



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Agrícola



Matheus Borges de Matos

Dimensionamento de um sistema de embreagem para trator elétrico

Campinas

2023



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Agrícola



Matheus Borges de Matos

Dimensionamento de um sistema de embreagem para trator elétrico

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Agrícola** à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Albiero

Coorientadora: M.Sc. Jenyffer da Silva Gomes Santos

Campinas

2023

Dimensionamento de um sistema de embreagem para trator elétrico

Matheus Borges de Matos

BANCA EXAMINADORA

.....
Prof. Dr. Daniel Albiero
Orientador

.....
Prof(a). Nome

.....
Prof(a). Nome

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho especialmente ao meu pai, Edmar, por ser meu ídolo e exemplo, por sempre me incentivar a entregar o meu melhor, e a minha mãe, Claudia, por ser meu abrigo e meu conforto durante todos esses anos dedicados a graduação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, por sempre trilhar meu caminho, me guiando em cada decisão.

Agradeço a todo quadro docente da universidade e demais funcionários, por toda dedicação durante esta jornada. Em especial, gostaria de agradecer ao Prof.^o Dr^o Daniel Albiero pela rica oportunidade de desenvolver este trabalho, e a M.Sc. Jenyffer da Silva Gomes Santos por todo apoio e colaboração.

Gostaria de agradecer meus pais, Edmar Xavier de Matos e Claudia Carneiro Borges de Matos, por sempre me apoiarem na busca pelos meus sonhos e estarem do meu lado em cada conquista, sem vocês nada disso seria possível.

Agradeço também à minha namorada, Giovana Santana Gonçalves, por todo apoio durante esses anos, compartilhando momentos únicos.

Por fim, gostaria de ressaltar as grandes amizades construídas ao longo destes seis anos compartilhados na graduação, vocês foram indispensáveis para chegar até aqui.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo dimensionar o sistema de embreagem para um trator elétrico de pequeno porte. O dimensionamento foi realizado tendo como base a capacidade máxima de diâmetro do disco de embreagem de um trator de pequeno porte. Os cálculos foram realizados com base no livro BUDYNAS *et al.* 2011 e NORTON 2013. A partir dos resultados obtidos é possível que seja projetado e fabricado o disco de embreagem e a mola de Belleville para o trator estudado. Também foi realizado um projeto de modelagem 3D dos elementos do sistema.

Palavras-Chave: Sistema de embreagem, trator, mola de Belleville.

ABSTRACT

The present study aimed to dimension the clutch system for a small electric tractor. The Project was carried out based on the maximum diameter capacity of the clutch disc of a small tractor. The calculations were based on the book BUDYNAS *et al.*, 2011 and NORTON 2013. From the results obtained, it is possible to design and manufacture the clutch disc and the Belleville washer for the tractor studied. A 3D modeling project of the system elements was also performed.

Keywords: Clutch system, tractor, Belleville washer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de Transmissão de um trator agrícola.....	13
Figura 2: Embreagem e seus componentes principais.....	14
Figura 3: Sistema de acionamento de uma embreagem.....	16
Figura 4: Embreagem de múltiplos discos	17
Figura 5: Princípio de um Sistema de Transmissão simplificado	18
Figura 6: Disco de embreagem de material de atrito orgânico.....	20
Figura 7: Disco de embreagem de material de atrito cerâmico	21
Figura 8: Molas de Belleville.....	22
Figura 9: Características de força e deflexão de molas de Belleville	22
Figura 10: Esquema representativo da força normal atuante.....	23
Figura 11: Esquema representativo de uma mola de Belleville.....	27
Figura 12: Vista de perfil do Disco de Embreagem	32
Figura 13: Vista frontal do Disco de Embreagem.....	32
Figura 14: Vista lateral do Disco de Embreagem	33
Figura 15: Vista de perfil da Mola de Belleville.....	33
Figura 16: Vista frontal da Mola de Belleville.....	34
Figura 17: Vista lateral da Mola de Belleville.....	34
Figura 18: Vista perfil do volante do motor	35
Figura 19: Vista perfil do platô.....	35
Figura 20: Vista perfil de montagem.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Propriedades dos materiais de atrito disponíveis	21
Tabela 2: Dimensões do Disco de Embreagem.....	31
Tabela 3: Dimensões da Mola de Belleville	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1	TRATOR AGRÍCOLA.....	11
2.2	SISTEMAS DE TRANSMISSÃO.....	12
2.3	EMBREAGEM EM TRATORES AGRÍCOLAS.....	14
2.4	PRINCÍPIOS BÁSICOS DE UM SISTEMA DE EMBREAGEM.....	16
2.4.1	Número de discos.....	18
2.4.2	Material de revestimento.....	19
2.4.3	Materiais de atrito.....	20
2.5	MOLAS DE BELLEVILLE.....	21
3	METODOLOGIA.....	23
3.1	ESPECIFICAÇÕES DO TRATOR AGRÍCOLA.....	23
3.1.1	Dimensionamento do sistema de embreagem.....	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5	CONCLUSÃO.....	36
	REFERÊNCIAS.....	37
	APÊNDICE A – DISCO DE EMBREAGEM.....	40
	APÊNDICE B – MOLA DE BELLEVILLE.....	41

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, pensando em minimizar a dependência diária do trabalho braçal no campo, reduzindo custos e aumentando a eficiência da produção, muitos produtores adotaram ao uso de máquinas e implementos agrícolas. Por outro lado, é notório o avanço de problemas ambientais provenientes da alta taxa de emissão de CO₂ da combustão. Dessa forma, a busca por alternativas que amenizem esse efeito ocorre diariamente, como por exemplo a introdução de veículos elétricos no cotidiano. Nessa perspectiva, a agricultura também está atrelada a essa causa, realizando constantemente pesquisas e projetos para reduzir o consumo de diesel das máquinas agrícolas as transformando em veículos elétricos, contribuindo para reduzir a poluição emitida.

A principal função dos tratores agrícolas é transformar a energia contida no combustível em força de tração, permitindo acionar máquinas e implementos que facilitariam o manejo e colheita no campo. A transferência de torque é a característica mais importante de um sistema de embreagem, é através de um acoplamento por atrito que o torque gerado no motor é transferido para a transmissão permitindo o trator a realizar as atividades de forma eficiente.

O sistema de embreagem é considerado um item crítico no âmbito da manutenção mecânica, uma vez que para a sua substituição é necessário realizar a desmontagem completa da máquina. Dessa forma, para o dimensionamento de qualquer sistema de uma máquina agrícola, é necessário ter conhecimento prévio das particularidades do maquinário, a fim de utilizar de dados exatos para o dimensionamento de todos os componentes do sistema de forma correta.

Nessa perspectiva, para dimensionar um sistema de embreagem é de extrema importância o conhecimento de diversos conceitos, distribuídos em diferentes áreas relacionados à engenharia, pois além dos pilares bases como a mecânica geral e a mecânica automotiva, também é necessário o conhecimento de áreas como termodinâmica e metalurgia, não comprometendo o desempenho do maquinário.

Sendo assim, este trabalho tem por objetivo dimensionar um sistema de embreagem para um trator elétrico voltado a agricultura familiar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TRATOR AGRÍCOLA

Ano a ano o uso de máquinas tem se tornado cada vez mais importante nas atividades agrícolas, esses equipamentos permitem ao produtor realizar práticas de cultivo dentro da janela ideal, com as condições climáticas adequadas para a implementação das culturas desejadas e em diversas condições de terreno, além de tornar o serviço mais eficiente, ágil e com menor risco à saúde (ALVES et al., 2005).

O uso de máquinas e implementos agrícolas nas mais variadas atividades vem aumentando a cada ano, principalmente na agricultura familiar, facilitando a execução das ações diárias; isso ocorre devido a disponibilidade de acesso a financiamentos, viabilizando aos produtores, a aquisição de máquinas agrícolas, como por exemplos os tratores que têm contribuído diretamente no aumento da produtividade e na eficiência nas pequenas propriedades (PEREIRA, 2019).

Nessa perspectiva, o autor ainda destaca que o uso de maquinários na agricultura familiar tem se tornado essencial, pois aumenta a sustentabilidade econômica para os agricultores e a produtividade dos processos, além de diminuir a quantidade das ações que antes eram realizadas manualmente e hoje são realizadas a partir de maquinários e implementos.

Os tratores agrícolas são a principal fonte de potência na agricultura, são maquinários projetados para transportar, tracionar e fornecer potência para os diversos implementos agrícolas existentes (VARELLA, 2012). Recentemente, muitas empresas tem apresentado alternativas aos motores a combustão, como por exemplo os tratores elétricos, isso ocorre devido à complexidade na manutenção, custo elevado e baixa eficiência dos motores convencionais (LEÃO, 2020).

Dessa forma, torna-se de suma importância conhecer as características de funcionamento e desempenho dos tratores agrícolas para atingir excelentes resultados de produção e otimizar a utilização de recursos das famílias dependentes da agricultura (RAIKWAR et al., 2019). Para Andersson (2010), a adoção de sistemas mecanizados consolida as unidades de produção familiar, contribuindo em questões ergonômicas e saudáveis aos agricultores, reduzindo tarefas que antes eram insalubres, e gerando maiores oportunidades no ramo.

2.2 SISTEMAS DE TRANSMISSÃO

Atualmente há três tipos de sistemas de transmissão presentes em tratores agrícolas no Brasil: transmissões hidrodinâmicas, transmissões hidrostáticas e as transmissões mecânicas, predominante na maioria dos tratores do segmento (QUEIROZ et al. 2015).

Segundo Farina (2010), as transmissões hidrodinâmicas são aquelas que operam a partir da variação de pressão exercida em óleos hidráulicos para o sistema de transmissão, esse modelo costuma ser utilizado em operações onde o torque requisitado nos rodados tende a ser elevado.

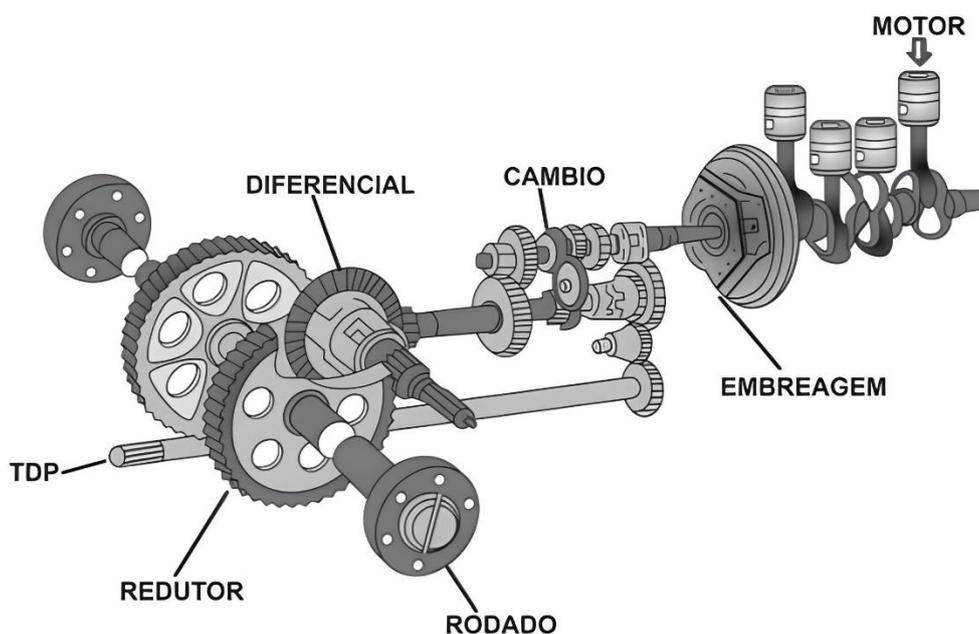
Por outro lado, de acordo com Varella (2012), as transmissões hidrostáticas são sistemas que utilizam a pressão estática de um determinado fluido por meio de uma bomba hidráulica que é acionada pelo motor, convertendo a potência do mesmo em potência hidráulica, sendo diretamente transmitida por uma linha de escoamento e por fim, é novamente convertida em potência junto aos rodados do trator utilizado na operação.

As transmissões mecânicas, por sua vez, são compostas por engrenagens que se deslocam por eixos com ranhuras para que se encaixem umas às outras, a velocidade de saída depende principalmente da quantidade de pares engastados e do número de dentes presentes na engrenagem, portanto para realizar a troca de marchas em um sistema de transmissão mecânico é necessário efetuar a interrupção na transferência de torque para que as engrenagens não sofram danos pela mudança de rotação (RIBAS et al., 2010).

Como pode-se observar na Figura 1, o sistema de transmissão de um trator agrícola é formado pelos seguintes elementos (SENAR, 2010):

1. Caixa de câmbio;
2. Diferencial;
3. Redutores;
4. Embreagem.

Figura 1: Sistema de Transmissão de um trator agrícola



Fonte: SENAR (2010)

A caixa de câmbio é composta por um conjunto de engrenagens que permitem a seleção adequada da velocidade e do torque para um determinado cenário durante a operação, é durante essa seleção que, por muitas vezes, ocorre economia de combustível e preservação de peças mecânicas, e principalmente o aumento na eficiência da operação, evitando despesas e prejuízos (SCHLOSSER, 1997).

De acordo com Varella (2012), o diferencial é um conjunto de engrenagens de aço que se combinam entre si, permitindo que ocorra diferentes rotações entre as rodas do trator operado, sendo responsável pela mudança na direção do trajeto, como por exemplo as curvas.

Com o objetivo de reduzir a rotação das rodas e aumentar o torque gerado, os redutores são posicionados nos eixos traseiros e nas trações dianteiras, a fim de amortecer os impactos, evitando danos ao diferencial e a caixa de câmbio (PADOVAN et al. 2010).

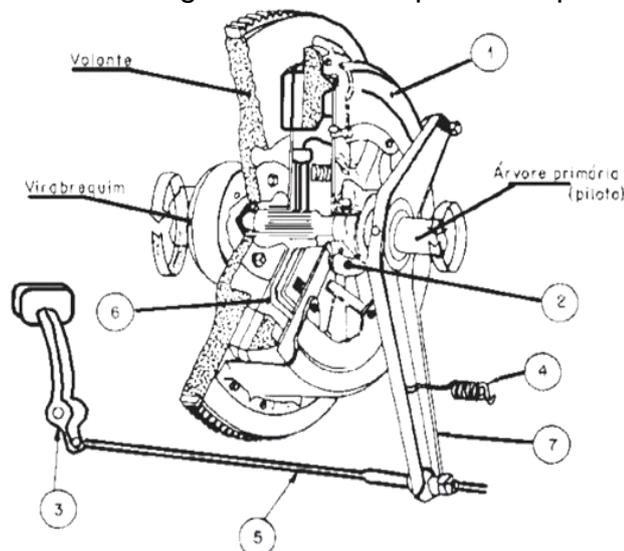
A embreagem é responsável pelo comportamento da transmissão do movimento do motor para as rodas do trator, além das trocas de marchas acionadas por um pedal que, quando acionado, permite que a embreagem mantenha a rotação e o torque do motor, impedindo que sejam transferidos a caixa de câmbio e as rodas motrizes (QUEIROZ et al. 2015).

2.3 EMBREAGEM EM TRATORES AGRÍCOLAS

Embreagem é um conjunto de componentes responsáveis por transmitir a potência gerada pelo motor à caixa de câmbio e em sequência para o diferencial e para as rodas, por meio de acoplamentos suaves, sem a presença de ruídos nas partidas, permitindo desacoplamento do motor durante as mudanças de marcha e em outras ocasiões (NBR 6050:1995). Segundo a norma, os principais componentes da embreagem apresentados na Figura 2 são:

1. Platô;
2. Mancal de embreagem;
3. Pedal;
4. Mola de retrocesso do pedal;
5. Tirante ou cabo;
6. Disco;
7. Garfo.

Figura 2: Embreagem e seus componentes principais



Fonte: ABNT (1995)

A norma também define os três diferentes tipos de embreagem existentes:

1. Embreagem monodisco: composta por um disco e um platô com uma placa de pressão;
2. Embreagem bidisco: composta por dois discos ligados a eixos distintos, um platô com uma placa de pressão, e um anel intermediário entre os discos;

3. Embreagem dupla: composta por dois discos ligados a eixos distintos, um platô com duas placas de pressão com acionamento único ou independente.

Segundo Duque (2010), platô é o componente que acopla o disco ao volante do motor por compressão, através da placa de pressão; além de também receber, por meio do mancal de embreagem, a força extraída no pedal para liberar o disco nas mudanças de velocidade.

Existem dois tipos de platôs de embreagem segundo a norma:

1. Platô da embreagem de molas helicoidais: composto por uma carcaça fixada ao volante do motor e uma ou mais placas de pressão conjugadas à carcaça que recebe a carga das molas helicoidais, a fim de executar o acoplamento do disco ao volante do motor;
2. Platô de embreagem de mola diafragma: semelhante ao platô de molas helicoidais, onde a carga sobre a placa de pressão é exercida por uma mola diafragma que cumpre ao mesmo tempo a função das molas helicoidais e das alavancas do modelo citado anteriormente.

O disco de embreagem está situado entre a placa de pressão do platô e o volante do motor, conectado através de estrias na árvore primária da caixa de mudança, deslizando axialmente sobre a mesma; sua função é equalizar de forma progressiva os momentos da força motriz e da resistência (RIBAS et. al., 2010).

A norma explicita ainda quatro modelos de disco de embreagem:

1. Disco de embreagem rígido: caracterizado por não apresentar amortecimento torcional;
2. Disco de embreagem com amortecimento torcional: caracterizado por apresentar um amortecimento torcional para absorver variações dos momentos da força motriz, através da ação das molas helicoidais e dos anéis de atrito;
3. Disco de embreagem com amortecimento torcional e pré-amortecimento torcional: caracterizado por apresentar além do amortecimento torcional um pré-amortecimento, com o intuito de amortecer possíveis ruídos da transmissão na rotação de marcha lenta;

4. Disco da embreagem com pastilhas ceraméticas: disco que utiliza pastilhas de material ceramético, ao invés de material orgânico como elemento de atrito.

Os discos de embreagem rígidos e os de amortecimento torcional podem apresentar amortecimento axial, a partir de molas de chapa entre as guarnições, estas que são responsáveis pela ação progressiva do acoplamento; tal amortecimento pode ser simples ou duplo (NETO & SANTOS, 2006).

Por fim, o mancal de embreagem é o componente acoplado ao garfo, o qual quando acionado o pedal, atua sobre as molas presentes no platô, permitindo o desacoplamento da embreagem (SANTOS, 2006).

2.4 PRINCÍPIOS BÁSICOS DE UM SISTEMA DE EMBREAGEM

A embreagem (Figura 3) é um elemento do sistema de transmissão que estabelece uma conexão de atrito entre dois componentes que podem rodar, esta conexão ainda pode ser interrompida quando necessário, justificando a presença de sistemas de embreagem de acoplamento por atrito na maior parte dos tratores agrícolas produzidos no cenário atual (NORTON, 2013).

Figura 3: Sistema de acionamento de uma embreagem



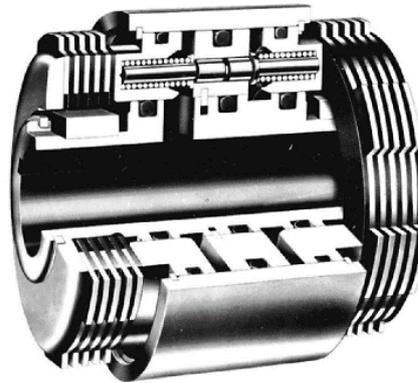
Fonte: BUDYNAS (2011)

Em alguns modelos de tratores, ocorre o uso de duas embreagens, sendo a primeira responsável por interromper o movimento entre o motor e os rodados e a

segunda responsável por interromper o movimento entre o motor e a tomada de potência (T.D.P) (MÁRQUEZ, 2004).

Por outro lado, os sistemas de embreagens que contam com apenas um disco costumam ser utilizados em situações onde os diâmetros externos não são limitados, quando há restrições e em casos onde o torque transferido deve ser maior do que o torque suportado por um único disco, são utilizados sistemas de embreagem com mais de um disco, conseqüentemente possuindo múltiplas faces de atrito como apresentado na Figura 4 (CHILDS, 2004).

Figura 4: Embreagem de múltiplos discos



Fonte: BUDYNAS (2011)

De acordo com Orthwein (2004), o benefício de possuir um maior número de faces de atrito é o aumento do torque diretamente proporcional ao número de faces do sistema do trator, desde que seja considerada a mesma pressão atuante no sistema.

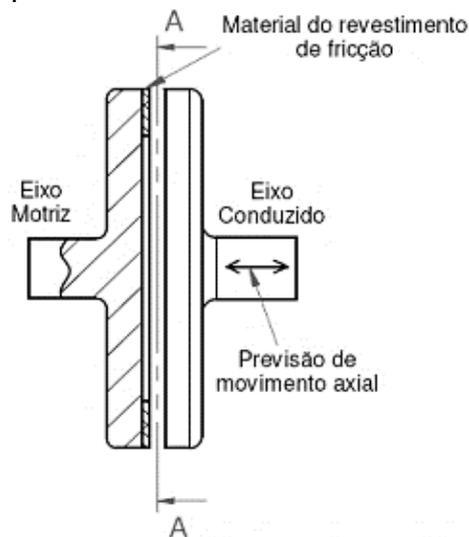
O sistema de embreagem tem como funções básicas possibilitar a partida de um veículo a partir do repouso e, quando necessário, permitir a interrupção da transferência de torque do sistema. Ainda, segundo o autor, é necessário que ocorra um escorregamento entre as interfaces de atrito presentes no sistema de embreagem, até que o veículo alcance a velocidade que corresponde à marcha e a rotação do motor (MENEGOTTO, 2008). Segundo Júnior (2013), é durante este escorregamento que ocorre a transformação de calor da potência proveniente do motor, conseqüentemente gerando o aumento da temperatura do sistema.

Para Shigley et al. (2005), o carregamento sobre um sistema de embreagem pode ser tal que o mesmo transfira o torque solicitado, porém podendo sofrer danos a

partir do próprio calor gerado. Shaver (1997) complementou, demonstrando que o torque transferido pelo sistema tem dependência direta da força aplicada sobre a interface de atrito e do coeficiente de atrito presente nesta interface.

Dessa forma, Budynas e Nisbett (2011) concluíram que a capacidade de um sistema de embreagem é limitada por dois fatores: as características do material de atrito utilizado (alterando o coeficiente de fricção e a pressão normal) e a capacidade de ocorrer a dissipação do calor do sistema trabalhado (Figura 5).

Figura 5: Princípio de um Sistema de Transmissão simplificado



Fonte: JÚNIOR (2013)

Sistemas de embreagem raramente são projetados desde o início, na maioria dos casos os sistemas são projetados a partir de um trabalho conjunto entre os projetistas e fornecedores especializados, sendo de responsabilidade do projetista especificar as necessidades de transferência de torque, a pressão que o equipamento será submetido dentre outras variáveis (CHILDS, 2004).

2.4.1 Número de discos

Conforme Childs (2004), os sistemas de embreagens com um único disco geralmente são empregados em casos onde diâmetros externos não possuem restrições, por outro lado existem situações em que há um limite para o tamanho dos diâmetros externos, além de situações em que o torque transferido deve ser maior do que o torque suportado por apenas um disco, nesses casos são utilizados sistemas

de embreagem com múltiplos discos, fazendo com que haja um maior número de faces de atrito.

A vantagem de possuir múltiplas faces de atrito em um sistema de embreagem é o incremento na quantidade de torque na mesma proporção da quantidade de faces de atrito, desde que considerada a mesma pressão atuante no sistema (ORTHWEIN, 2004).

2.4.2 Material de revestimento

Atualmente, os revestimentos de embreagem são compostos basicamente de fibras orgânicas e inorgânicas, além de fios metálicos impregnados banhados em uma mistura de resina; borrachas e cargas diluídas em um solvente orgânico (KIM *et al.*, 2001). O autor ainda acrescenta que o desempenho dos revestimentos de embreagem é extremamente afetado a partir da matéria-prima selecionada e pelas condições de processamento da mesma. Habitualmente, as matérias-primas utilizadas durante a formulação dos materiais de atrito são classificadas como: cargas, fibras de reforço e matrizes (RODRIGUES, 2006).

As cargas particuladas como lubrificantes sólidos e abrasivos, são adicionadas à formulação de revestimentos de embreagem com propósitos específicos como por exemplo o importante papel no controle do coeficiente de atrito e do desgaste; o tipo e a quantidade do lubrificante e abrasivo a serem utilizados na formulação estão atrelados aos outros componentes da formulação (JANG *et al.*, 1998).

A principal característica das fibras de reforço é garantir um aumento das propriedades mecânicas no produto final, este aumento é influenciado por características como: diâmetro e comprimento da fibra, molhamento das fibras, morfologia, interação entre a fibra e a matriz e interação da fibra com outras fontes de carga (CALLISTER, 2002). De acordo com Satapahy e Bijwe (2004), as fibras tem influência direta também no comportamento na perda da manutenção do atrito (*Fading*) e na recuperação deste efeito nos materiais de atrito.

Por fim, revestimentos de embreagem como a matriz, além de possuir função estrutural, contribui com os fatores tribológicas dos compósitos, por exemplo, para garantir um bom desempenho em relação ao desgaste, a matriz deve possuir

resistência e estabilidade térmica, além de apresentar um comportamento de degradação térmica previsível (CHAN & STACHOWIAK, 2004).

2.4.3 Materiais de atrito

A interface de atrito de um sistema de embreagem composta por superfícies metálicas agregadas a superfícies revestidas de materiais que possuem alto poder de atrito, estes materiais de atrito utilizados nos sistemas de embreagem são compostos por bases orgânicas ou sinterizadas, as sinterizadas ainda podem ser subdivididas em cerâmicas ou metálicas (CHILDS, 2004).

De acordo com Júnior (2013), os materiais de atrito orgânicos utilizados nos sistemas de embreagem conferem performances satisfatórias com menores custos em algumas situações (Figura 6).

Figura 6: Disco de embreagem de material de atrito orgânico



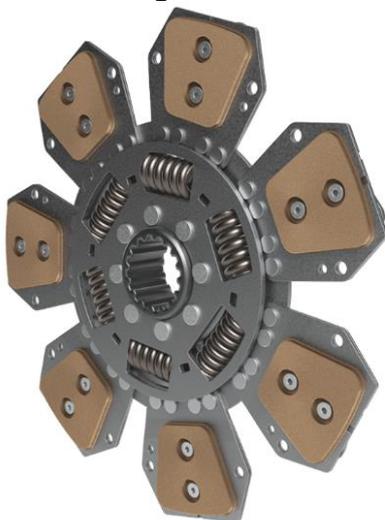
Fonte: WEEYH (2023)

O autor ainda acrescenta que os materiais de atrito metal sinterizado e cerâmicas são utilizados em casos quando há a necessidade de se utilizar maior pressão na interface de atrito e/ou quando as condições térmicas são mais agressivas, uma vez que estes materiais apresentam custos mais elevados.

Para Norton (2013), as cerâmicas utilizadas nos sistemas de embreagem são basicamente compostas de elementos metálicos e não metálicos, a mesma é comumente utilizada por apresentar como propriedades como alta dureza e fragilidade, alta resistência a temperaturas elevadas e certa resistência química, além

de alta resistência a compressão e principalmente por possuir baixo peso e custo (Figura 7).

Figura 7: Disco de embreagem de material de atrito cerâmico



Fonte: WEEYH (2023)

A Tabela 1 apresenta as propriedades dos materiais de atrito citados anteriormente, disponíveis no mercado.

Tabela 1: Propriedades dos materiais de atrito disponíveis

Material de atrito	Coefficiente de atrito dinâmico à seco (μ)	Energia Dissipada Máxima por área (W/cm^2)
Orgânico	0,27	80
Cerâmico	0,40	220

Fonte: Autor (2023)

2.5 MOLAS DE BELLEVILLE

Segundo Alkmin (2018), molas de Belleville, também conhecidas como notas de disco, são peças de formato cônico que apresentam relação não linear entre força e deflexão, tornando-se úteis em aplicações mecânicas, suportando cargas axiais, como ocorre nos sistemas de embreagem; na Figura 8 é possível observar modelos de molas Belleville.

Figura 8: Molas de Belleville

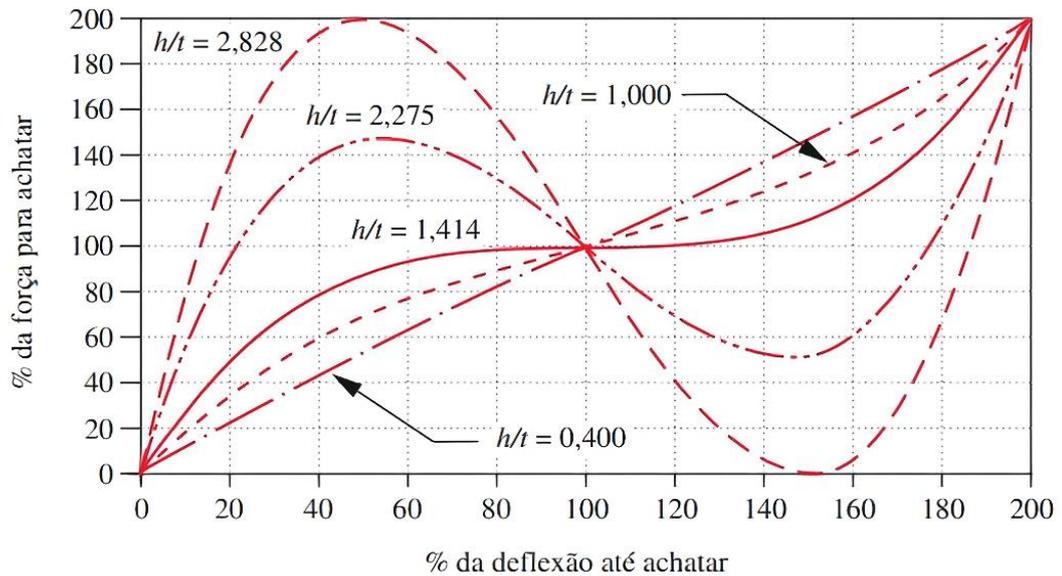


Fonte: NORTON (2013)

As molas de Belleville resistem a grandes esforços de compressão, por serem compactas, apresentando deflexões limitadas, ou seja, geralmente são utilizadas em situações onde há ocorrência de cargas excessivas, em pequenos espaços, junto a pequenas deflexões (NORTON, 2013).

Ainda segundo o autor, na condição de força constante (posição plana) as molas são utilizadas em estruturas que necessitam de carga uniforme em um intervalo de pequenas deflexões, como no carregamento de embreagens. Na condição plana, a mola apresenta desvios de $\pm 1\%$ no valor da força no intervalo de deflexão de 80% a 120%, como é possível observar na Figura 9.

Figura 9: Características de força e deflexão de molas de Belleville



Fonte: NORTON (2013)

3 METODOLOGIA

3.1 ESPECIFICAÇÕES DO TRATOR AGRÍCOLA

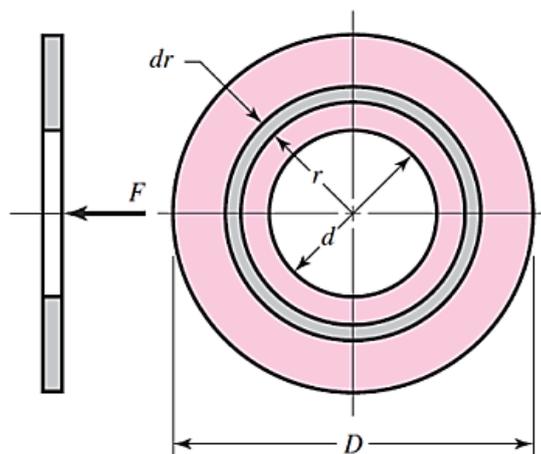
Para a realização dos cálculos do dimensionamento do sistema de embreagem para o trator elétrico será considerando um motor WEG de potência máxima de 12 kW, torque máximo de 65 Nm a 1550 rotações por minuto; e para o sistema de embreagem simples será considerado a capacidade de diâmetro máximo \varnothing 224 mm, semelhante em tratores de mesmo porte como o Yanmar Solis 26 Standart da linha Facelift.

3.1.1 Dimensionamento do sistema de embreagem

Com base na norma NBR 6050:1995 e nas equações apresentadas na sequência, será realizado o dimensionamento de um sistema de embreagem para um trator elétrico, voltado a agricultura familiar.

Para Shigley *et al.* (2005), a pressão é igual em qualquer ponto da superfície de contato, assim considera-se a força normal atuante no elemento de anel infinitesimal, de raio r a partir da Equação (1) (Figura 10).

Figura 10: Esquema representativo da força normal atuante



Fonte: BUDYNAS (2011)

$$dF = (2\pi r d_r) \cdot p \quad (1)$$

Onde:

r = raio (m);

p = pressão (kPa);

d_r = largura do anel (m).

A força axial total (F) na embreagem é determinada efetuando a integralização da equação anterior considerando os limites entre o raio interno (r_i) e o raio externo (r_e), resultando na Equação (2).

$$F = \int_{r_e}^{r_i} 2\pi r d_r = \pi p (r_e^2 - r_i^2) \quad (2)$$

O torque de atrito no elemento de anel diferencial pode ser expresso a partir da Equação (3).

$$dT = 2\pi p \mu r^2 d_r \quad (3)$$

Onde:

μ = coeficiente de atrito.

O torque total é definido pelo produto da integral (novamente entre os limites do raio interno (r_i) e do raio externo (r_e) e da Equação (3), multiplicado pelo número de faces de atrito (n), assim obtendo-se a Equação (4).

$$F = \int_{r_e}^{r_i} 2\pi p \mu r^2 d_r \cdot n = \frac{2}{3} \pi p \mu (r_e^3 - r_i^3) \cdot N \quad (4)$$

Onde:

N = número de faces de atrito.

De acordo com Júnior (2013), a partir da combinação entre as Equações (2) e (4) é possível obter a expressão do torque em função da força axial e do raio interno e externo do disco de acoplamento, como demonstrado na Equação (5).

$$T = \frac{2N\mu F(r_e^3 - r_i^3)}{3(r_e^2 - r_i^2)} \quad (5)$$

Para Norton (2013), outro fator que deve ser levado em consideração durante a execução de projeto de dimensionamento de um sistema de embreagem é a relação entre o raio interno e o raio externo, a partir dessa relação é possível obter o torque máximo para um dado raio externo como apresentado na Equação (6).

$$r_i = \sqrt{\frac{1}{3}} \cdot r_e = 0,577 \cdot r_e \quad (6)$$

De acordo com dados fornecidos pelos fabricantes de sistemas de embreagem, a energia dissipada máxima [E_d , Equação (7)] para discos de embreagem de material orgânico é 80 W/cm² e para discos de embreagem de material cerâmicos é 220 W/cm².

$$E_d = \frac{P_m}{A_c} \quad (7)$$

Onde:

E_d = Energia Dissipada por área do disco (W/cm²);

P_m = Potência máxima do motor (W);

A_c = Área de contato do disco de embreagem (cm²).

Segundo Menegotto (2008), os fabricantes buscando maior agilidade no processo de dimensionamento de sistemas de embreagem, desenvolveram uma metodologia de cálculo voltada a fim de validar o processo de fabricação.

A partir da Equação (8) é possível obter o raio médio do disco de embreagem.

$$r_m = \frac{2(r_e^3 - r_i^3)}{3(r_e^2 - r_i^2)} \quad (8)$$

A Equação (9) permite determinar cálculo do momento tursor fornecido pela embreagem determinado com base no raio médio.

$$M_k = NP\mu r_m \quad (9)$$

Onde:

M_k = Momento tursor (Nm);

P = Força que a embreagem realiza sobre o platô (N);

r_m = Raio médio (m).

Para fins de operações agrícolas os fabricantes recomendam dimensionar o sistema de embreagem para um torque 30% maior que o fornecido pelo motor, como apresentado na Equação (10).

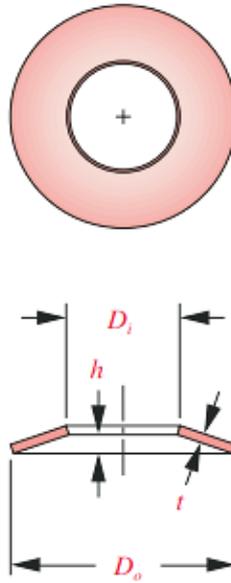
$$M_k \geq 1,3 \cdot M_m \quad (10)$$

Onde:

M_m = Torque máximo fornecido pelo motor (Nm).

De acordo com Norton (2013), para o dimensionamento da mola de Belleville é necessário definir valores iniciais para razão entre a altura interna de cone h e a espessura t do material, e para o diâmetro externo D_o (Figura 11).

Figura 11: Esquema representativo de uma mola de Belleville



Fonte: NORTON (2013)

Ainda segundo o autor, a razão R_d entre os diâmetros externo e interno, afeta o comportamento da mola. Uma vez que $R_d = 2$, a mola terá capacidade máxima de armazenamento de energia.

A partir da Equação (11), é possível estimar a espessura requerida para o dimensionamento da mola dado um valor particular de força na condição plana.

$$t = \frac{1}{10^4} \sqrt[4]{\frac{F_{Plana} \cdot D_o^2}{132,4 \cdot \frac{h}{t}}} \quad (11)$$

Onde:

F_{Plana} = Força nominal

D_o = Diâmetro externo da mola (mm)

$\frac{h}{t}$ = razão entre a altura e a espessura

Com o valor da espessura conhecido, é possível determinar a altura h para uma mola de força constante, a partir da Equação (12).

$$h = 1,414 \cdot t \quad (12)$$

A partir do valor da altura obtida, é possível determinar a as deflexões mínima e máxima da mola de Belleville, como apresentado nas Equações (13) e (14), respectivamente.

$$y_{min.} = \%_{min.} h \quad (13)$$

$$y_{máx.} = \%_{máx.} h \quad (14)$$

Por fim, a partir do software *Solid Works* de CAD (Projeto Assistido por Computador), será realizado o dimensionamento do projeto do sistema de embreagem com suas dimensões reais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de embreagem foi dimensionado partir do diâmetro externo de $\varnothing 200$ mm para discos de embreagem, disponível no mercado, para o modelo de trator estudado. Dessa forma, foi determinado o valor do raio interno (r_i) através da Equação (6), de modo a obter a transferência máxima de torque possível para o material de atrito a ser trabalhado.

$$r_i = 57,8 \text{ mm} \quad (6)$$

Sendo assim, o disco de embreagem deverá ter dimensões de $r_e = 100$ mm e $r_i = 57,8$ mm.

Por meio das dimensões do disco de embreagem foi determinada, através da Equação (7), a energia dissipada na área do disco de embreagem, dessa forma foi possível verificar quais materiais de atrito atendem a necessidade energética do sistema.

$$E_d = 28,78 \text{ W/cm}^2 \quad (7)$$

Observa-se que ambos os materiais de atrito suportam a carga térmica na equação anterior (Referência – Tabela 1). Os materiais cerâmicos são indicados

quando há ocorrência de pressões elevadas na interface de atrito, além de apresentarem custo elevado, como o trator estudado é de pequeno porte, para a sequência dos cálculos iremos considerar o material de atrito orgânico.

A partir da condição de pressão uniforme, foi possível determinar a força necessária para a transferência de torque solicitada pelo sistema de embreagem do trator estudado considerando o material de atrito orgânico.

$$F_{orgânico} = 1490,08 \text{ N} \quad (5)$$

A partir da Equação (2) e do valor obtido acima, foi possível determinar a pressão máxima necessária sobre a interface de atrito, para a transferência de torque requisitada pelo sistema de embreagem considerando o material orgânico.

$$p_{orgânico} = 71226,51 \text{ Pa} \quad (2)$$

A partir do resultado obtido acima, o torque total do sistema de embreagem simples considerando as duas faces de atrito foi determinado através da Equação (4), a fim de comparar as especificações da capacidade máxima de torque do trator fornecidas pelo fabricante (65 Nm).

$$T = 65 \text{ Nm} \quad (4)$$

Portanto, é possível observar que o torque total do sistema é igual ao especificado pelo fabricante do motor.

A fim de validar o dimensionamento do sistema, o raio médio do disco de embreagem foi determinado a partir da Equação (8).

$$r_m = 80,8 \text{ mm} \quad (8)$$

De acordo com o recomendado pelos fabricantes, o sistema deve ser dimensionado para um torque 30% maior que o apresentado pelo motor. Dessa forma, foi recalculada a força necessária à transferência de torque requisitada pelo sistema, considerando a condição recomendada.

$$F_{\text{orgânico } 130\%} = 1937,11 \text{ N} \quad (5)$$

Com o raio médio determinado anteriormente, o momento torsor fornecido pela embreagem foi obtido por meio da Equação (9). Isso significa, que foi determinado a capacidade que o sistema de embreagem possui para transmissão de torque, considerando um platô com força mínima de 4360 N disponível no mercado, a fim de suportar o resultado obtido acima.

$$M_k = 190,19 \text{ Nm} \quad (9)$$

Por meio da Equação (10), foi possível verificar se o sistema dimensionado neste trabalho atinge a recomendação sugerida pelos fabricantes.

$$190,19 \text{ Nm} > 84,5 \text{ Nm} \quad (10)$$

Portanto, o sistema dimensionado atende aos requisitos recomendados pelos fabricantes especializados.

Uma vez atendido os requisitos, foi possível dimensionar a mola de Belleville para o sistema de embreagem.

Para os cálculos a seguir, iremos considerar que a mola irá proporcionar uma força constante (condição plana), ou seja, de acordo com o gráfico da Figura 9, $h/t = 1,414$. A força nominal será a força obtida inicialmente na Equação (5) e o diâmetro externo será o mesmo do disco. De posse dessas informações, foi possível determinar a espessura t do material a partir da Equação (11).

$$t = 2,8 \text{ mm} \quad (11)$$

Com o valor da espessura determinado, foi possível obter a altura interna de cone h , como apresentado na Equação (12).

$$h = 4,0 \text{ mm} \quad (12)$$

Uma vez obtido o valor da altura h , é possível determinar o intervalo de deflexão mínima e máxima para condição plana, no intervalo de 80% a 120%, pelas Equações (13) e (14), respectivamente.

$$y_{\min.} = 3,2 \text{ mm} \quad (13)$$

$$y_{\max.} = 4,8 \text{ mm} \quad (14)$$

Para o dimensionamento da mola de Belleville consideramos a mola com capacidade máxima de armazenamento de energia. Dessa forma se fez valer da razão $R_d = 2$, logo o diâmetro interno D_i será 100 mm.

De posse dessas informações, foi realizado uma pesquisa de mercado para obter o modelo e as dimensões das peças que atendessem os requisitos do sistema dimensionado. Dessa forma, foi realizado o projeto 3D do disco de embreagem, da mola de Belleville e do rolamento de esferas, com base nos resultados obtidos.

Na Tabela 2 estão indicadas as características e dimensões do disco de embreagem obtidas através dos cálculos anteriores. Foi realizada uma pesquisa de mercado para obter o valor das espessuras do disco e do material de atrito.

Tabela 2: Dimensões do Disco de Embreagem

Disco de embreagem Ø 200mm	
Raio Externo	100 mm
Raio Interno	57,8 mm
Espessura total	8 mm
Espessura do Material de Atrito	2 mm

Fonte: Autor (2023)

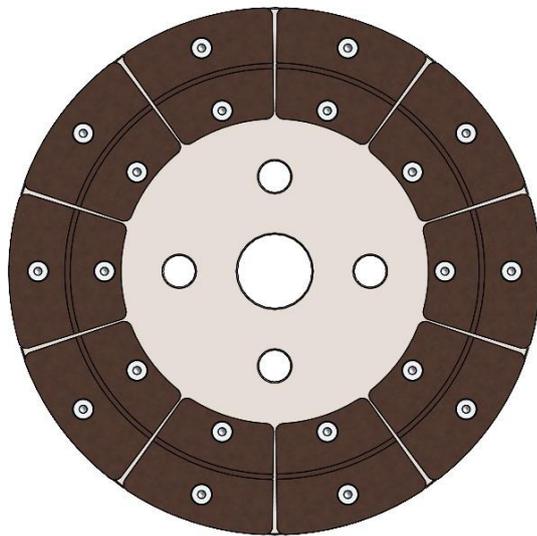
As imagens a seguir apresentam o desenho 3D do disco de embreagem dimensionado. Na Figura 12 temos a vista de perfil do disco, na Figura 13 a vista frontal do disco e na Figura 14 a vista lateral do disco.

Figura 12: Vista de perfil do Disco de Embreagem



Fonte: Autor (2023)

Figura 13: Vista frontal do Disco de Embreagem



Fonte: Autor (2023)

Figura 14: Vista lateral do Disco de Embreagem



Fonte: Autor (2023)

Na Tabela 3 estão indicadas as características e dimensões da mola de Belleville obtidas através dos cálculos anteriores.

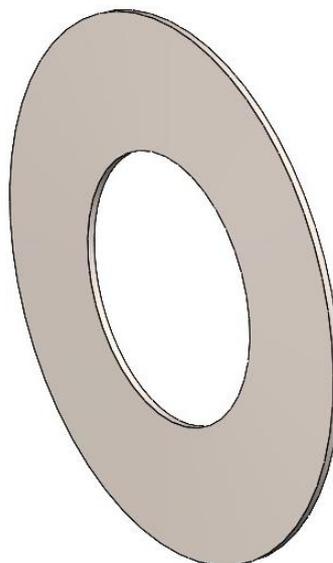
Tabela 3: Dimensões da Mola de Belleville

Mola de Belleville	
Diâmetro Externo	200 mm
Diâmetro Interno	100 mm
Espessura	2,8 mm
Altura interna de cone	4,0 mm

Fonte: Autor (2023)

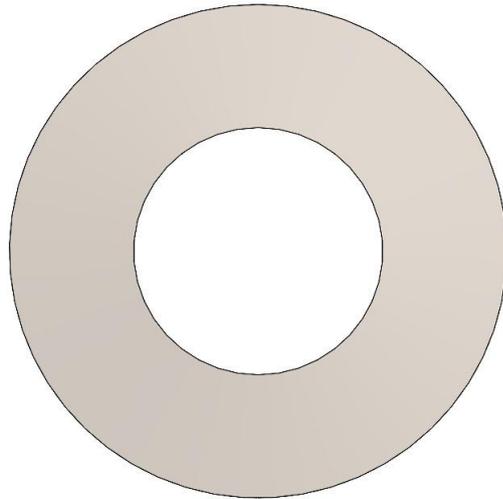
Nas imagens abaixo, temos o desenho 3D da mola de Belleville na condição plana. Na Figura 15 temos a vista de perfil da mola, na Figura 16 a vista frontal da mola e na Figura 17 a vista lateral da mola. A Figura 18 apresenta a vista perfil do volante do motor, a Figura 19 a vista perfil do platô e a Figura 20 a vista perfil de montagem.

Figura 15: Vista de perfil da Mola de Belleville



Fonte: Autor (2023)

Figura 16: Vista frontal da Mola de Belleville



Fonte: Autor (2023)

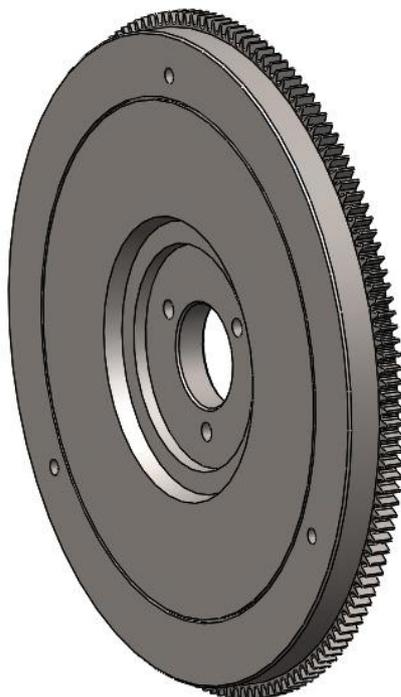
Figura 17: Vista lateral da Mola de Belleville



Fonte: Autor (2023)

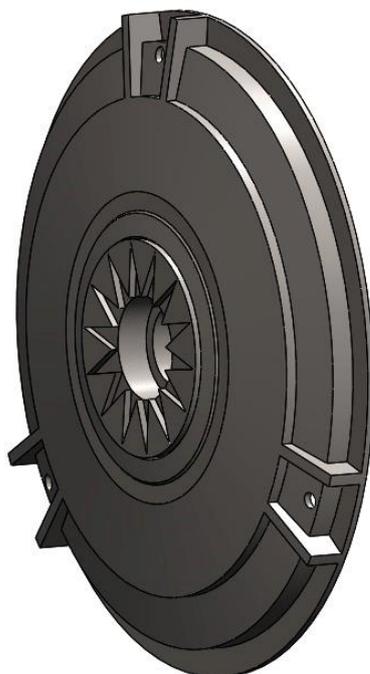
Nas imagens a seguir é possível observar os demais componentes do sistema de embreagem. Na Figura 18 temos a vista perfil do volante do motor, na Figura 19 a vista perfil do platô e, por fim, na Figura 20 temos a vista perfil de montagem do sistema trabalhado.

Figura 18: Vista perfil do volante do motor



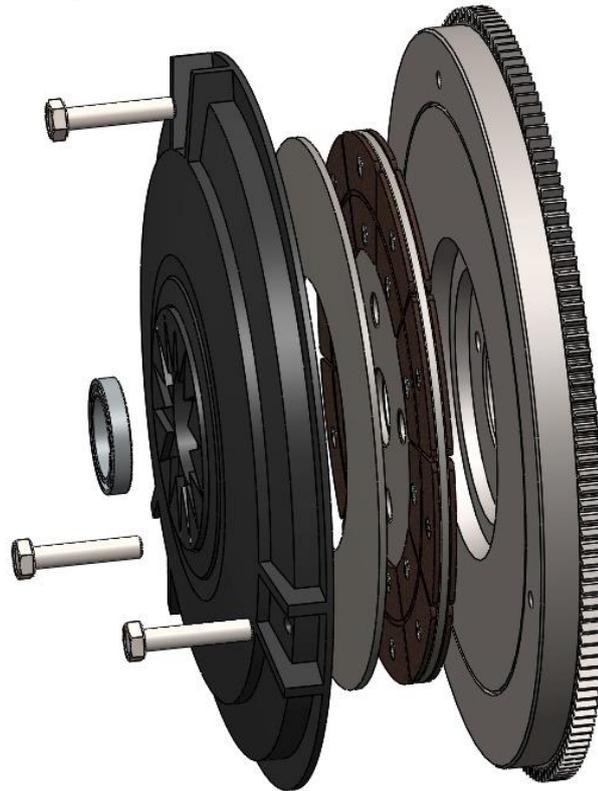
Fonte: Autor (2023)

Figura 19: Vista perfil do platô



Fonte: Autor (2023)

Figura 20: Vista perfil de montagem



Fonte: Autor (2023)

5 CONCLUSÃO

Foi possível dimensionar um sistema de embreagem para um trator elétrico voltado a agricultura familiar, utilizando expressões matemáticas. Acredita-se que com o dimensionamento correto do sistema o trator irá apresentar desempenhos satisfatórios em campo.

Como sugestão para trabalhos futuros, realizar o dimensionamento pela metodologia do desgaste uniforme a fim de realizar a comparação entre as metodologias; e avaliar as deflexões da mola de Belleville sob carga aplicada, em um software para modelagem na engenharia (Ansys).

6 REFERÊNCIAS

- ANDERSSON, N. L. M. **Seleção de tratores agrícolas adequados à agricultura familiar**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação. Universidade Federal de Pelotas, 2010.
- ALKMIN, V. G. **Estudo do funcionamento da mola belleville sob carregamento estático e automatização do projeto via Microsoft excel/linguagem vba**. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2018.
- ALVES, E.; MANTOVANI, E.C.; OLIVEIRA, A.J. **Benefícios da mecanização na agricultura**. Agroanalysis, São Paulo-SP, v.25 n.10, p.38-42, 2005.
- BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. **Elementos de Máquinas de Shigley**. Projeto de Engenharia Mecânica. 8ª ed. Porto Alegre – RS, 2011.
- CALLISTER, W. D., Jr. Compósitos. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002. Cap. 17, p. 358-386.
- CHILDS, P. R. N. **Mechanical design**. 2ª ed. New York: John Wiley & Sons, 2004.
- CHAN, D.; STACHOWIAK, G. W. Reviw of automotive brake fricition materials. **Proceedings – Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal Automobile Engineering**, v. 218, p. 953-966, 2004.
- DUQUE, E. L. **Desenvolvimento de um modelo de simulação do acoplamento da embreagem durante a partida do veículo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário da Fei, São Bernardo do Campo, 2010 Disponível em: . Acesso em: 16 jun. 2010.
- FARINA, E. **Desenvolvimento conceitual de um módulo de potência para agricultura**. 2010. 1 v. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- FOLLE, Sergio Mauro; FRANZ, Claudio Alberto Bento. **Trator Agrícola: Características e Fundamentos Para Sua Seleção**. Planaltina: Embrapa, 1990. 1000 v.
- JANG, H.; Lee, J. J.; KIM, S. J.; JUNG, K. Y. **The effect of solid lubricants on friction characteristics**. Annual brake colloquim and exposition, 16.; San Francisco, 1998.
- JÚNIOR, D. S. **Análise e dimensionamento de um sistema de embreagem para a aplicação em trator agrícola**. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Universidade de Caxias do Sul, 2013.

KIM, S. J.; LEE, J. Y.; JANG, H. Effect of humidity on friction characteristics of automotive friction materials. **KSTLE International Journal**, Seoul, v. 2, n. 2, p. 150-153, Dec. 2001.

LEÃO, A. R. **Sistema de geração de energia elétrica em tratores para aplicações agrícolas**. 2020. 1 v. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2020.

MÁRQUEZ, L. Las transmisiones: el escalonamiento de las marchas. **Agrotécnica**, Madrid, n.10, p.55-62, 2004.

MENEGOTTO, W. **Procedimento para a pré-seleção de um sistema de embreagem veicular**. 58 f. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2008.

NETO, A. C; SANTOS, M. W. **Acionamento de Embreagem Hidráulico para Caminhões Leves**. Society of Automotive Engineers, Inc. USP São Carlos - SP, 2006.

NORTON, R. L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ORTHWEIN, W. C. **Clutches and brakes: design and selection**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2004.

PADOVAN, L. A.; ANJOS, H. S.; NETTO, J. L. **Manutenção de Tratores Agrícolas**. São Paulo: Senar, 2010. 76 p.

PEREIRA, A. S. **Tratores para agricultura familiar: proposta de um modelo multicritério de avaliação considerando os requisitos de ergonomia e segurança**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade de Pelotas, 2019.

QUEIROZ, C. D. V.; MELO, E. C.; CALABREZ, F. H. **Revisão dos Sistemas de Transmissão Automotiva**. 2015. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, Centro Paula Souza, Santo André, 2015.

RAIKWAR, S., WANI, L. J., KUMAR, S. A., & RAO, M. S. **Hardware-in-the-Loop test automation of embedded systems for agricultural tractors**. *Measurement*, 133, 271-280, 2019.

RIBAS, R. L.; SCHLOSSER, J. F.; FRANTZ, U. G.; FARIAS, M. S.; NIETIED, G. H. Transmissões presentes em tratores agrícolas no Brasil; **Ciência Rural**; Santa Maria; v. 40, n. 10, p. 2206-2209; out, 2010.

RODRIGUES, A. A.; **Investigação das características tribológicas e ambientais de termoplásticos de engenharia especiais para uso em materiais de atrito**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; São Paulo, 2007.

SANTOS, M. W. **Sistema de embreagem hidráulico para caminhões leves**. Departamento de Engenharia Automotiva da Universidade de São Paulo. São Bernardo do Campo, 2006.

SATAPAHY, B. K.; BIJWE, J. Performance of friction materials based on variation in nature of organic fibres.: Part I fade and recovery behaviour. **Wear**, Amsterdam, v. 257, n. 5-6, p. 573-584, Sept. 2004.

SCHLOSSER, J.F. **Máquinas agrícolas**. Santa Maria: Departamento de Engenharia Rural, 1997. 220p. (Caderno Técnico).

SHAVER, R. **Manual transmission clutch systems**. Warrndale-USA: Society of Automotive Engineers, 1997.

SHIGLEY, J. E.; MISCHEK, C. R.; BUDYNAS, R. G. **Projeto de engenharia mecânica**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

VARELLA, C. A. A. **Introdução ao estudo dos tratores agrícolas**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012. 12 p.

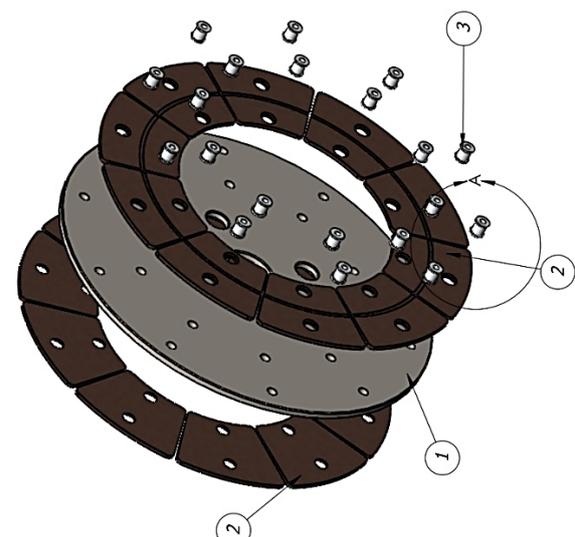
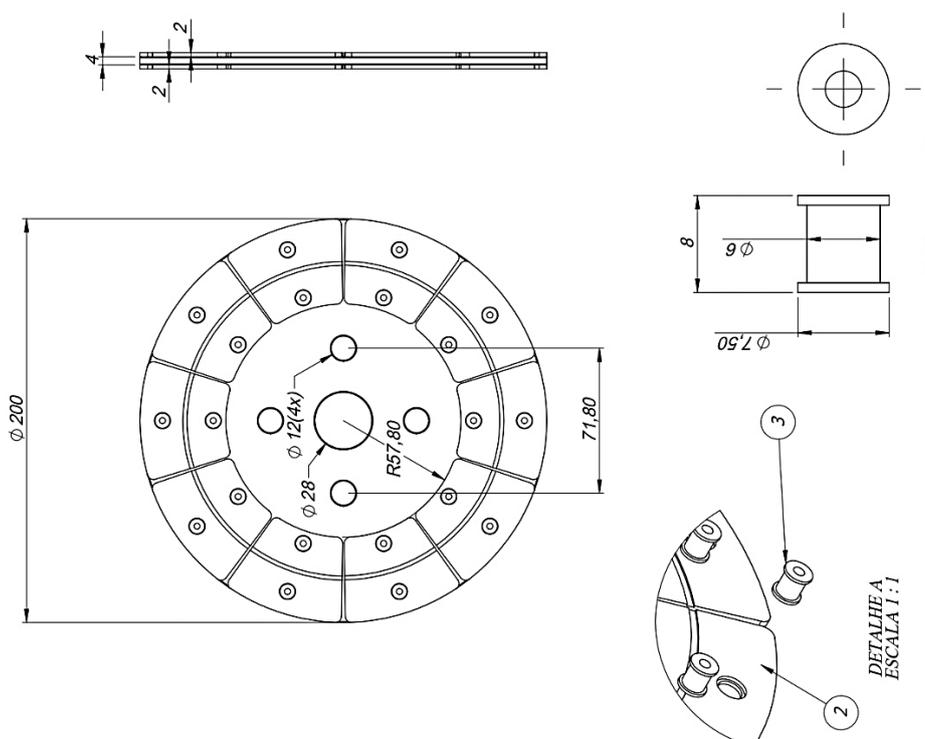
VARELLA, C. A. A. **Sistema de Transmissão de Tratores Agrícolas**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012. 8 p.

WEEYH. Equipment Co., Ltd. **Organic Clutch Disc**. Disponível em: https://www.weeyh.com/products_show/organic_clutch_disc.html. Acesso em: 12 de setembro de 2023.

WEEYH. Equipment Co., Ltd. **Ceramic Clutch Disc**. Disponível em: https://www.weeyh.com/products_show/ceramic_clutch_disc.html. Acesso em: 12 de setembro de 2023.

APÊNDICE A – DISCO DE EMBREAGEM

EM CASO DE DUVIDAS NÃO ADIVINHE CONSULTE A ENGENHARIA DO PRODUTO



Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
1	DISCO FUNDIDO	Ferro fundido	1
2	REVESTIMENTO	Cerâmica de desgaste	20
3	REBITE	Alumínio	20

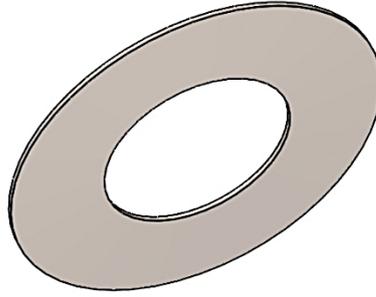
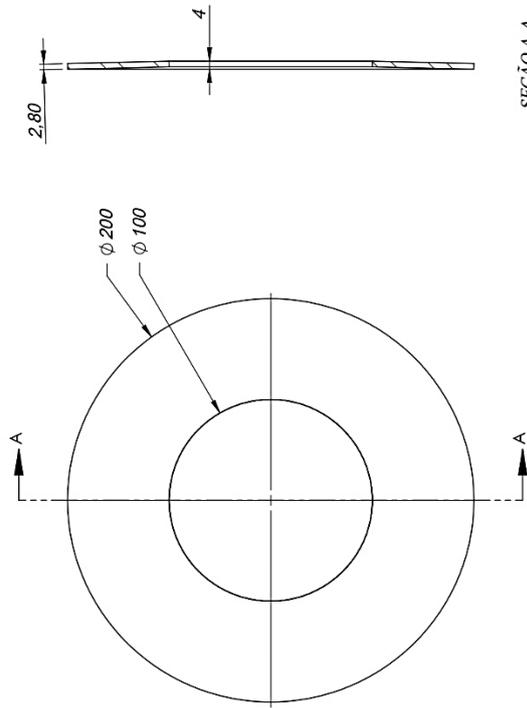
CÓDIGO MATERIAL		DESCRIÇÃO DO MATERIAL		PROJETO [Data]		MONTAGEM DISCO DE EMBREAGEM	
CÓDIGO DA PEÇA	P. BRUTO (KG)	P. ACAB. (KG)		PROJETO	VERIFICADO	ELABORADO	UNIDADE
				Matheus Matos			
DESCRIÇÃO DA PEÇA				MONTAGEM DISCO DE EMBREAGEM			
MÁQUINA - EQUIPAMENTO				ESCALA	FORMATO	FOLHA	REVISÃO
				1:2	A3	1/1	SW/CAD
				PROJEÇÃO			

G:ADM/MATHEUS MATOS

ANTIGO	APROX	RIG.	CLASSE	ANTIGO	APROX	RIG.	CLASSE
0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

APÊNDICE B – MOLA DE BELLEVILLE

EM CASO DE DÚVIDAS NÃO ADIVINHE CONSULTE A ENGENHARIA DO PRODUTO



ÚLTIMA IMPRESSÃO 21/03/2023		COMPARATIVO - TENSÃO 0,05 0,1 0,2 0,5 1 2 5 10 20 50 100		NORMA ABNT 8404 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200		ARTIGO APROX RUG CLASSE 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200		ARTIGO APROX RUG CLASSE 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200	
--------------------------------	--	-------------------------------------------------------------------------------------------	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

CÓDIGO MATERIAL		DESCRIÇÃO DO MATERIAL		PROJETADO [Data]:		MOLA Belleville	
P. BRUTO (KG)		P. ACABE (KG)		Matherus Matos		FOLHA	
DESCRIÇÃO DA PEÇA		DESCRIÇÃO DA PEÇA		VERIFICADO [Data]:		REVISÃO	
MAQUINA - EQUIPAMENTO		MAQUINA - EQUIPAMENTO		ELABORADO [Data]:		1/1	
ESCALA		ESCALA		FORMATO		PROJEÇÃO	
1:2		1:2		A3			
G.01MMATHEUS MATOS1		G.01MMATHEUS MATOS1		SWICAD		MOLA BELLEVILLE 200 X 100 X 2,80	