



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
Curso de Engenharia Mecânica

GUSTAVO JOSE MARQUES LICAR

**Dimensionamento de um diferencial
100% bloqueado para um veículo de
competição de arrancada**

SÃO LUÍS
2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

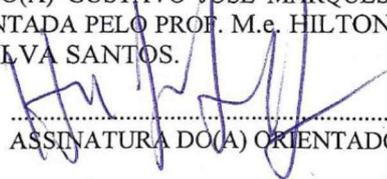
GUSTAVO JOSE MARQUES LICAR

Dimensionamento de um diferencial 100% bloqueado para um veículo de competição de arrancada

Monografia de graduação apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Hilton Seheris da Silva Santos

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA MONOGRAFIA DEFENDIDA PELO(A) ALUNO(A) GUSTAVO JOSE MARQUES LICAR, E ORIENTADA PELO PROF. M.e. HILTON SEHERIS DA SILVA SANTOS.


.....
ASSINATURA DO(A) ORIENTADOR(A)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL - UEMA

Licar, Gustavo José Marques.

Dimensionamento de um diferencial 100% bloqueado para um veículo de competição de arrancada / Gustavo José Marques Licar. – São Luís, 2018.

23 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

Orientador: Prof. Me. Hilton Seheris da Silva Santos.

1. Diferencial. 2. Bloqueio. 3. Arrancada. I. Título.

CDU 621

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E PRODUÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Dimensionamento de um diferencial
100% bloqueado para um veículo de
competição de arrancada**

Autor: Gustavo Jose Marques Licar

Orientador: Me. Hilton Seheris da Silva Santos

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Monografia:

Prof. Me. Hilton Seheris da Silva Santos

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Me. **Maria Amália Trindade de Castro**

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Me. Henrique Pope Guerra

Instituição: Universidade Federal do Maranhão

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

São Luís/MA, 14 de dezembro de 2018.

Dedicatória

Dedico primeiramente a Deus que é o maior projetista de todos, criador de tudo e a todas as pessoas importantes em minha vida que me proporcionaram tudo que tenho, meus pais, meus professores e meus verdadeiros amigos.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Hilton, por aceitar esse desafio de me orientar neste trabalho feito em tempo recorde, me ajudando a desenvolvê-lo da melhor forma.

A os meus pais que sempre me deram apoio.

A minha irmã, Thaianne que me ajudou na elaboração do trabalho.

A minha namorada Ananda, que, mesmo não participando de forma direta na elaboração do trabalho, me deu apoio.

A Universidade Estadual do Maranhão, pela oportunidade para fazer o curso, dispondo bons professores e laboratório

A equipe de arrancada, Lanterna Verde, por ceder peças e ferramentas para execução deste projeto

“O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar com mais inteligência.”

Henri Ford

Resumo

Buscando otimizar o sistema de tração em competições de arrancada vem a busca por melhorias no sistema de transmissão do veículo. Um dos componentes desse sistema é o diferencial, neste caso, busca-se substituir o diferencial original de um Gol ano 92 por um diferencial bloqueado feito sob medida para esta aplicação. Com essa mudança o veículo terá uma tração melhor tornando-o mais seguro e competitivo. Na competição de arrancada, há medições de tempo parciais de pista, são eles: tempo de reação, 60 pés, 100m, 201m e de 402m, caso a pista tenha essa metragem. Os resultados esperados nessa modificação de um dos componentes do sistema de transmissão são melhores tempos nas parciais de reação e 60 pés, estes por sua vez são valores importantíssimos para que em uma competição o veículo apresente tempos competitivos.

Palavras-chave: diferencial; bloqueio; arrancada.

Abstract

Seeking to optimize the traction system in drag race competitions comes the search for improvements in the vehicle's transmission system. The components of this system is the differential, in this case, it is sought to replace the original differential by a lock differential tailor made for this application. With this change the vehicle will have a better traction making it safer and more competitive. In drag race competition, there are partial track time measurements, they are: reaction time, 60 feet, 100m, 201m and 402m, if the track has this footage. The expected results in this modification of one of the components of the transmission system are better times in the reaction partitions and 60 feet, these in turn are very important values so that in a competition the vehicle presents competitive times.

Keywords: Differential; Lock; Drag Race

Lista de Ilustrações

Figura 2.1. Diferencial automotivo	4
Figura 2.2. Diferencial aberto	5
Figura 2.3. Diferencial autoblocante de embreagens	6
Figura 2.4. Diferencial autoblocante torsen	6
Figura 2.5. Diferencial soldado	8
Figura 2.6. – Bloqueio através de uma peça metálica	9
Figura 2.7 Gol 1992	10
Figura 2.8 Motor “milinove”	10
Figura 2.9 Competição de arrancada	12
Figura 3.1. Diferencial original do veículo	13
Figura 4.1. Diferencial projetado no solidworks	16
Figura 4.2. Vistas do diferencial	17
Figura 4.3. Elemento de fixação.	18
Figura 4.4. Análise estática de tensões	18
Figura 4.5. Deformação no eixo.	19

Lista de Tabelas

Tabela 2.1. Ficha técnica parcial do Gol 1992	11
Tabela 3.1. Dimensões do diferencial original	13

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.	7
AGMA - American Gear Manufacturers Association.	7
ISI - American Iron and Steel Institute.	7
CAD - Computer Aided-Design.	18
CBA - Confederação Brasileira de Automobilismo.	11
NASA - National Aeronautics and Space Administration.	11
NBR - Norma Brasileira.	7
SAE - Society of Automotive Engineers.	7

Sumário

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Aspectos Gerais	1
1.2. Justificativa	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo Geral	2
1.3.2. Objetivo <i>Específico</i>	3
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1. Diferencial aberto	5
2.2. Diferencial autoblocante	5
2.5. <i>A competição de arrancada</i>	11
3. MODELAGEM TEÓRICA	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
5. CONCLUSÃO	20
Referências	21
Anexo A -	23

1. INTRODUÇÃO

1.1. Aspectos Gerais.

Os mecanismos para transmissão de potência a partir de uma fonte, seja ela mecânica ou elétrica, é uma das atividades mais comuns. Alguns métodos são mais utilizados para esta tarefa como, por exemplo, por meio de acoplamentos mecânicos, engate direto de engrenagens, por correias e correntes. (BUDYNAS e NISBETT, 2016).

O projeto de um sistema para transmitir potência requer atenção ao dimensionamento de componentes individuais. Mas, nesse tipo de projeto os componentes funcionam de forma não independente, ou seja, necessitam de outros elementos para que exerçam sua função como uma engrenagem que necessita de um eixo para realizar sua função. Isto ocorre no dimensionamento de um eixo que transmitirá potência através de uma engrenagem em sua extremidade. É necessário que se conheça as forças aplicadas e, também, as forças que serão transmitidas através da engrenagem. (BUDYNAS e NISBETT, 2016).

Em automóveis há um sistema de transmissão de potência composto basicamente por motor embreagem, eixos de transmissão, conhecidos usualmente como marchas, diferencial, eixo de transmissão e roda. No diferencial, objeto de estudo deste trabalho, são utilizadas engrenagens para transmissão da potência.

As engrenagens são basicamente corpos cilíndricos com dentes que seguem um padrão e que sevem para transmitir movimento e força entre dois eixos ou até mesmo para variar a velocidade e sentido de rotação entre os mesmos. As engrenagens podem ser cilíndricas, cônicas ou do tipo cremalheira, sendo que podem possuir dentes retos ou helicoidais. (AUTELIANO ANTUNES, 2002).

O dimensionamento de um diferencial é necessário para controlar a forma como a potência é distribuída para as rodas e, também, para modificar a relação final de transmissão. Nos veículos automotores de competição de potência elevada é necessário que seja projetado visando o modo do uso severo do componente.

1.2. Justificativa

Nas competições de arrancada, todos os sistemas do carro são levados ao limite, de projeto dos materiais de fabricação, para que apresentem resultados que tornem o automóvel mais competitivo. E, dentro desse contexto técnico, um dos sistemas que tem influência nos resultados é o sistema de transmissão do veículo, pois este é responsável por transmitir a potência e torque gerados pelo motor para as rodas de maneira que esta seja utilizada da forma mais eficiente possível.

Há um problema que ocorre, com frequência, nas provas de arrancada, conhecidas também como drag race, onde competidores buscam aumentar a potência da unidade motora e não se preocupam, da mesma forma, com outros elementos importantes de um carro, dentre eles, o sistema de transmissão. Esta prática acaba prejudicando o desenvolvimento do carro na competição, porque o mesmo não transmite a potência de forma que o veículo tenha tração adequada e, de forma geral, ocorre a quebra dos componentes mecânicos, pois não são dimensionados conforme a potência e torque produzidos pelo motor do automóvel.

O projeto apresenta uma solução baseada em cálculos e simulações computacionais que possa suprir as necessidades dos veículos com especificações técnicas semelhantes ao utilizado para o estudo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é dimensionar um diferencial 100% bloqueado para um sistema de transmissão visando solucionar problemas do diferencial original de um veículo de competição que atenda às especificações do projeto. O trabalho apresenta o dimensionamento de um diferencial que fará parte do sistema de transmissão de um veículo Volkswagen Gol do ano de 1992, destinado às competições de arrancada.

1.3.2. Objetivo Específico

- Fazer revisão da literatura relativa ao trabalho proposto;
- Dimensionar o eixo diferencial do veículo Volkswagen, modelo Gol do ano de 1992;
- Simular computacionalmente o sistema diferencial;
- Apresentar resultados do novo sistema diferencial.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Apesar de ser um componente importante do sistema de transmissão o diferencial automotivo, demonstrado na Figura 2.1, é pouco conhecido pela maioria dos motoristas, este serve para fazer a compensação da velocidade entre as rodas de cada eixo de tração no instante em que o veículo se encontra em uma curva e também permite que a rotação seja transmitida de forma perpendicular ao eixo do motor. Ao contornar uma curva, o carro terá velocidades distintas nas rodas, a roda interna percorrerá uma distância menor que a externa, portanto, ela precisará de menos giros para percorrer a mesma curva, portanto sem o diferencial os carros não teriam estabilidade além de um desgaste excessivo dos pneus. (PEDRO GUERRA, 2015).



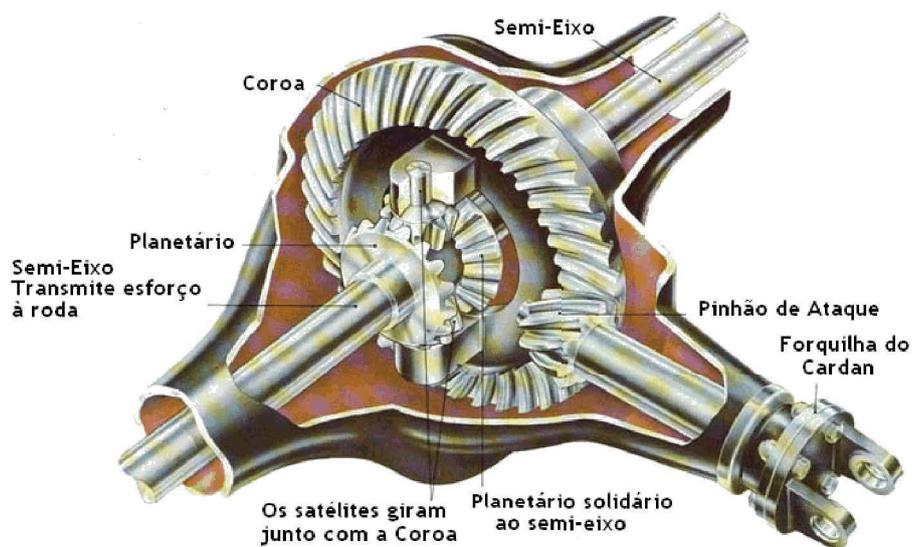
Figura 2.1 - Diferencial automotivo (Dr. Junge, 2011).

O mercado atualmente fornece alguns tipos de diferenciais que são de aplicações variadas. Os tipos mais conhecidos são: diferencial aberto, autoblocante.

2.1. Diferencial aberto

O diferencial aberto é o mais comum, utilizado na maioria dos veículos de passeio, este não tem nenhum tipo de bloqueio, ou seja, se uma das rodas perder tração, a mesma irá receber o dobro da potência e o veículo não irá recuperar a tração. Este é o seu maior problema para veículos de competição para arrancada, sendo desta forma inapropriado para projeto.

O diferencial aberto é constituído das engrenagens denominadas de coroa, planetárias e satélites. Este recebe a força gerada pelo moto através do pinhão e transmite para as rodas através dos semieixos, também conhecidos como tulipas. (Figura 2.2).



Figura

2.2 - Diferencial aberto (Silva, Clayton, 2010).

2.2. Diferencial autoblocante

O diferencial autoblocante de embreagens (Figura 2.3) é o mais comum entre os de deslizamento limitado. Neste, os seus componentes são os mesmos de um diferencial aberto, exceto pelas duas embreagens localizadas entre as engrenagens planetárias e a caixa

diferencial. Estas embreagens, uma de atrito e uma de aço são acopladas atrás das planetárias e no instante que uma das rodas perde tração a força axial somada à força da mola que se encontra entre as engrenagens planetárias faz com que o diferencial transmita maior torque para a roda que tem mais tração. (DIAS, 2015).



Figura 2.3 - Diferencial autoblocante de embreagens (<https://grassrootsmotorsports.com>, 2015)

Existe, também, o diferencial autoblocante do tipo Torsen (Figura 2.4) que funciona como um diferencial aberto até que uma das rodas perca aderência, quando ele por meio de um sistema mecânico de engrenagens helicoidais e parafuso sem fim que fazem a distribuição do torque de forma binária para as rodas. Um dos exemplos que temos é com uma relação 5:1 onde significa que ele consegue fornecer até 5 vezes mais torque para a roda que tem melhor aderência. (RICARDO BIRRENTO, 2008).

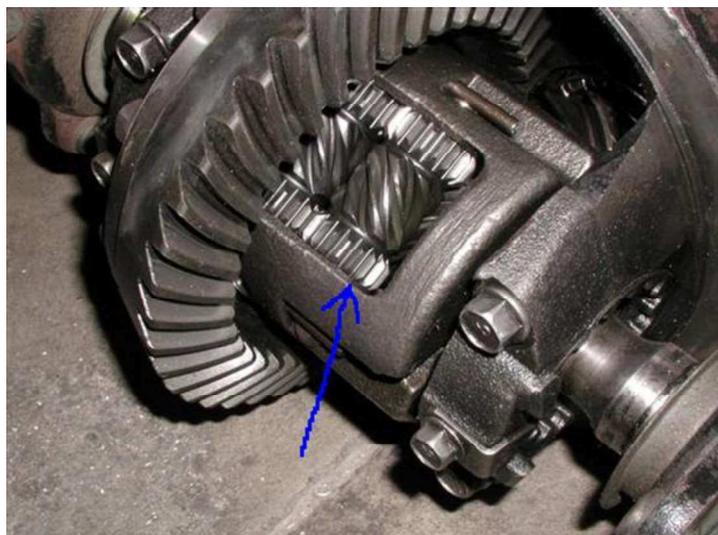


Figura 2.4 - Diferencial autoblocante Torsen (Lance Schall, 2010).

As montadoras investiram em projetos onde a caixa de marcha é mais compacta, onde tem como característica principal ter o diferencial e caixa de marcha no mesmo conjunto dispensando assim o eixo cardã como nos carros de motor dianteiro e tração traseira. A semi arvore é ligada ao diferencial do carro por meio de uma junta homocinética conectada à um flange na caixa de marchas e é responsável pela transmissão de potência do diferencial para as rodas. Todo esse cuidado para buscar um conjunto motriz mais compacto e eficiente.

O dimensionamento dos componentes que possuem sistemas de engrenagem, faz-se uso de normas técnicas brasileiras. A ABNT NBR 12603:1992 responsável pela geometria da suspensão de veículos rodoviários automotores – Terminologia. A norma ABNT NBR 15296:2005 que trata de veículos rodoviários automotores, peças e vocabulário e, por fim, das normas nacionais tem-se a ABNT NBR 15681:2009 – Veículos rodoviários automotores – Qualificação de mecânico de manutenção. E tem-se a norma SAE International (SAE) e American Gear Manufacturers Association (AGMA). No projeto que trata o respectivo trabalho em questão será utilizada a norma AGMA para o dimensionamento de engrenagens (BUDY NAS e NISBETT, 2016).

Os eixos também seguem normas padronizadas, principalmente aqueles que utilizam materiais AISI, sistema de classificação dos aços conforme à SAE e denotada como SAE-AISI. (ANTÔNIO CRUZ, 2016).

2.3. Diferencial 100% bloqueado.

Trata-se de um modelo especial de diferencial feito para aplicações específicas, este diferencial elimina totalmente a diferenciação das velocidades das rodas e isto traz ao veículo a característica de ter sempre a mesma potência e torque nas suas duas rodas. Tem como consequência a perda de estabilidade em curvas, por isso não é recomendado a utilização deste em carros que não são de competição

Por ser um modelo específico, este diferencial não é encontrado com facilidade no mercado de peças automotivas, por conta disto muitas equipes de preparação com orçamento limitado tentam encontrar maneiras de adaptar o diferencial original para que

consigam um bloqueio satisfatório, porém não são seguras e podem ocasionar quebras de componentes e perdas do sistema como um todo.

Uma das formas mais utilizadas para conseguir o bloqueio de um diferencial é através da soldagem das engrenagens internas, mostrado na Figura 2.5, feita de forma empírica sem um estudo prévio. Esta prática é muito comum, pois o projeto de um diferencial de deslizamento limitado ou até mesmo de um diferencial 100% bloqueado tem custo elevado.



Figura 2.5 – Diferencial soldado. (Flatout, 2017).

Outra forma de bloquear o diferencial é acrescentar uma peça que trave o sistema de engrenagens internas, mostrado na Figura 2.6, onde acrescenta-se uma peça fabricada também sem um projeto para que verifique se suportará as tensões as quais os componentes serão submetidos, logo, é uma forma insegura de travamento do diferencial.

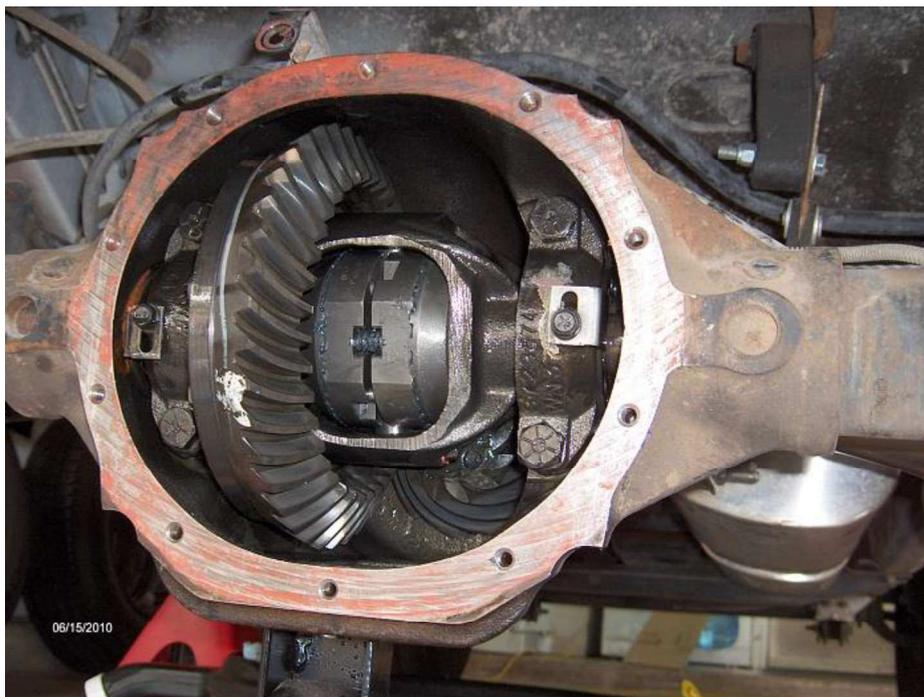


Figura 2.6 – Bloqueio através de uma peça metálica. (Opaleiros do Paraná, 2011).

Estas duas formas de bloquear o diferencial de um veículo são saídas encontradas para aqueles que optam por não iniciar um projeto do zero, levando em consideração as características do seu veículo de competição. Além de não ser totalmente confiáveis, estas saídas alternativas também acrescentam peso ao sistema de transmissão, aumentando a força necessária para mover todo o sistema.

2.4. Veículo utilizado.

O veículo que terá seu sistema de transmissão alterado através da substituição do diferencial é um Volkswagen Gol ano 1992 (Figura 2.7). Este veículo é muito utilizado no meio da arrancada por fatores como: ter baixo custo de aquisição, uma motorização que proporciona altos níveis de preparação e facilidade de encontrar componentes no mercado de peças de reposição.



Figura 2.7 – Gol 1992

Em sua configuração original o veículo possuía um motor de 1,8L, mas ao passar por uma preparação conhecida no meio como milinove que consiste na abertura dos cilindros do bloco e em seguida a troca dos pistões originais do motor por pistões com diâmetro maior, mostrado na Figura 2.8, fazendo com que este motor tenha aproximadamente 1,9L.



Figura 2.8 – Motor “milinove” (Leonardo Cortesini, 2014).

Após as modificações feitas no motor do Gol, obtivemos os dados apresentados na ficha técnica presente na Tabela 2.1

Tabela 2.1 – Ficha técnica parcial do Gol 1992

Motor	
Instalação	Dianteiro Longitudinal
Cilindrada	1.869cm ³
Disposição	4 cilindros em linha
Potencia	97 cv a 5200rpm
Torque	15,2 kgfm a 3200 rpm
Rotação Máxima	6300 rpm
Relação de marchas	
Primeira marcha	3,45 : 1
Segunda marcha	2,12 : 1
Terceira marcha	1,37 : 1
Quarta marcha	1,03 : 1
Quinta marcha	0,80 : 1

2.5. A competição de arrancada

Trata-se de uma competição automobilística na qual automóveis originais ou preparados percorrem um trajeto de 201 ou 402 metros em linha reta com o objetivo de completa-lo no menor tempo possível. No Brasil esta prova é regulamentada pela Confederação Brasileira de Automobilismo (CBA). Nas datas de provas oficiais, os carros passam por uma vistoria rigorosa que leva em consideração, principalmente, quesitos de segurança.

A pista da competição é tratada com VHT, originalmente um revestimento resistente a alta temperatura feito para a NASA pela empresa Sperex e, ao ser descoberto por pilotos de drag race, a empresa começou a produzir uma formulação específica para o esporte. O produto é aplicado em pista seca e aumenta a capacidade de tração dos carros.

A corrida acontece com 2 carros (Figura 2.6), de mesma categoria, alinhados por uma fotocélula e ao dar o sinal ambos saem e vende aquele que chegar à última fotocélula, localizada a 201 ou 402 metros da primeira, em menor espaço de tempo. No percurso são feitas as medições de 100m, 201m, de 402m e de reação.



Figura 2.9 - Competição de arrancada
(adaptado de Juliano, 2015).

3. MODELAGEM TEÓRICA

O projeto inicia-se com a com uma revisão bibliográfica, afim de buscar conhecimentos necessários para a execução do projeto. Em seguida, realizou-se uma de dados do componente original do veículo. Alguns fatores são limitantes ao projeto. Estes são: o eixo ter necessariamente 30mm de diâmetro interno para que seja possível o encaixe dos semieixos e 40mm externo para a devida fixação dos rolamentos, outro fator é o posicionamento e diâmetro dos furos da base para a engrenagem para que esta possa ser fixada.

O diferencial original (Figura3.1) tem as dimensões demonstradas no esboço na Tabela 3.1

Tabela 3.1 – Dimensões do diferencial original.

Dimensões do diferencial original	
Comprimento total	17,5 cm
Diâmetro interno do eixo	3,00 cm
Diâmetro externo do eixo	4,00 cm
Diâmetro da base da engrenagem	14,5 cm
Espessura da base da engrenagem	1,00 cm
Diâmetro dos furos para fixação da engrenagem	0,80 cm
Distância entre os rolamentos	9,00 cm
Distância do rolamento 1 até a base da engrenagem	1,50 cm
Distância do rolamento 2 até a base da engrenagem	7,50 cm



Figura 3.1 - Diferencial original do veículo.

Para o dimensionamento do eixo, utilizado no diferencial utiliza-se seguintes equações, encontradas no livro de elementos de maquinas do autor Sarkis Melconiam e

utilizando os dados da Tabela 3.1. temos os seguintes resultados:

Torque do motor após as relações de transmissão(it):

$$Mt = T_{motor} \times it \quad (3.1)$$

Nesta equação utiliza-se a relação de 3,45: 1, pois é nesta que se tem a relação de marcha com maior redução, portanto maior torque. Sabendo que o torque máximo do motor é de 152 N.m (Tabela 2.1) temos:

$$Mt = 152 \times 3,45 \quad (3.1.1)$$

$$Mt = 524 \text{ N.m} \quad (3.1.2)$$

Equação da força tangencial:

$$F_{ta} = \frac{2 \times Mt}{D_e} \quad (3.2)$$

Aplicando o valor da equação 3.1.2 e o diâmetro externo da engrenagem obtém-se:

$$F_{ta} = \frac{2 \times 524}{16} \quad (3.2.1)$$

$$F_{ta} = 6550 \text{ N} \quad (3.2.1)$$

Equação da força Radial:

$$F_r = F_t \times \tan \alpha \quad (3.3)$$

Para engrenamento de pinhão e coroa do tipo helicoidal usa-se $\alpha = 20^\circ$

$$F_r = 6550 \times \tan(20) \quad (3.3.1)$$

$$F_r = 14653,4 \text{ N} \quad (3.3.1)$$

Equação da força total:

$$F_t = F_{tan} + F_r \quad (3.4)$$

$$F_t = 21203,4 \text{ N} \quad (3.4.1)$$

Reações nos mancais de apoio:

$$\sum M_a = 0 \quad (3.5)$$

$$0,01 \times R_b = 21203,4 \times 0,02 \quad (3.5.1)$$

$$R_b = 42406,8 \text{ N} \quad (3.5.2)$$

$$\sum F_y = 0 \quad (3.5.3)$$

$$R_a = 21203,4 \text{ N} \quad (3.5.4)$$

Equação do momento da fletor:

$$M_f = F_t \times L \quad (3.6)$$

Sendo L igual a distância entre o centro do rolamento 1 e o centro da base da

engrenagem.

$$Mf = 21203,4 \times 0,02$$

(3.6.1)

$$Mf = 424,06 \text{ Nm} \quad (3.6.2)$$

Equação do momento ideal:

$$Mi = \sqrt{Mf^2 + \left(\frac{a}{2} \times Mt\right)^2} \quad (3.7)$$

$$Mi = 526,13 \text{ N.m} \quad (3.7.1)$$

O coeficiente de bach (a) é igual ao limite de resistência dividido pelo limite de escoamento, conforme dados da Tabela presente no Anexo A, este coeficiente para o aço SAE 1045 corresponde a 1,1886.

Equação do diâmetro mínimo do eixo:

$$d = 2,17 \times \sqrt[3]{\frac{b \times Mi}{\sigma_{adm}}} \quad (3.8)$$

$$d = 0,024\text{m ou } 2,4\text{cm} \quad (3.8.1)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após os cálculos feitos no Capítulo 3 encontrou-se que o diâmetro mínimo para o eixo diferencial é de 2,4 cm projetou-se o diferencial demonstrado nas Figuras 4.1, 4.2 utilizando um eixo cônico com que utilizará o aço 1045 para sua fabricação.

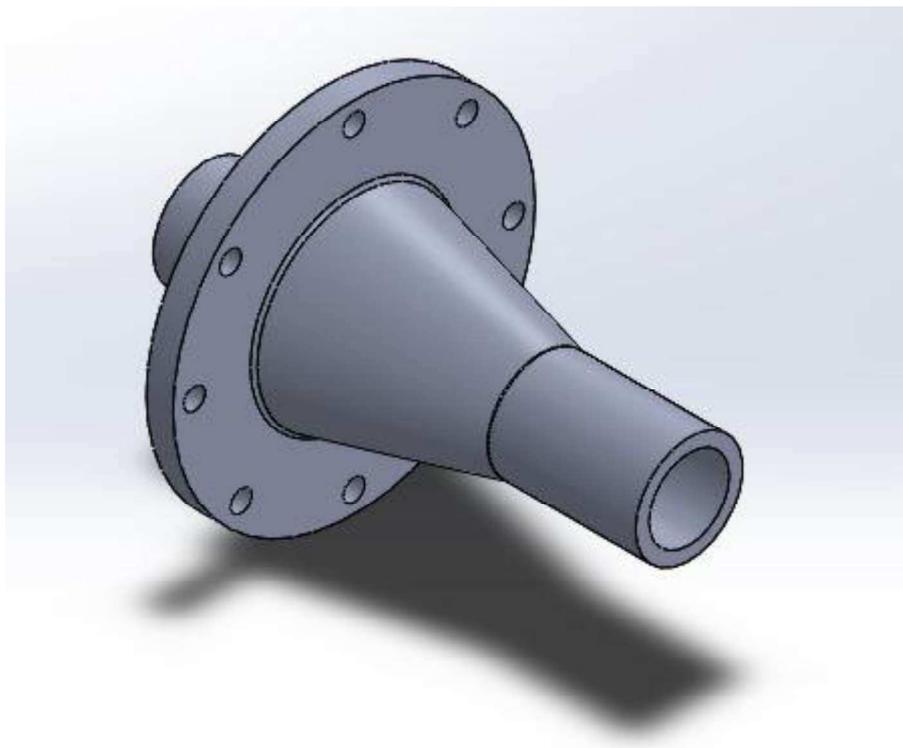


Figura 4.1 - Diferencial projetado no solidworks.

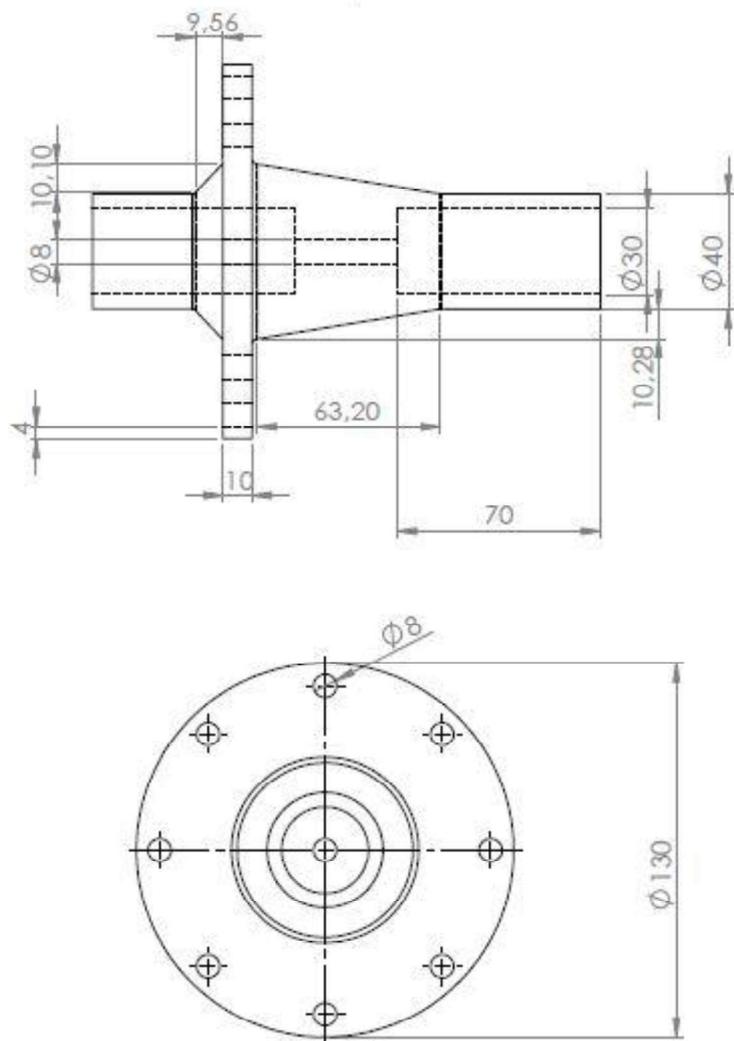


Figura 4.2 - Vistas do diferencial.

Esta geometria cônica, com o maior diâmetro de aproximadamente 6cm, foi escolhida para que seja possível uma melhor alocação dos rolamentos e para que o eixo tenha um diâmetro maior nos pontos onde o mesmo sofre uma maior tensão cisalhante. Essa geometria também possibilita que o diferencial tenha um peso menor e assim tornando o conjunto de transmissão mais leve.

Sabendo que a rotação máxima do motor é de 6300rpm e a relação na transmissão, 5ª marcha, de 0,8:1, a rotação máxima aplicada ao diferencial será de 7875 rpm, ou seja, 824,66 rad/s e que o torque máximo de 524N.m, levando em consideração a relação de transmissão da 1ª marcha de 3,45:1.

Para verificar a resistência do sólido a essa força centrífuga e ao torque máximo sólido será submetido a uma simulação estática no Solidworks utilizando como ponto de fixação o furo passante (Figura 4.3) que há internamente, pois este será o ponto que o diferencial será fixado nos semieixos.

Escolheu-se uma simulação estática, porque no instante em que o carro está parado pronto para partir é o ponto onde o diferencial recebe o torque máximo do motor tendo assim uma maior reação nos pontos fixos e levando-o a sofrer a maior tensão durante toda a corrida.

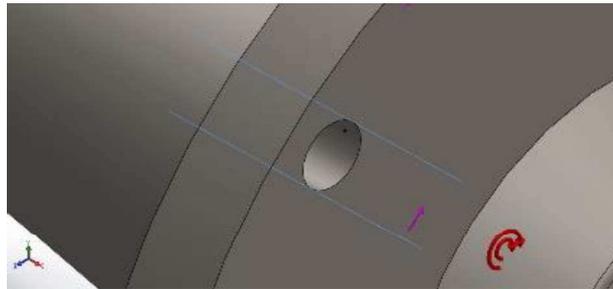


Figura 4.3 – Elemento de fixação.

Aplicando o torque máximo de 524N.m que o diferencial será submetido e, simultaneamente, aplicando a força centrífuga máxima de 824,66 rad/s obteve-se o resultado mostrado nas Figuras 4.4 e 4.5, o eixo sofre uma tensão máxima de 237,9 MPa e deformação máxima de $6,969 \times 10^{-2} \text{ mm}$. O aço SAE 1045 escolhido para o eixo tem um limite de escoamento, conforme tabela do Anexo A, de 530 MPa, logo este resistirá as tensões.

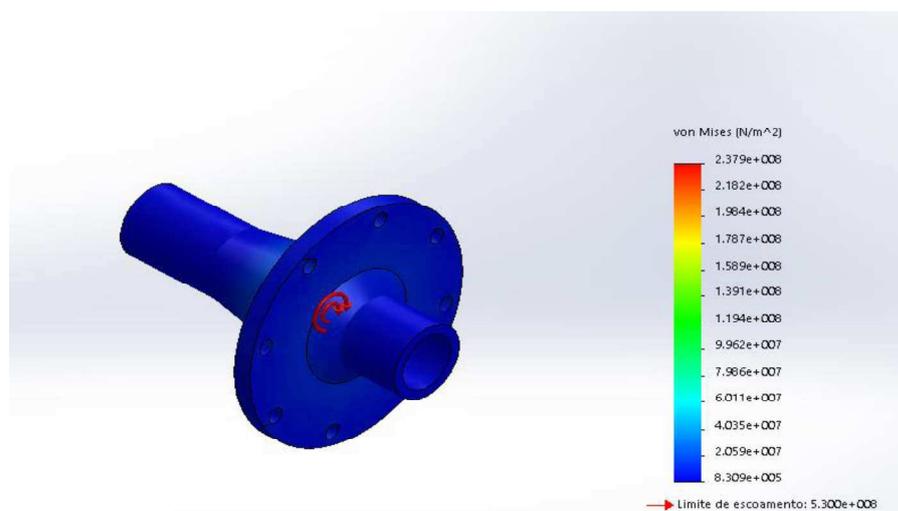


Figura 4.4 - Análise estática de tensões.

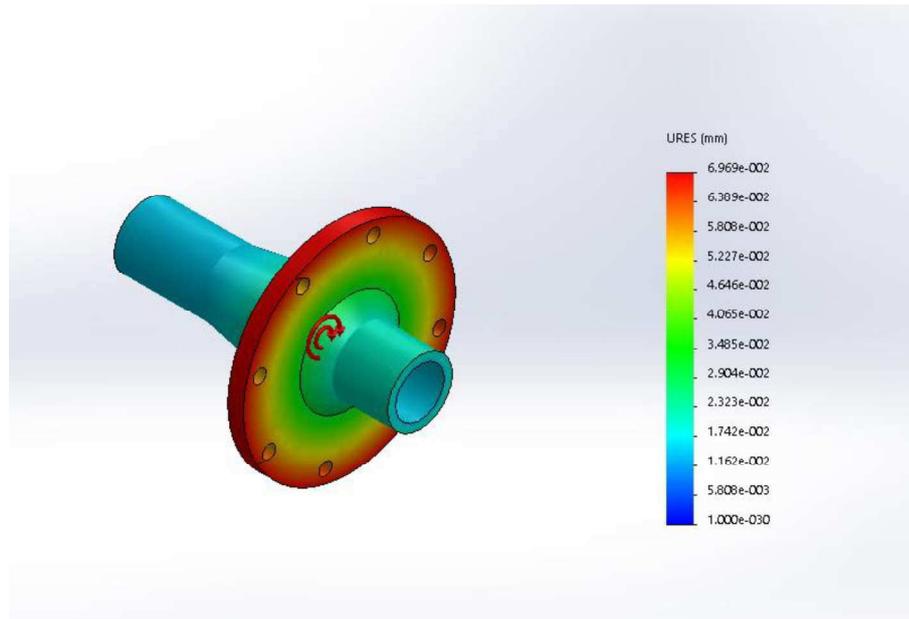


Figura 4.5 – Deformação no eixo.

A ferramenta Solidworks Simulation é utilizada o método de análise por elementos finitos para prever o comportamento físico de um sólido que, a partir de um modelo CAD, é testado virtualmente. Dentre as possibilidades de análises, é possível realizar análises estáticas, dinâmicas, não lineares (estática e dinâmica), entre outras. Este tipo de análise, em alguns casos, não é adicionado todas as condições de contorno para uma melhor resolução do problema. Isto ocorre por limitação do hardware da máquina onde está sendo realizada, pois quanto mais fatores são adicionados à simulação mais há uma necessidade de um maior processamento de dados.

Recomenda-se que além das simulações sejam realizados ensaios mecânicos destrutivos e não destrutivos no componente para que tenha certeza dos seus limites de resistência e assim aplica-lo com segurança.

5. CONCLUSÃO

O projeto teve seus objetivos alcançados, foi determinado o diâmetro do eixo, material a ser utilizado e as simulações foram realizadas. Em linhas gerais o desenvolvimento desse projeto proporcionou mais conhecimentos científicos sobre o tema.

O destaque do projeto é a utilização nas provas de arrancada, onde o mesmo pode melhorar o desempenho até mesmo de carros menos potentes com o Gol 1992 em questão. Tem como ponto negativo a diminuição da estabilidade do carro ao contornar curvas, mas esse não é o propósito do veículo que o mesmo será aplicado.

Para trabalhos futuros, dar continuidade e realizar a fabricação do diferencial, instalar um sistema de controle de tração baseado na utilização de sensores de rotação nos semieixos e interligados à uma injeção eletrônica programável, o redimensionamento da relação de transmissão.

Referências

ArcelorMittal “Guia do aço”.. Disponível em < <http://brasil.arcelormittal.com.br/pdf/quem-somos/guia-aco.pdf>> acessado em: 22 Nov, 2018

Antunes, Aureliano. “Apostila para o curso: EM 718 – Elementos de maquinas II”, 2002, Campinas.

Aparecido, Luiz “Federação Paranaense de arrancada”. 2016. Disponível em<<http://fpra.com.br/site/category/arrancada/page/2/>> acessado em: 14 nov, 2018

Budynas e Nisbett. “Elementos de máquinas de Shigley”, – 10. ed.– Porto Alegre: AMGH, 2016

Carros na Web “Volkswagen Gol GL 1.8 1992 - Ficha Técnica”. Disponível em< <https://www.carrosnaweb.com.br/fichadetalhe.asp?codigo=705> > acessado em: 22 Nov, 2018

Cortesini, Leonardo. “A remontagem do motor 1.9 turbo do Voyage de Leo Ceregatti”, 2014. Disponível em< <https://www.flatout.com.br/project-cars-94-remontagem-motor-1-9-turbo-voyage-de-leo-ceregatti/>> acessado em: 20 dez, 2018

Cortesini, Leonardo. “Project Cars #397: meu BMW 325i de drift está pronto – e andando de lado!”, 2017. Disponível em< <https://www.flatout.com.br/project-cars-397-meu-bmw-325i-de-drift-esta-pronto-e-andando-de-lado/>> acessado em: 20 dez, 2018.

Clavero, David “Diferencial Torsen [Garaje diariomotor]”. DIARIO MOTOR. 2013. Disponível em< <https://educacaoautomotiva.com/2015/10/29/como-funciona-o-diferencial/>> acessado em: 23 Ago, 2018.

Collins, J. A. “Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas – uma Perspectiva de Prevenção de Falha”, 2015, LTC, Rio de Janeiro.

Dias, Anderson. “Diferencial e arvores de transmissão automotivos”. CARROS IN FOCO. 2015. Disponível em<<http://www.carrosinfoco.com.br/carros/2015/12/diferencial-e-arvores-de-transmissao-automotivos>> acessado em: 15 Ago, 2018

Jorge, Ricardo. “Projecto de um sistema de transmissão de um veiculo de competição formula student”, 2008, Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciencias e tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.

Jose, Antonio. “Elementos de máquinas”. 02 Mar. 2008.

Melconiam, Sarkis. “Elemento de Máquinas”, – 1. ed. – São Paulo, Editora Érica Ltda. 2006.

Opaleiros do Paraná “Dúvida sobre diferencial”, 2018. Disponível em<<http://opaleirosdoparana.forumeiros.com/t33627-duvida-diferencial>> acessado em: 22 Nov, 2018

Pedro H. L. Guerra “Como funciona o diferencial”. EDUCAÇÃO AUTOMOTIVA. 2015. Disponível em< <https://educacaoautomotiva.com/2015/10/29/como-funciona-o-diferencial/>> acessado em: 17 Ago, 2018

Schall, Lance. “Differential Spotters Guide”. 2010. Disponível em<<https://www.miata.net/garage/diffguide/>> acessado em: 15 Set, 2018.

.

Anexo A - Tabela de propriedades mecânicas de barras de aço

1. Propriedades Mecânicas Estimadas de Barras de Aço Laminadas a Quente e Trefiladas

CONFORME SAE J 1397 MAI/92

SAE/AISI	Processamento	LR (MPa)	LE (MPa)	A (2")%	Z (%)	HB
1043	Laminado	570	310	16	40	163
	Trefilado	630	530	12	35	179
1044	Laminado	550	300	16	40	163
1045	Laminado	570	310	16	40	163
	Trefilado	630	530	12	35	179
1046	Laminado	590	320	15	40	170
	Trefilado	650	540	12	35	187
1049	Laminado	600	330	15	35	179
	Trefilado	670	560	10	30	197
1050	Laminado	620	340	15	35	179
	Trefilado	690	580	10	30	197
1055	Laminado	650	360	12	30	192
1060	Laminado	680	370	12	30	201
1064	Laminado	670	370	12	30	201
1065	Laminado	690	380	12	30	207
1070	Laminado	700	390	12	30	212
1074	Laminado	720	400	12	30	217
1078	Laminado	690	380	12	30	207
1080	Laminado	770	420	10	25	229
1084	Laminado	820	450	10	25	241
1085	Laminado	830	460	10	25	248
1086	Laminado	770	420	10	25	229
1090	Laminado	840	460	10	25	248