

# Dimensionamento de Transmissão de um Mini Trator Multifuncional

**Eustáquio Ribeiro**

eustaquiao.jr@gmail.com

**Lucas Alexandre da Cunha**

lucas-alexandre12@hotmail.com

**Olavo Augusto de Oliveira**

olavinho338@gmail.com

Orientador: Prof.Me.Francisco Reginaldo da Rosa

Coordenação de curso de Engenharia Mecânica

## **Resumo**

Esse trabalho foi desenvolvido com o intuito de oferecer mais recursos para o canteiro da construção civil, por mais vantajosas que sejam as mini-escavadeiras, seus preços ainda são elevados e, pensando nisso, surgiu a ideia do mini trator multifuncional. Tendo em base a engenharia mecânica, com foco em engenharia de projetos, partiu-se desse conceito a aplicação e os conhecimentos dessas áreas para toda a elaboração do estudo. Este trabalho tem por objetivo validar os conceitos e dimensionamento de um sistema de transmissão de um mini trator multifuncional, onde este tem finalidade de atender as demandas para trabalhos simples destinados a lugares de difícil acesso da construção civil. Para a transmissão será utilizada correntes, devido a facilidade para manutenção e baixo custo. Foi fabricado um protótipo por meios de conhecimento empírico e será feito um estudo de caso em que as variáveis serão determinadas em cálculos quantitativos. Ao final do trabalho, após a realização dos cálculos foi identificado que o valor proposto de 250 kg foi alcançado, assim validando a transmissão existente.

**Palavras-chave:** Mini Trator Multifuncional. Sistema de Transmissão. Dimensionamento.

## **1. Introdução**

Com o passar do tempo, o uso de tratores na construção civil tornou-se mais comum. Como resultado, a mini carregadeira destaca-se como um dos tipos de tratores mais versáteis devido à sua multifuncionalidade e capacidade de trabalhar em conjunto com outros instrumentos. Esses veículos apresentam excelentes resultados na execução de tarefas críticas para as diversas demandas do canteiro de obras.

Entretanto, a mini carregadeira por mais versátil e vantajosa que seja não está acessível a todo o público-alvo, pois como seus valores são elevados e demandam um alto investimento inicial. Como consequência, nem todas construtoras e investidores da área dispõem de seu capital, mantendo assim as recorrentes práticas e métodos convencionais de trabalho no canteiro de obras.

O presente estudo tem como objetivo trabalhar os conceitos e aplicações desenvolvidas ao longo do curso de engenharia mecânica, tendo como foco o projeto de elementos de transmissão de máquinas. Irá ser analisado um protótipo de um mini trator, figura 1, projetado com conhecimentos empíricos, e colocá-lo à prova se seu sistema de transmissão atenderá a demanda de trabalhos em uma área de construção civil. Será feito um estudo comparativo entre o protótipo e resultados obtidos através de cálculos para validar o modelo atual ou, se necessário, sugerir alterações para uso futuro.

**Figura 1: Protótipo**



**Fonte:** Autor (2021)

De acordo com a CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2021) a construção civil cresce a uma taxa anual de até 8%, e, diante disto, destaca-se a ideia de desenvolver um veículo compacto, dinâmico e com os mesmos recursos para quem pretende adquirir e usufruir dos benefícios de uma mini carregadeira, porém com um baixo capital de investimento.

Além disso, como o mercado está sempre em busca de inovações que melhorem o trabalho convencional, surge a ideia de um mini trator multifuncional, oferecendo mais opções ao público-alvo. No entanto, como toda nova ideia deve ser testada e desenvolvida, existem alguns fatores que devem ser levados em consideração antes da construção, desenvolvimento e implementação no mercado.

Em geral, máquinas apresentam engrenagens, eixos, mancais, cames, conexões e outros componentes modulares. Esses mecanismos são capazes de transmitir potência de um local para outro; por exemplo, do motor de um automóvel para as rodas de tração. Outra função de um mecanismo deste tipo pode ser a de transformar um tipo de movimento em outro (WICKERT; LEWIS, 2015).

Em praticamente todas as máquinas observa-se a transmissão de potência e/ou o movimento, figura 2, de uma fonte de entrada para uma região de saída. A fonte de entrada, normalmente um motor elétrico ou motor de combustão interna, tipicamente fornece a potência na forma de um torque motriz de rotação ao eixo de entrada da máquina em questão, através de algum tipo de acoplamento (WICKERT; LEWIS, 2015).

**Figura 2:** Sistema de transmissão do protótipo



Fonte: Autor (2021)

Ao longo do trajeto entre o motor e a roda, existem diversos componentes que causam desgaste, como atrito, materiais de fixação etc. Dependendo do tipo de sistema utilizado, essas perdas devem ser levadas em consideração para estabelecer uma condição final mais próxima da realidade. Além dos dados de entrada e saída de energia mecânica, uma série de relações entre energia mecânica, como correntes e linhas de transmissão para energia de entrada e saída, deve ser estabelecida. Um projeto de transmissão, além de não ser simples, proporciona um universo de combinações mecânicas que, quando combinadas na ordem e dimensões corretas, podem produzir um resultado satisfatório (LAFATE, 2022)

Por fim, este trabalho tem o intuito de realizar a análise e dimensionamento de transmissão de um mini trator multifuncional, de maneira a selecionar e dimensionar o sistema de transmissão para este modelo de trator com o propósito de comparar as informações obtidas entre os estudos feitos e o projeto real já fabricado, de modo a validar o modelo atual ou sugerir alterações para o seu uso futuro, caso necessário.

## **2. Metodologia**

Para Gil (2002) um estudo de problemas práticos pode levar à descoberta de princípios científicos. Da mesma forma que uma pesquisa pura pode fornecer conhecimento prático imediatamente aplicável. As pesquisas também podem ser nomeadas de acordo com a natureza dos dados como quantitativa e qualitativa, seus objetivos descritivos, exploratórios e explicativos e seu delineamento documental, bibliográfico, experimental e estudo de caso. O delineamento expressa, a progressão da pesquisa, com foco nos procedimentos técnicos de coleta e análise de dados.

Utilizando os conceitos apresentados, este trabalho pode ser classificado como de natureza aplicada, pois visa dimensionar os componentes de um sistema de transmissão. As variáveis serão determinadas em cálculos quantitativos, e os cálculos necessários serão realizados. Os dados obtidos serão analisados e as conclusões apresentadas. Em termos de objetivos, será um estudo exploratório, uma vez que o objetivo é identificar e estabelecer o mecanismo pelo qual os fatores determinam e contribuem para a ocorrência de fenômenos via pesquisa. Finalmente, em termos de delineamento, em um estudo de caso, porque será um processo de exploração de um caso da vida real cujos limites não estão bem definidos (GIL, 2002).

Para realizar o dimensionamento do sistema de transmissão, é necessário conhecer todos os requisitos do projeto para que o sistema responda adequadamente às solicitações de carga sem comprometer o desempenho dos demais subsistemas. Para isso, será seguido para a corrente de transmissão a norma ANSI – ASA sobre a influência dos demais subsistemas no conjunto da transmissão, que entregará a energia ao sistema.

Os dados coletados para o dimensionamento do sistema, como relação de transmissão, torque e potência na roda e rendimento da transmissão serão transformados em valores passíveis de serem enquadrados nos equacionamentos de dimensionamento do sistema.

Por exemplo, a carga pré-requisitada de utilização seja 250 Kg tem um impacto direto sobre a relação do motor, bem como a rotação que entrega à transmissão. Como resultado, será necessário estabelecer relações entre os dados obtidos.

Partindo do protótipo, será analisada a transmissão atual do mini trator, a fim de verificar se irá suportar a carga pré-requisitada de 250 Kg total sendo 70 Kg do condutor (peso médio do brasileiro segundo o IBGE) e 50 Kg do próprio veículo. Esta análise será realizada calculando as partes do sistema, como, relação de transmissão e seu rendimento, torque e potência do motor, e, com estas informações, determinar a potência e torque na roda para a carga solicitada. Caso não seja alcançada a carga pré-requisitada, será realizado novos cálculos para uma nova relação de transmissão que atenda aos requisitos de carga solicitada, obedecendo os limites dimensionais atuais.

O sistema deve ser projetado para atender os requisitos de carga necessária, ao mesmo tempo em que fornece um alto nível de desempenho, utilizando o maior número possível de peças comerciais e fáceis de substituir. Também deve ter o menor custo de fabricação possível.

### **3. Desenvolvimento**

Este capítulo terá ênfase no desenvolvimento do conteúdo base do trabalho, tais como, transmissão, conceitos teóricos relevantes para os sistemas primários de transmissão, bem como equações para sistemas mecânicos.

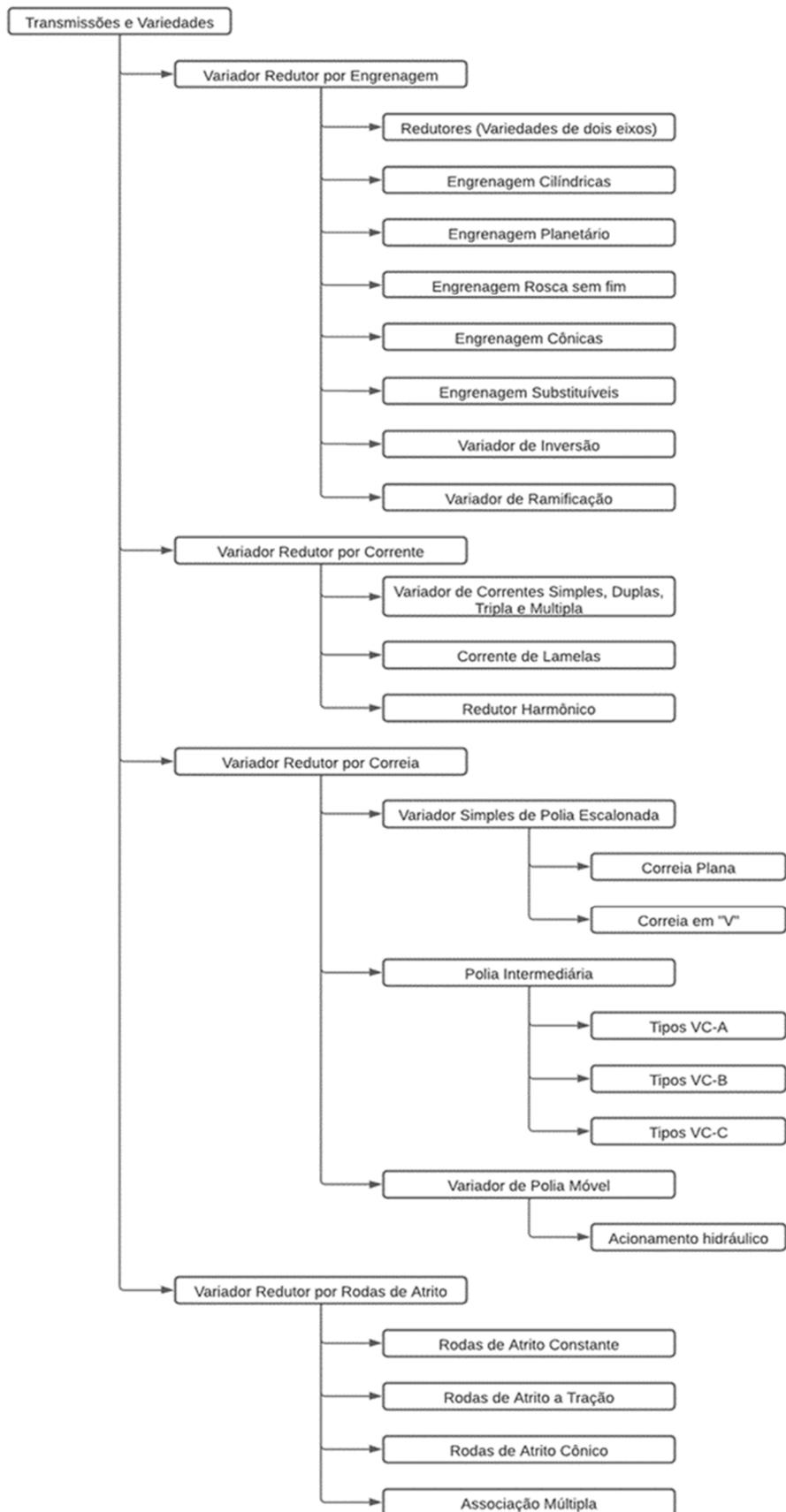
### **3.1. Sistema de transmissão**

A transmissão de um automóvel tem a função de fornecer as forças e impulsão necessárias para induzir o movimento. Na unidade de propulsão a energia química (combustível) ou também elétrica (bateria, célula solar) é transformada em energia mecânica. Motores de ignição e diesel são os preferidos como unidade de propulsão. Toda unidade de propulsão, desses motores a combustão, trabalha numa determinada faixa de rotações, limitada pela rotação de marcha lenta e pela rotação máxima. Os valores característicos de potência e torque não são oferecidos uniformemente; os valores máximos só estão disponíveis em faixas específicas. As relações de transmissão dos elementos da transmissão adaptam o torque disponível à força de tração requerida no momento (BOSCH, 2005).

De acordo com Wienandts (2019), tendo conhecimento do comportamento do motor e compreendendo as suas condições de funcionamento, é possível integrar uma transmissão fixa ou uma transmissão variável, o que significa essencialmente uma redução para obter mais torque ou uma velocidade mais alta dependendo da configuração desejada. Desta forma, as seguintes características são críticas para o funcionamento de um sistema de transmissão, como, custo-benefício de fabricação, padronização comercial de peças, baixo custo e facilidade de manutenção, maior desempenho, eficiência.

É possível projetar um sistema de transmissão de várias maneiras, isso irá depender do projeto e como será sua aplicação. Na figura 3 pode-se ver a classificação:

**Figura 3:** Classificação das transmissões



Fonte: Sousa (2010).

### 3.2. Transmissão por Corrente

A transmissão por corrente consiste em uma união flexível, entre a corrente e um par de rodas, que a acionam positivamente. Esse tipo de transmissão tem as seguintes características:

- Distância entre centros variável, que vai desde um mínimo por aproximação das rodas a um máximo de 80 vezes o passo da corrente;
- Resistência aos grandes esforços;
- Elevado rendimento (95 a 97%).

A transmissão por corrente convém quando a distância entre eixos é demasiadamente pequena para empregar uma correia e demasiadamente grande para usar rodas dentadas (ANTUNES; FREIRE, 1997).

O número de dentes vai de um mínimo de 9 a um máximo de 120. A relação de transmissão não deve exceder 1:6 (um para seis), sendo necessário um acoplamento mínimo de 120° da corrente sobre o pinhão.

Para dimensionar um sistema de transmissão por correntes, será necessário calcular os seguintes tópicos:

#### 3.2.1. Cálculo de rotação

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

(Eq. 1)

Onde:  $n_1$  = Rotação da engrenagem motora;

$n_2$  = Rotação da engrenagem motriz;

$D_2$  = Número de dentes da engrenagem motriz;

$D_1$  = Número de dentes da engrenagem motora.

#### 3.2.2. Relação de transmissão

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

(Eq. 2)

Onde:  $n_1$  = Rotação do eixo da engrenagem menor (rpm);

$z_1$  = Número de dentes da engrenagem menor;

$z_2$  = Número de dentes da engrenagem maior,

$n_2$  = Rotação do eixo da engrenagem maior (rpm).

### 3.2.3. Velocidade periférica da corrente

Não poderá exceder os seguintes limites:

- Correntes de rolos = 12 m/s;
- Correntes dentadas = 16 m/s.

$$v = \frac{z \cdot t \cdot n}{60.000}$$

(Eq. 3)

Onde:  $v$  = Velocidade periférica (m/s) da engrenagem menor;

$n$  = Rotação do eixo da engrenagem menor (rpm);

$t$  = Passo da engrenagem ou da corrente.

### 3.2.4. Pressão admissível nas correntes de rolo

É função do desgaste, das condições de funcionamento e dá vida a plena carga. Ela diminui com o aumento da rotação e da vida, com a diminuição do comprimento da corrente (número de elos) e do número de dentes principalmente, com a lubrificação deficiente.

$$P_{ad} = 4,35 - 10,12 \cdot \sqrt[4]{\frac{v \cdot (i + 1)}{x \cdot i \cdot (z_1 - 5)}}$$

(Eq. 4)

Onde:  $v$  = Velocidade tangencial (m/s);

$P_{ad}$  = Pressão admissível (Kgf/mm<sup>2</sup>);

$x$  = Número de elos;

$z_1$  = Número de dentes da engrenagem menor;

$i$  = Relação de transmissão.

### 3.2.5. Pressão atuante nas correntes de rolo

$$P_a = \frac{F_t}{f}$$

(Eq. 5)

$$M_t = 71620 \cdot \frac{N_m \cdot C_s}{n_1}$$

(Eq. 6)

$$F_t = \frac{2 \cdot M_t}{d_o}$$

(Eq. 7)

$$dp = 0,76. db \quad (\text{Eq. 8})$$

$$f = 0,76. dr. bi \quad (\text{Eq. 9})$$

Onde:  $C_s$  = Coeficiente de Choque (tabela 1);

$F_t$  = força tangencial na transmissão (Kgf);

$f$  = área da superfície de contato ( $\text{mm}^2$ ), área projetada;

$dp$  = diâmetro do pino (mm) (tabela 2);

$bi$  = comprimento da bucha (mm) (tabela 2);

$db$  = diâmetro da bucha (mm);

$dr$  = diâmetro do rolo, (tabela 2);

$M_t$  = momento torçor (Kgf.cm);

$n_1$  = rotação (rpm);

$d_o$  = diâmetro primitivo do pinhão (cm);

$P_a$  = pressão atuante ( $\text{Kgf}/\text{mm}^2$ );

$N_m$  = potência do motor (CV).

- Verificação  $\rightarrow p_a \leq p_{ad}$  (aprovado).
- “ $dp$ ” e “ $f$ ” podem ser calculadas, mas os valores precisos são os da tabela 2.
- As correntes da norma DIN 8187 podem ser substituídas pelas correntes de norma ASA, sem prejuízo da transmissão.

**Tabela 1:** Dados para coeficiente de choque

Máquina Conduzida	Máquina		
	Transmissão com motor elétrico	Turbina, máquina de êmbolo com vários cilindros	Máquina de êmbolo com um cilindro
Carregamento quase sem choque: geradores, elevadores leves, acionamentos auxiliares p/ máquinas operatrizes.	1	1,25	1,50
Carregamento com choques médios: guindastes, elevadores pesados, acionamento principal das máquinas operatrizes.	1,25	1,50	1,75
Carregamento com choques violentos: acionamentos de laminadores, prensas, tesouras, bombas de êmbolo, escavadeira.	1,75	2,0	2,25

Fonte: Antunes; Freire (1997)

**Tabela 2: Norma ASA para corrente**

Correntes	PASSO		ENTRE PLACAS	ROLO Diâmetro	PLACAS		PINOS			CARGA RUPTURA (kgf)	PESO (Kg/m)
	P				T	H	Diâmetro	Rebite	Emenda		
	mm	in	W	D						d	g
25/1	6,35	1/4"	3,30	3,28	0,70	5,85	2,30	7,62	8,58	360	0,13
35/1	9,525	3/8"	4,80	5,08	1,20	8,78	3,58	11,60	12,80	800	0,32
35/2								22,00	23,20	1.600	0,69
40/1	12,70	1/2"	7,95	7,92	1,50	12,00	3,97	16,35	17,85	1.420	0,63
40/2								31,00	32,10	2.840	1,20
41/1	12,70	1/2"	6,35	7,77	1,20	9,91	3,58	13,75	15,00	800	0,40
50/1	15,875	5/8"	9,53	10,16	2,00	15,00	5,09	20,30	22,00	2.210	1,06
50/2								38,60	40,10	4.420	2,04
60/1	19,05	3/4"	12,70	11,91	2,40	18,10	5,96	25,70	27,20	3.100	1,44
60/2								48,60	50,10	6.300	3,03
80/1	25,40	1"	15,88	15,88	3,20	24,00	7,94	32,80	35,30	5.700	2,55
80/2								62,10	64,70	11.330	5,07
100/1	31,75	1.1/4"	19,05	19,05	4,00	29,90	9,54	40,50	43,00	8.850	3,79
100/2								76,50	79,00	17.680	7,53
120/1	38,10	1.1/2"	25,40	22,23	4,80	35,90	11,11	50,80	53,30	12.800	5,50
120/2								96,40	99,10	25.500	11,00
140/1	44,45	1.3/4"	25,40	25,40	5,60	41,90	12,70	54,60	58,80	17.400	7,50
140/2								103,10	107,30	34.500	14,40
160/1	50,80	2"	31,75	28,58	6,40	47,80	14,29	65,10	69,10	22.700	9,85
160/2								123,90	127,90	45.400	19,40
180/1	57,15	2.1/4"	35,72	35,71	7,10	53,80	17,46	71,50	77,30	34.000	12,70
200/1	63,50	2.1/2"	38,10	39,68	8,00	60,00	19,85	78,00	84,80	35.400	15,80
200/2								149,70	156,50	70.800	32,10
240/1	76,20	3"	47,63	47,63	9,50	71,50	23,81	94,70	102,90	51.000	24,70
240/2								183,10	190,80	102.000	46,00

Fonte: Disponível em: [www.transmitec.com.br/index.php/produtos/show/id/1](http://www.transmitec.com.br/index.php/produtos/show/id/1). Acesso em: 23mai 2022

### 3.2.6. Rendimentos de sistemas de transmissão mecânica

Em qualquer tipo de transmissão, é inevitável a perda de potência que ocorre nas engrenagens, mancais, polias, correntes, rodas de atrito, originada pelo atrito entre as superfícies, agitação do óleo lubrificante, escorregamento entre correia e polia etc. (MELCONIAN, 2009).

Desta forma, constata-se que a potência de entrada da transmissão é dissipada em parte sob a forma de energia, transformada em calor, resultando a outra parte em potência útil geradora de trabalho.

Ainda segundo Melconian (2009), foi possível estabelecer fatores corretivos para cada sistema de transmissão a ser utilizado por meio de testes e análises realizados por especialistas da área, para que se pudesse determinar a potência real, ou a mais próxima possível. Como resultado, a tabela 3 mostra o desempenho de cada sistema de transmissão:

**Tabela 3:** Rendimento dos sistemas de transmissão

<b>Tipo</b>	<b><math>\eta</math></b>
Correias planas	0,96-0,97
Correias em V	0,97-0,98
Correntes silenciosas	0,97-0,99
Correntes Renold	0,95-0,97
Rodas de atrito	0,95-0,98
Engrenagens fundidas	0,92-0,93
Engrenagens usinadas	0,96-0,98
Rosca sem fim 1 entrada	0,45-0,60
Rosca sem fim 2 entrada	0,70-0,80
Rosca sem fim 3 entrada	0,85-0,80
Mancais – Rolamento	0,98-0,99
Mancais - Deslizamento	0,96-0,98

Fonte: Melconian (2009).

### 3.2.7. Cálculo de perdas por transmissão

Para calcular as perdas de potência causadas pelo sistema de transmissão, deve se considerar os seguintes tópicos (ANTUNES, Izildo; FREIRE, Marcos A. C, 1997):

- Potência do eixo 1:

$$N_1 = N_m$$

(Eq. 10)

Onde:

$N_1 =$  potência do eixo 1 (W; kW);

$N_m =$  potência do motor (W; kW)

- Potência do eixo 2:

$$N_2 = n_2 \cdot N_m$$

(Eq. 11)

Onde:  $N_2 =$  potência do eixo 2 (W; kW);

$n_2 =$  rendimento do eixo 2 (centesimal);

$N_m =$  potência do motor (W; kW).

- Potência do eixo 3:

$$N_3 = n_3 \cdot N_m$$

(Eq. 12)

Onde:  $N_3 =$  potência do eixo 3 (W; kW);

$n_3 =$  rendimento do eixo 3 (centesimal);

$N_m =$  potência do motor (W; kW).

- Potência do eixo 4:

$$N_4 = n_4 \cdot N_m$$

(Eq. 13)

Onde:  $N_4 =$  potência do eixo 4 (W; kW);

$n_4 =$  rendimento do eixo 4 (centesimal);

$N_m =$  potência do motor (W; kW).

### 3.3. Cálculo de torque

Para descobrir o torque no eixo final do mini trator, deve se levar em consideração as equações:

- Torque do eixo 1:

$$Mt_1 = 71620 \cdot \frac{N_1}{n_1}$$

(Eq. 14)

Onde:  $Mt_1 =$  momento torçor ou torque do eixo 1 (Kgf.cm)

$N_1 =$  potência do eixo 1 (CV);

$n_1 =$  rotação do eixo 1 (rpm).

- Torque do eixo 2:

$$Mt_2 = 71620 \cdot \frac{N_2}{n_2}$$

(Eq. 15)

Onde:  $Mt_2 =$  torque do eixo 2 (Kgf.cm)

$N_2 =$  potência do eixo 2 (CV);

$n_2 =$  rotação do eixo 2 (rpm).

- Torque do eixo 3:

$$Mt_3 = 71620 \cdot \frac{N_3}{n_3}$$

(Eq. 16)

Onde:  $Mt_3$  = torque do eixo 3 (Kgf.cm)

$N_3$  = potência do eixo 3 (CV);

$n_3$  = rotação do eixo 3 (rpm).

- Torque do eixo 4:

$$Mt_4 = 71620 \cdot \frac{N_4}{n_4}$$

(Eq. 17)

Onde:  $Mt_4$  = torque do eixo 4 (Kgf.cm)

$N_4$  = potência do eixo 4 (CV);

$n_4$  = rotação do eixo 4 (rpm).

### 3.4. Cálculo de força

Para descobrir a capacidade de força estimada do mini trator, deve se levar em consideração a equação:

$$Mt = Ft \cdot r \Rightarrow Ft = \frac{Mt}{r}$$

(Eq. 18)

Onde:  $Mt$  = Torque no último eixo (Kgf.cm)

$Ft$  = Força (Kgf)

$r$  = Raio da roda (cm)

## 4. Resultados e Discussão

Neste tópico será realizado o estudo do sistema de transmissão do mini trator por meio dos cálculos citados no desenvolvimento do trabalho. Ao fim do estudo, será realizada uma análise do resultado obtido sobre o resultado esperado, confirmando se o resultado foi satisfatório ou abaixo do esperado.

## 4.1. Resultados

Antes de fazer a análise de dimensionamento do protótipo, é importante saber os dados de entrada disponíveis no projeto.

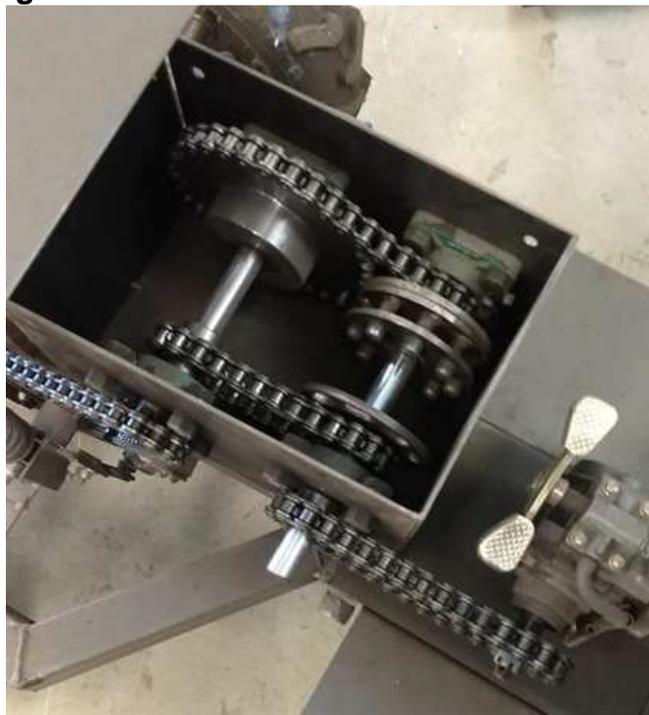
### 4.1.1. Dados do sistema de transmissão

Para o sistema de transmissão foi utilizado corrente, que, segundo pesquisas realizadas, é muito utilizada para transportes/movimentação de carga e possui um alto rendimento. O conjunto da transmissão é composta por:

- Corrente de transmissão simples ASA 50;
- Passo=  $\frac{5}{8}$ ";
- Engrenagem saída do motor: 12 dentes;
- Engrenagem da entrada da caixa: 10 dentes;
- Primeira relação: 10 dentes para 10 dentes;
- Segunda relação: 10 dentes para 30 dentes;
- Engrenagem da saída da caixa: 10 dentes;
- Coroa do eixo 32 mm: 54 dentes
- Dimensão das rodas: 40x10 cm

A figura 4 mostra como o sistema de transmissão está montado:

**Figura 4:** Sistema de transmissão do mini trator.



Fonte: Autor (2021)

#### 4.1.2. Dados do motor

O motor utilizado para a construção do protótipo é o Kawashima GE 700-B, dados do motor na tabela 4, que consiste em um motor estacionário, monocilíndrico de 4 tempos, com uma potência máxima de 7 HP (208 cilindradas) e rotação máxima de 4000 rpm. Possui um torque máximo de 14,0 Nm em 2500 rpm que, segundo o fabricante, pode fornecer força necessária para o funcionamento de vários tipos de máquinas e equipamentos agrícolas (CCM do Brasil, 2022).

**Tabela 4:** Dados do motor estacionário Kawashima Série E GE 700-B

TIPO:	Monocilíndrico, 4T, refrig. Ar, OHV, gasolina
DIÂMETRO X CURSO:	70 x 54 mm
CILINDRADA:	208 cc
POTÊNCIA MÁXIMA:	7 HP
TAXA DE COMPRESSÃO:	8,5:1
ROTAÇÃO MÁXIMA:	4000 rpm
TORQUE MÁXIMO:	14,0 N.m @ 2500 rpm
EIXO:	Ø 19,05 mm, chavetado
REDUTOR DE ROTAÇÃO:	Não
FILTRO DE AR:	Seco, com duplo elemento
SISTEMA DE PARTIDA:	Manual
ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO:	SAE 15W-40
CAPACIDADE DO CÁRTER:	0,6 L
SENSOR DE NÍVEL DE ÓLEO:	Sim
CAPACIDADE DO TANQUE DE COMBUSTÍVEL:	3,6 L
CONSUMO MÁX. DE COMBUSTÍVEL:	390 g/kW/h
DIMENSÕES:	390 x 330 x 350 mm
PESO LÍQUIDO:	16 kg

**Fonte:** Disponível em: [www.ccmdobrasil.com.br/website/produto.html?produto=5670030](http://www.ccmdobrasil.com.br/website/produto.html?produto=5670030). Acesso em: 01 jun de 2022

#### 4.1.3. Resultados obtidos

Neste tópico, será calculada o dimensionamento do sistema de transmissão do protótipo, com a finalidade de validar a capacidade de carga pré-requisitada de 250 Kg total, ou, caso não atinja seu objetivo, será sugerida melhorias para atingir o objetivo específico.

##### 4.1.3.1. Cálculo de rotação

Para realizar o cálculo de rotação, será utilizado a equação 1.

- Rotação no eixo 1

$$n_1 = rpm \text{ do motor}$$

$$n_1 = 2000 \text{ rpm}$$

- Rotação no eixo 2

$$\frac{2000}{n_2} = \frac{10}{12}$$

$$n_2 = 2400 \text{ rpm}$$

- Rotação no eixo 3 marcha reduzida

$$\frac{2400}{n_3} = \frac{30}{10}$$

$$n_3 = 800 \text{ rpm}$$

- Rotação no eixo 3 marcha normal

$$\frac{2400}{n_3} = \frac{10}{10}$$

$$n_3 = 2400 \text{ rpm}$$

- Rotação no eixo 4 marcha reduzida

$$\frac{800}{n_4} = \frac{54}{10}$$

$$n_4 = 148,15 \text{ rpm}$$

- Rotação no eixo 4 marcha normal

$$\frac{2400}{n_4} = \frac{54}{10}$$

$$n_4 = 444,45 \text{ rpm}$$

#### 4.1.3.2. Relação de transmissão

Para realizar o cálculo da relação de transmissão, será utilizado a equação 2.

- Relação no eixo 1

$$i_1 = 1$$

- Relação no eixo 2

$$i_2 = \frac{10}{12} = 0,83$$

- Relação no eixo 3 marcha reduzida

$$i_3 = \frac{30}{10}$$

$$i_3 = 3$$

- Relação no eixo 3 marcha normal

$$i_3 = \frac{10}{10}$$

$$i_3 = 1$$

- Relação no eixo 4 marcha reduzida

$$i_4 = \frac{54}{10}$$

$$i_4 = 5,4$$

- Relação no eixo 4 marcha normal

$$i_4 = \frac{54}{10}$$

$$i_4 = 5,4$$

#### 4.1.3.3. Velocidade Periférica da corrente

Para realizar o cálculo de velocidade periférica das correntes, será utilizado a equação 3.

- Corrente 1

$$v_1 = \frac{10 \cdot \frac{5}{8} \cdot 2000}{60.000}$$

$$v_1 = 0,21m/s$$

- Corrente 2 marcha reduzida

$$v_2 = \frac{10 \cdot \frac{5}{8} \cdot 800}{60.000}$$

$$v_2 = 0,08m/s$$

- Corrente 3 marcha normal

$$v_3 = \frac{10 \cdot \frac{5}{8} \cdot 2400}{60.000}$$

$$v_3 = 0,25m/s$$

- Corrente 4 marcha reduzida

$$v_4 = \frac{10 \cdot \frac{5}{8} \cdot 148,15}{60.000}$$

$$v_4 = 0,015m/s$$

- Corrente 4 marcha normal

$$v_4 = \frac{10 \cdot \frac{5}{8} \cdot 444,45}{60.000}$$

$$v_4 = 0,05m/s$$

#### 4.1.3.4. Pressão admissível nas correntes de rolo

Para realizar o cálculo de pressão admissível nas correntes de rolo, será utilizado a equação 4.

- Corrente 1

$$P_{ad1} = 4,35 - 10,12 \cdot \sqrt[4]{\frac{0,21 \cdot (0,83 + 1)}{30 \cdot 0,83 \cdot (10 - 5)}}$$

$$P_{ad1} = 1,96 \text{ Kgf/mm}^2$$

- Corrente 2

$$P_{ad2} = 4,35 - 10,12 \cdot \sqrt[4]{\frac{0,08 \cdot (3 + 1)}{40 \cdot 3 \cdot (10 - 5)}}$$

$$P_{ad2} = 2,81 \text{ Kgf/mm}^2$$

- Corrente 3

$$P_{ad3} = 4,35 - 10,12 \cdot \sqrt[4]{\frac{0,25 \cdot (1 + 1)}{28 \cdot 1 \cdot (10 - 5)}}$$

$$P_{ad3} = 1,88 \text{ Kgf/mm}^2$$

- Corrente 4 reduzida

$$P_{ad4} = 4,35 - 10,12 \cdot \sqrt[4]{\frac{0,015 \cdot (5,4 + 1)}{68,5 \cdot 4 \cdot (10 - 5)}}$$

$$P_{ad4} = 3,49 \text{ Kgf/mm}^2$$

- Corrente 4 normal

$$P_{ad4} = 4,35 - 10,12 \cdot \sqrt[4]{\frac{0,05 \cdot (5,4 + 1)}{68,5 \cdot 4 \cdot (10 - 5)}}$$

$$P_{ad4} = 3,19 \text{ Kgf/mm}^2$$

#### 4.1.3.5. Pressão atuante nas correntes de rolo

Para realizar o cálculo de pressão atuante nas correntes de rolo, será utilizado as equações 5,6,7,8 e 9.

- Corrente 1

$$Mt_1 = 71620 \cdot \frac{7,1,75}{2000}$$

$$Mt_1 = 438,67 \text{ Kgf.cm}$$

$$Ft_1 = \frac{2 \cdot 438,67}{6,134}$$

$$Ft_1 = 143,03 \text{ Kgf}$$

$$f_1 = 0,76 \cdot 10,16 \cdot 6,48$$

$$f_1 = 50,04 \text{ mm}^2$$

$$P_{a1} = \frac{143,03}{50,04}$$

$$P_{a1} = 2,86 \text{ Kgf/mm}^2$$

- Corrente 2 marcha reduzida

$$Mt_2 = 71620 \cdot \frac{6,6,1,75}{2400}$$

$$Mt_2 = 344,67 \text{ Kgf.cm}$$

$$Ft_2 = \frac{2.344,67}{5,137}$$

$$Ft_2 = 134,19 \text{ Kgf}$$

$$f_2 = 0,76.10,16.6,48$$

$$f_2 = 50,04 \text{ mm}^2$$

$$P_{a2} = \frac{134,19}{50,04}$$

$$P_{a2} = 2,68 \text{ Kgf/mm}^2$$

- Corrente 3 marcha normal

$$Mt_3 = 71620. \frac{6,6.1,75}{2400}$$

$$Mt_3 = 344,67 \text{ Kgf.cm}$$

$$Ft_3 = \frac{2.344,67}{5,137}$$

$$Ft_3 = 134,19 \text{ Kgf}$$

$$f_3 = 0,76.10,16.6,48$$

$$f_3 = 50,04 \text{ mm}^2$$

$$P_{a3} = \frac{134,19}{50,04}$$

$$P_{a3} = 2,68 \text{ Kgf/mm}^2$$

- Corrente 4 marcha normal

$$Mt_4 = 71620. \frac{6,15.1,75}{2400}$$

$$Mt_4 = 321,17 \text{ Kgf.cm}$$

$$Ft_4 = \frac{2.321,17}{5,137}$$

$$Ft_4 = 125,04 \text{ Kgf}$$

$$f_4 = 0,76.10,16.6,48$$

$$f_4 = 50,04 \text{ mm}^2$$

$$P_{a4} = \frac{125,04}{50,04}$$

$$P_{a4} = 2,50 \text{ Kgf/mm}^2$$

- Corrente 4 marcha reduzida

$$Mt_4 = 71620 \cdot \frac{6,15.1,75}{800}$$

$$Mt_4 = 963,51 \text{ Kgf.cm}$$

$$Ft_4 = \frac{2 \cdot 963,51}{5,137}$$

$$Ft_4 = 375,13 \text{ Kgf}$$

$$f_4 = 0,76.10,16.6,48$$

$$f_4 = 50,04 \text{ mm}^2$$

$$P_{a4} = \frac{375,13}{50,04}$$

$$P_{a4} = 7,50 \text{ Kgf/mm}^2$$

#### 4.1.3.6. Cálculo de perdas por transmissão

Para realizar o cálculo de perdas por transmissão, será utilizado as equações 10,11,12 e 13.

- Potência do eixo 1

$$N_1 = N_m$$

$$N_1 = 7,1 \text{ CV (5219,9 W)}$$

- Potência do eixo 2

$$N_2 = 0,98.0,95.5219,9$$

$$N_2 = 4854,29 \text{ W (6,6 CV)}$$

- Potência do eixo 3

$$N_3 = 0,98.0,95.4859,73$$

$$N_3 = 4523,317 \text{ W (6,15 CV)}$$

- Potência do eixo 4

$$N_4 = 0,98.0,95.4524,41$$

$$N_4 = 4214,408 W (5,73 CV)$$

#### 4.1.3.7. Cálculo de torque:

Para realizar o cálculo de torque, será utilizado a equação 14,15,16 e 17.

- Torque do eixo 1

$$Mt_1 = 71620 \cdot \frac{7,1}{2000}$$

$$Mt_1 = 254,25 Kgf.cm$$

- Torque do eixo 2

$$Mt_2 = 71620 \cdot \frac{6,6}{2400}$$

$$Mt_2 = 196,95 Kgf.cm$$

- Torque do eixo 3 normal

$$Mt_3 = 71620 \cdot \frac{6,15}{2400}$$

$$Mt_3 = 183,53 Kgf.cm$$

- Torque do eixo 3 reduzida

$$Mt_3 = 71620 \cdot \frac{6,15}{800}$$

$$Mt_3 = 550,58 Kgf.cm$$

- Torque do eixo 4 normal

$$Mt_4 = 71620 \cdot \frac{5,73}{444,45}$$

$$Mt_4 = 923,34 Kgf.cm$$

- Torque do eixo 4 reduzida

$$Mt_4 = 71620 \cdot \frac{5,73}{148,15}$$

$$Mt_4 = 2770 Kgf.cm$$

#### 4.1.3.8. Cálculo de força

Para realizar o cálculo de torque, será utilizado a equação 18.

$$Mt = \frac{2770}{20}$$

$Mt = 138,5 \text{ Kgf}$  atuante em cada roda, com uma força total de  $277 \text{ Kgf}$ .

#### 4.2. Discussão

Analisando a proposta do trabalho, o mini trator deveria suportar uma carga total de  $250 \text{ Kgf}$ , sendo  $70 \text{ Kg}$  do condutor,  $50 \text{ Kg}$  do próprio veículo e  $130 \text{ Kg}$  restante de carga, onde poderá ser usada para locomoção de materiais de construção e entulhos.

Segundo resultados obtidos, foi encontrado uma força resultante de  $277 \text{ Kgf}$  atuante no sistema de transmissão, deixando o veículo apto para realizar seu trabalho com a carga máxima requisitada de  $250 \text{ Kgf}$ .

Com isto, o desenvolvimento do projeto se mostra satisfatório, tendo atingido seu objetivo de carga sem que haja necessidade de realizar alterações no sistema de transmissão utilizado.

#### Conclusão

Com o objetivo de validar o protótipo de um mini trator construído com conhecimentos empíricos, foi realizado o estudo do sistema de transmissão atuante no projeto, a fim de comprovar se suportaria a carga pré-requisitada de  $250 \text{ Kg}$ . Para a realização do estudo, foi calculada a transmissão mecânica para analisar se seria capaz de realizar seu trabalho com carga máxima. Após execução dos cálculos, foi obtido uma força final de  $277 \text{ Kgf}$  atuante no sistema.

Como citado no desenvolvimento do trabalho, foi estabelecida a carga pré requisitada de  $250 \text{ Kg}$  total como objetivo principal para que o mini trator suportasse. E, com o estudo de caso realizado através de cálculos considerando as perdas de transmissão, foi obtido um torque final acima do objetivo. Este resultado mostra que o sistema de transmissão atual do mini trator atende a demanda de carga pré-estabelecida, validando o protótipo.

Além disso, foi possível realizar a construção do sistema de transmissão utilizando correntes e engrenagens padrões de mercado de baixo custo, fácil

manutenção e acesso, deixando-o assim mais viável aos minis tratores existentes no mercado atual.

Para futuros projetos, será estudado a expansão de setores para a utilização do mini trator e o aumento de carga suportada para atender a trabalhos mais pesados, deixando assim mais versátil e competitivo no mercado.

### **Referências Bibliográficas**

ANTUNES, Izildo; FREIRE, Marcos A. C. **Elementos de Máquinas**. 1 ed. São Paulo: Érica, 1997.

BOSCH, R. G. **Manual de tecnologia automotiva**. 35. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

CCM do Brasil. **Motor Est. Kawashima Serie E GE 700 B**. Disponível em <<http://www.ccmdobrasil.com.br/website/produto.html?produto=5670030>>. Acesso em 27 de abril de 2022.

COLLINS, Jack A.; BUSBY, Henry R.; STAAB, George H. **Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas**. [Digite o Local da Editora]: Grupo GEN, 2006. 978-85-216-1935-2. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-1935-2/>. Acesso em: 27 abr. 2022.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

LAFATE. **Tudo que você precisa saber sobre mini carregadeira: função, tipos e por que tê-la em sua obra**. Lafaete Locação, 2022. Disponível em <<https://www.lafaetelocacao.com.br/artigos/mini-carregadeira/>>. Acesso em 27 de abril de 2022.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de máquinas**. 9 ed. São Paulo: Editora Érica, 2009.

SOUSA, Harlan E. A. **Projeto de uma caixa de redução fixa para veículo mini-baja do IFPB**. 2011. Monografia (Graduação) – Curso de Tecnologia em Automação Industrial. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa, 2010.

TRANSMITEC. **Correntes de Transmissão (ASA / DIN)**. Disponível em: <<http://www.transmitec.com.br/index.php/produtos/show/id/1>>. Acesso em 27 de abril de 2022.

WICKERT, Jonathan; LEWIS, Kemper E. **Introdução à Engenharia Mecânica: Tradução da 3ª edição norte-americana**. [Digite o Local da Editora]: Cengage Learning Brasil, [inserir ano de publicação]. 9788522118687. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522118687/>. Acesso em: 27 abr. 2022.

WIENANDTS, Luis Felipe Radaelli. **Dimensionamento do sistema de transmissão mecânica para o veículo BAJA Univates**. 2019. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade do Vale do Taquari-Univates, Lajeado, 28 nov. 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10737/2740>. Acesso em: 27 abr. 2022.