

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**

**JOÃO GUILHERME RAMINELLI**

**PROJETO DE MARCHA RÉ PARA TRICICLO ADAPTADO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CORNÉLIO PROCÓPIO**

**2017**

**JOÃO GUILHERME RAMINELLI**

**PROJETO DE MARCHA RÉ PARA TRICICLO ADAPTADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título Bacharel em Engenharia Mecânica, do Departamento de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Akihide Ikegami

**CORNÉLIO PROCÓPIO**

**2017**



**Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Cornélio Procópio  
Departamento Acadêmico de Mecânica  
Curso de Engenharia Mecânica**



**TERMO DE APROVAÇÃO**

**PROJETO DE MARCHA RÉ PARA TRICICLO ADAPTADO**

**POR**

**JOÃO GUILHERME RAMINELLI**

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 13:30 hs do dia 01 de junho de 2017, como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO MECÂNICO, linha de pesquisa – Projeto Mecânico, no programa de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado com restrições.

---

Prof. Dr. Rogério Akihide Ikegami - Presidente (UTFPR)

---

Prof. Dr. Adailton Silva Borges (UTFPR)

---

Dr. Carlos Elias da Silva Junior (UTFPR)

“A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação de Curso.”

Dedico este trabalho a Deus, minha família e  
minha amada Daniele.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que até aqui me sustentou. Sou grato à minha família e amigos por todo apoio ao longo destes anos, enfatizando que se não fossem por eles jamais teria conseguido chegar onde estou.

Um agradecimento especial a todos aqueles que doaram do seu tempo, paciência e intelecto, principalmente à minha amada Daniele e ao meu amigo Edilson cuja ajuda foi extremamente valiosa no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rogério Ikegami, por indicar o caminho a ser seguido.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela oportunidade de aprendizado e crescimento profissional e pessoal.

“E eis que estou contigo e te guardarei por  
onde quer que fores. ” (Bíblia Sagrada,  
Gênesis 28:15)

## RESUMO

RAMINELLI, João Guilherme. **Projeto de marcha ré para triciclo adaptado**. 2017. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Mecânica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2017.

Nos últimos anos, vem crescendo a comercialização de veículos adaptados aos portadores de deficiência. O uso de veículos particulares facilita sua rotina no que se refere à locomoção e pode ser confeccionado conforme a especialização das necessidades de cada usuário. O presente trabalho tem como objetivo a criação de uma caixa reversora de rotação em um triciclo adaptado que possibilite manobras de ré de forma fácil, segura e confortável para o condutor do veículo. Buscou-se a criação de uma caixa de transmissão manual onde a rotação de saída é oposta à de entrada. Apresenta baixo custo de fabricação, adaptação e instalação no veículo, por não ser necessária modificação brusca na estrutura original do veículo. O trabalho foi satisfatório para o fim ao qual se propôs.

**Palavras-chave:** Projeto de Máquinas. Caixa de Transmissão. Acessibilidade. Engrenagens.

## ABSTRACT

RAMINELLI, João Guilherme. **Reverse gear design for adapted tricycle**. 2017. 41 p. Work of Conclusion Course Graduation in Mechanical Engineering - Federal Technology University - Paraná. Cornélio Procópio, 2017.

In recent years, the commercialization of vehicles adapted to the disabled has been increasing. The use of private vehicles facilitates their routine with regard to locomotion and can be made according to the specialization of the needs of each user. The present work has the objective of creating a reversible gearbox in an adapted tricycle that allows for easy, safe and comfortable reversing maneuvers for the driver of the vehicle. It was sought to create a manual transmission box where the output rotation is opposite the input rotation. It presents low cost of manufacture, adaptation and installation in the vehicle, since it does not require abrupt modification in the original structure of the vehicle. The work was satisfactory for the purpose it was proposed.

**Keywords:** Machine design. Transmission Box. Accessibility. Gears.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - William S. Harley e Arthur Davidson com sua primeira motocicleta .....	15
Figura 2 - Exemplo de tipos diferentes de motocicletas.....	16
Figura 3 – Exemplo de triciclo do tipo Girino .....	17
Figura 4 – Exemplo de triciclo do tipo Delta .....	18
Figura 5 - Vista explodida transmissão da Motocicleta Honda CRF1000/CRF1000A, 2016..	19
Figura 6 - Par de Engrenagens Helicoidais .....	20
Figura 7 – Exemplo de trem de engrenagens .....	21
Figura 8 – Honda NX 400 Falcon .....	24
Figura 9 – Demonstração das engrenagens dimensionadas – 1º conjunto .....	27
Figura 10 – Alimentação de dados no Software KissSoft® - Cargas .....	28
Figura 11 – Alimentação de dados no Software KissSoft® - Dados básicos.....	28
Figura 12 – Cálculo de dados no Software KissSoft® .....	29
Figura 13 – Dados calculados no Software KissSoft® .....	30
Figura 14 – Demonstração das engrenagens dimensionadas – 2º conjunto .....	31
Figura 15 – Dados do catálogo do eixo estriado .....	35
Figura 16 – Catálogo de anéis de fixação A.....	36
Figura 17 – Catálogo de anéis de fixação B .....	36
Figura 18 – Catálogo de rolamentos.....	37
Figura 19 – Montagem do Projeto.....	39
Fotografia 1 – Vista aproximada da transmissão do triciclo adaptado.....	25
Tabela 1 – Dados fornecidos para o dimensionamento das engrenagens.....	31

## **LISTA DE SIGLAS**

**IBGE** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.1.1 Objetivos Específicos.....	14
<b>2 FUNDAMENTOS SOBRE PROJETOS DE TRANSMISSÃO .....</b>	<b>15</b>
2.1 CAIXA DE TRANSMISSÃO E SUA COMPOSIÇÃO .....	19
2.1.1 Engrenagens Cilíndricas de Dentes Helicoidais .....	20
2.1.2 Trens de Engrenagens .....	20
2.1.3 Eixos.....	21
2.1.3.1 Estrias.....	22
2.1.4 Lubrificação .....	22
<b>3 ANÁLISE DOS SISTEMAS DE TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO .....</b>	<b>24</b>
3.1 COLETA DE DADOS .....	24
3.2 DEFINIÇÃO DO TIPO DE TRANSMISSÃO .....	25
3.3 DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES DA TRANSMISSÃO.....	26
3.3.1 Engrenagens .....	26
3.3.2 Eixos.....	31
3.3.3 Anéis de Retenção.....	35
3.3.4 Rolamentos.....	36
3.3.5 Carenagem.....	37
3.3.6 Sistema de Troca de Marcha .....	38
3.4 MONTAGEM DO PROJETO.....	38
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>41</b>

## INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta mais de 45,6 milhões de deficientes segundo o censo do IBGE do ano de 2010. A deficiência motora é a segunda mais apontada e atinge cerca de 7% da população. Dado o número expressivo de deficientes, criar meios que facilitem sua locomoção se tornou uma contribuição relevante.

Nos últimos anos, vem crescendo a comercialização de veículos adaptados aos portadores de deficiência. O uso de veículos particulares facilita sua rotina no que se refere à locomoção e pode ser confeccionado conforme a especialização das necessidades de cada usuário.

Visando a acessibilidade, um dos meios de transportes disponíveis no mercado atual é o triciclo adaptado. Trata-se de um transporte urbano pequeno, versátil e ágil, semelhante a uma motocicleta comum. Devido ao porte e as limitações do condutor em alguns modelos torna-se impossível ou dispendioso realizar manualmente manobras em marcha ré.

O presente trabalho tem como objetivo a criação de uma caixa reversora de rotação em um triciclo adaptado que possibilite manobras de ré de forma fácil, segura e confortável para o condutor do veículo.

Este componente veicular deve suportar os esforços gerados em diferentes situações de operação, possuir simples manutenção, com frequência baixa de reparo e que possa ser realizada em qualquer oficina mecânica. O elemento deve interferir o mínimo possível na performance do veículo de forma a evitar risco de quebra ou desgaste em outros componentes mecânicos, tais como motor e câmbio. Busca-se uma construção simples e acessível com baixo custo de fabricação, adaptação e instalação no veículo. Visando aspectos ergonômicos deve apresentar baixo ruído e vibração para que se garanta o conforto do condutor. As trocas de marchas devem ser seguras, fáceis e rápidas visando minimizar qualquer inconveniente ou imprevisto que ocorra durante sua operação.

### 1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo a criação de uma caixa reversora de rotação em um triciclo adaptado que possibilite manobras de ré de forma fácil, segura e confortável para o condutor do veículo.

### 1.1.1 Objetivos Específicos

O elemento de transmissão criado deve possuir os seguintes critérios:

- Resistir aos esforços gerados em diferentes situações de operação;
- Possuir baixo índice de manutenção;
- Causar impacto reduzido ou nulo na performance original do veículo;
- Possuir construção simples e acessível;
- Possibilitar baixo custo de fabricação, adaptação e instalação no veículo;
- Apresentar baixo nível de ruído e vibração;
- Operar trocas de marchas seguras, fáceis e rápidas;
- Desenvolver características do projeto de acordo com o software KissSoft®.

## 2 FUNDAMENTOS SOBRE PROJETOS DE TRANSMISSÃO

Para ter embasamento suficiente para aportar o desenvolvimento da caixa reversora de rotação do triciclo foi necessário compreender o funcionamento de transmissões mecânicas por engrenagens, as necessidades do condutor do veículo e etapas de dimensionamento. Estes assuntos serão abordados no decorrer deste capítulo.

Segundo Lear (2004), as primeiras motocicletas a surgir eram movidas a vapor, que depois evoluiu para o motor. O início da fabricação data de 1885. Um dos maiores e mais tradicionais fabricantes de motocicletas, Harley-Davidson®, fabricou sua primeira moto em 1903, que pode ser vista na Figura 1.

**Figura 1 - William S. Harley e Arthur Davidson com sua primeira motocicleta**



**Fonte: Fotografia L. C. Rosenkrans (1903)**

Nos anos que se sucederam, a motocicleta passou por diversas transformações, buscando eficiência, agilidade, segurança e conforto, o que culminou em sua evolução até os modelos conhecidos atualmente. Por ser um veículo versátil, ela é dividida em diferentes categorias conforme o tamanho das rodas, tipo de transmissão, peso, relações de engrenagens, entre outros. Na Figura 2 temos alguns exemplos de categorias atuais.

Figura 2 - Exemplo de tipos diferentes de motocicletas



Fonte: <<http://gentileformula1.tumblr.com>> Acesso em: 10 jan. 2017 (adaptado).

Apesar das motocicletas serem compostas de uma grande variedade de peças mecânicas, das mais simples às mais complexas, do ponto de vista estritamente cinemático, considerando as suspensões serem rígidas, uma motocicleta pode ser definida como um mecanismo simples espacial composto por quatro corpos rígidos:

- O conjunto traseiro (chassi, tanque, motor, sistema de suspensão e sistema de transmissão);
- O conjunto dianteiro (o garfo, caixa de direção e do guidador);
- A roda dianteira;
- A roda traseira.

Estes corpos rígidos são conectados por três juntas rotacionais (o eixo de direção e os dois eixos das rodas) e estão em contato com o grupo em dois pontos de contato com o solo.

O triciclo como conhecemos hoje em dia refere-se a um veículo motor de três rodas. Sua aparência é semelhante à de uma motocicleta estilo *custom* e sua mecânica é híbrida entre motocicleta e automóvel.

A palavra triciclo vem do grego, onde tri (*treia*) significa três e ciclo (*kyklos*) significa círculo ou roda. O primeiro registro do uso da palavra é datado de 1828, referente a uma carruagem de três rodas que era puxada por cavalos. O termo americano “*Trike*” está em uso desde 1883.

Nos triciclos motorizados de hoje, o conjunto de rodas (principal característica de qualquer triciclo), pode ser em formato de delta, com duas rodas traseiras e uma à frente, ou de girino, com duas rodas à frente e uma traseira. Em alguns casos raros, o direcionamento do veículo é feito pelas rodas traseiras, o que ocasiona o aumento do ângulo da curva e alteração de sua dirigibilidade.

Triciclos em formato de girino, como visto abaixo, são mais estáveis na frenagem e tendem a derrapar ao invés de capotar em situações extremas.

**Figura 3 – Exemplo de triciclo do tipo Girino**



Fonte: <<http://www.sabedoriaglobal.com.br/can-am-spyder-preco/>> Acesso em: 10 jan. 2017

O formato tradicional em delta, mostrado na Figura 4, requer frenagens em linha reta, pois uma frenagem brusca durante uma curva pode ocasionar em derrapagem. O balanço entre fricção e resistência à rolagem faz com que triciclos em delta estercem melhor que triciclos em formato de girino. Cada formato possui suas vantagens e desvantagens, tornando ambos os estilos perfeitamente aceitáveis.

**Figura 4 – Exemplo de triciclo do tipo Delta**



**Fonte:** <[http://www.lookfordiagnosis.com/mesh\\_info.php?term=abrina&lang=3](http://www.lookfordiagnosis.com/mesh_info.php?term=abrina&lang=3)> Acesso em: 08 jan. 2017

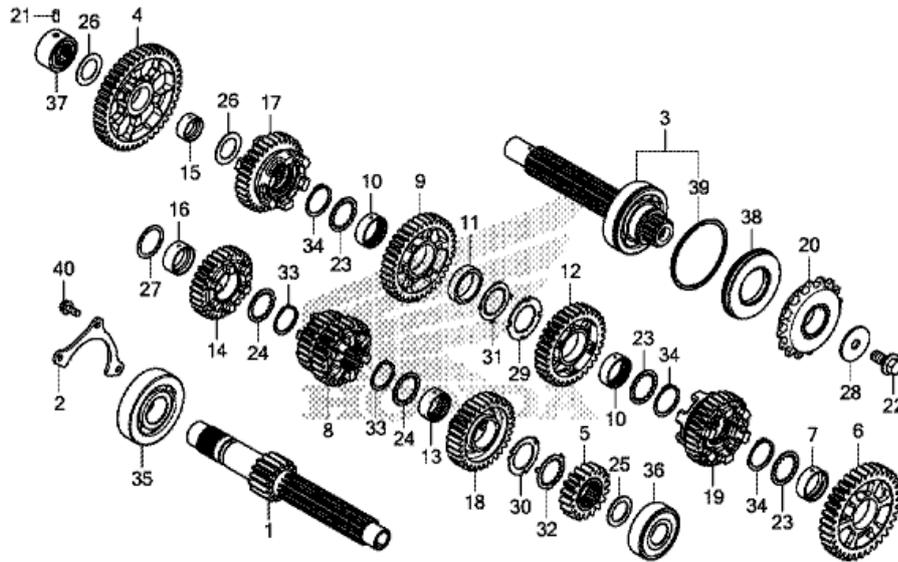
Triciclos de produção caseira geralmente tem estilos e acabamentos bastante diversificados e não possuem um design próprio, como os das fábricas.

O modelo que serviu como base para este estudo foi um triciclo do tipo Delta.

## 2.1 CAIXA DE TRANSMISSÃO E SUA COMPOSIÇÃO

Uma caixa de transmissão dispõe de elementos tais como engrenagens, eixos, sincronizadores, hastes, garfos, molas, arruelas, parafusos, vedadores e juntas, graxas, óleo lubrificante, carcaças e rolamentos, como mostrado na Figura 5.

**Figura 5 - Vista explodida transmissão da Motocicleta Honda CRF1000/CRF1000A, 2016**



Fonte: <<https://www.lingshondaparts.com>> Acesso em: 15 jan. 2017

Tem como função modificar o torque, a velocidade e o sentido do movimento, segundo o princípio geral de que, o que se ganha em força, perde-se em velocidade, e vice-versa.

De acordo com Naunheimer *et al.* (2011) as funções básicas de qualquer transmissão são: permitir arranque, controle da transmissão, mudança de velocidade (rotação) e fluxo de potência.

Os requisitos principais que caracterizam uma boa caixa de transmissão são: fácil manutenção e montagem; transferir a quantidade necessária de torque e rotação para o eixo motriz; e bom rendimento.

No presente trabalho, buscou-se uma caixa de transmissão manual onde a rotação de saída é oposta à de entrada.

As engrenagens são usadas para transmitir torque e velocidade angular em uma ampla variedade de aplicações. Há uma grande variedade de tipos de engrenagem, tais como cilíndrica reta, helicoidais, cônicas e sem-fim (Norton, 2013).

### 2.1.1 Engrenagens Cilíndricas de Dentes Helicoidais

São engrenagens que se diferenciam por seus dentes apresentarem uma inclinação ao eixo de rotação como pode ser visto na Figura 6. Devido a esta inclinação são gerados esforços tanto nas direções radiais e axiais dos rolamentos. Seu engrenamento é gradual, também devido aos dentes inclinados que começam o contato por uma extremidade que aumenta conforme o giro, produzindo uma operação mais suave e silenciosa (Collins 2006).

**Figura 6 - Par de Engrenagens Helicoidais**



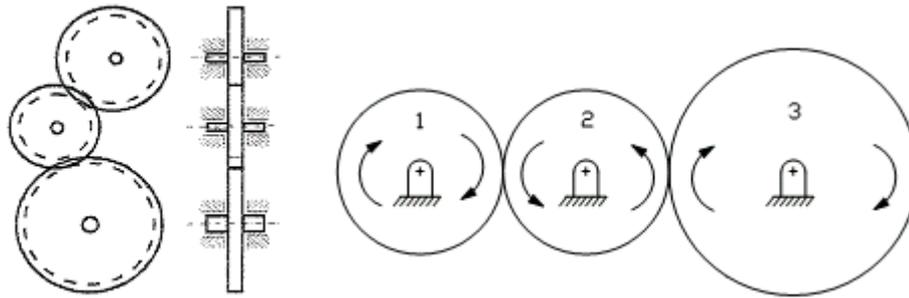
**Fonte: Emerson Power Transmission Corp. (2016)**

### 2.1.2 Trens de Engrenagens

Trens de engrenagens são definidos por Norton (2013) como duas ou mais engrenagens acopladas cujo arranjo pode ser classificado como simples, composto ou epicíclicos, assim conforme o autor, trens simples possuem somente uma engrenagem por eixo, neste caso os trens de engrenagens projetados no trabalho se adequam nesta definição.

Como mostrado na figura abaixo o trem de engrenagens pode apresentar mudança de sentido de rotação (Norton, 2013).

**Figura 7 – Exemplo de trem de engrenagens**



**Fonte: Autoria desconhecida.**

## **DIMENSIONAMENTO**

Collins (2006) sugere que com base nos fatores funcionais e na disposição dos eixos dos trens de engrenagens a criação de um esboço do mesmo, deve se incluir a relação de transmissão, número de dentes, distância entre eixos, localização dos mancais, outras restrições geométricas e o material de construção das engrenagens.

Selecionado o ângulo de hélice e o sistema de dentes deve-se realizar a análise das forças geradas devido a potência transmitida para determinar torques, velocidades, cargas transmitidas, forças de separação e cargas axiais.

Escolhido o módulo calcula-se o raio primitivo, largura da face e carga transmitida para cada engrenagem, na sequência o fator de segurança deve ser calculado baseado na fadiga do dente à flexão.

Deve ser verificada a disponibilidade dos mancais e as dimensões para que estes suportem as cargas axiais e radiais produzidas e por último a escolha do lubrificante mais adequado para o projeto.

### **2.1.3 Eixos**

Eixos são geralmente elementos de seção transversal circular que giram e transmitem potência e podem possuir componentes acoplados como engrenagens, rodas dentadas, polias e cames. No caso de eixos girantes que transmitem potência este fica submetido a um torque constante, resultando em uma tensão de torção média somado a uma carga de flexão alternada resultando uma tensão de flexão alternada (Juvinal, 2016).

## DIMENSIONAMENTO

Norton (2013) sugere que o comprimento do eixo deve ser mantido o menor possível para minimizar tensões e deflexões, eixos em balanço são suscetíveis a flexões maiores assim o autor sugere o uso de eixos bi apoiados. Eixos podem ser sólidos ou vazados sendo que os últimos possuem uma razão rigidez/massa melhor, porém é mais caro e possui um diâmetro maior do que um eixo sólido equivalente.

Para evitar deflexão o material mais indicado é o aço de baixo carbono pois possui boa rigidez e um eixo projetado para pequenas deflexões possuirá tensões mais baixas.

### 2.1.3.1 Estrias

Quando é necessário transmitir muito torque a alternativa mais comum é o uso de estrias nos eixos, que nada mais são que chavetas embutidas nos mesmos, e são formadas pelo contorno externo do eixo pelo contorno interno do cubo que criam perfis semelhantes a dentes. Os dentes em voluta são mais comumente usados em eixos estriados pois possuem menor concentração de tensão, possuem maior resistência e sua manufatura é muito semelhante aos dentes de engrenagens. (Norton, 2013)

As vantagens do uso de estrias nos eixos são a alta resistência e a capacidade de permitir deslocamentos axiais entre o elemento de transmissão e o eixo, por isso são muito empregadas em transmissões tanto automáticas quanto manuais de veículos (Norton, 2013).

### 2.1.4 Lubrificação

Segundo Norton (2013) a aplicação de lubrificantes é benéfica devido os mesmos diminuírem o atrito entre as superfícies deslizantes. Os lubrificantes líquidos possuem propriedades como baixa resistência a cisalhamento e alta resistência à compressão. Como exemplo o óleo de petróleo, incompressível aos níveis de tensão encontrados em elementos de máquinas, porém seu cisalhamento é imediato o tornando o material mais mole na superfície de contato assim reduzindo o coeficiente de atrito. Os lubrificantes podem atuar como contaminantes para as superfícies metálicas e podem revesti-las com monocamadas de impedem a adesão de material.

Em engrenagens o controle de temperatura nas superfícies de contato é muito importante para reduzir escórias, riscos e asperezas nos dentes. Com a lubrificação em quantidade correta, além da diminuição do atrito e do desgaste, o calor é transferido para o ambiente. Usualmente engrenagens são banhadas em óleo em uma caixa fechada, chamada de redutor, que nunca é preenchida completamente pois para que ocorra a lubrificação apenas um elemento do par engrenado esteja parcialmente submerso.

Em sua grande maioria os lubrificantes para engrenagens são óleos derivados do petróleo. Para engrenagens com altas velocidades e ou baixos carregamentos utiliza-se óleos leves (10-30W), para velocidades baixas e ou altos carregamentos utiliza-se óleos pesados (80-90W) (Norton, 2013).

### 3 ANÁLISE DOS SISTEMAS DE TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO

A metodologia empregada neste trabalho seguiu os seguintes procedimentos:

1. Coleta de dados;
2. Definição do tipo de transmissão;
3. Dimensionamento dos componentes da transmissão;
4. Montagem do projeto;

#### 3.1 COLETA DE DADOS

Para a escolha do tipo de transmissão é necessário conhecer as características do veículo. O triciclo foi construído utilizando como base uma motocicleta Honda NX 400 Falcon que possui um motor monocilíndrico cuja potência e torque máximo são 28.7 cv e 3.27 kgf.m entregues a 6500 e 6000 RPM respectivamente. Na figura abaixo observa-se o veículo original.

**Figura 8 – Honda NX 400 Falcon**



Fonte: <<http://www.sanmell.com.br/nacionais/honda-nx-400i-falcon>> Acesso em: 24 fev. 2017

Outro fator importante para o projeto é o espaço onde será instalada a transmissão, o mesmo é mostrado na Fotografia 1.

Fotografia 1 – Vista aproximada da transmissão do triciclo adaptado



Fonte: Autoria própria.

### 3.2 DEFINIÇÃO DO TIPO DE TRANSMISSÃO

Considerando todas as limitações do projeto a priori considerou-se a utilização de um motor elétrico montado sobre um dispositivo que quando acionado se acopla à corrente que transmite a potência do motor às rodas, porém devido a fonte elétrica necessária para se acionar o motor tal possibilidade foi descartada.

Reavaliando as necessidades do projeto optou-se por uma transmissão mecânica a ser localizada na balança traseira do triciclo, região entre o motor e as rodas traseiras do triciclo. A transmissão não terá variação de velocidade somente do sentido de rotação e será acionada por uma corrente saindo do pinhão do motor até a entrada da transmissão e uma corrente na sua saída que seria ligada a coroa do eixo motriz das rodas traseiras, aproveitando o sistema de transmissão por corrente da própria moto, evitando grandes modificações na mesma.

O modelo proposto utiliza dois trens de engrenagens paralelos onde um seria responsável por permitir que o veículo se locomovesse para frente enquanto o outro seria responsável pela locomoção para trás. Devido as diferentes distâncias entre centros de cada trem não foi possível alinhá-los nos mesmos eixos, para contornar o problema foi adotada uma única engrenagem que se desloca sobre o eixo acionando um dos conjuntos de engrenagens.

### 3.3 DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES DA TRANSMISSÃO

#### 3.3.1 Engrenagens

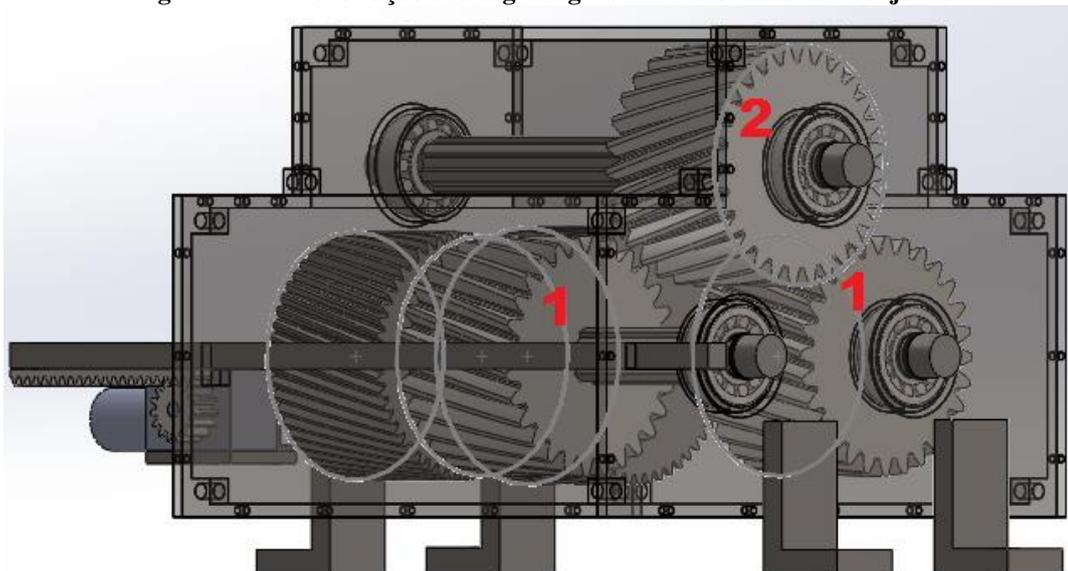
Inicialmente, o tipo de engrenagem escolhido, devido ao seu engrenamento mais gradual e seu baixo ruído que a torna mais apropriada para o uso em veículos escolheu-se engrenagens do tipo helicoidal. A caixa reversora conta com quatro engrenagens helicoidais que foram calculadas utilizando os dados de potência, torque e rotação máxima desenvolvido pelo motor do veículo. Para confecção das mesmas foi escolhido o aço DIN 42CrMo4, tratado termicamente (têmpera total), pelas suas elevadas propriedades mecânicas.

Alimentando o software KissSoft® com estes dados obteve-se as características de cada engrenagem, neste ponto foi necessário calcular cada par separadamente pois o conjunto responsável pela rotação anti-horária necessita de apenas duas engrenagens, já o conjunto responsável pela rotação horária necessita de três engrenagens.

O dimensionamento começou pelo primeiro conjunto assim obtendo o trem responsável pela inversão de rotação, com isso calculou-se o segundo par que consiste na primeira engrenagem do primeiro conjunto com uma engrenagem menor que está ligada a uma terceira engrenagem idêntica a primeira do segundo conjunto assim formando o segundo conjunto responsável por manter o sentido de rotação original. As imagens abaixo mostram o processo feito na interface do programa KissSoft®.

O primeiro conjunto a ser dimensionado foi o numerado na Figura 9, as engrenagens dos mesmos foram nomeadas respectivamente de acordo com o seu modelo.

**Figura 9 – Demonstração das engrenagens dimensionadas – 1º conjunto**



**Fonte: Autoria própria.**

Como pode ser visto trata-se de um trem de engrenagens composto por duas engrenagens iguais (Modelo 1) e outra cuja hélice é oposta (Modelo 2).

### **PRIMEIRO PASSO**

Utilizando o software KissSoft®, conforme mostrado na Figura 10, nesta janela do programa devemos informar os seguintes dados de entrada: Potência, Rotação, Vida útil requerida e o fator de serviço, que no caso de uso automotivo é convencionalmente aceito o valor de 1.25.

**Figura 10 – Alimentação de dados no Software KissSoft® - Cargas**

**Dados básicos** | Perfil de referência | Tolerâncias | Carga | Fatores

**Resistência**

Método de cálculo: ISO 6336:2006 Método B

Método de cálculo de gripagem (scuffing): em conformidade com o método de cálculo

Método de cálculo do microspitting: ISO TR\_15144

Método de cálculo da ruptura do flanco: Sem cálculo

Engrenagem motriz: Engrenagem 1

flanco de trabalho engrenagem 1: flanco direito

Sentido de rotação engrenagem 1: sentido horário

Engrenagem de referência: Engrenagem

Potência P: 22.0000 kW

Torque T<sub>1</sub>: 32.3207 Nm

Velocidade n<sub>1</sub>: 6500.0000 1/min

Vida útil requerida H: 10000.0000 h

Fator de aplicação K<sub>a</sub>: 1.2500

**Espectro de carga**

esforço de nível único (sem espectro)

Não considerar espectros de cargas

Frequência [%]	Fator de potência	Fator de velocidade
1	100.000000	1.0000

Entrada: Potência | Fator

**Informações**

Indicações relativas aos campos de introdução de valores

O botão de checagem determina se o valor é introduzido ou calculado

O botão determina quais os valores de um grupo que são introduzidos ou calculados

Manual | Procurar | Exemplos | Resultados | Mensagens | Informações | Lista de gráficos

INCONSISTENTE

Fonte: Autoria própria.

## SEGUNDO PASSO

Nesta janela (Figura 11) foi informado o tipo de engrenagem, que no presente trabalho, foi do tipo helicoidal, o material no qual ela será construída, em que foi optado pelo 42CrMo4 e os ângulo de hélice e pressão, os quais possuem ambos o valor de 20 graus.

**Figura 11 – Alimentação de dados no Software KissSoft® - Dados básicos**

**Dados básicos** | Perfil de referência | Tolerâncias | Carga | Fatores

**Geometria**

Módulo normal m<sub>n</sub>: 1.0000 mm

Ângulo de pressão na seção normal α<sub>n</sub>: 20.0000 °

Engrenagem 1: helicoidal a direita

Ângulo de hélice no círculo de referência β: 20.0000 °

Distância entre eixos a: 0.0000 mm

Engrenagem 1: Engrenagem 1

Engrenagem 2: Engrenagem 2

Número de dentes z: 0 0

Largura do dente b: 0.0000 0.0000 mm

Fator de deslocamento de perfil x<sup>\*</sup>: 0.0000 0.0000

Qualidade (ISO 1328) Q: 6 6

**Materiais e lubrificação**

Engrenagem 1: 42CrMo 4 (1), Aço beneficiado, com lga, beneficiado, ISO 6336-5 Figura 5/6 (M2)

Engrenagem 2: 42CrMo 4 (1), Aço beneficiado, com lga, beneficiado, ISO 6336-5 Figura 5/6 (M2)

Lubrificação: Óleo ISO-VG 220 | Lubrificação com imersão em óleo

**Informações**

Indicações relativas aos campos de introdução de valores

O botão de checagem determina se o valor é introduzido ou calculado

O botão determina quais os valores de um grupo que são introduzidos ou calculados

Manual | Procurar | Exemplos | Resultados | Mensagens | Informações | Lista de gráficos

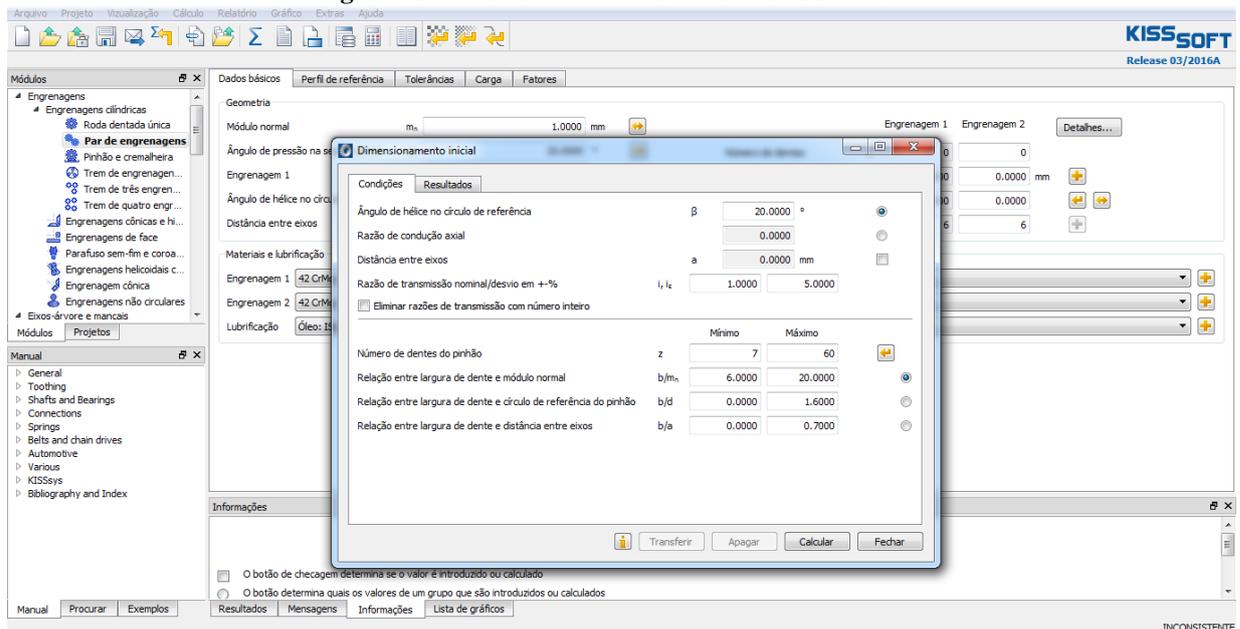
INCONSISTENTE

Fonte: Autoria própria.

## TERCEIRO PASSO

Ao ser selecionada a informação “dimensionamento inicial” outra janela é aberta no programa. Nesta, colocou-se a relação de transmissão desejada. Neste caso foi buscada uma relação o mais próximo possível de 1. Após a inserção, foi selecionada “calcular”, a fim de obter-se os resultados esperados, conforme ilustra a Figura 12.

Figura 12 – Cálculo de dados no Software KissSoft®



Fonte: Autoria própria.

## QUARTO PASSO

Após o cálculo do programa como mostrado na Figura 13 abaixo tem-se diversas opções de pares de engrenagens, cada uma com as suas características. A seleção dependerá do outro par que será calculado posteriormente devido às distâncias entre centros.

Figura 13 – Dados calculados no Software KissSoft®

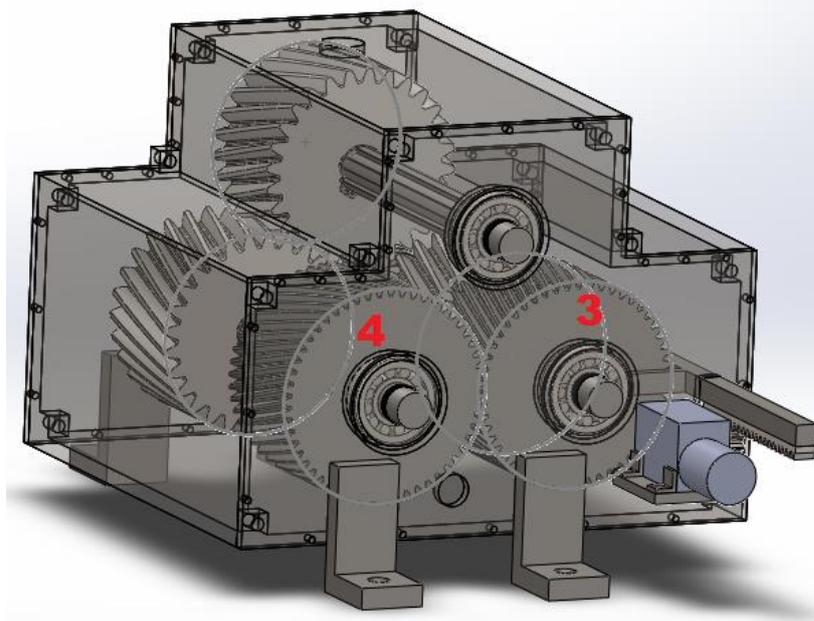
Nr.	a [mm]	b <sub>1</sub> [mm]	b <sub>2</sub> [mm]	m <sub>c</sub> [mm]	β [°]	z <sub>1</sub>	z <sub>2</sub>	x <sub>1</sub> '	x <sub>2</sub> '	d <sub>c1</sub> [mm]	d <sub>c2</sub> [mm]	E <sub>s</sub>	E <sub>s</sub>	E <sub>s</sub>	b/d <sub>1</sub>	b/m <sub>c</sub>	SF <sub>z</sub>
4	78.485	59.920	55.310	9.219	20.000	8	8	0.000	0.000	96.923	96.923	0.662	0.653	1.316	1.000	0.705	6.000
15	80.000	56.608	54.733	4.500	20.000	16	16	0.424	0.424	88.561	88.561	1.164	1.324	2.488	1.000	0.714	12.163
1	82.310	58.010	55.860	4.297	20.000	18	18	0.000	0.000	90.904	90.904	1.416	1.415	2.831	1.000	0.679	13.000
6	86.198	44.070	41.920	4.500	20.000	18	18	0.000	0.000	95.198	95.198	1.416	1.012	2.428	1.000	0.485	9.293
14	80.000	61.568	59.693	4.000	20.000	18	18	0.477	0.477	87.561	87.561	1.172	1.625	2.797	1.000	0.779	14.923
10	80.000	57.375	55.500	3.500	20.000	21	20	0.595	0.592	88.366	84.618	1.157	1.726	2.883	0.952	0.710	15.857
11	80.000	54.460	52.585	3.500	20.000	21	21	0.275	0.275	86.873	86.873	1.312	1.636	2.948	1.000	0.672	15.024
12	80.000	57.375	55.500	3.500	20.000	21	22	0.008	-0.031	85.273	88.728	1.460	1.726	3.186	1.048	0.710	15.857
28	85.500	50.673	49.173	3.500	20.000	21	22	0.910	0.951	89.541	93.415	1.025	1.530	2.555	1.048	0.629	14.049
13	80.000	56.285	54.410	3.500	20.000	22	21	-0.031	0.008	88.728	85.273	1.460	1.692	3.152	0.955	0.664	15.596
29	85.500	49.782	48.282	3.500	20.000	22	21	0.931	0.910	93.415	89.541	1.025	1.502	2.527	0.955	0.589	13.795
30	85.500	45.048	43.548	3.500	20.000	22	22	0.573	0.573	92.044	92.044	1.186	1.355	2.541	1.000	0.631	12.442
31	85.500	43.264	41.764	3.500	20.000	22	23	0.266	0.250	90.584	94.199	1.337	1.299	2.636	1.045	0.510	11.933
32	85.500	42.812	41.312	3.500	20.000	23	22	0.250	0.266	94.199	90.584	1.337	1.285	2.622	0.957	0.482	11.803
33	85.500	44.090	42.590	3.500	20.000	23	23	-0.024	-0.024	92.499	92.499	1.480	1.325	2.805	1.000	0.497	12.169
7	80.000	59.923	58.048	3.000	20.000	24	25	0.323	0.313	84.305	87.440	1.331	2.107	3.437	1.042	0.758	19.349
8	80.000	59.480	57.605	3.000	20.000	25	24	0.313	0.323	87.440	84.305	1.331	2.090	3.421	0.960	0.722	19.202
9	80.000	59.923	58.048	3.000	20.000	25	25	0.031	0.031	85.999	85.999	1.469	2.107	3.576	1.000	0.727	19.349
23	85.500	49.970	48.470	3.000	20.000	26	25	0.788	0.774	92.540	89.268	1.140	1.759	2.899	0.962	0.584	16.157
24	85.500	47.570	46.070	3.000	20.000	26	26	0.454	0.454	91.271	91.271	1.287	1.672	2.959	1.000	0.555	15.357
25	85.500	47.000	45.500	3.000	20.000	26	27	0.163	0.147	89.922	93.016	1.424	1.651	3.075	1.038	0.548	15.167
26	85.500	46.307	44.807	3.000	20.000	27	26	0.147	0.163	93.016	89.922	1.424	1.626	3.050	0.963	0.520	14.936
27	85.500	48.212	46.712	3.000	20.000	27	27	-0.113	-0.113	91.481	91.481	1.553	1.695	3.248	1.000	0.542	15.571
3	83.491	57.440	56.040	2.802	20.000	28	28	0.000	0.000	89.095	89.095	1.506	2.177	3.683	1.000	0.671	20.000
18	85.500	51.165	49.665	2.750	20.000	28	28	0.730	0.730	90.544	90.544	1.190	1.966	3.156	1.000	0.606	18.060
19	85.500	49.691	48.191	2.750	20.000	28	29	0.412	0.409	89.380	92.294	1.330	1.908	3.238	1.036	0.581	17.524
20	85.500	49.110	47.610	2.750	20.000	29	28	0.409	0.412	92.294	89.380	1.330	1.885	3.215	0.966	0.561	17.313
21	85.500	48.394	46.894	2.750	20.000	29	29	0.118	0.118	90.985	90.985	1.460	1.856	3.317	1.000	0.553	17.052
22	85.500	50.272	48.772	2.750	20.000	30	29	-0.161	-0.132	92.356	89.587	1.581	1.931	3.612	0.967	0.556	17.735
16	85.500	50.237	48.737	2.500	20.000	32	31	0.359	0.362	91.714	89.069	1.377	2.122	3.499	0.969	0.572	19.495
17	85.500	51.087	49.587	2.500	20.000	32	32	0.074	0.074	90.495	90.495	1.499	2.159	3.658	1.000	0.582	19.835
34	91.000	30.469	29.531	1.500	20.000	55	56	0.864	0.875	92.985	94.613	1.337	2.143	3.481	1.018	0.336	15.687
35	91.000	30.267	29.329	1.500	20.000	55	57	0.562	0.572	92.298	95.521	1.440	2.129	3.569	1.036	0.334	19.553
36	91.000	29.906	28.968	1.500	20.000	56	55	0.875	0.864	94.613	92.985	1.337	2.102	3.440	0.982	0.324	19.312
37	91.000	29.696	28.758	1.500	20.000	56	56	0.567	0.567	93.909	93.909	1.440	2.087	3.527	1.000	0.322	19.172
38	91.000	29.574	28.636	1.500	20.000	56	57	0.278	0.278	93.178	94.773	1.532	2.078	3.611	1.018	0.320	19.091
39	91.000	29.442	28.504	1.500	20.000	56	58	0.010	-0.002	92.421	95.579	1.615	2.069	3.684	1.036	0.319	19.003
40	97.000	25.412	24.474	1.500	20.000	59	60	0.715	0.723	99.055	100.674	1.405	1.776	3.181	1.017	0.260	16.316
41	97.000	25.272	24.335	1.500	20.000	59	61	0.422	0.427	98.347	101.554	1.500	1.786	3.266	1.034	0.258	16.223
2	137.151	13.960	12.890	2.148	20.000	60	60	0.000	0.000	141.447	141.447	1.624	0.653	2.277	1.000	0.094	6.001
5	89.672	28.790	28.088	1.404	20.000	60	60	0.000	0.000	92.481	92.481	1.623	2.177	3.800	1.000	0.313	20.000
42	97.000	24.965	24.027	1.500	20.000	60	59	0.723	0.715	100.674	99.055	1.405	1.744	3.149	0.983	0.251	16.018
43	97.000	24.833	23.895	1.500	20.000	60	60	0.425	0.425	99.950	99.950	1.500	1.724	3.224	1.000	0.246	15.930
44	97.000	24.556	23.618	1.500	20.000	60	61	0.145	0.143	99.200	100.788	1.584	1.714	3.298	1.017	0.247	15.745

Fonte: Autoria própria.

## QUINTO PASSO

Após o cálculo do primeiro conjunto foi dimensionado o par responsável pela marcha ré, que ao contrário do conjunto anterior, é composto apenas por duas engrenagens. Esta diferença no número de engrenagens provocou uma situação que requisitou atenção. Foi necessário verificar a distância entre centros de cada trem, de forma que ficassem coincidentes. A figura abaixo mostra o par a ser calculado.

Figura 14 – Demonstração das engrenagens dimensionadas – 2º conjunto



Fonte: Autoria própria.

No conjunto composto pelas engrenagens do tipo 1 e 2 deve existir um espaçamento entre a primeira e a última de forma a não permitir o contato entre elas. Entretanto, isto implicou em uma distância entre centros maior para o par composto por 3 e 4. Sendo assim, consultando os resultados fornecidos pelo software, pode-se listar as principais características de cada modelo de engrenagem como é visto na Tabela 1:

Tabela 1 – Dados fornecidos para o dimensionamento das engrenagens

Engrenagem	Módulo	Nº Dentes	Direção Hélice	Ângulo Hélice	Ângulo Pressão	Largura Face	Diâmetro Primitivo
1	1,25 mm	28	Direita	20 <sup>0</sup>	20 <sup>0</sup>	59 mm	87,85 mm
2	1,25 mm	28	Esquerda	20 <sup>0</sup>	20 <sup>0</sup>	59 mm	87,85 mm
3	0,75 mm	51	Direita	20 <sup>0</sup>	20 <sup>0</sup>	59 mm	93,38 mm
4	0,75 mm	53	Esquerda	20 <sup>0</sup>	20 <sup>0</sup>	59 mm	96,02 mm
1	1,25 mm	28	Direita	20 <sup>0</sup>	20 <sup>0</sup>	59 mm	87,85 mm

Fonte: Autoria própria.

### 3.3.2 Eixos

Após dimensionadas as engrenagens é necessário conhecer as forças atuantes nos eixos durante seu funcionamento. Por tratar-se de engrenagens helicoidais tem-se componentes de forças tanto radiais, quanto axiais. Para efeito de padronização e facilitação construtiva foi

selecionado o eixo cuja solicitação é mais intensa, pois seu diâmetro foi maior. Tem-se assim os seguintes cálculos:

### PARA A ENGRENAGEM 1

- Torque na árvore:

$$Mt_1 = \frac{30000}{\pi} \cdot \frac{P}{n} \quad (1)$$

$$Mt_1 = \frac{30000}{\pi} \cdot \frac{21108,81}{6254,72} \quad (2)$$

$$Mt_1 = 322227,55 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (3)$$

- Esforços na transmissão:

Força Tangencial (FT):

$$F_T = \frac{2 \cdot Mt_1}{d_{O1}} \quad (4)$$

$$F_T = \frac{2 \cdot 322227,55}{96,488} \quad (5)$$

$$F_T = 668,01 \text{ N} \quad (6)$$

Força Radial (FR):

$$F_R = F_T \cdot \tan \alpha \quad (7)$$

$$F_R = 668,01 \cdot \tan 20^\circ \quad (8)$$

$$F_R = 243,13 \text{ N} \quad (9)$$

Força Resultante (FN):

$$F_N = \sqrt{F_T^2 + F_R^2} \quad (10)$$

$$F_N = \sqrt{668,01^2 + 243,13^2} \quad (11)$$

$$F_N = 710,88 \text{ N} \quad (12)$$

Força Axial (FA):

$$F_A = F_T \cdot \tan \beta \quad (13)$$

$$F_A = 668,01 \cdot \tan 16^\circ \quad (14)$$

$$F_A = 191,55 \text{ N} \quad (15)$$

#### PARA ENGRENAGEM 4

- Torque na árvore:

$$Mt_2 = \frac{30000}{\pi} \cdot \frac{P}{n} \quad (16)$$

$$Mt_2 = \frac{30000}{\pi} \cdot \frac{21108,81}{6500} \quad (17)$$

$$Mt_2 = 31011,43 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (18)$$

- Esforços na transmissão:

Força Tangencial (FT):

$$F_T = \frac{2 \cdot Mt_1}{d_{O1}} \quad (19)$$

$$F_T = \frac{2 \cdot 31011,43}{96,4862,847} \quad (20)$$

$$F_T = 668,01 \text{ N} \quad (21)$$

Força Radial (FR):

$$F_R = F_T \cdot \tan \alpha \quad (22)$$

$$F_R = 668,01 \cdot \tan 20^\circ \quad (23)$$

$$F_R = 243,13 \text{ N} \quad (24)$$

Força Resultante (FN):

$$F_N = \sqrt{F_T^2 + F_R^2} \quad (25)$$

$$F_N = \sqrt{668,01^2 + 243,13^2} \quad (26)$$

$$F_N = 710,88 \text{ N} \quad (27)$$

Força Axial (FA):

$$F_A = F_T \cdot \tan \beta \quad (28)$$

$$F_A = 668,01 \cdot \tan 16^\circ \quad (29)$$

$$F_A = 191,55 \text{ N} \quad (30)$$

## FORÇAS ENVOLVIDAS

- Reações de apoio

$$\sum F_X = 0 \quad (31)$$

$$\sum M_A = 0 \quad (32)$$

$$200 \cdot R_{BY} = 20 \cdot 710,88 + 191,55 \cdot 41,76 + 180 \cdot 710,88 + 191,55 \cdot 48,24 \quad (33)$$

$$R_{BY} = 797,08 \text{ N} \quad (34)$$

$$\sum F_Y = 0 \quad (35)$$

$$R_{AY} + 797,08 - 710,88 - 710,88 = 0 \quad (36)$$

$$R_{AY} = 624,68 \text{ N} \quad (37)$$

- Momento Fletor

$$0 < x < 20$$

$$M_R = R_{AY} \cdot x \quad (38)$$

$$x = 0 \rightarrow M_R = 0$$

$$x = 20 \rightarrow M_R = 12493,6 \text{ N}$$

$$20 < x < 180$$

$$M_R = R_{AY} \cdot x - 710,88(x - 20) + 191,55 \cdot 41,76 \quad (39)$$

$$x = 20 \rightarrow M_R = 20492,73 \text{ N}$$

$$x = 180 \rightarrow M_R = 6700,73 \text{ N}$$

$$180 < x < 200$$

$$M_R = R_{AY} \cdot x - 710,88(x - 20) + 191,55 \cdot 41,76 - 710,88(x - 180) + 191,55 \cdot 48,24 \quad (40)$$

$$x = 20 \rightarrow M_R = 15941,1 \text{ N}$$

$$x = 180 \rightarrow M_R = 0$$

- Momento Ideal

$$M_I = \sqrt{M_{R(\text{máx})}^2 + \left(\frac{a}{2} \cdot M_T\right)^2} \quad (41)$$

$$M_I = \sqrt{20492,73^2 + \left(\frac{1,75}{2} \cdot 32227,55\right)^2} \quad (42)$$

$$M_I = 34858,88 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (43)$$

- Diâmetro do eixo

$$d \geq 2,17^3 \sqrt{\frac{b \cdot M_I}{\sigma_{fadm}}} \quad (44)$$

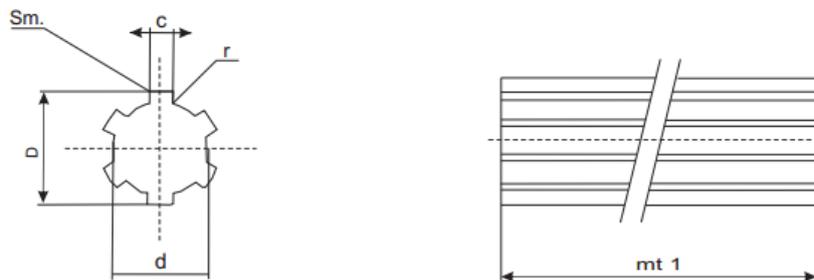
$$d \geq 2,17^3 \sqrt{\frac{1 \cdot 34858,88}{105}} \quad (45)$$

$$d \geq 15,02 \text{ mm} \quad (46)$$

Este diâmetro calculado representa a parte maciça do eixo, assim via catálogo (A.T.I. Brasil) foi escolhido o eixo estriados cujas características se encontram na Figura 15:

Figura 15 – Dados do catálogo do eixo estriado

CÓDIGO	D	d	c	Z	SEÇÃO mm <sup>2</sup>	PESO Kg/m	TOLERÂNCIA			SM 45°	r
							D	d	c		
FER11AS	14	11	3	6	121,9	0,949	-0,07	0,00	0,00	0,2	0,2
FER13AS	16	13	3,5	6	164,1	1,287	-0,07	0,00	0,00	0,2	0,2
FER16AS	20	16	4	6	243,4	1,911	-0,07	0,00	0,00	0,2	0,2
FER18AS	22	18	5	6	312,4	2,453	-0,25	-0,08	-0,08	0,2	0,2
FER21AS	25	21	5	6	399,8	3,139	-0,07	0,00	0,00	0,2	0,2
FER23AS	28	23	6	6	505,2	3,964	-0,27	-0,08	-0,08	0,3	0,2
FER26AS	32	26	6	6	638,6	5,008	-0,07	0,00	0,00	0,3	0,3
FER32AS	38	32	6	8	947,8	7,433	-0,27	-0,08	-0,08	0,3	0,3
FER36AS	42	36	7	8	1185,3	9,302	-0,07	0,00	0,00	0,3	0,3
FER42AS	48	42	8	8	1576,7	12,371	-0,27	-0,08	-0,08	0,3	0,3
FER46AS	54	46	9	8	1949	15,3	0,07	0,00	0,00	0,5	0,5



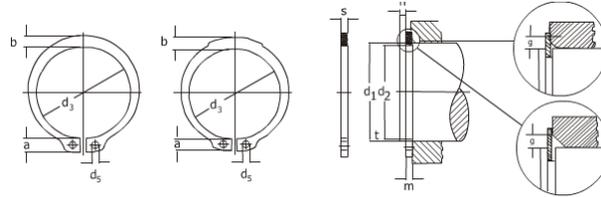
Fonte: Catálogo A. T. I. Brasil.

### 3.3.3 Anéis de Retenção

Anéis de fixação são necessários para evitar deslocamentos das engrenagens durante seu funcionamento, utilizando catálogo (TTB) foi escolhido anéis para trabalho pesado e analisando

informações tais como, diâmetro do eixo e do anel, rotação admissível de trabalho e resistência chegou-se ao modelo necessário para aplicação. Suas características se encontram nas Figuras 16 e 17:

**Figura 16 – Catálogo de anéis de fixação A**



Fonte: Catálogo TTB.

**Figura 17 – Catálogo de anéis de fixação B**

Código Reno para encomenda	d <sub>1</sub>	e	Tol.	d <sub>3</sub>	Tol.	a max.	b	d <sub>5</sub> min.	Peso Kg/1000	d <sub>2</sub>	Tol.	m min.	t	n min.	F <sub>N</sub> (Kgf)	F <sub>R</sub> (Kgf)	g max.	F <sub>Rg</sub> (Kgf)	F <sub>N</sub> (mm <sup>2</sup> )	B	n. adm. (1/min)	Alicate
581.012	12	1,50	-0,06	11,0	+0,10 -0,36	3,4	1,8	1,70	0,75	11,5	-0,11	1,60	0,25	0,7	153	1130	1,0	450	9,2	2,25	75000	055.011
581.015	15	1,50	-0,06	13,8	+0,10 -0,36	4,8	2,4	2,00	1,20	14,3	-0,11	1,60	0,35	0,7	320	1550	1,0	450	18,3	2,25	50000	055.011
581.016	16	1,50	-0,06	14,7	+0,10 -0,36	5,0	2,5	2,00	1,20	15,2	-0,11	1,60	0,40	1,2	328	1670	1,0	450	19,8	2,25	48000	055.011
581.017	17	1,50	-0,06	15,7	+0,10 -0,36	5,0	2,6	2,00	1,24	16,2	-0,11	1,60	0,40	1,5	432	1800	1,0	450	25,9	2,25	48000	055.011
581.018	18	1,50	-0,06	16,5	+0,10 -0,36	5,1	2,7	2,00	1,54	17,0	-0,11	1,60	0,50	1,8	550	2000	1,5	580	33	1,58	43000	055.011
581.019	19	1,50	-0,06	17,5	+0,21 -0,42	5,1	2,7	2,00	1,45	18,0	-0,11	1,60	0,50	1,8	578	2060	1,5	590	34,7	1,58	28000	051.018
581.020	20	1,75	-0,06	18,5	+0,21 -0,42	5,5	3,0	2,00	2,25	19,0	-0,21	1,60	0,50	1,8	580	3630	1,5	820	33,8	2,12	32000	051.018
581.022	22	1,75	-0,06	20,5	+0,21 -0,42	6,0	3,1	2,00	2,30	21,0	-0,21	1,85	0,50	1,5	580	3800	1,5	810	33,8	2,12	29000	051.018
581.024	24	1,75	-0,06	22,2	+0,21 -0,42	6,3	3,2	2,00	2,70	22,9	-0,21	1,85	0,55	1,9	795	3420	1,5	760	47,7	2,12	29000	051.018
581.025	25	2,00	-0,07	23,2	+0,21 -0,42	6,4	3,4	2,00	3,35	23,9	-0,21	1,85	0,55	1,9	830	4500	1,5	1030	49,7	2,78	25000	051.018
581.026	26	2,00	-0,07	23,8	+0,21 -0,42	6,6	3,3	2,00	3,65	24,4	-0,21	2,15	0,80	2,4	1070	4400	1,5	1000	63	2,73	27000	051.018
581.027	27	2,00	-0,07	24,7	+0,21 -0,42	6,8	3,4	2,00	3,85	25,5	-0,21	2,15	0,75	2,3	1030	4550	1,5	1060	62	2,78	25000	051.018
581.028	28	2,00	-0,07	25,9	+0,21 -0,42	6,5	3,5	2,00	3,90	26,8	-0,21	2,15	0,70	2,1	1000	5700	1,5	1340	60	1,78	22000	051.018
581.029	29	2,00	-0,07	26,9	+0,21 -0,42	6,5	3,8	2,00	4,30	27,6	-0,21	2,15	0,70	2,1	1040	5650	1,5	1330	62,2	1,78	22000	051.018
581.030	30	2,00	-0,07	27,9	+0,21 -0,42	6,5	4,1	2,00	5,00	28,6	-0,21	2,15	0,70	2,1	1070	5700	1,5	1360	64,4	1,78	21000	051.018
581.032	32	2,00	-0,07	29,8	+0,25 -0,50	6,5	4,1	2,00	5,40	30,3	-0,21	2,15	0,85	2,5	1290	5700	1,5	1360	77,8	1,78	20000	051.018
581.034	34	2,50	-0,07	31,5	+0,25 -0,50	6,8	4,2	2,50	6,80	32,3	-0,25	2,65	0,85	2,8	1640	8700	1,5	1560	99	2,78	18000	051.018
581.035	35	2,50	-0,07	32,2	+0,25 -0,50	6,7	4,2	2,50	7,10	33,0	-0,25	2,65	1,00	3,0	1780	8800	1,5	1540	107	2,78	17000	051.018
581.036	36	2,50	-0,07	33,2	+0,25 -0,50	6,7	4,2	2,50	7,50	34,0	-0,25	2,65	1,00	3,3	2010	10150	2,0	1830	121	2,04	16000	051.018
581.038	38	2,50	-0,07	35,2	+0,25 -0,50	6,8	4,3	2,50	8,00	36,0	-0,25	2,65	1,00	3,3	2120	10100	2,0	1860	127	2,04	15000	051.018
581.040	40	2,50	-0,07	36,5	+0,39 -0,90	7,0	4,4	2,50	8,20	37,5	-0,25	2,65	1,25	3,8	2530	10400	2,0	1930	152	2,04	14000	051.023
581.042	42	2,50	-0,07	38,5	+0,39 -0,90	7,2	4,5	2,50	9,60	39,5	-0,25	2,65	1,25	3,8	2870	10200	2,0	1920	160	2,04	13000	051.023
581.044	44	2,50	-0,07	40,5	+0,39 -0,90	7,2	4,5	2,50	10,40	41,5	-0,25	2,65	1,25	3,8	2790	10100	2,0	1910	168	2,04	12000	051.023
581.045	45	2,50	-0,07	41,5	+0,39 -0,90	7,5	4,7	2,50	10,80	42,5	-0,25	2,65	1,25	3,8	2880	10000	2,0	1910	172	2,04	11000	051.023
581.048	48	2,50	-0,07	44,5	+0,39 -0,90	7,8	5,0	2,50	12,20	45,5	-0,25	2,65	1,25	3,8	3070	10100	2,0	1950	184	2,04	10000	051.023
581.050	50	3,00	-0,08	45,8	+0,39 -0,90	8,0	5,1	2,50	14,80	47,0	-0,25	3,15	1,50	4,5	3820	16500	2,0	3240	229	2,25	11000	051.023
581.052	52	3,00	-0,08	47,8	+0,39 -0,90	8,2	5,2	2,50	15,40	49,0	-0,25	3,15	1,50	4,5	3970	16500	2,5	2600	238	2,25	10000	051.023
581.055	55	3,00	-0,08	50,8	+0,46 -1,10	8,5	5,4	2,50	17,00	52,0	-0,30	3,15	1,50	4,5	4200	16100	2,5	2560	252	2,25	9000	051.023
581.058	58	3,00	-0,08	53,8	+0,46 -1,10	8,8	5,8	2,50	19,40	55,0	-0,30	3,15	1,50	4,5	4430	16000	2,5	2600	266	2,25	8000	051.023
581.060	60	3,00	-0,08	55,8	+0,46 -1,10	9,0	5,8	2,50	20,00	57,0	-0,30	3,15	1,50	4,5	4600	15800	2,5	2540	278	2,25	8000	051.023
581.065	65	4,00	-0,10	60,8	+0,46 -1,10	9,3	6,3	3,00	31,00	62,0	-0,30	4,15	1,50	4,5	4980	34600	2,5	5800	299	2,58	7000	051.023
581.070	70	4,00	-0,10	65,5	+0,46 -1,10	9,5	6,8	3,00	32,20	67,0	-0,30	4,15	1,50	4,5	5380	34300	2,5	5900	323	2,58	7000	051.023
581.075	75	4,00	-0,10	70,5	+0,46 -1,10	9,7	7,0	3,00	39,80	72,0	-0,30	4,15	1,50	4,5	5760	33300	2,5	5800	346	2,58	6000	051.023
581.080	80	4,00	-0,10	74,5	+0,46 -1,10	9,8	7,4	3,00	42,40	76,5	-0,30	4,15	1,75	5,3	7160	32800	3,0	5000	430	2,58	6000	051.023
581.085	85	4,00	-0,10	79,5	+0,46 -1,10	10,0	7,8	3,50	47,00	81,5	-0,35	4,15	1,75	5,3	7630	38300	3,0	5940	458	1,78	6000	051.023
581.090	90	4,00	-0,10	84,5	+0,54 -1,30	10,2	8,2	3,50	55,80	86,5	-0,35	4,15	1,75	5,3	8080	38800	3,0	6100	485	1,78	5000	051.032
581.095	95	4,00	-0,10	89,5	+0,54 -1,30	10,2	8,6	3,50	61,20	91,5	-0,35	4,15	1,75	5,3	8550	37800	3,5	5200	513	1,78	5000	051.032
581.100	100	4,00	-0,10	94,5	+0,54 -1,30	10,5	9,0	3,50	72,00	96,5	-0,35	4,15	1,75	5,3	9000	38800	3,5	5160	540	1,78	4000	051.032

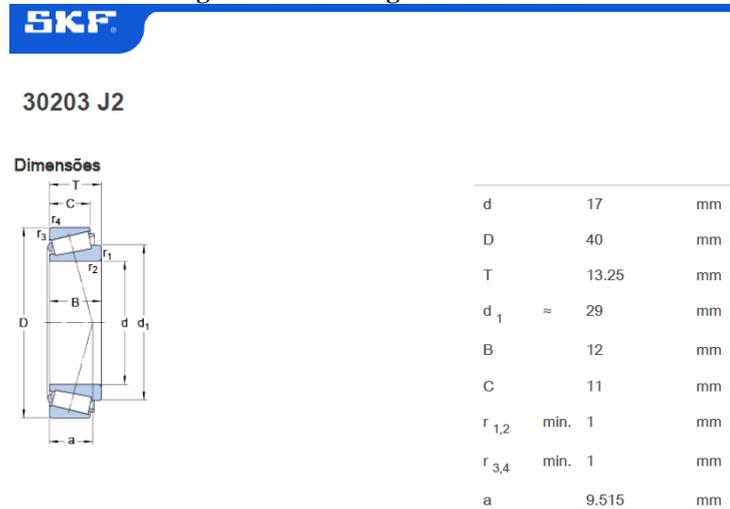
Fonte: Catálogo TTB.

### 3.3.4 Rolamentos

Devido ao uso de engrenagens helicoidais são geradas forças na direção axiais do eixo. Sendo assim o tipo de rolamento mais apropriado para este tipo de trabalho é o cônico. Utilizando catálogo (SKF) e analisando informações, tais como, diâmetro interno do rolamento,

rotação admissível de trabalho e resistência chegou-se ao modelo necessário para aplicação. Suas características encontram-se na figura abaixo:

Figura 18 – Catálogo de rolamentos



Fonte: Catálogo SKF.

### 3.3.5 Carenagem

Trata-se de um componente estrutural responsável pela acomodação dos rolamentos e consecutivamente dos eixos, o óleo lubrificante ficará dentro da mesma formando uma “piscina” na qual as engrenagens estarão parcialmente submersas. Foram propostos dois modelos, o primeiro utiliza duas metades ligadas ao meio por meio de parafusos e cujo projeto foi feito levando em consideração a utilização do menor espaço possível, porém considerando seu formato mais complexo e as limitações que regem a fabricação do projeto foi optada pela a segunda opção. Esta utiliza oito chapas de 5 milímetros de espessura para formar o corpo principal e mais duas chapas também de 5 milímetros de espessura para formar ambas as tampas que suportarão os rolamentos.

A união destas chapas, que formarão o corpo da carenagem, é feita por meio de soldagem e a união das tampas, realizada por parafusos. O material escolhido para sua confecção foi o aço SAE 1045 devido suas qualidades mecânicas e custo acessível.

Por conter óleo em seu interior é necessária a utilização de elementos vedantes nas uniões entre o corpo e as tampas e entre os eixos e as tampas.

### 3.3.6 Sistema de Troca de Marcha

Para possibilitar a inversão da rotação as engrenagens do eixo frontal, que recebe a potência do motor, necessitam deslocar-se de modo que uma se desconecte e a outra conecte-se dos seus respectivos conjuntos. Para tal tarefa foi projetado um sistema que consiste em 6 componentes:

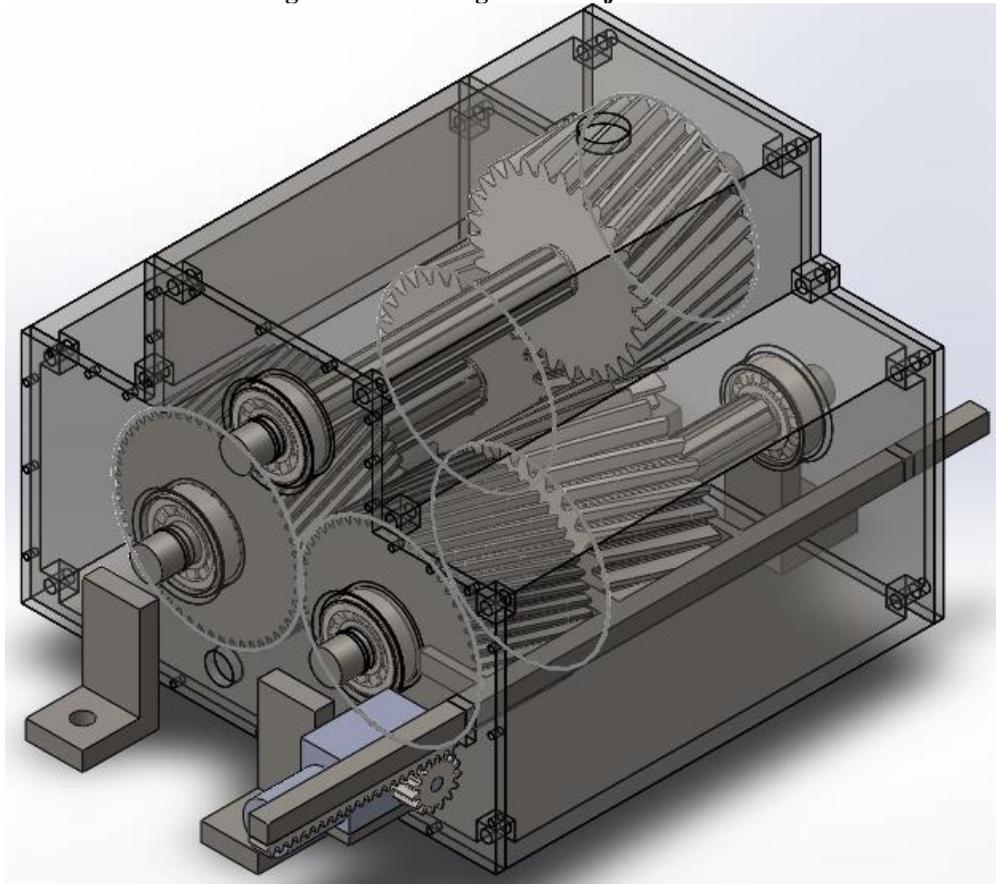
- Motor 12V com redutor;
- Pinhão;
- Cremalheira;
- Seleccionador;
- Chave liga/desliga;
- Chave de três posições;

Estes componentes serão alimentados com a própria bateria de 12V do veículo. Com este sistema a seleção de marchas torna-se mais segura e confortável para o condutor.

### 3.4 MONTAGEM DO PROJETO

Abaixo segue o desenho da montagem dos componentes do projeto.

**Figura 19 – Montagem do Projeto**



## **DIMENSÕES FINAIS**

**Comprimento: 250 mm**

**Largura: 236 mm**

**Altura: 265 mm**

**Fonte: Autoria Própria.**

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pode-se conhecer a história dos triciclos, desde o início da criação das motocicletas até as tendências para o futuro desse veículo.

O elemento de transmissão atendeu aos critérios especificados inicialmente.

Foi criado um sistema resistente aos esforços gerados em diferentes situações de operação pois foi projetada utilizando condições extremas de funcionamento como potência e rotação máximas geradas pelo motor, e os coeficientes de segurança foram respeitados.

Tem baixo índice de manutenção pois os tipos de engrenagens usadas trabalham de maneira suave e a caixa de transmissão é toda lubrificada, aumentando a vida útil dos componentes.

Causou impacto reduzido na performance original do veículo em virtude da relação de transmissão do motor para às rodas ter sido minimamente alterada.

Construção simples e acessível do projeto pois foi optada pela utilização de materiais de fácil obtenção como chapas metálicas e componentes padronizados.

Baixo custo de fabricação, adaptação e instalação no veículo, por não ser necessária modificação brusca na estrutura original do veículo.

Por meio do uso de engrenagens helicoidais tem-se baixo nível de ruído e vibração.

As trocas de marchas são seguras, fáceis e rápidas, pois o sistema elétrico facilita a troca ao condutor, e há uma chave de liga/desliga que funciona como mecanismo de segurança.

Sendo assim, o trabalho foi satisfatório para o fim ao qual se propôs.

## **TRABALHOS FUTUROS**

Como sugestão de trabalho futuro tem-se a elaboração de uma minuta de construção do projeto, bem como análises das vantagens acrescidas aos portadores de deficiência com o uso do aparato.

## REFERÊNCIAS

CENSO DEMOGRÁFICO 2010. **Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <[http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd\\_2010\\_religiao\\_deficiencia.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf)>. Acesso em: jan. 2017

COLLINS, J. A., Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas – Uma Perspectiva de Prevenção de Falha, LTC, Rio de Janeiro, 2006.

JUVINALL, R. C. e Marshek, K. M., **Projeto de Componentes de Máquinas**, LTC, Rio de Janeiro, 2008

LEAR, G; MOSHER, L. S. **Manual completo da moto: Mecânica e manutenção.** São Paulo: Hemus, 2004.

NAUNHEIMER, H. BERTSCHE, B., RYBORZ, J., NOVAK, W. **Automotive Transmissions.** 2. ed. Berlin: Springer, 2011.

NORTON, R., **Projeto de máquinas**, Bookman, Porto Alegre, 2004.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 10.098 de 19 de dezembro de 2000.** Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Lex. Coletânea de Legislação e Jurisprudência, v.64, t.12, p.5042-5047, dez. 2000b.