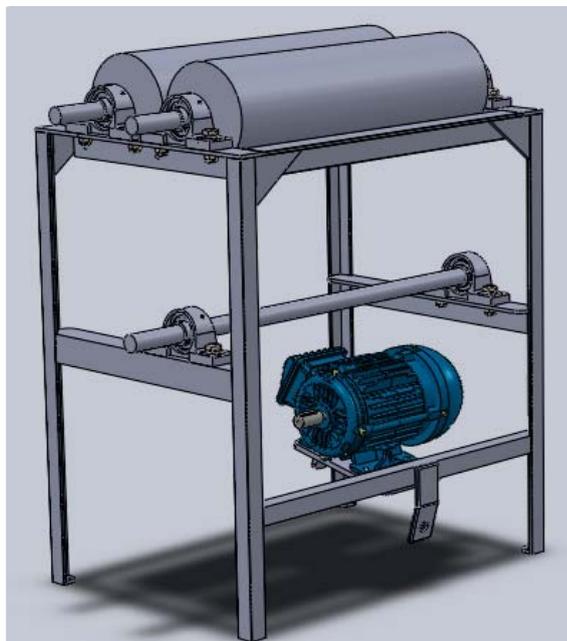
*Figura 9: Mesa com mancais e rolos cilíndricos
(Fonte: Autor)*

Para a fixação do motor, foi feito um suporte, figura 10, com as dimensões da base do motor com 2 buchas de aço com 15 mm de diâmetro interno e 30 mm de diâmetro externo, soldadas nas extremidades do suporte sendo fixada por um pino maciço de 15 mm e outra bucha soldada na cantoneira mais baixa, com o pino fixado com contra pinos em suas extremidades. Abaixo do suporte foi feito um regulador feita de uma barra roscada de 12 mm de diâmetro, para que possa ser regulada a pressão desejada nas correias trapezoidais.



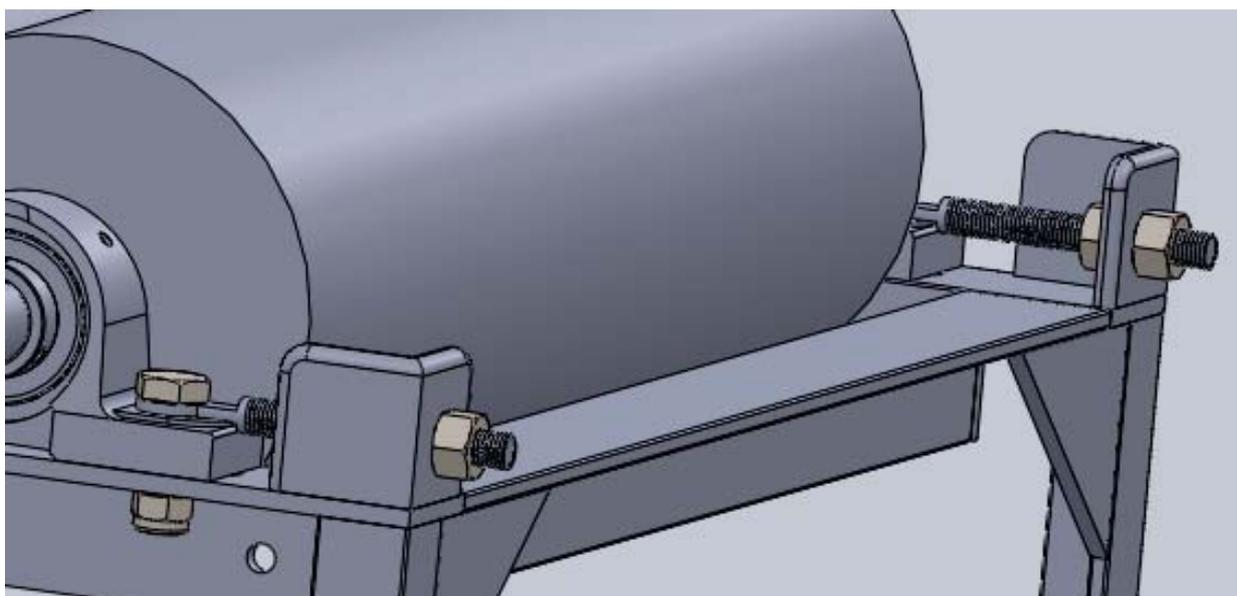
*Figura 10: Fixação do motor
(Fonte: Autor)*

Após feito o suporte do motor, foram colocados os mancais e rolamentos usados nos rolos, o eixo para essa transmissão será de 30 mm de diâmetro e comprimento de 810 mm, como mostrado na figura 11.



*Figura 11: Projeto preliminar do laminador
(Fonte: Autor)*

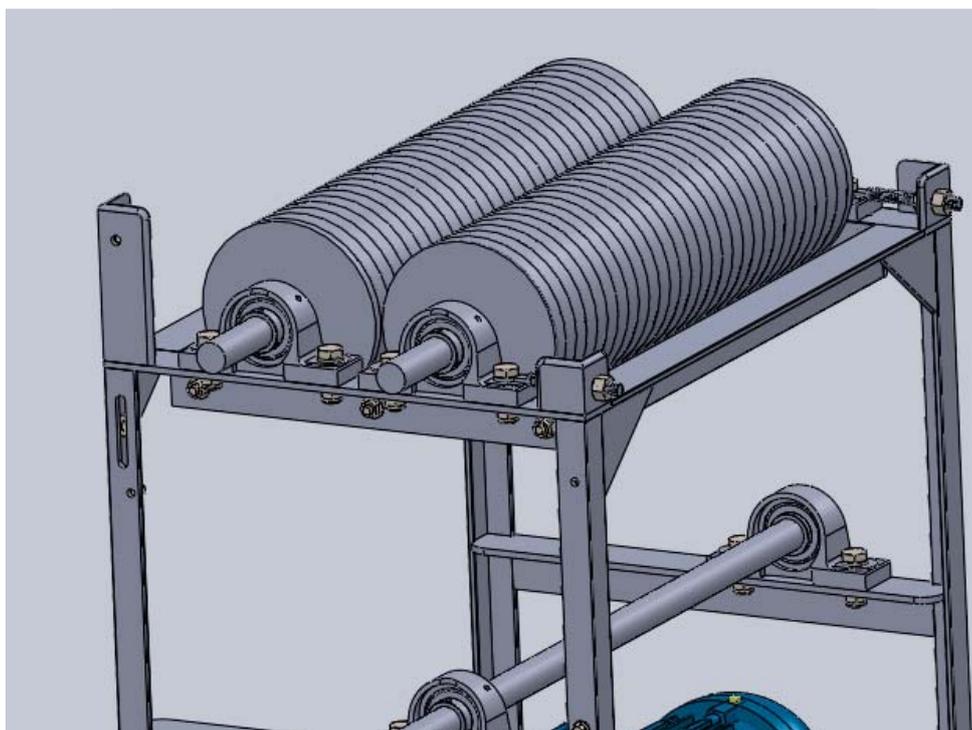
Com a mesa finalizada foram feitos os esticadores do cilindro para que o cliente possa ajustar o quanto o grão deve ser amassado, para isso foram usadas cantoneiras de 2" ou seja com abas de 50,8 mm e com espessura de ¼" que corresponde a 6,35 mm, onde foram furadas a uma distância para que a barra roscada de 12 mm de diâmetro com porcas, que fará a regulagem, fiquem perfeitamente na horizontal como mostrado na figura 12.



*Figura 12: Reguladores do cilindro
Fonte: Autor*

Após ser feito os esticadores do cilindro foram feitas 29 ranhuras nos rolos, com espaçamento de 20 mm, e aproximadamente 1,5 mm de profundidade, 1,5 mm de largura podendo serem feitas até cerca de 2 mm, mais que isso o grão passaria sem ser esmagado.

Já pensando na regulagem e no ângulo correto de trabalho da corrente foi feito um suporte para acoplar uma engrenagem fazendo com que a corrente contorne a engrenagem fixada no eixo do rolo. Este suporte foi feito também de cantoneira de 2" pois precisa ser bastante resistente e possui um comprimento de 145 mm, com um furo de 12 mm de diâmetro. Abaixo na parte do pé da mesa foi feito um canal de 12 mm de diâmetro para colocar uma engrenagem responsável pela regulagem de tensão necessária para a corrente trabalhar, como mostrado na figura 13.



*Figura 13: Mesa com cilindros ranhurados
(Fonte: Autor)*

Após feito isso pode ser dimensionado o tamanho das polias motora e movida para saber o tamanho necessário para reduzir a rotação de 1720 para 550 rotações por minuto, assim não sendo necessário reduzir nas engrenagens. Para após calculado o tamanho da polia movida ter os valores para se fazer a chapa onde irão cair os grãos.

3.3 Dimensionamento da correia

O dimensionamento da correia foi realizado utilizando-se tabelas e equações disponíveis em Melconian, 2019.

3.3.1 Perfil da correia

O sistema de transmissão primário será de transmissão por correia trapezoidais, ou seja, correias em V do tipo Super HC.

Para o dimensionamento de transmissões por correia em V são necessários alguns dados para ser calculado o tipo de perfil da correia o seu comprimento e quantas correias serão necessárias para essa transmissão.

Características do equipamento:

- 1) Tipo de motor: Motor Elétrico de Indução Monofásico de Gaiola -WEG 14421152.
- 2) Potência do motor: 2,2 kW (3 HP-CV).
- 3) Rotação do motor: Rotação nominal 1720 rpm.
- 4) Tipo de máquina ou equipamento: Laminador de cereais.
- 5) Rotação da máquina ou equipamento: Rotação primária 550 rpm.
- 6) Distância entre centros: Calcular distância mínima possível.
- 7) Tempo de trabalho diário da máquina: Entre 8 e 10 h/dia.

Potência projetada (P_p)

Para o cálculo da potência projetada será usado um motor de $P_{\text{motor}} = 3 \text{ CV}$ e um fator de serviço de $f_s=1,3$ conforme tabela 5 em anexo. Conforme a equação 1 é calculada a P_p .

$$P_p = P_M \cdot f_s = 3 \times 1,3 \Rightarrow P_p = 3,9 \text{ CV} \quad (1)$$

Onde:

P_p - Potência projetada - (CV)

P_M - Potência do motor - (CV)

f_s - Fator de serviço - (Adimensional)

Perfil da correia:

Para este projeto o perfil da correia escolhido foi o super HC que abaixo será definido qual tipo será usado (3 V, 5 V ou 8 V). Este perfil é determinado por meio da rotação do eixo árvore mais rápido (1720 rpm) e da potência projetada $P_p=3,9 \text{ CV}$.

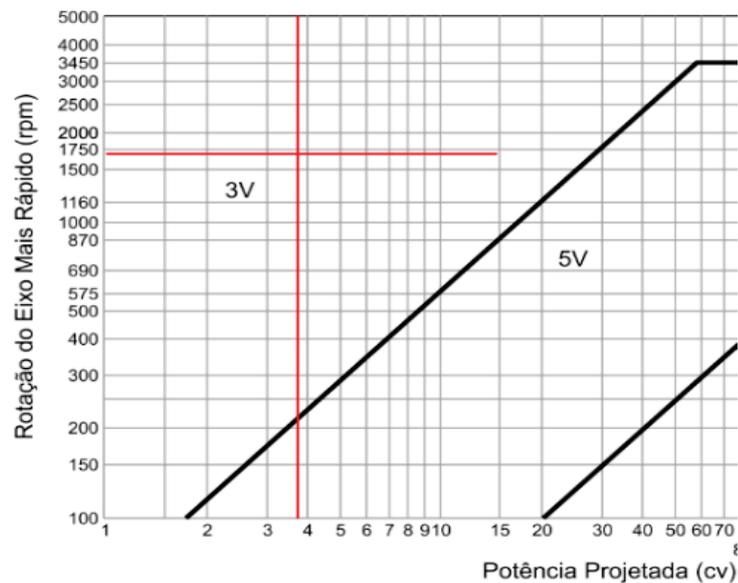


Figura 14: Perfil correia Super HC

(Fonte: Adaptado de Melconian, 2019)

Conforme a figura 14, mostra-se o gráfico onde determinou-se um perfil de correia super HC 3 V.

3.3.2 Diâmetro das polias

Para determinação do diâmetro mínimo da polia menor (d), em função da potência do motor (CV) e da rotação do eixo mais rápido (rpm).

Usando a tabela 6 em anexos, determinou um diâmetro da polia menor mínimo de 2,4 pol, ou seja, 60,96 mm. Com isso foi consultado a tabela 1 onde o menor diâmetro tabelado foi de 70 mm. Assim sendo escolhido como o diâmetro da polia menor.

Potência básica						
Rotação do eixo mais rápido (RPM)	CV básico por correia para diâmetro Pitch das polias menores, em milímetros					
	70	80	90	100	110	120
575	0,73	0,98	1,23	1,47	1,71	1,96
690	0,85	1,15	1,44	1,73	2,01	2,3

Tabela 1: Diâmetro da polia menor

Fonte: Adaptado de Melconian (2019)

Com o diâmetro da polia menor já escolhido pode ser calculado pela equação (2) o diâmetro da polia maior. Assim, usando $n_{\text{menor}}=1720$ rpm que é a rotação do motor escolhido e $n_{\text{maior}}=550$ rpm, que é a velocidade escolhida para este projeto.

$$\left. \begin{array}{l} D = d \cdot i \\ i = \frac{n_{\text{menor}}}{n_{\text{maior}}} = \frac{D}{d} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} i = \frac{1720}{550} = 3,13 \\ D = 70 \times 3,13 \\ \mathbf{D = 219,1 \text{ mm}} \end{array} \right. \quad (2)$$

Onde:

D - Diâmetro da polia maior - (mm)

d - Diâmetro da polia menor - (mm)

i - Relação de transmissão - (Adimensional)

n_{menor} - Menor rotação - (rpm)

n_{maior} - Maior rotação - (rpm)

Conforme os cálculos acima pode-se adotar a polia maior com um diâmetro de 220 mm para facilitar o projeto.

3.3.3 Comprimento das correias (l)

Para a determinação do comprimento da correia antes será calculada a distância mínima entre centros (C) que é determinada na concepção do projeto ou estimada como valor mínimo de acordo com a equação 3.

$$C = \frac{3d + D}{2} = \frac{(3 \times 70 + 220)}{2} \Rightarrow \mathbf{C = 215 \text{ mm}} \quad (3)$$

Com a distância entre centros determinadas será calculado o comprimento da correia (Equação 4):

$$l = 2C + 1,57(D+d) + \frac{(D-d)^2}{4C} \quad (4)$$

$$l = 2 \times 215 + 1,57 \times (220 + 70) + \frac{(220 - 70)^2}{4 \times 215} \Rightarrow l = 911,46 \text{ mm}$$

Com o valor de (l) calculado deve-se selecionar com a tabela 2, um perfil de correia que tenha o comprimento mais próximo do calculado.

Perfil correia 3V					
Circunferência externa		Correia Super HC Ref.	Circunferência externa		Correia Super HC Ref.
Polegada	mm		Polegada	mm	
33 ½	850	3V355	95	2415	3V950
35 ½	900	3V355	100	2540	3V1000
37 ½	955	3V375	106	2690	3V1060

Tabela 2: Perfil de correias 3V

(Fonte: Adaptado de Melconian, 2019)

Ajuste do comprimento da correia (l_A):

Com o comprimento da correia (l_c) determinado, pode ser calculado o comprimento de ajuste através da equação 5.

$$l_A = l_c - 1,57(D+d) = 900 - 1,57 \times (220 + 70) \Rightarrow l_A = 444,7 \text{ mm} \quad (5)$$

3.3.4 Distância entre centros (C_a)

Com base no comprimento de ajuste deve-se corrigir a distância entre centros inicial.

Para se calcular o C_a , antes deverá ser calculado o fator de correção da distância entre centros (h) por meio da equação 6 e procurar na tabela 7 em anexos o seu valor.

$$h = \frac{D-d}{l_A} = \frac{220-70}{444,7} \Rightarrow h = 0,34 \quad (6)$$

$$C_a = \frac{l_A - h(D-d)}{2} = \frac{444,7 - 0,34 \times (220 - 70)}{2} \Rightarrow C_a = 208,85 \text{ mm} \quad (7)$$

Assim através da equação 7 foi obtido uma distância final entre centros que será aproximadamente de 208,85 mm.

3.3.5 Capacidade de transmissão de potência por correia (P_{pc})

Em que as potências básica (P_b) e adicional (P_a) são obtidas da Tabela-8 e 9 nos anexos. O Fator de correção do comprimento (f_{cc}) define-se na Tabela-10 em anexos. O fator de correção do arco de contato (f_{cac}) é obtido na Tabela-11 em anexos. Após achar os valores serão aplicados na equação 8.

$$P_{pc} = (P_b + P_a) \cdot f_{cc} \cdot f_{cac} = (1,80 + 0,36) \times 0,89 \times 0,888 \Rightarrow P_{pc} = 1,71 \text{ CV} \quad (8)$$

3.3.6 Número de correias (n^{p_{CO}}):

Após todos os cálculos, chegamos na equação 9, onde será calculado o número de correias necessárias em função da potência necessária (projetada) e da capacidade da correia selecionada.

$$n_{CO}^p = \frac{P_p}{P_{pc}} = \frac{3,9}{1,71} \Rightarrow n_{CO}^p = 2,2 \text{ correias} \quad (9)$$

Como para a realização dos cálculos foi usado um coeficiente de serviço maior do que o indicado, para uma maior confiabilidade do projeto, pode-se adotar 2 correias no lugar de 3.

Após ser feito todos os cálculos para o dimensionamento da correia chegou-se em um valor necessário para este equipamento de 2 correias em v trapezoidais, onde a polia motora tem 70 mm de diâmetro e a polia movida ficou com um dimensionamento de 220 mm de diâmetro, ambas as polias duplas como mostrado na figura 15, para ter com uma rotação em torno de 550 rpm e para impedir a rotação relativa entre as duas partes, e para poder transmitir a transmissão de torque foi colocado uma chaveta em ambos os eixos.

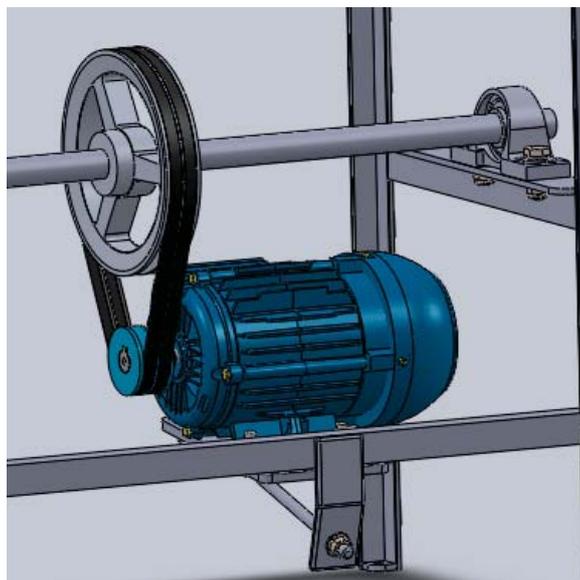
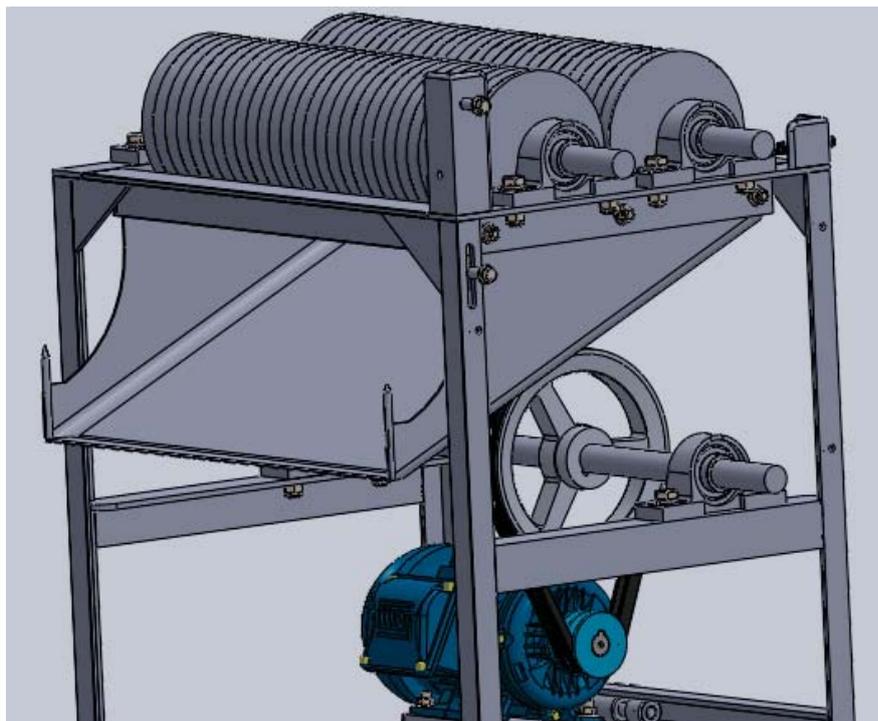


Figura 15: Polias motora e movida
(Fonte: Autor)

Já sabendo o tamanho da polia movida então foi feito a chapa onde irá cair os grãos de cereais, foi feita de uma chapa bastante resistente de 2,75 mm de espessura, com uma largura de pouco menos de 600 para encaixar embaixo da mesa e com uma altura de 300 mm com uma angulação de cerca de 115°, com um comprimento de 510 mm sendo assim saindo 10 mm para fora da mesa, não caindo grãos para baixo do equipamento, como mostrado na figura 16.

Pode ser cortada a laser e após isso dobrada sem soldas, e sendo fixada na mesa com 3 parafusos de 10 mm em cada lado, totalizando 6 parafusos na sua fixação, deixando bem firme e com 2 “ganchos” para caso o cliente queira ensacar em sacas de 50 kg tenha onde fixar e deixar os sacos sem precisar ficar segurando.

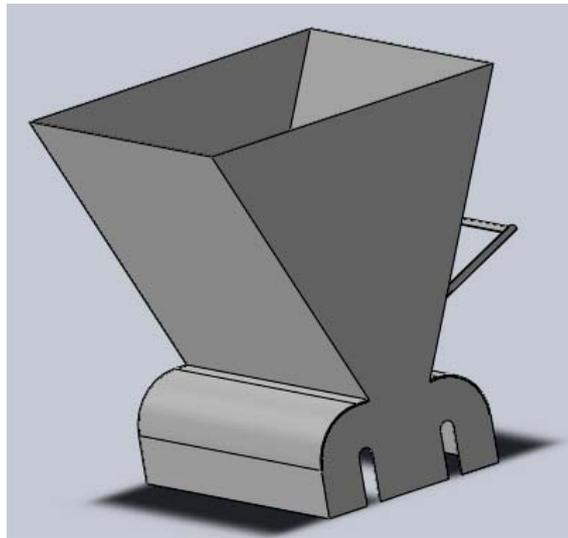


*Figura 16: Chapa direcionadora de grão
(Fonte: Autor)*

Com a parte de baixo onde os grãos cairão pronta, foi feita o cone onde irão ser depositados os grãos que tenha uma boa capacidade.

Esse “cone” onde passarão os grãos foi feito todo em chapa de 2,75 mm, tem o comprimento de 585 mm para poder encaixar entre os rolos e a mesa, com uma largura de 650 mm, esse bocal vai afunilando até chegar em uma abertura final de apenas 135 mm, direcionada perfeitamente para o vão dos rolos.

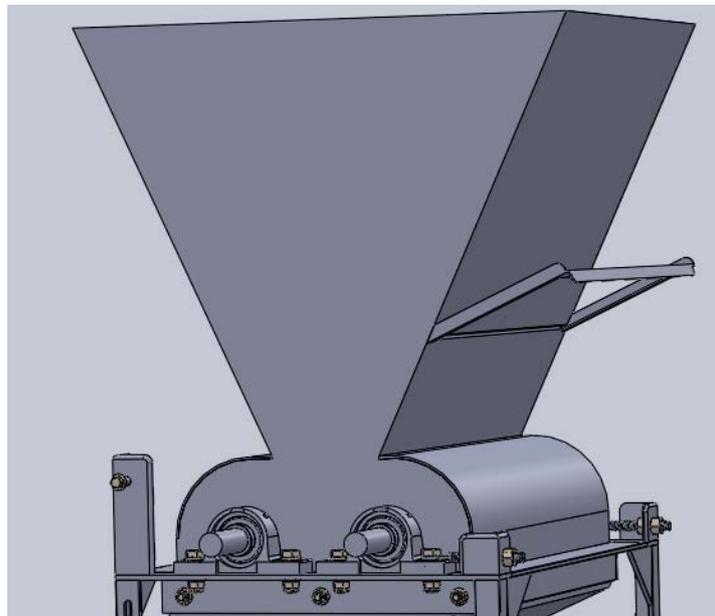
Embaixo foram dobradas chapas com as dimensões dos rolos deixando um espaço de apenas 5 mm para que não tenha problema de grãos acabarem caindo pelo outro lado, e também foram feitas ranhuras de 32 mm de diâmetro para poder passar entre os eixos do cilindro, figura 17, e também foram fixadas junto com a peça onde cairão os grãos assim não deixando nenhum espaço entre o rolo e a mesa apenas o suficiente para não enroscar nos rolos. Ao final chegou-se em uma altura de 740 mm, sendo assim tendo uma capacidade de aproximadamente 40 kg de grãos de cereais variando para mais ou para menos conforme o tamanho e tipo de cereal usado.



*Figura 17: Reservatório de grão
(Fonte: Autor)*

Com o cone finalizado e fixado na mesa, percebeu-se que seria necessário fazer uma peça para poder controlar a quantidade de grãos cairá entre os rolos, pois se apenas colocasse os grãos ali iriam direto para a laminação podendo trancar os rolos e queimar o motor. Então feito um regulador de grãos para que o cliente que adquirir este equipamento possa regular a quantia.

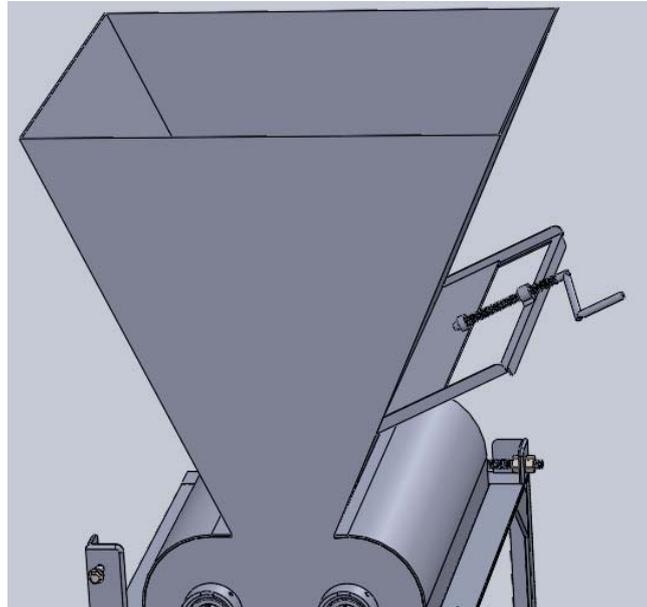
Sendo feito com a menor cantoneira da Gerdau de 5/8" ou seja com abas de 15,88 mm e espessura de 2,50 mm. Sendo aberto um ranhura retangular no cone e soldado um suporte com dimensão de 200 mm de comprimento e tendo a largura do cone de 585 mm, figura 18. Também foram soldadas cantoneiras internas com as mesmas dimensões e angulação de também 40° em relação ao cone.



*Figura 18: Suporte regulador de grão
Fonte: Autor*

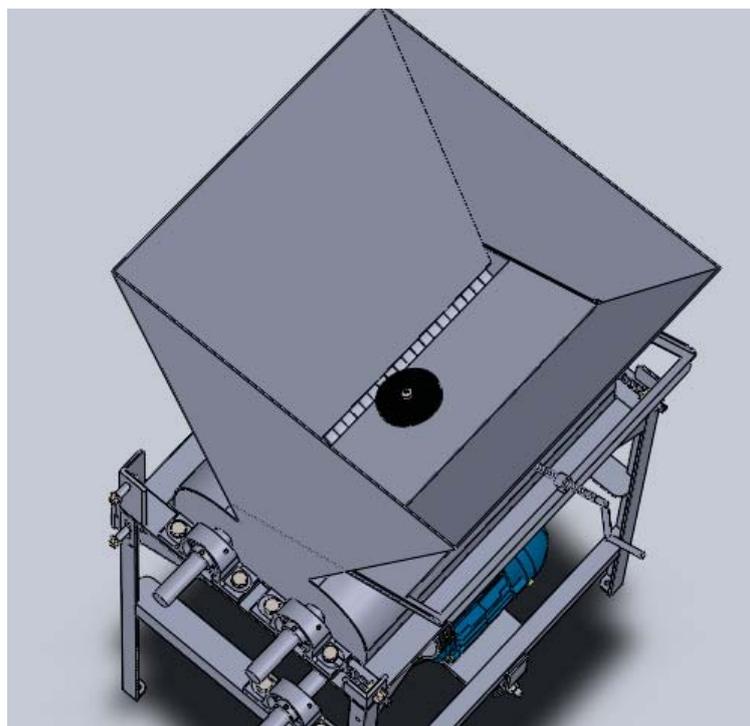
Feito o suporte foi feita a chapa que ira deslizar sobre esse suporte assim fazendo a regulagem da quantidade de grãos. Essa chapa tem a dimensão de 300 mm de largura com comprimento um pouco menor do que o cone pois tem a espessura das cantoneiras, ficando então

com 578 mm, sendo usada uma chapa também de 2,75 mm. Para facilitar a regulagem foi colocada uma manivela com rosca de 12 mm que facilitará a regulagem, como mostrado na figura 19.



*Figura 19: Manivela reguladora
(Fonte: Autor)*

Já com toda a estrutura do projeto feita e dimensionada, foi pensado em caso esteja algum metal entre os grãos, assim podendo danificar os rolos cilíndricos, pensando nisso foi colocado um ímã, figura 20, de 100 mm de diâmetro fixado por um parafuso de 10 mm centralizado na chapa de regulagem, assim obstruindo a passagem de metais.



*Figura 20: Ímã circular
(Fonte: Autor)*

Com praticamente todas as peças e estruturas feitas e dimensionadas pode ser calculado os valores das engrenagens e correntes.

Na transmissão por engrenagens então optou-se por diminuir o rpm apenas nas polias com correias, por isso podemos usar o mesmo tamanho e número de dentes das engrenagens em todos os eixos.

Dimensionamento corrente:

O primeiro passo para se calcular a transmissão por correntes é determinar o número de dentes, usando a equação 10 abaixo, calcula-se a relação de transmissão que nesse caso como já foi reduzido a rotação, a relação será igual, pela tabela 14.1 de relação de transmissão (Melconian, 2019), indica uma engrenagem de 31 dentes, porém como a relação é a mesma pode-se usar uma engrenagem menor, sendo selecionada uma engrenagem de 27 dentes.

$$i = \frac{n_{entrada}}{n_{saída}} \rightarrow i = \frac{550 \text{ rpm}}{550 \text{ rpm}} = 1 \quad 10$$

Onde:

$n_{entrada}$ - Rotação de entrada - (rpm)

$n_{saída}$ - Rotação de saída - (rpm)

Após isso determinamos o passo da corrente através da tabela 14.3 de Melconian (2019), usando $n=550$ rpm e uma engrenagem de $Z_1=27$ dentes. Quanto menor for o passo, melhor será para a transmissão, pois diminuem os choques, a força centrífuga e o atrito. Por essas razões, escolhe-se o passo $t = \frac{1}{2}'' = 12,7$ mm.

Sendo assim pode-se calcular a velocidade periférica da corrente, equação 11, como foi escolhida uma corrente de rolos sua velocidade periférica não pode ultrapassar os $v_p=12$ m/s.

$$v_c = \frac{Z_1 \cdot t \cdot n_1}{60 \cdot 1000} \rightarrow v_c = \frac{27 \times 12,7 \times 550}{60 \times 1000} \rightarrow v_c = 3,14 \text{ m/s} \quad 11$$

Onde:

Z_1 - Número de dentes da engrenagem 1 - Adimensional

t - Passo da corrente - mm

v_c - Velocidade periférica ou da corrente - m/s

Com a velocidade verificada e aprovada, determinamos o fator de operação k , esse fator leva em consideração as condições de trabalho. Usando a equação 12, usa-se um fator de serviço de 1,5 pois pode haver impactos fortes e uma operação contínua, já para a lubrificação usa-se 1, ou seja, uma lubrificação periódica, e por último a posição como está na vertical adota-se 1,3.

$$k = k_s k_l k_{po} \rightarrow k = 1,5 \times 1 \times 1,3 \rightarrow k = 1,95 \quad 12$$

onde:

k - Fator de operação - Adimensional

k_s - Fator de serviço - Adimensional

k_l - Fator de lubrificação - Adimensional

k_{po} - Fator de posição horizontal - Adimensional

Após calculado o fator de operação, calculamos a força tangencial na corrente, através da equação 13, usando um motor de 3 CV, ou seja, 2200 W.

$$f_t = \frac{P_m}{v_c} \rightarrow f_t = \frac{2200}{3,14} \rightarrow f_t = 700 \text{ N} \quad 13$$

onde:

f_t - Força tangencial na corrente - (N)

P_m - Potência do motor - (W)

Com a determinação da força tangencial, será calculada a força de ruptura da corrente, por meio da equação 14 que será usado para determinar qual corrente será usada nesse projeto. Para fazer a equação 14, foi selecionado um fator de segurança (n_s) através da tabela 14.3 de Melconian (2019) que indica um fator de 9.

$$F_{Rup} = f_t \cdot n_s \cdot k \rightarrow F_{Rup} = 700 \times 9 \times 1,95 \rightarrow F_{Rup} = 12\ 285 \text{ N} = 1\ 252 \text{ kgf} \quad 14$$

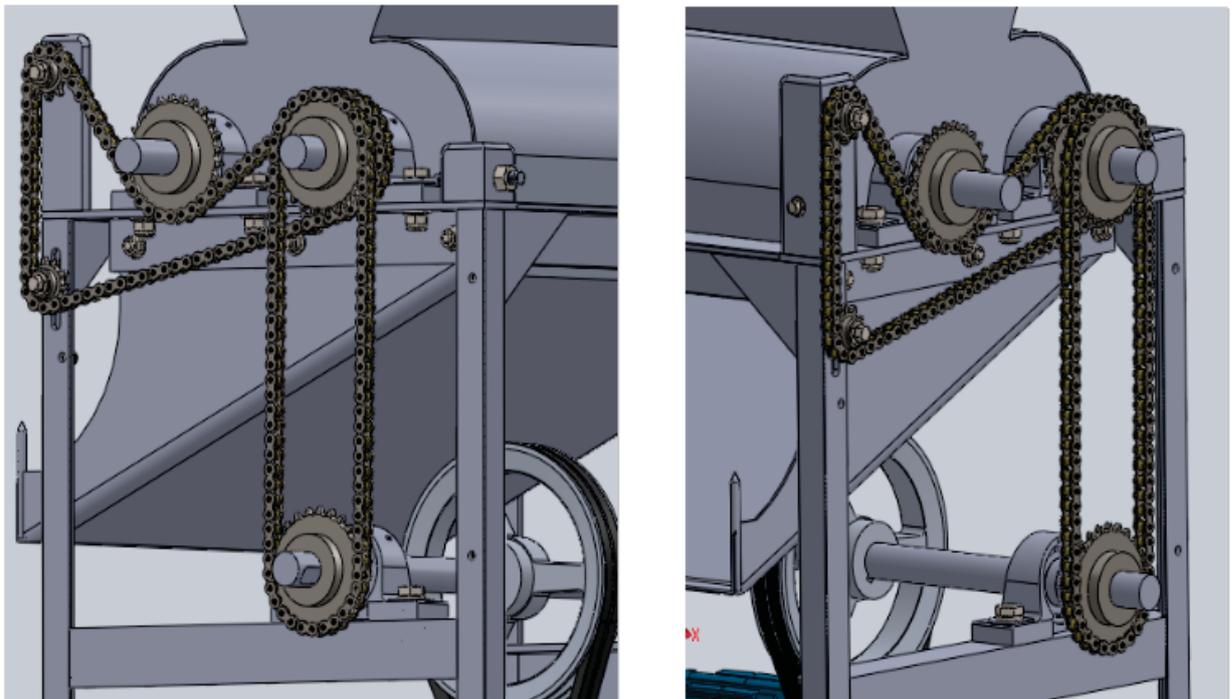
onde:

F_{Rup} -Força ruptura - (N)

n_s - Coeficiente de segurança - Adimensional

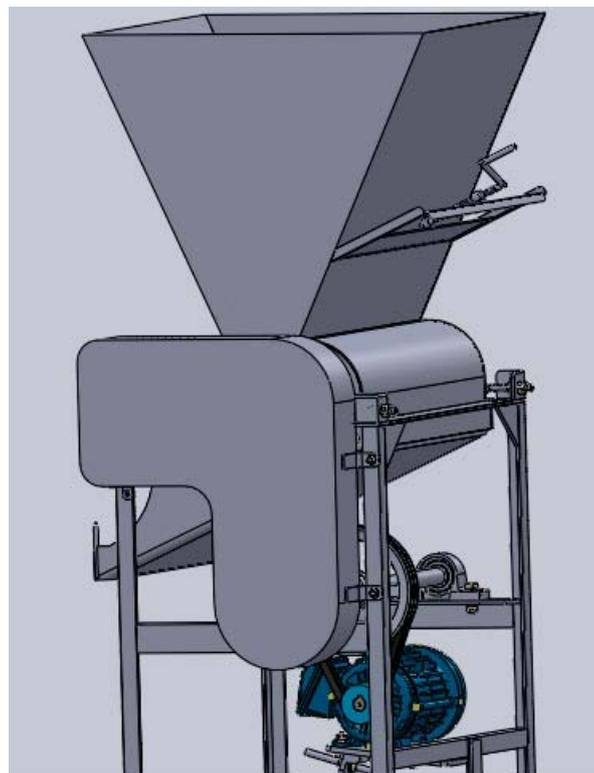
Então com os cálculos finalizados, chegou em um força de ruptura de aproximadamente 1250 kgf, assim sendo consultado o catálogo da marca cerello foi escolhido uma corrente de rolo simples 40-1 com uma carga de ruptura de 1700 kgf dando assim um coeficiente a mais dos já calculados de aproximadamente 3 vezes, dando uma longa durabilidade.

Conhecendo a corrente dimensionada e o número de dentes das engrenagens, foram aplicadas no projeto 3D, sendo utilizadas 2 engrenagens menores para fazer a regulagem da correia e angulação correta da mesma, utilizando engrenagens de 9 dentes como mostrado na figura 21.



*Figura 21: Transmissão por correntes
(Fonte: Autor)*

O próximo passo e um dos últimos será de fazer uma “capa” protetora para a segurança do operador e quem estiver próximo, para que não ocorra acidentes. Para isso foi dobrada uma chapa de 2,75 mm de espessura com uma profundidade de 100 mm onde a mesma faz o contorno das engrenagens e é fixada através de 4 parafusos de 10 mm na base do equipamento, como mostrado na figura 22 abaixo.



*Figura 22: Chapa protetora
(Fonte: Autor)*

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

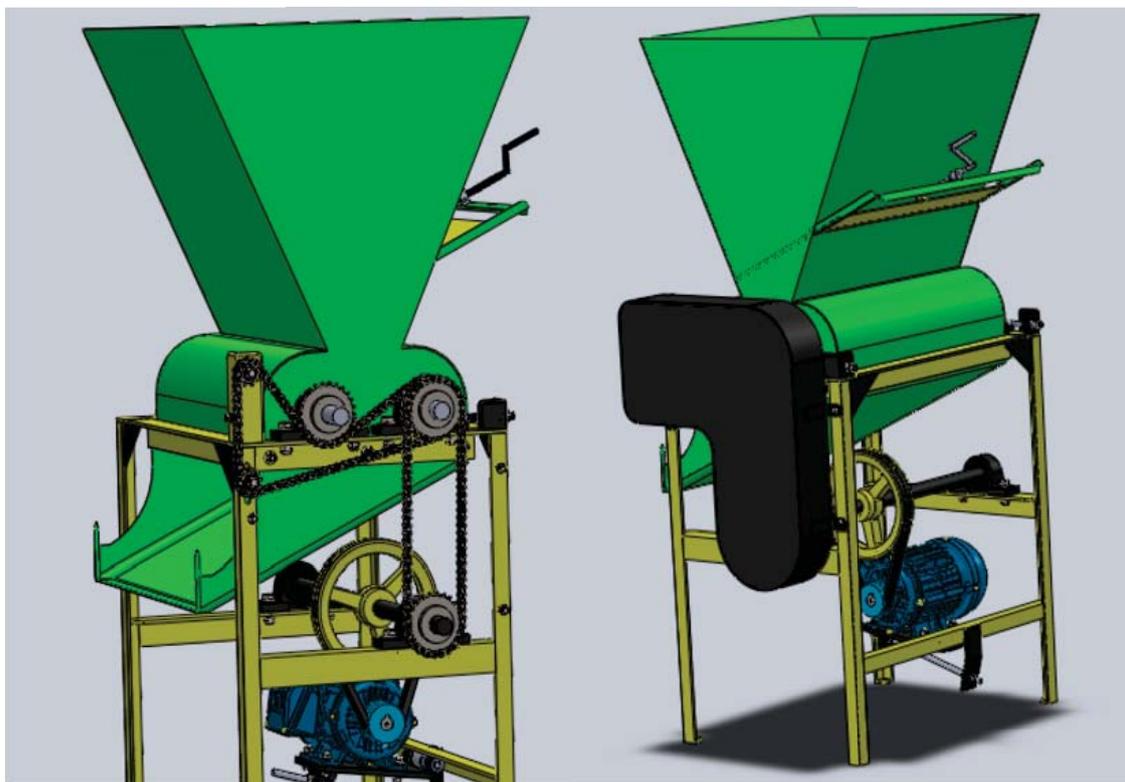
Com informações adquiridas e alguns cálculos feitos chegou-se a uma mesa pequena bem compacta para que ocupe pouco espaço e um menor custo na fabricação. Foram usados 2 tipos de cantoneiras pensando num menor custo, porém mantendo boa qualidade e resistência do produto. Usando um motor potente para o seu tamanho, tendo uma transmissão primária calculada e chegando a um resultado que será usada 2 correias trapezoidais com polias duplas e um tamanho de 70 mm polia motora e 220 mm polia movida, assim conseguindo diminuir a rotação do motor de 1720 para 550 rpm, onde está será a faixa de trabalho deste equipamento, assim não sendo necessário reduzir as engrenagens.

Após isso foi dimensionado o tamanho de engrenagens e correntes, sendo selecionada para este projeto a corrente de rolos, e dimensionada com uma ruptura de 1250 kgf, escolhendo uma corrente 40-1 da marca Cerello com uma carga de ruptura de 1700 kgf aumentando a segurança e vida útil do produto. A transmissão foi feita com engrenagens de 27 dentes helicoidais, sendo travada no eixo através de chavetas de aço 1020, ou seja, do mesmo material usada nos eixos. Os 2 rolos cilíndricos giram em direções opostas por meio de transmissão de correntes de rolos e correias trapezoidais, produzindo assim o esmagamento dos grãos de cereais.

Já para a parte de materiais dos rolos cilíndricos foi feita uma pesquisa dos equipamentos existentes no mercado e constatou-se que nenhum deles usam tratamento térmico nos rolos. Em observação feita pelo autor em equipamento que estão em funcionamento há pelo menos 7 anos, notou-se que houve pouco ou nenhum desgastes nos rolos o que mostra que o tratamento superficial dos mesmos não é importante. Sendo assim, foi projetado este equipamento com rolos cilíndricos de tubos de aço SAE 1020 e preenchidos com concreto e com 29 ranhuras circulares com 20 mm de espaçamento e com profundidade e largura de aproximadamente 1,5 a 2 mm.

Também foram colocados esticadores nas correias, correntes e em um dos rolos, e um regulador na parte do cone para poder regular a quantidade de grãos que entra nos rolos.

Após isso chegou-se em um resultado final de um projeto feito em software 3D como mostrado na figura 23.



*Figura 23: Protótipo final
(Fonte: Autor)*

Conforme a tabela 3 se obteve os seguintes gastos nesse projeto.

Tabela 3: Gastos do projeto

Valores gastos deste projeto			
Peças	Quantidades	Peso (kg)	Valor
Cantoneira 1.½", espessura ¼"	3,90 m	13,53	R\$ 71,97
Cantoneira 2", espessura ¼"	3,20 m	15,07	R\$ 44,52
Mancais P206 com rolamentos	6,00 m	3,00	R\$ 359,40
Eixos 1020 30 mm	2,50 m	13,62	R\$ 300,00
Motor WEG 3 CV	1,00	22,00	R\$ 719,99
Serviço soldagem e usinagem		3,00	R\$ 400,00
Correia 3V555	2,00		R\$ 100,00
Polia perfil 3V 220 mm	1,00	2,00	R\$ 100,00
Polia perfil 3V 70 mm	1,00	1,00	R\$ 80,00
Engrenagens 27 dentes	4	1,50	R\$ 250,00
Engrenagens 9 dentes	2	0,5	R\$ 80,00
Corrente 40/1	2,2m	3,00	R\$ 70,00
Chapa aço 1200x3000x2,75	1	10,00	R\$ 750,00
Parafuso M12x45	12	0,4	R\$ 15,00
Parafuso M10x35	15	0,3	R\$ 15,00
Chavetas	5	0,4	R\$ 50,00
Tubo de aço	1,14m	5	R\$ 100,00
Ajuste de valores e peças que faltam			R\$ 400,00
	Total	94,32	R\$ 3 905,88

Fonte: Autor

Os valores gastos neste projeto então, foram, de R\$ 3 506,00. Nesse valor não está incluída uma parcela de R\$400,00 para gastos imprevistos, tais como peças sobressalentes e mão de obra. Como previsto inicialmente, o custo estimado do projeto final abaixo de R\$ 4.000,00

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho chega ao fim e apresenta bons resultados, agregando informações e conhecimento sobre o estudo de transmissão por engrenagens e correias, sendo que foi realizado o estudo sobre os métodos que melhor atenderiam os requisitos do projeto.

Destaca-se que no decorrer do trabalho todos os objetivos específicos foram alcançados. A partir do estudo dos cereais usados para alimentação animal e pesquisas sobre mecanismos usados para amassar grãos de cereais, foi encontrado algumas patentes onde possibilitou-se ter uma boa ideia para se conseguir projetar um bom equipamento.

Também foram atendidos os objetivos de calcular toda a transmissão do laminador chegando em um dimensionamento adequado e mais barato possível, usando peças iguais e dando a possibilidade da compra de lotes maiores e mais baratos, assim como a pesquisa feita sobre os materiais usados para este equipamento, onde conseguiu-se analisar que o material dos rolos de aço 1020 pode ser usado, pois irão durar muitos anos de trabalho. Concluiu-se o trabalho com o projeto em 3D de um laminador de cereais

Ao final desse trabalho concluiu-se que o todos os objetivos foram cumpridos e um laminador de cereais projetado e dimensionado corretamente, e com um custo menor do que o valor projetado, podendo lucrar mais em cima deste equipamento.

REFERÊNCIAS

RIGAO, Vitelio. *Machacador de aveia*. . Procurador: DIOGO MARTINS BOOS. BR n. BR 202014023532-4. Depósito: 23 set. 2014. Concessão -

WOOD, Errol A..OAT CRIMPER. . US n. US4608007A. Depósito: 13 maio 1983. Concessão: 15 jul. 1985.

BOWEN, Jim R.; SKIPPER, Oliver W..OAT CRIMPING DEVICE. . US n. US 2003/0145738A1. Depósito: 07 ago. 2003. Concessão:

Bustamante, F. (2008), *Cosmos - Plataforma CAE do SolidWorks*, Editora Saraiva, Disponível em: *Minha Biblioteca*.

GERDAU. *Cantoneira de Aço Gerdau*. 2021. Disponível em:
<https://www2.gerdau.com.br/produtos/cantoneira-gerdau>. Acesso em: 15 abr. 2021

Melconian, S. *ELEMENTOS DE MÁQUINAS*. Editora Saraiva, 2019. 9788536530420. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536530420/>. Acesso em: 02 de junho de 2021

Melconian, S. (2019), *ELEMENTOS DE MÁQUINAS*, 11ª edição, Editora Saraiva

LOURÃO, R.C. et al. *Processamento do milho na alimentação de ruminantes*. PUBVET, Londrina, V. 6, N. 5, Ed. 192, Art. 1292, 2012.

TSUBAKI. *CORRENTES DE TRANSMISSÃO CORRENTES DE TRANSMISSÃO TSUBAKI* TSUBAKI. 2021. Disponível em: <https://tsubaki.ind.br/wp-content/uploads/catalogos/Catalogos-em-Portugues/Correntes-de-Transmissao-Portugues.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2021.

CERELLO - *CORRENTES E ENGRANAGENS INDUSTRIAIS*. 2021. [S. l.], 2 nov. 2021. Disponível em: <http://www.cerello.ind.br/index.php>. Acesso em: 23 nov. 2021.

ANEXOS

Tabela 4: Fator de serviço

Máquina conduzida	Máquina condutora					
<p>As máquinas relacionadas são apenas exemplos representativos. Escolha o grupo cujas características sejam mais semelhantes à máquina em consideração.</p>	<p>Motores AC: Torque normal, rotor gaiola de anéis, síncronos, divisão de fase</p> <p>Motores DC: Enrolados em Derivação</p>			<p>Motores AC: Alto torque, alto escorregamento, repulsão -indução, monofásico, trifásico enrolado em série, anéis coletores</p> <p>Motores DC: Enrolados em série, enrolados misto</p> <p>Motores Estacionários: Combustão interna de um cilindro</p> <p>Eixos de Transmissão Embreagens</p>		
	Serviço intermitente	Serviço normal	Serviço contínuo	Serviço intermitente	Serviço normal	Serviço contínuo
	3-5h diárias ou periodicamente	8-10h diárias	16h-24h diárias	3-5h diárias ou periodicamente	8-10h diárias	16-24h diárias
<p>Correias transportadoras para areia e cereais Ventiladores de mais 10cv Geradores Eixos de transmissão Maquinário de lavanderia Punções, prensas e tesourões Máquinas gráficas Bombas centrífugas de deslocamento positivo</p>	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
<p>Maquinário para olaria Elevadores de canecas Excitadores Compressores de pistão Moinhos de martelo Moinhos para indústria de papel Bombas de pistões Serrarias e maquinário de carpintaria Maquinários têxteis</p>	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5
<p>Britadores (giratórios e de mandíbulas) Guindastes Misturadores, calandras e moinhos para borracha</p>	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,8

Fonte: Adaptado de Melconian (2019)

Tabela 5: Diâmetro polia menor

CV do motor	RPM do motor (50 e 60 ciclos)					
	575 485*	690 575*	870 725*	1100 950*	1750 1425*	3450 2850*
½	-	-	2,2	-	.	-
1	3,0	2,5	2,4	2,4	2,2	-
1 ½	3,0	3,0	2,4	2,4	2,4	2,2
3	4,5	3,8	3,0	3,0	2,4	2,4
5	4,5	4,5	3,8	3,0	3,0	2,4
7 ½	5,2	4,5	4,4	3,8	3,0	3,0
10	6,0	5,2	4,4	4,4	3,8	3,0
15	6,8	6,0	5,2	4,4	4,4	3,8
20	8,2	6,8	6,0	5,2	4,4	4,4
25	9,0	8,2	6,8	6,0	4,4	4,4
40	10,0	10,0	8,2	6,8	6,0	-

Fonte: Adaptado de Melconian (2019)

Tabela 6: Fator de correção da distância entre centros (h)

$\frac{D-d}{l_A}$	Fator h								
0,00	0,00	0,12	0,06	0,23	0,12	0,34	0,18	0,43	0,24
0,02	0,01	0,14	0,07	0,25	0,13	0,35	0,19	0,44	0,25
0,04	0,02	0,16	0,08	0,27	0,14	0,37	0,20	0,46	0,26
0,06	0,03	0,18	0,09	0,29	0,15	0,39	0,21	0,47	0,27
0,08	0,04	0,20	0,10	0,30	0,16	0,40	0,22	0,48	0,28
0,10	0,05	0,21	0,11	0,32	0,17	0,41	0,23	0,50	0,29

Fonte: Adaptado de Melconian (2019)

Tabela 7: Potência básica

Potência básica

Rotação do eixo mais rápido (RPM)	CV básico por correia para diâmetro Pitch das polias menores, em milímetros					
	70	80	90	100	110	120
575	0,73	0,98	1,23	1,47	1,71	1,96
690	0,85	1,15	1,44	1,73	2,01	2,3
725	0,89	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
870	1,03	1,4	1,76	2,11	2,47	2,82
950	1,11	1,5	1,89	2,28	2,67	3,05
1160	1,30	1,78	2,25	2,71	3,17	3,62
1425	1,53	2,11	2,67	3,23	3,78	4,33
1750	1,80	2,49	3,17	3,83	4,49	5,14
2850	2,58	3,63	4,65	5,65	6,62	7,56
3450	2,93	4,15	5,33	6,48	7,58	8,64

Fonte: Adaptado de Melconian (2019)

Tabela 8: Potência adicional

Potência Adicional						
Rotação do eixo mais rápido (RPM)	CV adicional por correia, para relação de velocidade					
	1,00	1,02	1,06	1,12	1,19	1,27
	a	a	a	a	a	a
	1,01	1,05	1,11	1,18	1,26	1,38
575	0,00	0,01	0,03	0,06	0,07	0,08
690	0,00	0,01	0,03	0,06	0,08	0,10
725	0,00	0,01	0,04	0,06	0,09	0,10
870	0,00	0,02	0,04	0,08	0,10	0,13
950	0,00	0,02	0,05	0,08	0,11	0,14

Fonte: Adaptado de Melconian (2019)

Tabela 9: Fator de correção do comprimento

3V		5V		8V	
Ref. Super HC	Fator de correção	Ref. Super HC	Fator de correção	Ref. Super HC	Fator de correção
3V250	0,83	5V500	0,85	BV1000	0,87
3V265	0,84	5V530	0,86	8V1060	0,88
3V280	0,85	5V560	0,87	BV1120	0,88
3V300	0,86	5V600	0,88	BV1180	0,89
3V315	0,87	5V630	0,89	8V1250	0,90
3V335	0,88	5V670	0,90	8V1320	0,91
3V355	0,89	5V710	0,91	8V1400	0,92
3V375	0,90	5V750	0,92	BV1500	0,93
3V400	0,92	5V800	0,93	8V1600	0,94
3V425	0,93	5V850	0,94	8V1700	0,94
3V450	0,94	5V900	0,95	8V1800	0,95
3V475	0,95	5V950	0,96	BV1900	0,96
3V500	0,96	5V1000	0,96	8V2000	0,97
3V530	0,97	5V1060	0,97	8V2120	0,98
3V560	0,98	5V1120	0,98	8V2240	0,98
3V600	0,99	SV1180	0,99	8V2360	0,99
3V630	1,00	5V1250	1,00	8V2500	1,00
3V670	1,01	5V1320	1,01	8V2650	1,01
3V710	1,02	SV1400	1,02	8V2800	1,02
3V750	1,03	5V1500	1,03	8V3000	1,03
3V800	1,04	5V1600	1,04	8V3150	1,03

Fonte: Adaptado de Melconian (2019)

Tabela 10: Fator de correção do arco de contato

$\frac{D-d}{C_{(a)}}$	Arco de contato da polia menor (graus)	Fator "F _{cac} "
0,00	180	1,00
0,10	174	0,99
0,20	169	0,97
0,30	163	0,96
0,40	157	0,94
0,50	151	0,93
0,60	145	0,91
0,70	139	0,89
0,80	133	0,87
0,90	127	0,85
1,00	120	0,82
1,10	113	0,80
1,20	106	0,77
1,30	99	0,73
1,40	91	0,70
1,50	83	0,65

Fonte: Adaptado de Melconian (2019)