

PROJETO DE UMA CAIXA DE REDUÇÃO PARA UM MINI VEÍCULO OFF-ROAD

Wallyson Da Silva Fortunato¹; Carlos Henrique Santos Silva²; Dr. Marcos Paulo Gonçalves Pedroso³

1. Wallyson Da Silva Fortunato, Bolsista IFMG, Engenharia Mecânica, IFMG Campus Avançado Arcos, Arcos - MG; wallysonfortunato5@gmail.com
2. Carlos Henrique Santos Silva, Engenharia Mecânica, IFMG Campus Avançado Arcos, Arcos - MG
3. Orientador: Dr. Marcos Paulo Gonçalves Pedroso³, Campus Arcos; marcos_pedroso@ifmg.edu.br

RESUMO

Um BAJA SAE é um veículo off-road desenvolvido por equipes formadas por alunos de diversas universidades brasileiras, com intuito de aplicar os conhecimentos teóricos na construção do projeto. O presente trabalho acadêmico teve como objetivo projetar e dimensionar um sistema de redução por engrenagens, essencial para a movimentação do veículo e controle de torque e velocidade. Para concluir a finalidade de locomoção, seria necessário atingir uma certa redução de velocidades do motor. A rotação de entrada na caixa de redução é proveniente de um CVT, que é uma espécie de câmbio automático. Com a caixa composta por 4 (quatro) engrenagens, a redução necessária encontrada seria de uma relação de 3:1, utilizando duas engrenagens de 60 dentes e duas de 20 dentes de aço SAE 1020. A fim de evitar falhas por fadiga nos eixos foi feita análises das forças atuantes nos mesmos, empregando todas as dimensões e superfícies diferentes, onde foi possível encontrar o diâmetro ideal do eixo de 20 mm, onde deverá ser confeccionado em aço SAE 1040. O dimensionamento dos componentes ao final do projeto se mostrou satisfatório, dentro dos limites de segurança e confiabilidade. Sendo assim, a metodologia criada foi eficiente e eficaz, pois correspondeu com o que fora proposto no escopo inicial do projeto.

INTRODUÇÃO:

Os primeiros relatos escritos sobre engrenagens, foram feitos no século 4 a.c. por Aristóteles, onde ele mencionou elementos como parafuso sem-fim e coroa, em suas escrituras. Porém há estudos que comprovam a existência de mecanismos de madeira utilizados pela humanidade por volta de 1000 a.c., como engenharia das primeiras civilizações.

Seguindo a cronologia da história na idade média, as engrenagens eram utilizadas em moinhos, sistemas de ancoragem de navios e etc. Em todos os segmentos as engrenagens eram utilizadas como redutoras de velocidade e ampliadoras de torque.

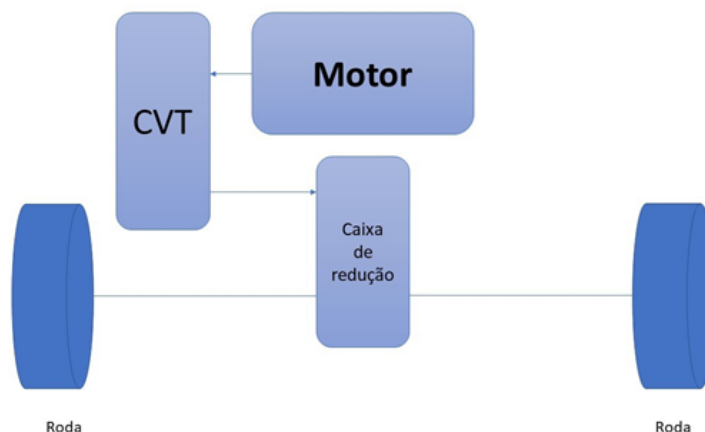
Já no século XV, Leonardo da Vinci em seus projetos sugeriu em seus esboços o uso mais amplo das engrenagens em máquinas. Em seus esboços apresentavam engrenagens cilíndricas, cônicas e de rosca sem fim, o que contribuiu com a inovação destes elementos mecânicos de forma a serem utilizados até os dias atuais, principalmente em automóveis e máquinas no geral (IBR REDUTORES, 2014).

Os veículos off-Road, como no caso do mini baja que está sendo confeccionado no IFMG Campus Arcos, necessita de uma caixa de redução composta por engrenagens e eixos dimensionados de forma a fornecer junto ao câmbio uma redução da velocidade gerada pelo motor, aumentando o torque nas rodas motrizes, garantindo a eficácia em terrenos acidentados e com obstáculos.

METODOLOGIA:

O sistema de transmissão do veículo Baja é composto por um câmbio variável do tipo CVT, uma caixa de redução por engrenagens, eixos que ligam o sistema e um motor responsável por toda a potência necessária para mover o veículo. A figura 1 mostra como o sistema se comporta desde o motor até as rodas.

Figura 1 – Sistema de transmissão



Modelagem 3D

O desenho tridimensional das engrenagens e eixos do sistemas foram realizadas através do *software SolidWorks*. Sua realização ajuda na compreensão do projeto, e no suporte para posteriores simulações computacionais, fundamentais para adequação do dimensionamento. A figura 2 mostra o eixo primário da caixa de redução, eixo que tem ligação direta no motor, e a engrenagem motora da caixa.

Figura 2 – Eixo primário e engrenagem motora



Fonte: Próprios autores

É necessário, também, a execução da modelagem 3D dos demais eixos e engrenagens. O eixo central é responsável por aumentar o torque e diminuir a velocidade angular. O eixo final é responsável por aumentar ainda mais o torque. A figura 3 mostra como o eixo central e o acoplamento de suas engrenagens.

Figura 3 – Eixo central e engrenagens movidas

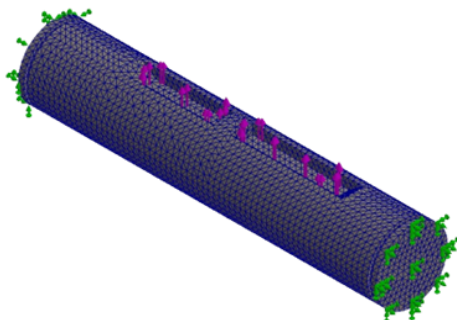


Fonte: Próprios autores

Simulações computacionais

O eixo central foi avaliado através de simulação computacional no *software solidWorks*, devido aos detalhes em sua geometria, que poderiam ocasionar danos durante o funcionamento do conjunto. A figura 4 mostra a simulação com os esforços atuantes no eixo.

Figura 4 – Análise dos esforços.



Fonte: Os próprios autores.

Após as análises foi possível analisar o impacto dos esforços no material, além de possíveis efeitos de torção, contudo, os resultados apresentados foram satisfatórios perante aos esforços calculados, o que permite o avanço do projeto para o dimensionamento dos próximos componentes desse sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Para a uma relação de transmissão de 3:1, foi escolhido um conjunto de engrenagens apresentado na tabela, onde o sistema de redução é composto por 4 engrenagens, sendo suas dimensões representadas na tabela abaixo:

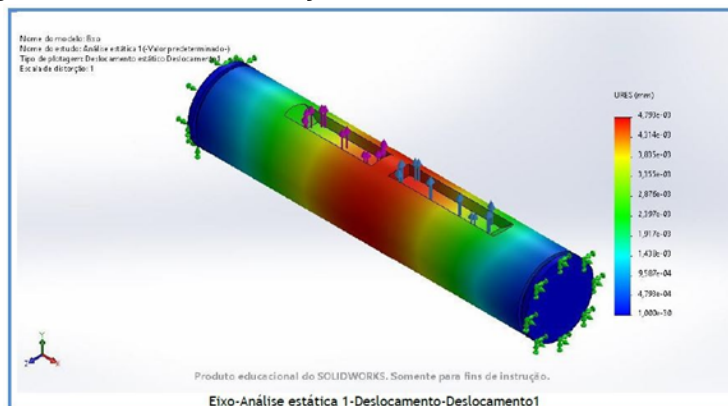
Tabela 2 – Engrenagens do sistema de redução

<u>Engrenagens</u>	<u>Número de dentes</u>	<u>Diâmetro primitivo (mm)</u>
1	60	150
2	20	50
3	60	150
4	20	50

Fonte: ATIBRASIL, 2016.

Após conhecer as relações de transmissão e os componentes envolvidos neste sistema, iniciou-se os cálculos do eixo. Para um primeiro momento foram estabelecidas algumas medidas em relação ao comprimento do eixo, e ao seu diâmetro, estas medidas foram utilizadas para verificar as forças atuantes no eixo (Figura 5) e as relações de apoio. Dimensionando a partir dos dados selecionados, obteve-se que o diâmetro do eixo seria de 20 mm.

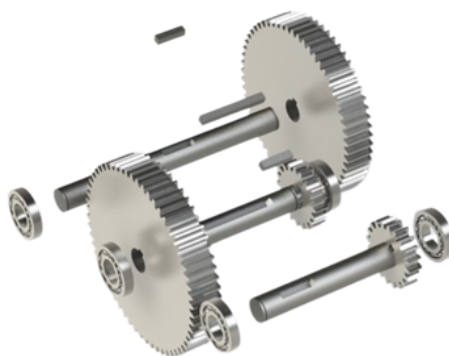
Figura 5 – Análise dos esforços, tensão e deslocamento.



Fonte: Os próprios autores.

Conhecendo os componentes internos da caixa de redução, e os diâmetros dos três eixos, foi possível modelar estes componentes, para uma melhor visualização do conjunto em uma vista explodida na figura 6.

Figura 6 – Vista explodida do conjunto.



Fonte: Os próprios autores.

Com a montagem de todos equipamentos da caixa de redução montados, é possível desenvolver uma carcaça para apoio e proteção das peças seguindo a figura 7.

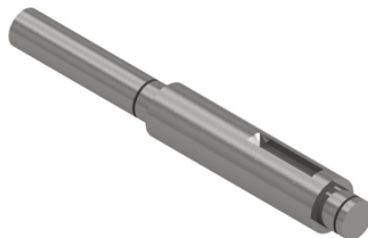
Figura 7 – Carcaça caixa de redução.



Fonte: Próprios autores

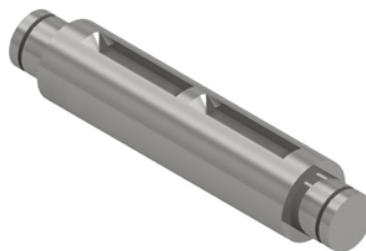
Eixos com diâmetros corretos

Figura 8 – Eixo de ligação CVT - Caixa redução



Fonte: Próprios autores

Figura 9 – Eixo central da caixa de redução



Fonte: Próprios autores

Figura 10 – Eixo de saída da redução para as rodas

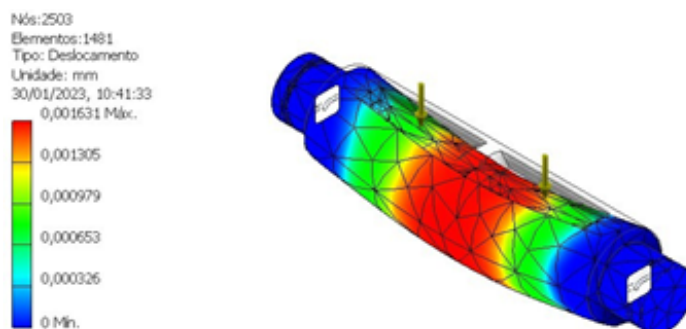


Fonte: Próprios autores

Simulações dos esforços nos eixos

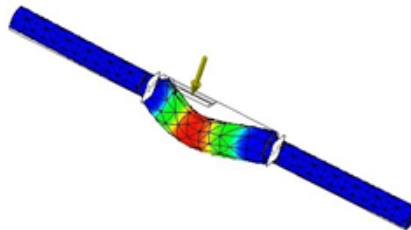
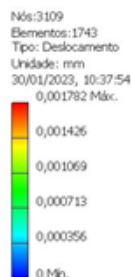
As figuras 11 e 12 representam os ensaios de flexão realizados. Esses ensaios são cruciais para avaliar a capacidade de um material ou estrutura em resistir à flexão, ou seja, à aplicação de forças que tendem a curvar o objeto. Através da análise das curvas de carga e deformação registradas é possível determinar as propriedades mecânicas do material, como sua resistência à flexão, módulo de elasticidade e ponto de ruptura, fornecendo informações essenciais para o projeto.

Figura 11 – Simulação no eixo de ligação



Fonte: Próprios autores

Figura 12 – Simulação no eixo central



Fonte: Próprios autores

CONCLUSÕES:

Em conclusão, o projeto de uma caixa de redução para um mini veículo off-road é de extrema importância para garantir um desempenho eficiente e durabilidade durante as provas ou percurso off-road. Devido às condições adversas e desafiadoras do ambiente, a caixa de redução precisa ser projetada com cuidado e atenção aos detalhes para suportar essas condições.

O estudo do projeto até o momento tem apresentado resultados satisfatórios, o que é um indicativo positivo para a continuidade do projeto. Com os recursos financeiros disponibilizados pelo IFMG, a próxima etapa será a aquisição das chapas de metal (aço carbono SAE1020) para a construção da caixa física onde as engrenagens e eixos serão acoplados. Espera-se que esta etapa apresenta eficiência e qualidade para a garantia de um resultado final satisfatório.

Apesar das adversidades e atrasos na realização deste projeto, a equipe em questão está finalizando a confecção do mini veículo, e o projeto da caixa de redução será de suma importância para finalizar este projeto.

Em síntese, projetos desse tipo envolvem muitos desafios e exigem uma boa dose de planejamento, conhecimento técnico e trabalho em equipe. Contudo, com dedicação e atenção aos detalhes, é possível superar esses desafios e obter resultados positivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ATIBRASIL. **COMPONENTES PARA TRANSMISSÃO.** 2016. Disponível em: <<https://www.atibrasil.com.br/img/cms/Catalogos/CATC381LOGOCOMPONENTESPARATRANSMISSAO-OUT-2017.pdf>>.

CHILDS, P. R. **Mechanical Design Engineering Handbook.** [S.I.]: Elsevier Ltd, 2014.

CHIODELLI, R. **Dimensionamento de componentes de transmissão para um protótipo Baja SAE.** 2021. Disponível em: <http://fahor.edu.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Mecanica/2012/Ronan_Toledo_Chiodelli.pdf>

CIPOLLA, G. **Desenvolvimento de caixa de redução para veículo Baja SAE.** 2015. Disponível em: <<https://mail.google.com/mail/u/0/#search/marcos/FMfcgzGpGwISMhZclsxLvrthmKgfnZTI?projector=1&messagePartId=0.3>>

COURA, I. L. **DIMENSIONAMENTO DE UMA CAIXA DE REDUÇÃO FIXA PARA EQUIPE SAMABAJA.** 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/1884/.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

DIGITAL, A. **Qual a diferença entre o câmbio automático, o manual e o CVT?** 2022. Disponível em: <<https://www.zuldigital.com.br/blog/diferenca-cambio-automatico-manual-cvt/>>. Acesso em: 08 de agosto de 2022.

GILLESPIE, T. D. **Fundamentals Of Vehicle Dynamics.** SAE International, 1992. Disponível em: <<https://doceru.com/doc/ecxevx>>.

IBR, R. **Conheça um pouco mais sobre as engrenagens.** 2014. Disponível em: <<https://www.redutoresibr.com.br/noticia/conheca-um-pouco-mais-sobre-as-engrenagens.>>