



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
TECNOLOGICAS
ENGENHARIA MECÂNICA

RAFAEL ALENCAR

CONSTRUÇÃO DE UM VEICULO OFF-ROAD

MOSSORÓ-RN
2018

RAFAEL ALENCAR

CONSTRUÇÃO DE UM VEICULO OFF-ROAD

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Departamento de Ciências Ambientais e
Tecnológicas para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica

Orientador: Profo. MSc. Zoroastro Torres
Villar – UFERSA

MOSSORÓ
2018

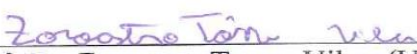
RAFAEL ALENCAR

CONSTRUÇÃO DE UM VEICULO OFF-ROAD

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Departamento de Ciências Ambientais e
Tecnológicas para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica

Aprovada em 19/04/2018

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Zoroastro Torres Vilar. (UFERSA)
Presidente


Prof. Dr. Fabricio José Nobrega Cavalcante. (UFERSA)
Membro Examinador


Me. Ramon Rudá Brito Medeiros (UFC)
Membro Examinador

*“Experiência não é o que acontece com o homem;
É o que o homem faz com o que lhe acontece.”*

Audous Hulex

RESUMO

O trabalho propõe uma metodologia de projeto para pesquisa e desenvolvimento de um veículo de pequeno porte agrícola, para realizar trabalho no campo, de forma que sua os custos viabilizem sua construção. Sendo assim, serão apresentados os procedimentos que englobam desde a criação inicial do protótipo em software CAD3D até desenvolvimento da fabricação. Contudo será explanado planilhas de custos além de um plano econômico de viabilização. Seguindo essa ideia, o projeto de construção do veículo ATV deve atender as necessidades de utilização no transporte de materiais e insumos no campo, devendo unir como qualidade, força e resistência mecânica. Alguns conceitos de Elementos de Máquinas, Resistência dos Materiais, Tecnologia da Soldagem e Processos de Fabricação também serão explorados aqui, além do auxílio de softwares de design computacional em 2D e 3D para a criação do desenho da ferramenta e suas devidas análises de simulações.

ABSTRACT

The present work intends to propose a project methodology for the research and development of a small agricultural vehicle, to carry out work in the field, so that its costs make feasible its construction. Therefore, the procedures will be presented, from the initial creation of the prototype in CAD3D software to the development of the manufacturing process. However, spreadsheets will be explained in addition to a large-scale economic plan for sale to farmers and public Off Road. Following this idea, the construction project of the ATV vehicle must meet the needs of use in the transportation of materials and inputs in the field, and must unite as quality, strength and mechanical resistance. Some concepts of Machine Elements, Resistance of Materials, Welding Technology and Manufacturing Processes will also be explored here, as well as the aid of 2D and 3D computer design software for the design of the tool and its due analysis of simulations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo Fourtraxx quadriciclo fabricado pela Honda

Figura 2 – Polaris Ranger 800 Crew

Figura 3 – Modelo Raptor 700R fabricado pela Yamaha

Figura 4 – Uso de quadriciclo para atividades agrícolas

Figura 5 – Uso de quadriciclo para atividades agrícolas

Figura 6 – Uso de quadriciclo para atividades

Figura 7 – Valores disponíveis para equipamentos de trabalho agrícola

Figura 8 – Honda CBX STRADA

Figura 9- Motor Honda CBX 250 Twister

Figura 10 – Imagem ilustrativa de suspensão duplo A

Figura 10.1 – Estrutura final de suspensão soldada e acoplada ao chassi

Figura 11 – Simulação de forças trativas na suspensão

Figura 12 – Amortecedor dianteiro

Figura 13 – Representação de ângulo de cambagem

Figura 14 – Corrente utilizada

Figura 15 – Diagrama de momento torsor no eixo

Figura16: Especificações do aço 1020

Figura 17: Representação de tensão máxima atuante no eixo

Figura 18: Representação de deslocamento no eixo

Figura 19: Representação do fator de segurança

Figura 20: Eixo usinado usado no projeto

Figura 21: Maquinas de solda MIG e Revestido utilizada no projeto

Figura 22: Dobradeira de Tubos

Figura 23: Chassi original da CBX STRADA

Figura 24: Modelagem do desenho proposto para o projeto

Figura 25: Construção do desenho proposto para o projeto

Figura 26: Desenho de estrutura desenvolvido no Autodesk Inventor 2015

Figura 27: Direcionamento das cargas aplicada à estrutura

Figura 28: Representação de tensão máxima no chassi

Figura 29: Representação em cores dos ponto criticos mais afetados pela deformação

Figura 30: Representação do movimento de flexão do material

Figura 31: Geometria de Ackermann

Figura 32: Representação explodida do sistema de freios a disco

Figura 33: Comparação de kit revisão Tornado/Fourtraxx

Figura 34: Gabarito plotado para fabricação de peça.

Figura 35: comparação de preços no mercado para quadriciclos 250cc

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Ficha Tecnica- Motor CBX 250cc

Tabela 2- Tabela de referencia aos valores dos componentes utilizados no projeto

LISTA DE SIMBOLOS E SIGLAS

S_y - Resistência ao escoamento

S_u - Resistência à tração

σ - Tensão normal

τ - Tensão de cisalhamento

σ_{all} - Tensão normal admissível

τ_{all} - Tensão de cisalhamento admissível

F - Força

Σ - Somatório

W_d - Cargas mortas

W_t - Cargas vivas

K - Fator de serviço

Fl - Forças de impactos e carregamentos dinâmicos

F_w - Carga de vento

F_{misc} - Carga para condições regionais

nd - Fator de projeto

ndúctil - Coeficiente global de segurança para materiais dúcteis

nfrágil - Coeficiente global de segurança para materiais frágeis

M_p - Momento plástico

σ_y - Limite de escoamento do material

τ_f - Limite de cisalhamento

A - Área da seção transversal do tubo

ȳ - Distância da linha neutra até o centroide dos semicírculos superior e inferior

F_a - Força no ponto A

T - Torque

R_t - Relação de transmissão

F_b - Força no ponto B

F_c - Força no ponto C

m - Massa

a - Aceleração

SAE - Society of Automotive Engineers

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo geral.....	2
2.2 Objetivos específicos	2
3. METODOLOGIA	
3.1 Suspensão.....	8
3.2 Análise de Rigidez	10
3.3 Amortecedores.....	13
3.4 Pontas de Eixo.....	15
3.5 Transmissão.....	17
3.6 Eixo de transmissão	19
3.6.1 Análise de elementos finitos.....	20
3.7 Chassi.....	21
3.8 Direção.....	22
3.9 Freios	23
18 PLANILHA DE CUSTO.....	24
19 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
20 REFERÊNCIAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

O crescimento gradativo da população, e o consumo de alimentos e insumos produzidos no campo, gera cada vez mais a necessidade de novas tecnologias, que surgem para auxiliar e descomplicar a vida de quem vive no meio rural. O investimento e a procura do desenvolvimento das atividades realizadas no campo tem motivado interesses crescentes por formas de otimizar e reduzir custos de maneira sustentável. O manejo do plantio assim como outras tarefas de transporte no campo, agregam cada vez mais valores de custo ao produto final cultivado no campo, não só relacionado ao gasto de movimento, mas também de aquisição do transporte. Por esse motivo tem se buscado obter sempre o melhor custo-benefício no que se diz a aquisição de maquinário para uso no transporte e trabalho de insumos rurais.

Atualmente pouco se vê o uso de animais no campo como antes, devido a mecanização do trabalho no campo. O agricultor rural quase sempre necessita realizar compra de um Veículo Todo-Terreno/All-Terrain (ATV), como tratores, quadriciclos, camionetes ou caminhões para atender o lote de produção das suas terras. Porém esses modelos de transporte nem sempre podem ser adquiridos devido ao seu custo inicial de compra e manutenção. Sendo assim esse projeto tem por objetivo, aplicar conceitos da engenharia mecânica para propor um veículo de pequeno porte com quatro rodas (quadriciclo), que possa aliar flexibilidade, robustez, baixo custo e baixa manutenção para o uso acessível de pequenos e médios agricultores.

O bom dimensionamento veicular para uso no campo deve ser considerado e levado em conta devido a alguns fatores que envolvem o trabalho rural, esses fatores nos leva a escolher um veículo leve, pequeno, com ótima manobrabilidade e alta flutuação (não agredindo o solo).

Essa máquina deve ser projetada para ser utilizada em áreas de reflorestamentos, lavouras, aplicação de defensivos agrícolas, colheitas, gerenciamento de fazendas e animais, minimizando assim o tempo e custos em relação ao cavalo, trator e até mesmo a caminhonete.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estudar e aplicar metodologia de projetos já existentes para desenvolver um transporte Off-Road viabilizando seu custo. O projeto conceitual deve contar com o auxílio de um software para desenhos 2D e 3D, análises computacionais e ferramentas da engenharia como fórmulas, tabelas e catálogos.

2.2 Objetivos Específicos

- Coletar informações a cerca do projeto
- Simular todas as etapas
- Validar o trabalho
- Construir e aplicar metodologias

3. METODOLOGIA

É possível dividir as etapas para a elaboração da metodologia de projeto em projeto informacional, na qual são definidas as especificações do produto que iram guiar as etapas seguintes. Nessa fase também são definidos os problemas envolvidos, feitas pesquisas relacionadas ao assunto buscando informações necessárias para o desenvolvimento do projeto, feitas pesquisas de mercado e de leis vigentes.

As especificações definidas no projeto informacional servem como suporte para a próxima, o projeto conceitual. Depois de ter a necessidade detectada e bem esclarecida, é o momento de descrever o produto com as concepções adequadas que atendam da melhor maneira a necessidade em questão.

Ao definir as concepções do projeto pode-se dar início ao projeto detalhado, onde serão escolhidos os leiautes definitivos e as disposições, formas, dimensões e tolerâncias de todos os componentes que serão trabalhados.

Portanto a proposta desse projeto é adaptar uma motocicleta convencional em um quadriciclo. Nossa motivação parte da obtenção de um produto final mais barato, de mecânica mais simples consequentemente manutenção mais em conta, quando comparado aos modelos tradicionais vendidos no mercado. Porém sua funcionalidade deve atender os mesmos requisitos de robustez, segurança e conforto.

3.1 Moto

Do ponto de vista inicial, avaliou-se qual melhor modelo associado ao menor custo que se encaixaria melhor nas modificações propostas pelo projeto. Definido alguns parâmetros iniciais como: peso e resistência do chassi, dimensões, preço e disponibilidade no mercado, escolheu-se a moto Honda CBX strada.

Figura 8 – Honda CBX STRADA



Fonte: autos e carros

Tabela 1- Ficha Técnica- Motor CBX

Motor	
Tipo de motor	4 tempos, 1 cilindro, disposição vertical, 4 válvulas por cilindro, DOHC, cárter úmido
Refrigeração	a ar com radiador de óleo
Capacidade cúbica	249 cm³
Diâmetro x Curso	73 mm x 59,5 mm
Taxa de compressão	9,3:1
Potência máxima	24 cv a 8.000 RPM
Torque máximo	2,48 kgf.m a 6.000 RPM
Marcha lenta	1.500RPM +/- 100
Capacidade de óleo (sem troca de filtro)	1,5 litros
Capacidade de óleo (com troca de filtro)	1,6 litros

Combustível	
Alimentação	Carburador
Diâmetro do carburador	30,1mm
Combustível	Gasolina
Tanque de combustível (incluindo reserva)	16,5 litros
Reserva de combustível	2,5 litros
Eletrônica	
Ignição	CDI
Partida	Elétrica
Bateria	12V 6Ah selada
Farois	35/35W H4 x 1
Transmissão	
Embreagem	Multidisco banhada a óleo
Câmbio	Manual sequencial de 6 velocidades
Redução final	37/13
Transmissão final	Por corrente
Quantidade de elos da corrente	106 elos
Passo da corrente	520

Fonte: fichatecnica.motosblog.com

3.2 Suspensão

Conhecida como suspensão duplo A, ela consiste em um par de bandejas com fixação nas extremidades (duas no chassi e uma na roda) e uma ou duas molas no centro que é ligada da bandeja inferior para o chassi. Esse tipo de suspensão possibilitou maior amplitude do movimento transversal que resultou na redução de vibrações e do balanço da carroceria. (*ATV Rider*)

Figura 10 – Imagem ilustrativa de suspensão duplo A



Fonte: Ebah.com

Na suspensão dianteira foi se utilizada um par de bandejas inferiores (Dimensões), que foi modificada para receber duplo amortecedor através de um alongador que fixa sua parte inferior. Na parte superior usou-se um braço usinado mais leve com furo rosqueado central para engate do pivô.(Ver vnexo de usinagem)

Figura 10.1 – Estrutura final de suspensão soldada e acoplada ao chassi



3.3 Análise de Rigidez

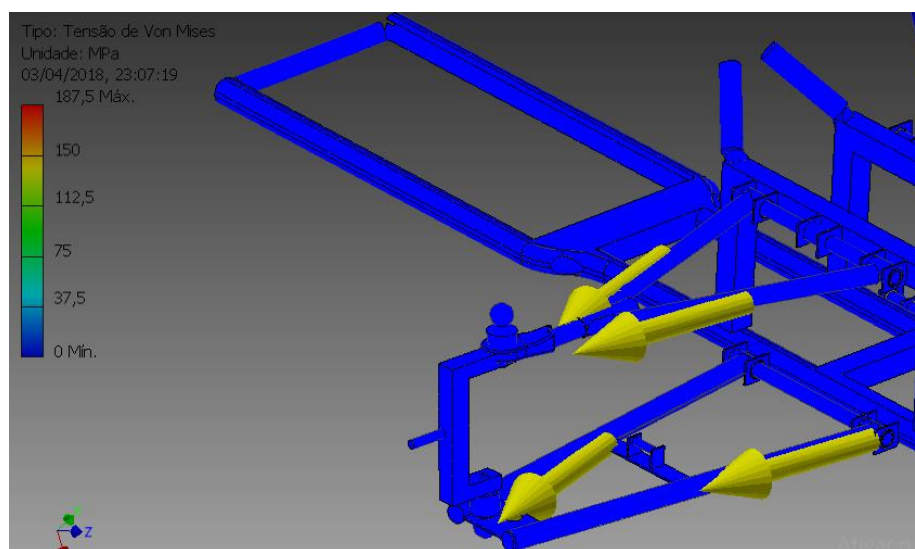
Uma análise de elementos finitos foi realizado na suspensão para se obter os valores de tensão máxima do projeto, assim como outros parâmetros de deslocamento e fator de segurança. Tal projeto tem a finalidade de se saber realmente se o método utilizado na fabricação e a escolha do material ira suportar os esforços submetidos na peça durante seu uso.

Para aplicação de forças nos braços de suspensão levou-se em conta o peso do motor 40kg, peso de uma pessoa de 100 kg e o peso da estrutura de 20 kg, onde a partir do centroide calculou-se a força equivalente em cada braço. Usando a lei de Newton

$$F = m . a$$

Estimando a pior situação, na qual todo o peso do veículo estaria distribuído apenas na suspensão dianteira, aplicamos as devidas cargas no software e analisamos seu comportamento estático.

Figura 11 – Simulação de forças trativas na suspensão



Fonte: Análise de elementos finitos realizada no Autodesk Inventor 2015

Desse modo obtendo os dados de tensão máxima igual a 187Mpa, podemos nos certificar que a estrutura deve suportar os esforços requeridos de forma segura. Isto é, quando as tensões produzidas por tensões aplicadas estão abaixo dos limites de tensão

(de tração e compressão ou fadiga) que o material é capaz de suportar, tendo em conta a prática habitual na técnica, um fator de segurança N_f adequado.

$$N_f = \frac{\text{limite de escoamento } (S_y)}{\text{tensão máxima}}$$

O limite de escoamento do aço SAE 1020 é 350Mpa, portanto N_f ficou estimado em 1,87 e a partir daí concluímos que a estrutura tem boa confiabilidade estática.

$$N_f = \frac{350Mpa}{187Mpa} = 1,81$$

Na suspensão traseira se usou garfo traseiro de honda sahara na qual foi acoplada por eixo aparafusado no chassi. Para acoplamento ao eixo de transmissão usou-se um conjunto de 2 flanges e 2 rolamentos, com sistema de amortecimento único central com alongador.

Para a essa peça não realizou-se análise de estrutura, pois as condições de uso para as quais foram fabricadas são idênticas para o atual projeto.

3.4 Amortecedores

O amortecedor dianteiro usando na suspensão foi os mesmos amortecedores traseiros usados na moto de projeto. O conjunto de suspensão conta com dois pares de amortecedores, com molas de aço, um par a direita outro par a esquerda da suspensão.

Figura 12 – Amortecedor dianteiro



Fonte: WikiPeças

No conjunto de amortecimento traseiro foi usado amortecedor com mola de aço de diâmetro estendido honda sahara, com fixação na extremidade superior ligadas ao chassi e inferior no garfo traseiro conectado a um alongador de suspensão.

Figura 13 – Amortecedor traseiro



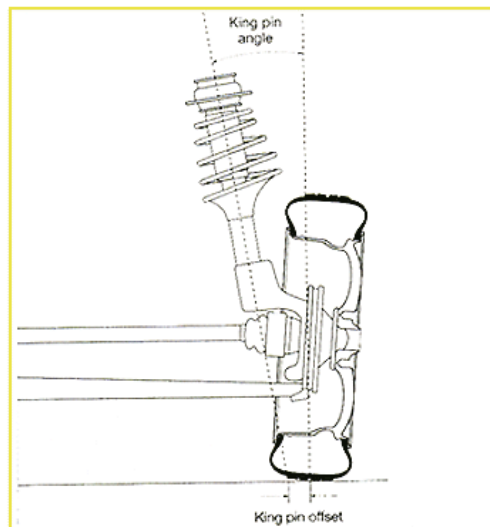
Fonte: Autoria propria

3.5 Pontas de Eixo

As pontas de eixos foram projetadas para que as rodas não se abrissem ao serem movimentadas o curso de suspensão, esse processo foi possível a partir do método utilizado por Ackerman que introduziu a instalação do eixo fixo nas rodas com mangas articuladas com quatro pontos de apoio.

Medido em graus, a inclinação do pino mestre é o ângulo entre a linha de centro do pino mestre e a linha de centro da roda em uma visão frontal. (A linha de centro do KPI é a mesma do Caster, mas no Caster a visão é lateral.) A linha de centro do pino mestre deve aproximar-se o máximo possível da linha de centro da roda definindo o ponto de contato do pneu com o solo. Isto proporciona o mínimo de arraste do pneu em manobras de baixa velocidade, logo o esforço do motorista e do sistema de direção.

Figura 13 – Representação de ângulo de cambagem



.Fonte: (carrosinfoco.com)

3.4 Transmissão

A corrente de transmissão é um método leve e fácil para transmitir o movimento da caixa de câmbio até o eixo traseiro. As perdas de rendimento são na ordem de somente 1% e, além disso, as correntes permitem facilmente a troca da relação de transmissão. Como desvantagem há o grande ruído e trancos produzidos e a necessidade de manutenção frequente. (ENDUROHP, 2010)

Para o projeto foram avaliados 3 parâmetros para escolha da transmissão: durabilidade, torque e consumo. Do ponto de vista da:

Durabilidade:

Um pinhão maior tende a desgastar menos seus dentes e o eixo. Outro fato importante é ponto comum de desgaste, ou seja devemos escolher um numero impar de dentes no pinhão e par na coroa, ou vice-versa, para que tenhamos um desgaste uniforme do conjunto.

Torque:

Devemos ressaltar as condições de rodagem no campo, para terrenos acidentados, declives e rochas onde o veículo precisa de relações mais curtas, ou seja, baixa velocidade e maior entrega de alto torque em baixa rotação.

Consumo:

O mais otimizado possível, para o projeto deve estar entre 20/25 km/l, valores acima dos modelos de quadriciclo 250cc vendidos no mercado.

Portanto respeitando todos os parâmetros apresentados, o projeto de transmissão terá um pinhão com 13 dentes e coroa de 40 dentes, dessa forma uma relação de transmissão R_T igual a 3, resultando na entrega de torque ao eixo de 7.44 kgfm.

$$T_c = T_p R_T$$

$$T_c = 2,48 \times 3$$

$$T_c = 7,44 \text{ kgfm}$$

3.6 Eixo de transmissão

O eixo traseiro de um veículo tem a função de comportar todo o aparato de transmissão do veículo como coroa, cubo, rolamentos e o encaixe das rodas. Além do mais o eixo de seção transversal circular tem a principal finalidade de transmitir potência gerada pelo motor, sendo submetido a variados valores de torque que são controlados a partir da variação de potência fornecida pelo motor e da velocidade angular do eixo.

Precisam ser consideradas tanto as tensões quanto as deflexões para o projeto do eixo. Frequentemente, a deflexão pode ser o fator crítico, porque deflexões excessivas causarão desgaste rápido dos mancais do eixo. Engrenagens, correias ou correntes comandadas pelo eixo podem também sofrer por desalinhamentos introduzidos pelas deflexões do eixo. Assim, um eixo é tipicamente projetado pela primeira vez usando considerações de tensão, e as deflexões são calculadas uma vez que a geometria esteja completamente definida. A relação entre as frequências naturais do eixo (tanto em torção quanto em flexão) e o conteúdo de frequência das funções força e torque com o tempo também pode ser fundamental. Se as frequências das funções de força forem próximas às frequências naturais do eixo, a ressonância pode criar vibrações, tensões elevadas e grandes deflexões.

A potência transmitida através de um eixo pode ser encontrada a partir de princípios básicos. Em qualquer sistema rotativo, a potência instantânea é o produto do torque e da velocidade angular.

$$Pot = T \cdot \omega$$

T = torque aplicado

ω = velocidade angular

Como a velocidade angular do eixo é dada por:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

Quando um torque externo é aplicado a um eixo, cria um torque interno correspondente no interior do eixo. A equação da torção relaciona o torque interno com a distribuição das tensões de cisalhamento na seção transversal de um eixo ou tubo circular. Para material linear-elástico aplica-se a lei de Hooke. (ENGBRASIL, 2009)

$$\tau = G \times \gamma$$

τ = tensão de cisalhamento

G = módulo de rigidez ou elasticidade do aço

γ = deformação por cisalhamento

Figura 15 – Diagrama de momento torsor no eixo

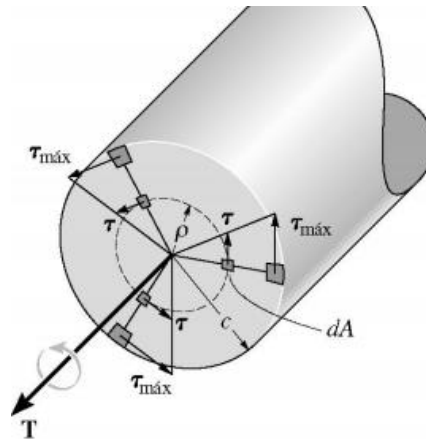


Diagrama de forças

A tensão de cisalhamento varia linearmente ao longo de cada reta radial da secção transversal

O modulo da tensão de cisalhamento máxima de torção no eixo é o valor descrito a partir do torque (T) aplicado no eixo relacionado ao momento de inercia (J) gerado e do raio externo do eixo (r).

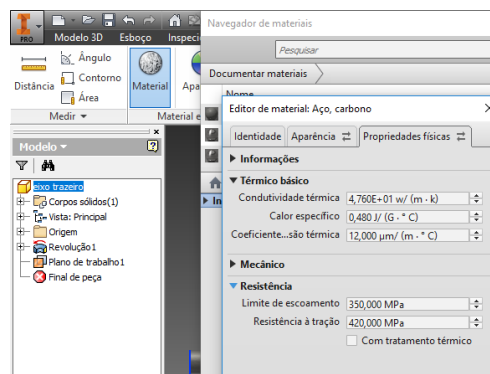
$$\tau_{max} = \frac{T \times r}{J}$$

3.6.1 Analise de elementos finitos

Especificação do eixo:

- Eixo de aço 1020 usinado
- Comprimento: 1000mm
- Diâmetro: 1" / 25,4mm

Figura16: Especificações do aço 1020



Fonte: AutoDesk Inventor

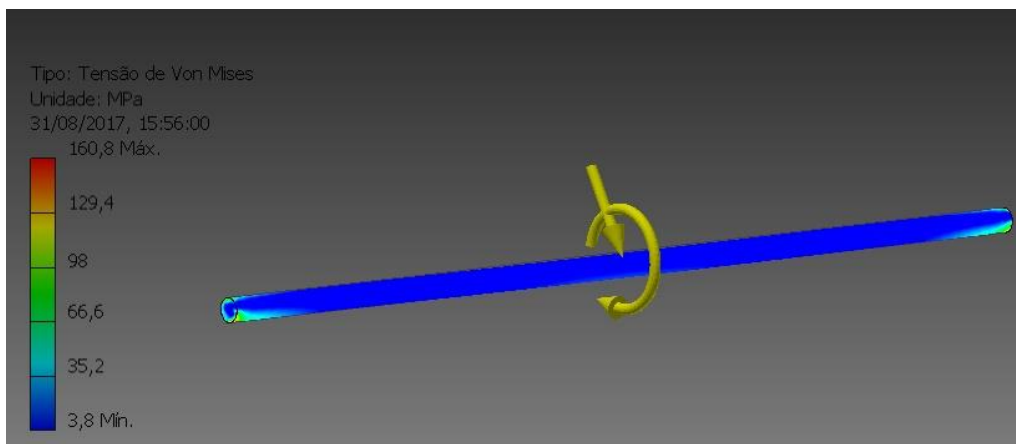
Dados para simulação:

- Peso mínimo que o eixo deve suportar = 1470 N (150kg)
- Torque máximo do motor a 6000 rpm = 2.48 kgf.m (**Catálogo Honda**)
- Torque máximo transmitido ao eixo = 7.44 kgf.m

Com base nos dados, damos prosseguimento a simulação no eixo, para dimensionamento físicos dos parâmetros estruturais requeridos no projeto.

Figura 17: Representação de tensão máxima atuante no eixo

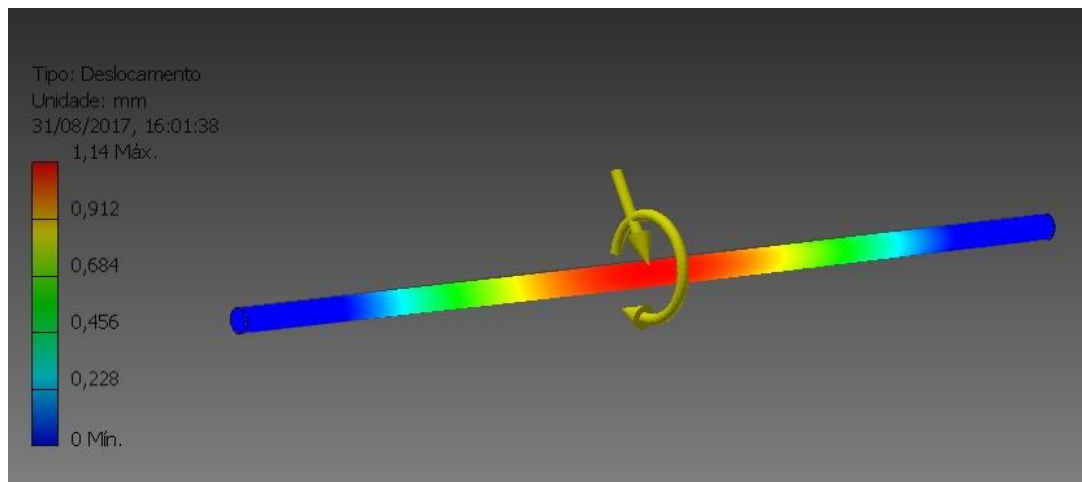
Tensão max de Von Mises = 160,8 Mpa



Fonte: Simulação de elementos finitos desenvolvida no Autodesk Inventor 2015

Figura 18: Representação de deslocamento no eixo

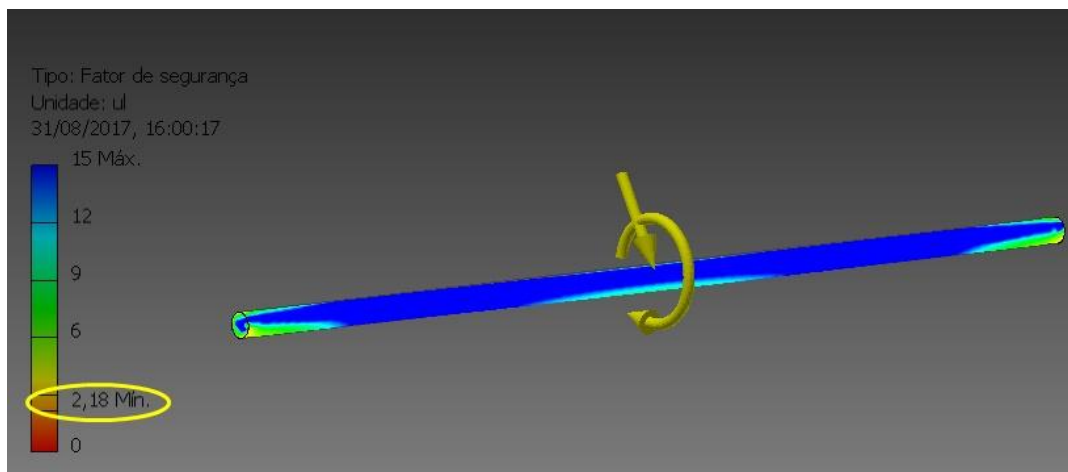
Deflexão máxima = 1,14 mm



Fonte: Simulação de elementos finitos desenvolvida no Autodesk Inventor 2015

Figura 19: Representação do fator de segurança

Fator de Segurança = 2,18



Fonte: Simulação de elementos finitos desenvolvida no Autodesk Inventor 2015

Portanto realizando a leitura e interpretação dos dados obtidos na simulação, concluímos que o eixo especificado atende aos esforços desejado pelo projeto, com fator de segurança superior a 2, isso significa que o eixo pode suportar então, até 330kg, sem deformar plasticamente.

3.6.2 Fixação e acoplamentos

O eixo é integrado em 2 rolamentos que estão posicionados em 2 flanges parafusadas no garfo traseiro de suspensão. Para receber as rodas o mesmo foi usinado no torno com passes de rosca nas extremidades para que pudesse acoplar os parafusos de fixação na roda, na qual estão fixadas por um cubo usinado e furado.

O sistema de acoplamento da coroa e do disco de freio foi feito através de flange soldada no eixo, na qual é possível parafusar os elementos de transmissão dando-lhe a máxima fixação e segurança no momento de arranque.

Figura 20: Eixo usinado usado no projeto



Fonte: autoria própria

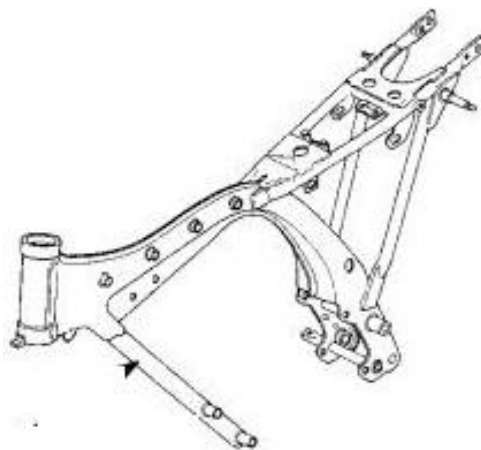
3.7 Chassi

Um veículo deve ter seu chassi projetado para suportar variados tipos de condições de trabalho. Seja de ruas pavimentadas até terrenos muito acidentados com imposições de pedras buracos ou até mesmo altos declives. O veículo sofre constantemente forças axiais e transversais no seu chassi em forma de ciclos de fadiga. O chassi é o principal membro estrutural do quadriciclo, pois diversas formas e intensidades de vibração e tensão atuam sobre ele, provenientes do motor e das suspensões. Estes esforços mecânicos são um fator determinante no projeto final do chassi.

O chassi usado na moto é construído com tubos de secção redonda feita de aço tipo Diamond Frame, onde a extremidade inferior do tubo descendente não está conectada com os demais tubos do chassi. Esse tipo de chassi alia vantagens como boa rigidez e baixo custo, porem em alto torque tende a torcer em demasia. O motor é parte integrante da estrutura do chassi, conferindo-lhe resistência.

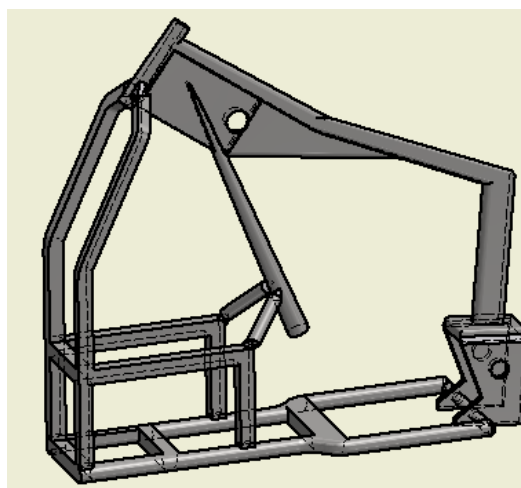
A estrutura adicional foi acoplada ao chassi original da moto por meio de soldagem, onde foi realizado nos três principais pontos da estrutura do chassi, inferior, central e superior, fornecendo a máxima estabilidade adequada para a instalação do conjunto de suspensão, na parte frontal adicionada.

Figura 23: Chassi original da CBX STRADA



Fonte: (Ciclo2tempos.com)

Figura 24: Modelagem do desenho proposto para o projeto



Fonte: Desenho desenvolvido no Autodesk Inventor 2015

Figura 25: Construção do desenho proposto para o projeto

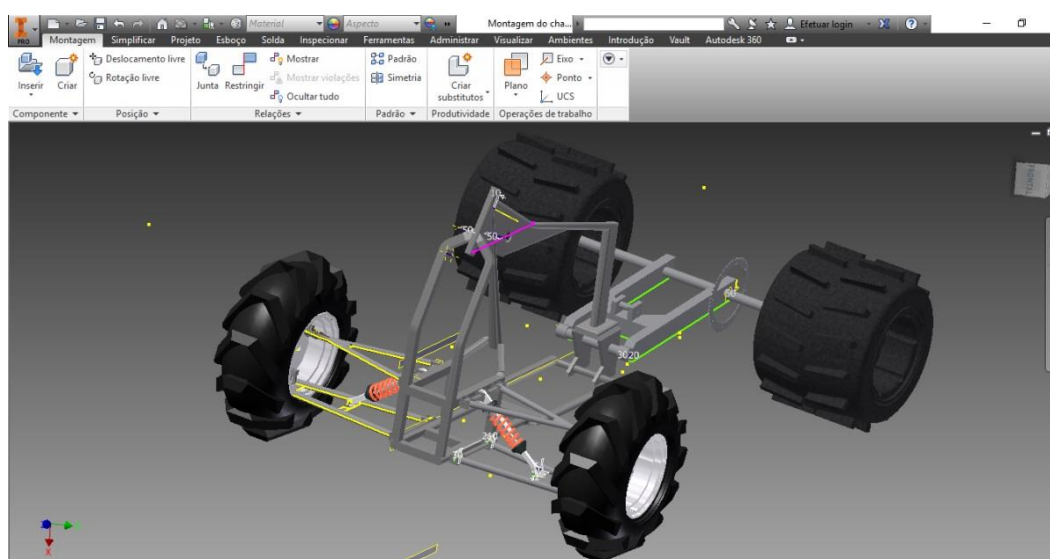


Fonte: autoria propria

Para o projeto foi aproveitado o chassi completo da moto, porem para integrar a estrutura principal na qual foi acoplada a suspensão dianteira do quadriciclo, soldou-se tubos de aço com secção redonda de mesmas propriedades referente ao chassi.

Para isso verificamos também através de simulação e interpretação de dados, a rigidez e o dimensionamento correto da estrutura a ser modificada e sua resposta aos esforços aplicados.

Figura 26: Desenho de estrutura desenvolvido no Autodesk Inventor 2015



Fonte: Desenho de estrutura desenvolvido no Autodesk Inventor 2015

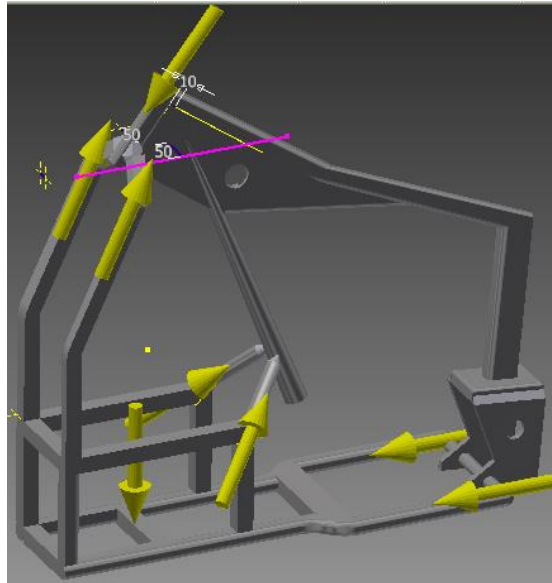
Uma análise estática foi realizado no **Autodesk Inventor 2015** versão estudantil com o intuito de comprovar a resistência do chassi quando submetido aos esforços de funcionamento referentes a tração e cisalhamento associados com a fadiga do matéria em condições de vibração e impactos. Esse estudo permite obter os principais pontos que recebe esforços possibilitando o melhoramento de espessuras e qualidade da solda, para que o produto final obtenha grande resistência e performance.

Na simulação foi avaliado o peso total dos componentes que o acoplamento irá suportar juntamente com o chassi, para realizar a simulação de esforços com maior precisão. Os valores foram aproximado de forma que o peso da moto inicial segundo a Honda é 100 kg mais o peso adicional dos tubos que compõe a estrutura adicional

(chassi 2) segundo dados obtidos no programa foi de 20kg, portanto somando se assim 120kg, peso total do chassi.

Durante a simulação estática a superfície inferior do chassi foi fixada enquanto era aplicado força horizontais verticais e em ângulo conforme especificado na figura abaixo:

Figura 27: Direcionamento das cargas aplicada à estrutura



Fonte: Simulação desenvolvida no Autodesk Inventor 2015

As forças foram devidamente divididas entre elas de acordo com o centro de gravidade, direção, sentido e intensidade.

13.1 Especificação do chassi

- Tipo diamante
- Diâmetro de tubo entre ½' a 2'
- Parede variando entre 2 e 3mm
- Especificações para o aço 1020

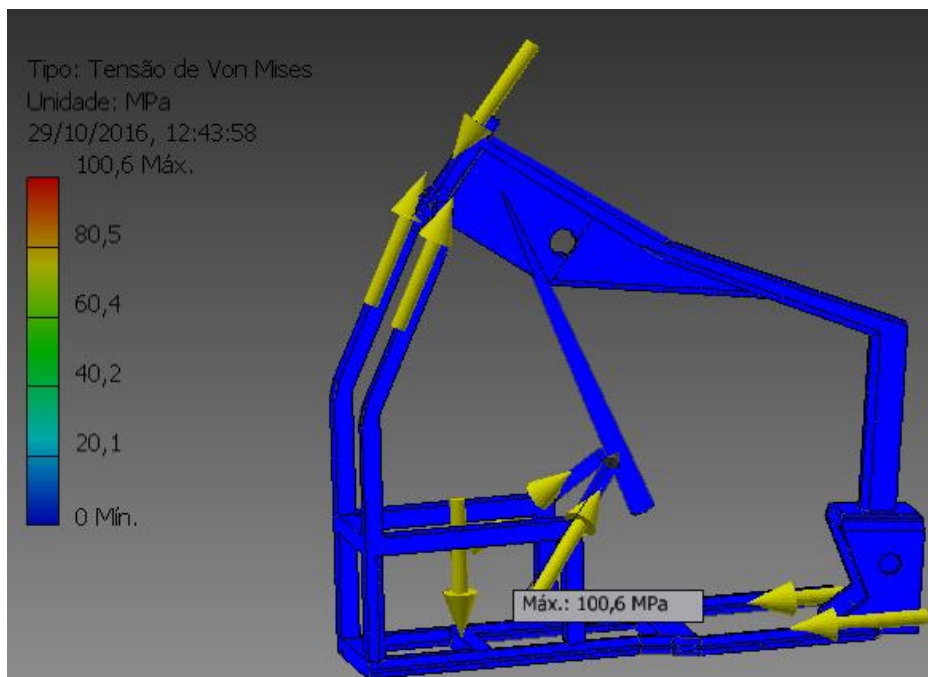
Dados para simulação:

- Peso mínimo que o chassi deve suportar = 2940 N (300kg)

Para dimensionar a parte estrutural adicional no chassi da moto, dividimos o chassi e 2 partes, onde somente a projeta irá ser simulada. Portanto as forças atuantes no

chassi 2, foi considerado peso da moto 80kg e um carregamento de 120 kg atuando diretamente nos pontos de fixação projetados, para poder verificar o comportamento dos esforços no chassi 1.

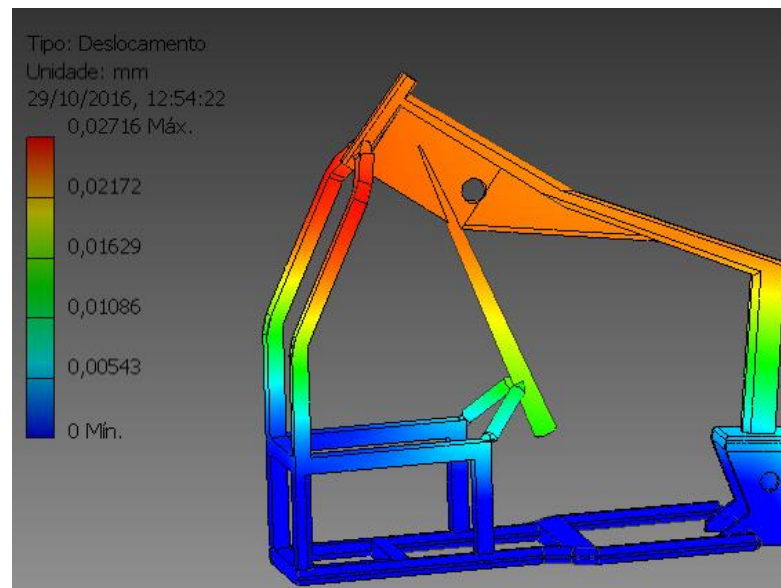
Figura 28: Representação de tensão máxima no chassi



Fonte: Simulação de elementos finitos desenvolvida no Autodesk Inventor 2015

A análise de tensão realizada pelo software, ainda pode fornecer os dados de tensão deformação do material, mostrando os pontos críticos em cores vermelho/Laranja atuante na estrutura.

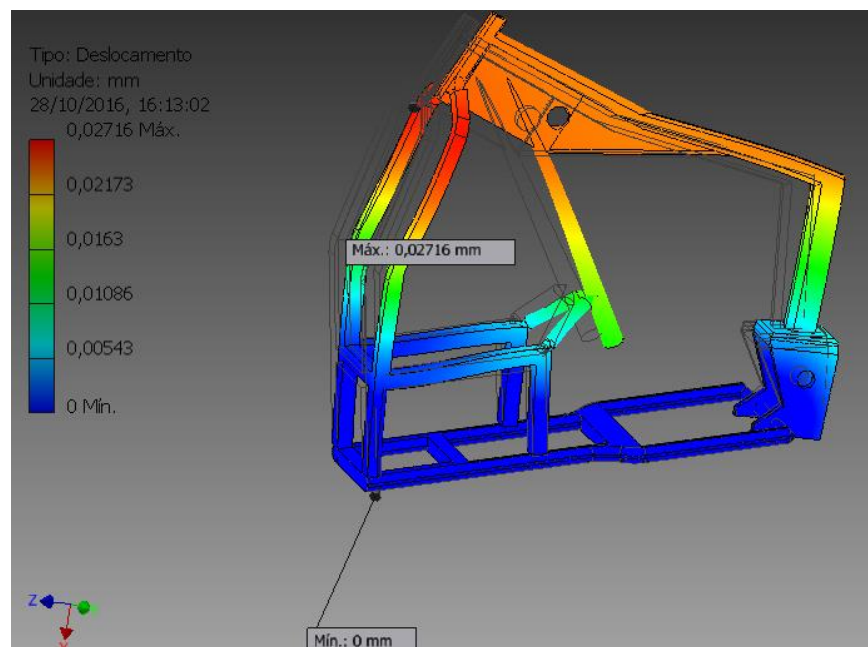
Figura 29: Representação em cores dos ponto criticos mais afetados pela deformação



Fonte: Simulação de elementos finitos desenvolvida no Autodesk Inventor 2015

Os traços sombreados representam o movimento de flexão do material quando submetido a esforços constantes cíclicos de fadiga, compreendido em sua magnitude máxima, 0,027 mm na parte superior do chassi 2, e mínima de 0 mm na posição inferior com identificado na imagem abaixo:

Figura 30: Representação do movimento de flexão do material



Fonte: Simulação de elementos finitos desenvolvida no Autodesk Inventor 2015

De acordo com Shigley et al. (2005), o fator de projeto N_p pode ser expresso pela seguinte fórmula (2):

$$N_p = \frac{\text{Tensão ruptura}}{\text{Tensão aplicada}}$$

onde o valor do fator de projeto, em todo caso, que se admita total segurança deve ser maior do que 1.

Para cálculo do fator de segurança do projeto no chassi temos que a tensão max obtida de acordo com análise de estrutura foi de 100,6 Mpa. O limite de ruptura do aço como já especificado é 350 Mpa, portanto o fator de segurança de projeto é 3,45.

Nesse ponto consideramos uma falha de superdimensionamento no projeto, para tanto devemos avaliar que isso irá acarretar um peso desnecessário para estrutura, porém sua capacidade de carga max pode chegar até 900kg. Esses valores são compatíveis com a capacidade de carga do Honda Fourtraxx 420.

Ficha técnica de carga do Honda Fourtraxx 420

Peso: 263 kg	220 kg de carga	385 kg	Total:	868 kg
--------------	-----------------	--------	---------------	---------------

Fonte: Catalo Honda

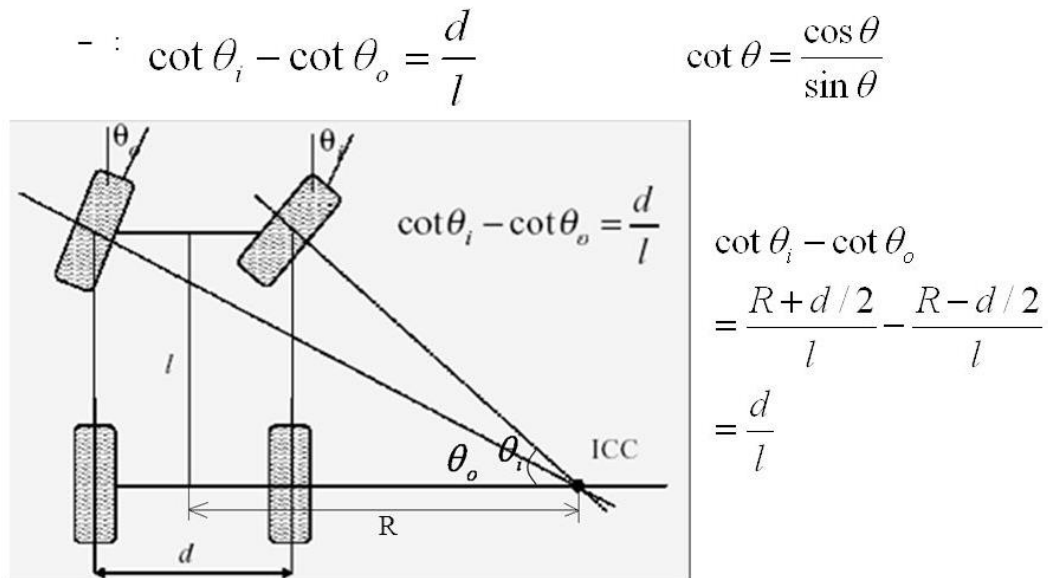
3.8 Direção

O controle de direção de um quadriciclo assim como de todo veículo com 4 rodas deve respeitar o princípio de Ackermann, que diz que num arranjo geométrico de ligações na direção de um carro ou outro veículo, projetado para resolver o problema do trajeto das rodas interiores e exteriores quando realizado uma curva, sendo necessário traçar circunferências de diferentes diâmetros. (Nota: a roda interior numa curva é a roda que fica do lado do centro dessa curva.)

Quando um veículo é manobrado, segue um caminho que é parte de uma circunferência, cujo centro estará na linha que se estende a partir do eixo fixo. Este centro denomina-se centro próprio de viragem e depende de quão viradas estão as rodas. As rodas viradas têm que estar com um ângulo tal que façam ambas um ângulo de 90° com uma linha que una o centro próprio de viragem com o centro da roda. Como a roda exterior à curva vai percorrer uma circunferência maior que a roda interior à curva, as

rodas têm que estar dispostas em ângulos diferentes uma em relação à outra. (LUSORC, 2013)

Figura 31: Geometria de Ackermann



Fonte: Wikipedia

A geometria de Ackermann faz esta disposição automaticamente inclinando os pivôs de direção para dentro de modo a que se prolongássemos linhas a partir deles, estas se cruzassem no eixo traseiro quando a direção está neutra. Os pivôs de direção são unidos por uma barra rígida que faz também parte do mecanismo de direção. Este engenho garante que qualquer que seja o ângulo da direção, todas as rodas vão traçar circunferências concêntricas. (LUSORC, 2013)

3.9 Freios

No sistema de frenagem traseiro usou-se um disco de freio ventilado acoplado centralmente na flange do eixo traseiro, no qual quando acionado hidraulicamente no pedal, transmite a força de desaceleração para o eixo que por sua vez transmite para as rodas simultaneamente.

4 PLANILHA DE CUSTO

Tabela 2- Tabela de referencia aos valores dos componentes utilizados no projeto

Componente	Valor (R\$)
Moto	2000,00
Pneus/Rodas	1100,00
Suspensão Traseira	400,00
Sistema de Freio	300,00
Sistema Elétrico	400,00
Flanges	100,00
Transmissão	300,00
Tubos e Chapas	300,00
Parafusos e Porcas	100,00
Rolamentos	100,00
Radiador	120,00
Pivôs	30,00
Sistema de direção	60,00
Disco de corte	100,00
Eletrodo	100,00
Tinta	80,00
Carenagem	100,00
Chaves e Cabos	50,00
Total	R\$ 5.740,00

Agora podemos realizar comparações de valores para modelos de mesma cilindrada disponível para venda no mercado. Realizando a busca no site de vendas OLX, obteve-se poucas opções de compra para o nordeste, com faixa de preços similares entre R\$ 6500,00 a R\$ 8000,00 dependendo do modelo e da marca.

Desse modo conclui-se que alcançamos o objetivo de se fabricar um quadriciclo com recurso somados inferior ao valor de mercado dos modelos fabricados e vendidos no Brasil. Além disso podemos comprovar a mais em conta manutenção do

projeto, que em suma viabiliza mais ainda sua construção, haja vista que os custos de manutenção ao longo da sua utilização pode chegarem a 40% do valor da maquina.

Figura 35: comparação de preços no mercado para quadriciclos 250cc



Fonte OLX

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A validação do trabalho foi concluída com a verificação das informações coletadas, posteriormente sua aplicação em formas e metodologia de projeto

A simulação foi realizada seguindo parâmetros cruciais de projeto, no qual seus resultados foram minuciosamente analisados e aprovados ou não de acordo com a finalidade proposta.

Desse modo o objetivo de se fabricar um quadriciclo, para fins experimentais de teste foi concluído com êxito .

6 REFERENCIAS

MACHADO, Cristiano S. **Contribuição ao estudo de metodologia e morfologia de projeto mecânico**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 126. 1997.

NORTON, Robert. L. **Cinemática e Dinâmica dos Mecanismos**. 1º Edição. ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.

NORTON, Robert. L. **Projeto de Máquinas: uma abordagem integrada**. 4º Edição. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

SHIGLEY, Joseph E.; MISEHKE, Charles R.; BUDYNAS, Richard G. **Projeto de engenharia mecânica**. 7ª ed. Porto Alegre: Bookman. 2005. 960 p. : 28 cm. Tradução João Batista de Aguiar, José Manoel de Aguiar.

QUADRICICLOS 'invadem' o campo e trazem benefícios para usina Uberaba, 08 fev 2012. Retirado de <http://www.sistemaafaemg.org.br/Noticia.aspx?Code=8854&Portal=3&PortalNews=3&ParentCode=103&ParentPath=None&ContentVersion=R> Acessado em 12 de maio de 2016

QUADRICICLOS versatilidade para todo terreno no trabalho e lazer, São Paulo, 7 jan. 2014. Retirado de <http://acreaovivo.com.br/noticias/quadriciclos-versatilidade-para-todo-terreno-no-trabalho-e-lazer/15181> Acessado em 04 de fevereiro de 2016