

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

JÔNATAS DE SOUZA CRUZ

**PROJETO DE UM MEXEDOR DE CAFÉ ACOPLADO A UMA MOTO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO  
2017

JÔNATAS DE SOUZA CRUZ

## **PROJETO DE UM MEXEDOR DE CAFÉ ACOPLADO A UMA MOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado à Coordenação de Engenharia  
Mecânica (COEME), da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Julio Cesar de Souza  
Francisco.

CORNÉLIO PROCÓPIO  
2017



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### PROJETO DE UM MEXEDOR DE CAFÉ ACOPLADO A UMA MOTO

POR

**Jônatas de Souza Cruz**

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 8:00 horas do dia 14 de junho de 2017 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO MECÂNICO, linha de pesquisa Projeto de Máquinas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado. (Aprovado, aprovado com restrições, ou reprovado)

---

Prof. Dr. Julio Cesar de Souza Francisco  
(UTFPR)  
*orientador*

---

Prof. Dr. Adriano Silva Borges  
(UTFPR)

---

Prof. Dr. Adailton Silva Borges  
(UTFPR)

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

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente à Deus por ter me concedido saúde, determinação e coragem durante essa etapa da minha vida.

Aos meus pais e a minha irmã, que sempre me apoiaram, até mesmo em momentos de saudade, incentivando e acreditando na minha capacidade.

Em especial, ao meu professor orientador Dr. Julio Cesar de Souza Francisco pelo apoio e comprometimento para que fosse possível concluir este trabalho, e pela paciência e amizade durante esse tempo.

A todos professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Cornélio Procópio que contribuíram com minha formação de forma integra, propiciando um ambiente de excelente aprendizado.

## RESUMO

CRUZ, Jônatas de Souza. **Projeto de um mexedor de café acoplado a uma moto.** 2017. 62 f. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2017.

O objetivo deste trabalho compreende em projetar um equipamento que ofereça maior agilidade operacional, redução no tempo de secagem e maior qualidade de vida do operador durante seu serviço no terreiro de café. Esse equipamento será tracionado por uma moto e operacionalizado por apenas uma pessoa, sem exigir esforços físicos. A proposta é realizar as etapas do projeto até obter um layout funcional, que satisfaça as necessidades dos clientes, com dimensionamentos essenciais para o detalhamento posterior e conseqüentemente fabricação do protótipo. O equipamento proposto utiliza basicamente itens comerciais e processos de manufatura convencionais. Alguns itens comerciais são tubos e chapas visando simplificar o processo construtivo do equipamento. O resultado obtido foi um desenho 3D, realizado no software Inventor, com todos os requisitos exigidos pelos clientes transformado em projeto e uma simulação de pré - análise de tensão na estrutura.

**Palavras-chave:** Terreiro de café. Motorodo. Secagem. Projeto. Simulação. Mexedor de café.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Regiões cafeeiras no Brasil. ....	10
Figura 2 - Evolução da mecanização da colheita de café. ....	11
Figura 3 - Terreiro de café.....	12
Figura 4- Processo manual de mexer o café.....	12
Figura 5- Processo mecanizado de mexer o café. ....	14
Figura 6- Mexedores de café com fabricação rústica. ....	16
Figura 7- Rodas lateral de apoio para motos. ....	17
Figura 8 - Primeiro modelo do mexedor de café acoplado a uma moto. ....	18
Figura 9 - Sistema de rabicho para motos. ....	19
Figura 10 - Mexedor de café com dois pontos de fixação. ....	19
Figura 11 - Balança da moto YBR.....	20
Figura 12 - Vista lateral onde se encontra o escapamento. ....	21
Figura 13 – Vista superior com destaque para espaçamento (8 mm) e ressalto na balança.....	21
Figura 14 – Vista traseira com destaque para detalhe na parte inferior do escapamento.....	22
Figura 15 - Vista lateral com destaque para ressalto na balança e cavalete central. ....	23
Figura 16 - A corrente limita a espessura de chapa (máximo 8 mm) que pode ser utilizada no suporte. ....	23
Figura 17 - Chapa interna do lado do escapamento. ....	24
Figura 18 - Chapa externa do lado do escapamento. ....	24
Figura 19 - Chapa interna/externa do lado da corrente.....	25
Figura 20 - Chapa interna padronizada para os dois lados.....	25
Figura 21- Chapa externa padronizada para os dois lados.....	26
Figura 22- Segundo modelo do mexedor de café acoplado a uma moto. ....	26
Figura 23 - Concepção final do produto. ....	27
Figura 24 - Sistema de fixação do suporte na balança da moto.....	28
Figura 25- Dimensões em mm da chapa interna de fixação. ....	29
Figura 26- Dimensões em mm da chapa externa utilizada para fixação do suporte. ....	29
Figura 27- Suporte do mexedor de café.....	30
Figura 28 - Ponta de eixo portátil. ....	30
Figura 29- Sistema de trava do eixo portátil.....	31
Figura 30 - Visão explodida do suporte.....	31
Figura 31 –Dimensões do suporte em milímetros.....	32
Figura 32 – Dimensões da estrutura. ....	33
Figura 33 - Junções da estrutura.....	33
Figura 34- Aplicação da junção da Estrutura.....	34
Figura 35 - Mexedor de café apoiado sobre as rodas de carriola. ....	35
Figura 36- Sistema responsável pelo movimento do rodo. ....	36
Figura 37 - Dimensões da chapa em milímetros.....	36
Figura 38 - Dimensões da trava em milímetros.....	37
Figura 39 - Mexedor de café fabricado pela empresa Rodomoto.....	37
Figura 40 – Sistema de fixação da borracha na chapa do rodo. ....	38
Figura 41 - Dimensões do rodo.....	38
Figura 42 - Mexedor de café em posição de equilíbrio.....	39
Figura 43 - Angulação das partes móveis do conjunto.....	40
Figura 44 - Decomposição das forças em x e em y. ....	40

Figura 45- Posicionamento das forças .....	41
Figura 46 - Análise de tensão no tubo de sustentação do conjunto. ....	42
Figura 47 - Metalon que sofrerá a carga da trava (Ftr) e da alavanca (Fal). ....	43
Figura 48 - Influência da condição de contorno do metalon ( $L_{ef} = 2.L$ ). ....	43
Figura 49 - Seção transversal do metalon, $a=30\text{mm}$ e $b=26\text{mm}$ . ....	44
Figura 50 - Vista lateral da estrutura mostrando o comprimento da coluna. ....	45
Figura 51 - Diagrama de força da barra de sustentação. ....	46
Figura 52 - Trecho a esquerda da força Falx .....	47
Figura 53 - Trecho a direita da força Falx. ....	47
Figura 54 - Diagrama de momento fletor.....	48
Figura 55 - Diagrama de força cortante.....	48
Figura 56- Diagrama de tensão normal atuante na barra.....	49
Figura 57 - Momento fletor máximo na barra de sustentação. ....	50
Figura 58 - Tensão normal na flexão.....	51
Figura 59 - Pontos de apoio da estrutura. ....	54
Figura 60 - A coluna de sustentação do rodo sofre maior deformação. ....	56
Figura 61 - As forças na direção do eixo X são mais intensas nos eixos das rodas. ....	56
Figura 62- As forças na direção do eixo z são mais intensas no tubo vertical da ponta de eixo.....	57
Figura 63– Comportamento da estrutura sob o momento $M_x$ . ....	57
Figura 64– Comportamento da estrutura sob o momento $M_z$ . ....	58
Figura 65 – Tensão normal máxima. ....	58
Figura 66– Tensão axial, cor vermelha tração e cor azul compressão. ....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Propriedades do aço SAE 1020.....	52
Tabela 2- Características da estrutura.....	52
Tabela 3- Características da carga aplicada pela corrente trava sobre a barra de sustentação.....	53
Tabela 4- Características da carga aplicada pela alavanca sobre a barra de sustentação.....	53
Tabela 5- Características da carga aplicada pelo tubo sobre a barra de metalon horizontal.....	53
Tabela 6- Magnitude e direção da força da gravidade.....	54
Tabela 7- Intensidades das forças e dos momentos de reação nos apoio.....	55
Tabela 8- Resumo das forças, momentos e tensões normais.....	55



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 DESENVOLVIMENTO</b> .....	14
2.1 ANÁLISE DE PRODUTOS SIMILARES NO MERCADO .....	14
2.2 IDENTIFICAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DOS REQUISITOS DO CLIENTE EM REQUISITOS DO PROJETO .....	15
2.3 DEFINIÇÃO DA CONCEPÇÃO DO PRODUTO .....	16
2.3.1 Definição do layout do primeiro modelo .....	17
2.3.2 Definição do layout do segundo modelo .....	18
2.3.2.1 Estudo do local de fixação .....	20
2.3.3 Definição do layout do último modelo .....	27
2.4 DESENHOS .....	28
2.4.1 Módulo Suporte .....	28
2.4.2 Módulo Mexedor de café .....	32
<b>3 MEMÓRIA DE CÁLCULO</b> .....	39
3.1 CÁLCULO DAS FORÇAS DE EQUILÍBRIO .....	39
3.2 ANÁLISE DE TENSÃO .....	42
3.2.1 Flambagem .....	43
3.2.1.1 Carregamento crítico .....	44
3.2.1.2 Tensão Crítica .....	45
3.2.2 Flexão .....	46
3.2.2.1 Tensão normal máxima na flexão .....	49
3.3 SIMULAÇÃO NO SOFTWARE INVENTOR 2015 .....	50
3.3.1 Pré - análise de tensão na barra de sustentação do rodo .....	50
3.3.2 Pré - análise de tensão na estrutura do mexedor de café .....	51
<b>4 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	60
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	61

# 1 INTRODUÇÃO

Em 1727 inicia-se o cultivo do café no Brasil, que se expande rapidamente devido as condições climáticas favoráveis do país. Sendo assim, as grandes plantações de café eclodiram em um curto espaço de tempo e o café tornou-se a base da economia do país. O produto foi responsável por metade das receitas de exportações do Brasil durante 40 anos (NEVES, 1974).

A partir da década de 90, o Brasil passou a liderar a produção mundial e atualmente, além de liderar a exportação de café, é também o segundo maior consumidor do produto no mundo (ABIC, 2016).

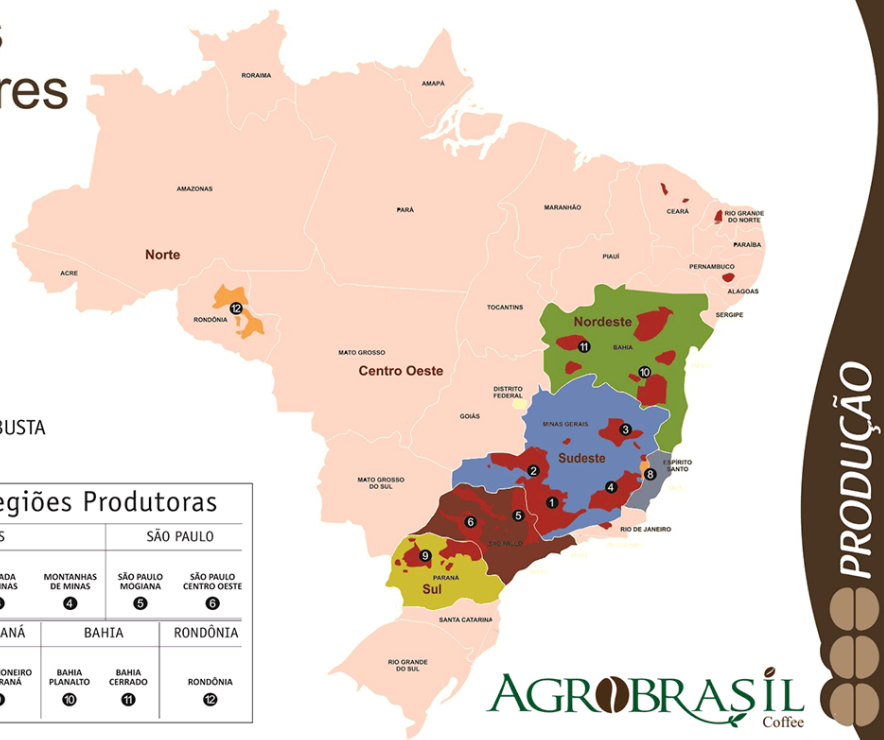
A concentração das áreas cafeeira do país está no centro-sul e quatro estados produtores são destaque (Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo e Paraná), como mostra a Figura 1.

## Estados produtores

### TIPOS DE CAFÉ

- ARÁBICA
- CONILON / ROBUSTA

Principais Regiões Produtoras			
MINAS GERAIS		SÃO PAULO	
SUL DE MINAS ①	CERRADO ②	CHAPADA DE MINAS ③	MONTANHAS DE MINAS ④
ESPÍRITO SANTO	PARANÁ	BAHIA	RONDÔNIA
MONTANHAS DO ESPÍRITO SANTO ⑦	CONILON CARXABA ⑧	NORTE PIONEIRO DO PARANÁ ⑨	BAHIA PLANALTO ⑩
		BAHIA CERRADO ⑪	RONDÔNIA ⑫



**Figura 1 - Regiões cafeeiras no Brasil.**  
Fonte: AGROBRASIL, 2016.

Durante muitos anos, Paraná foi o principal produtor chegando a representar mais de 50% do parque cafeeiro do país. Porém, em 1975 uma geada muito forte queimou quase todas as plantações da região e desde então, o café perdeu sua posição como principal produto do estado (ANTONELLI, 2015).

Atualmente existe apenas 156 mil hectares de plantações de café, mesmo assim representa 3,2% da renda agrícola do estado e está presente em cerca de 210 municípios. Já o estado de Minas Gerais, que um dia viveu o ciclo do ouro, hoje garimpa uma outra riqueza possuindo a maior produção brasileira de café (ABIC, 2016).

Para colher um produto de qualidade é preciso ter cuidado desde a colheita até a pós-colheita do café. São diversas etapas até o armazenamento e uma delas é a secagem. A secagem do café no terreiro, Figura 2, é um dos métodos mais utilizados pelos agricultores, devido seu baixo custo operacional (EMBRAPA, 2004).



**Figura 2 - Evolução da mecanização da colheita de café.**  
Fonte: adaptado de SILVA, 2014.



**Figura 3 - Terreiro de café.**  
**Fonte: autoria própria.**

Uma secagem inadequada prejudica os grãos, ocasionando perda da coloração, aparecimento de manchas e afeta a qualidade da bebida do café. Para evitar estes danos é preciso um revolvimento frequente visando uniformizar e acelerar a secagem, conferindo ao café melhor coloração e aspecto. Geralmente, este processo é feito manualmente exigindo muita mão de obra e mesmo assim, proporciona lentidão na secagem (CARVALHO; CHALFOUN, 1985)



**Figura 4- Processo manual de mexer o café.**  
**Fonte: autoria própria.**

Logo, o intuito deste trabalho de conclusão de curso é agregar a experiência do aluno, cuja família atua no do ramo cafeeiro, com os conceitos adquiridos na graduação, e sob a orientação de um professor com experiência na área de projetos

de máquinas, desenvolver um equipamento que facilite esta operação no processo de secagem do café.



## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 ANALISE DE PRODUTOS SIMILARES NO MERCADO

Analisando o mercado atual, observou-se que já existem alguns equipamentos motorizados e o mais bem aceito é o mexedor de café tracionado por uma moto, Figura 5.



**Figura 5- Processo mecanizado de mexer o café.  
Fonte: RODOMOTO, 2011.**

Este equipamento oferece maior agilidade operacional, redução no tempo de secagem e maior qualidade de vida do operador durante seu serviço no pátio de secagem do café.

Segundo dados de um fabricante, ele possui autonomia para rodar mil metros quadrados em apenas oito minutos, acelerando o processo de secagem em até 40% (RODOMOTO, 2011).

O café tem que ser revolvido no mínimo oito vezes ao dia de acordo com a posição do sol. Para garantir que as leiras feitas durante o revolvimento não façam

sombra, é preciso que a sombra do trabalhador fique à sua frente ou atrás (EMBRAPA, 2004).

Sabendo-se que o equipamento possui um rodo com 2 metros de raio, é possível realizar os seguintes cálculos para se ter uma aproximação do gasto diário com combustível:

- Área percorrida: 1000 m<sup>2</sup>, área retangular: 20mx50m
- Quantidade de voltas percorrida:  $\frac{20 \text{ (largura do terreiro)}}{2 \text{ m (largura do rodo)}} = 10 \text{ voltas}$
- Dados do produto já existente: 8 minutos para rodar 1000 m<sup>2</sup>
- Tempo gasto por volta:  $\frac{480 \text{ segundos}}{10 \text{ voltas}} = 48 \text{ segundos}$
- Velocidade média:  $\frac{50 \text{ m (comprimento do terreiro)}}{48 \text{ segundos}} = 1,0416 \text{ m/s} = 3,75 \text{ km/h}$
- Distância percorrida por volta: 500 metros
- 8 voltas por dia: 4 quilômetros
- Média de combustível para moto 150 cilindradas: 25 km/l,
- Quantidade de combustível gasto por dia:  $\frac{4 \text{ km}}{25 \text{ km/l}} = 0,16 \text{ litros}$

Logo, adotando 4 reais por litro de gasolina têm-se que o gasto diário com combustível é de 64 centavos.

## 2.2 IDENTIFICAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DOS REQUISITOS DO CLIENTE EM REQUISITOS DO PROJETO

Mesmo com todas as vantagens citadas acima, após ter contato com alguns agricultores de café, notou-se que há muitos que não adquiriram o produto e a

maioria dos equipamentos existentes são fabricados rusticamente, como pode ser notado na Figura 6. Outro detalhe importante é que não existem muitos fabricantes no mercado.



**Figura 6- Mexedores de café com fabricação rústica.**  
**Fonte: autoria própria.**

A maioria dos pequenos e médios produtores alegaram que o preço do equipamento é desfavorável, além de ser necessário deixar uma moto dedicada. Sendo assim, ao fazer uma visita para a empresa Rodomoto, situada na cidade de Três Pontas em Minas Gerais, foi feito um orçamento para a compra de um produto e o valor sem a moto era de quatro mil reais. Também foi questionado se fabricavam algum equipamento que não impossibilitasse o uso da moto e a resposta foi “não”.

### 2.3 DEFINIÇÃO DA CONCEPÇÃO DO PRODUTO

Após o feedback dos agricultores, chega-se a uma conclusão que há necessidade de se projetar um equipamento de fácil desacoplagem da moto, conseqüentemente de fácil manuseio.



O café espalhado no chão, devido ao seu formato semelhante a uma esfera, torna a superfície escorregadia sendo necessário transformar a moto, no mínimo, em um triciclo, para que haja o equilíbrio durante a operação sem riscos de acidentes.

O escopo do projeto visa atender tanto as necessidades citadas acima quanto a de se ter um equipamento que reduza o esforço físico do operador e acelere o processo de secagem do café, através de uma construção simples, formada essencialmente por itens comerciais que são encontrados no mercado de maneira eficiente e barata.

A concepção do produto foi obtida da seguinte forma:

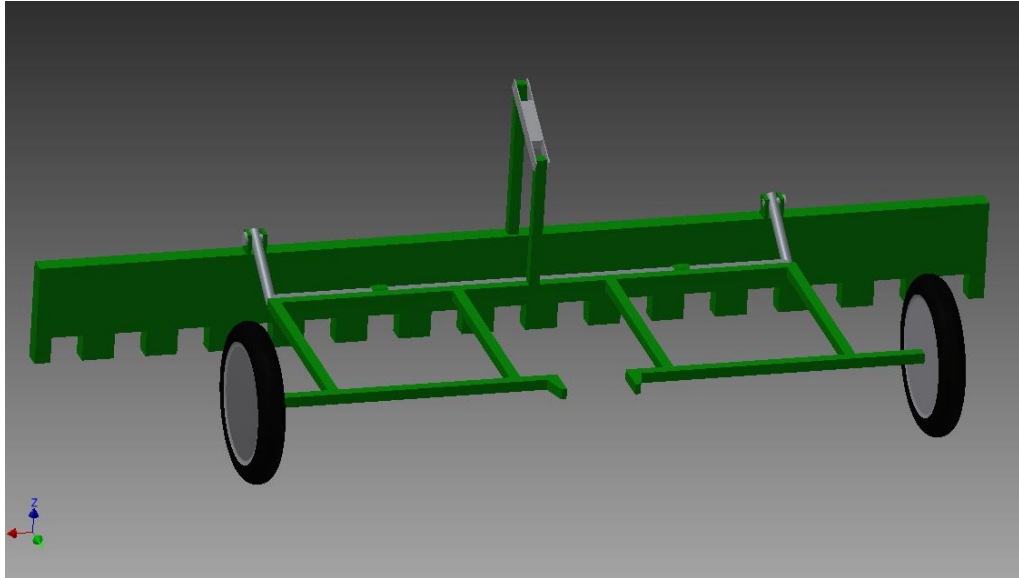
### 2.3.1 Definição do layout do primeiro modelo

Para definir o primeiro modelo, optou-se por pesquisar sobre algo já existente que tornasse a moto estável durante o processo de secagem do café. A Figura 7 ilustra o produto usado como referência para este início do projeto.



**Figura 7- Rodas lateral de apoio para motos.**  
**Fonte: Motoboy magazine, 2015.**

Baseado neste produto, tem-se portanto a definição do primeiro layout do equipamento, como pode ser observado na Figura 8.



**Figura 8 - Primeiro modelo do mexedor de café acoplado a uma moto.**  
**Fonte: Autoria própria.**

A princípio, o equipamento seria fixado no eixo traseiro da moto, porém chega-se a uma conclusão que este meio de fixação não é o mais viável pois o eixo pode romper. Sendo necessário pensar em algo mais construtivo.

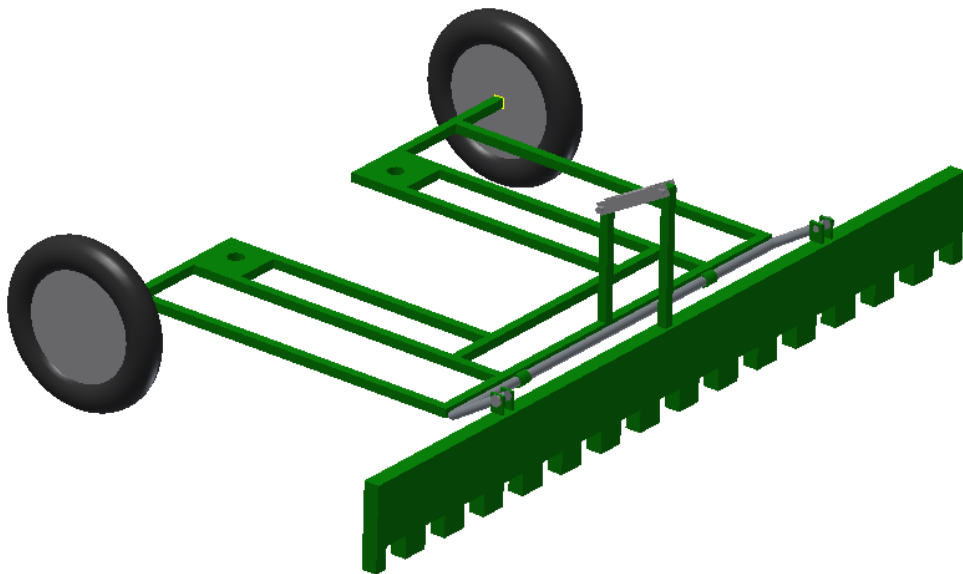
### 2.3.2 Definição do layout do segundo modelo

A idéia referente ao primeiro modelo de utilizar rodas de carriola se manteve para o segundo, mas o modo de fixação foi alterado. O princípio da instalação do rabicho utilizando chapas e parafusos, correspondente a Figura 9, é adotado no projeto.



**Figura 9 - Sistema de rabicho para motos.**  
Fonte: VENTRO, 2016.

Sabendo-se que a moto deve possuir estabilidade operacional e o rodo também, conclui-se que o equipamento não pode estar conectado a um ponto somente, pois o café possui uma distribuição uniforme sobre o solo provocando curvas no movimento do rodo. Logo, após ser discutido e pensado sobre, decidiu-se utilizar dois pontos de engate como mostra a Figura 10.



**Figura 10 - Mexedor de café com dois pontos de fixação.**  
Fonte: Aatoria Própria.

Este equipamento será acoplado a um suporte que fixará na balança da moto. Para dimensionar um suporte de fixação é preciso conhecer o local de instalação. Sendo assim realizou-se as seguintes atividades:

### 2.3.2.1 Estudo do local de fixação

Este estudo tem como objetivo identificar as condições de contorno que limitam o espaço de fixação referente a parte traseira da moto Yamaha YBR 125 cilindradas do ano 2007, onde há uma balança (Figura 11).

A análise foi dividida em duas partes, lado do escapamento e lado da corrente, e para realiza-la utilizou-se uma fita métrica e um protótipo de papelão.



**Figura 11 - Balança da moto YBR.**  
Fonte: Autoria própria.

#### 2.3.2.1.1 Lado do escapamento

Este lado (Figura 12) possui algumas limitações, tanto diretamente na balança quanto nas proximidades dela onde está o escapamento.





**Figura 12 - Vista lateral onde se encontra o escapamento.**  
**Fonte: Autoria própria.**

A espessura da chapa que pode ser empregada no suporte de fixação é limitada pelo espaçamento entre o escapamento e a balança, e o ressalto na balança interfere na área de contato disponível para fixação. Estas limitações estão destacadas nas Figuras 13 e 14.



**Figura 13 - Vista superior com destaque para espaçamento (8 mm) e ressalto na balança.**  
**Fonte: Autoria própria.**



**Figura 14 – Vista traseira com destaque para detalhe na parte inferior do escapamento.**

**Fonte: Autoria própria.**

#### 2.3.2.1.2 Lado da corrente

Neste lado, além de se ter a corrente como limitante, há também um cavalete central e os ressaltos na balança. Nas Figura 15 e 16 nota-se em destaque as condições de contorno que influencia no dimensionamento do suporte.



Figura 15 - Vista lateral com destaque para ressaltos na balança e cavalete central.  
Fonte: Autoria própria.

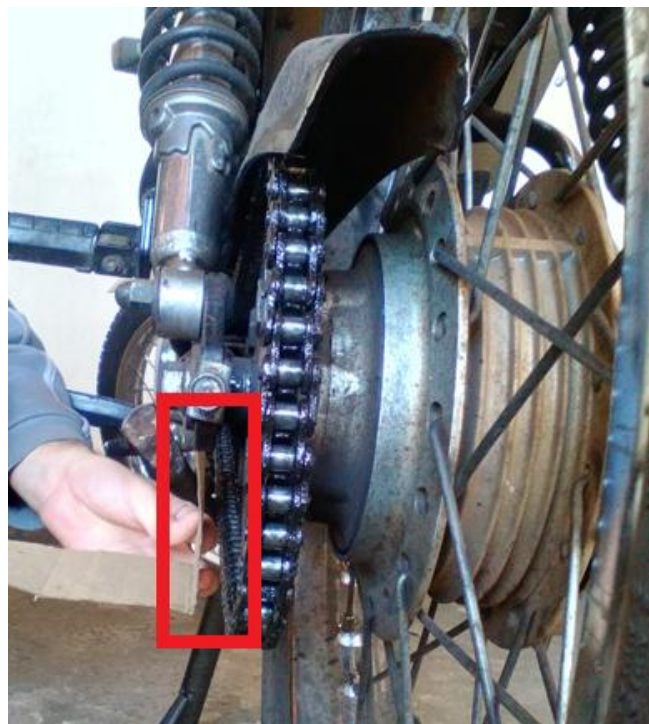


Figura 16 - A corrente limita a espessura de chapa (máximo 8 mm) que pode ser utilizada no suporte.  
Fonte: Autoria própria.

Depois de realizar as análises e as medições, obteve-se as dimensões máximas em milímetros como pode-se observar nas Figuras 17, 18 e 19:

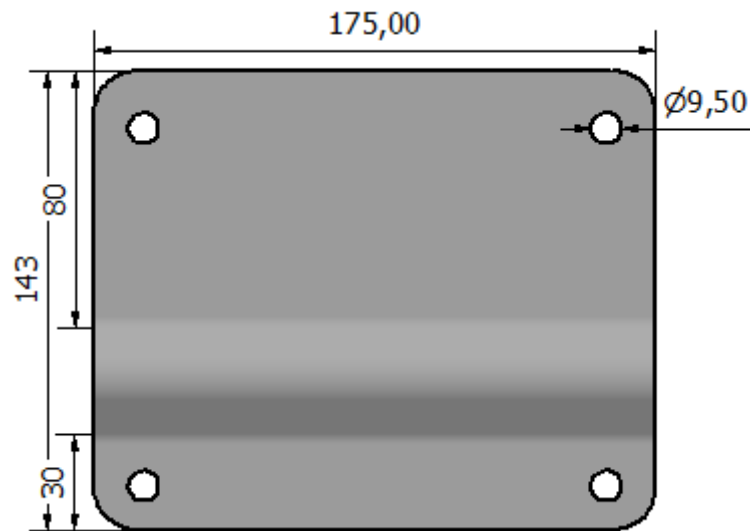


Figura 17 - Chapa interna do lado do escapamento.  
Fonte: Autoria própria.

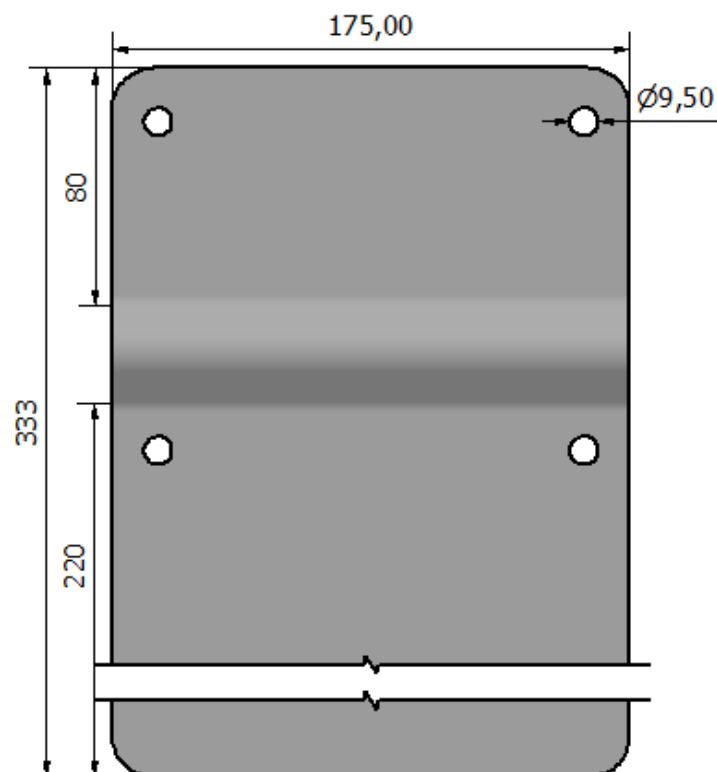
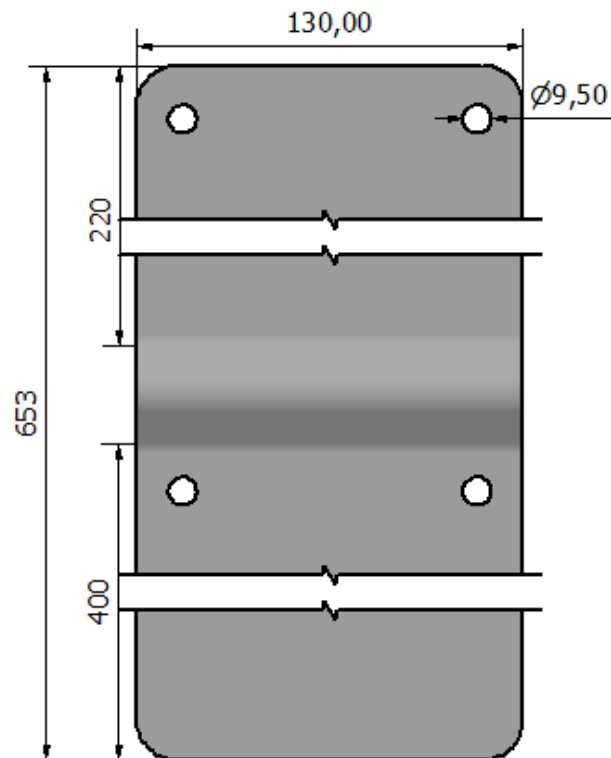


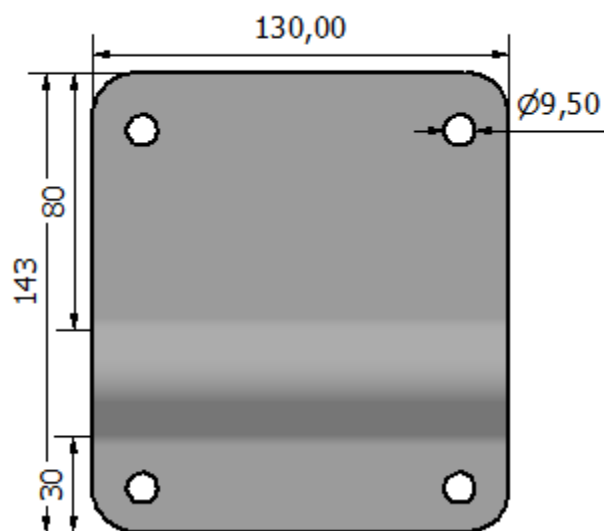
Figura 18 - Chapa externa do lado do escapamento.  
Fonte: Autoria própria.





**Figura 19 - Chapa interna/externa do lado da corrente.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Portanto, padronizando-se as chapas para que possa ser utilizada nos dois lados tem-se as dimensões máximas em milímetros, as quais podem ser notadas nas Figuras 20 e 21.



**Figura 20 - Chapa interna padronizada para os dois lados.**  
**Fonte: Autoria própria.**

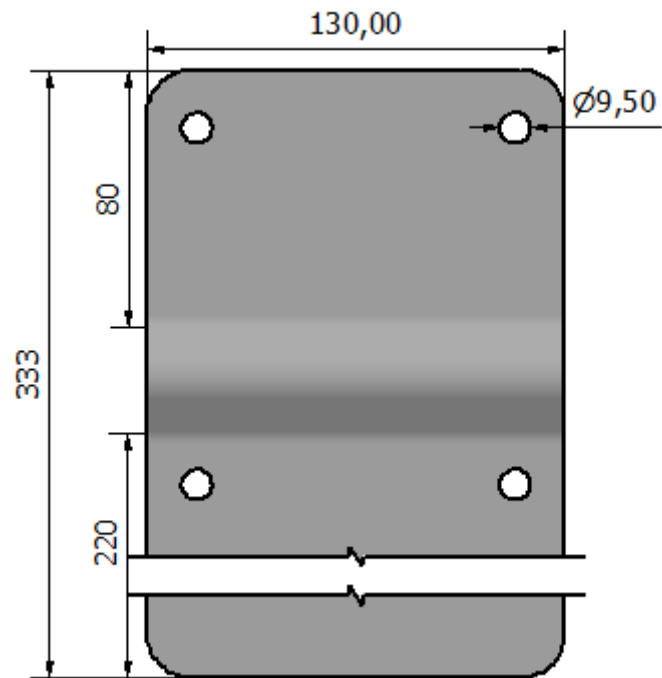


Figura 21- Chapa externa padronizada para os dois lados.  
Fonte: Autoria própria.

Por fim, definiu-se quais as dimensões que a chapa externa e interna do segundo modelo teria, sendo possível concluí-lo como mostra a Figura 22.

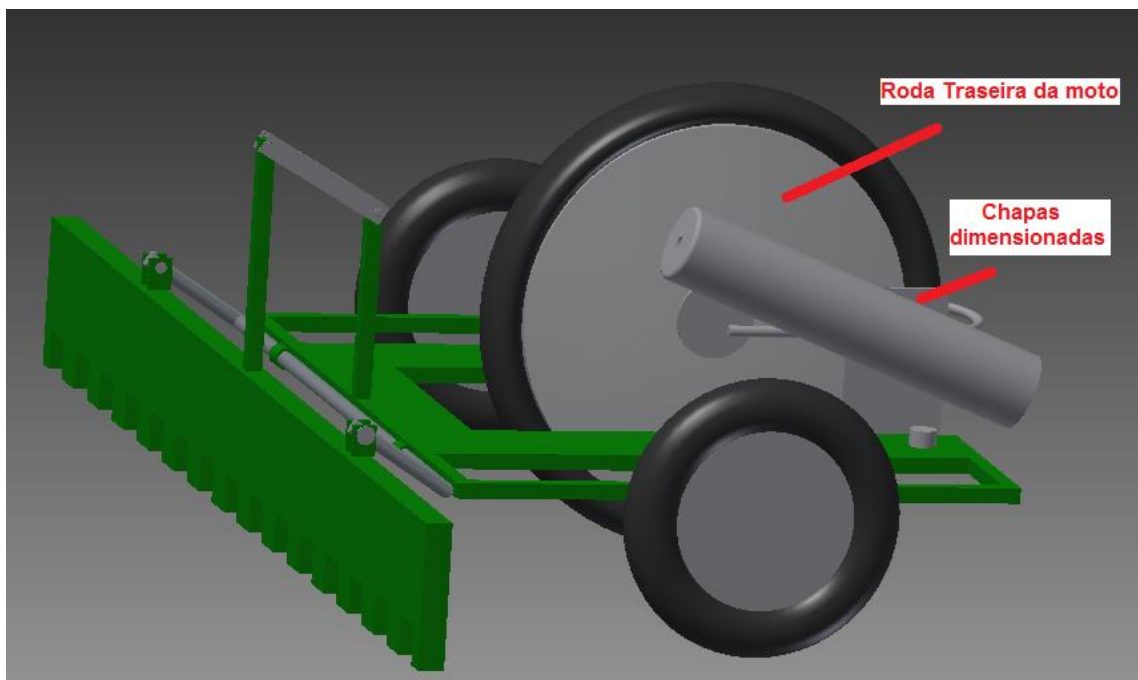
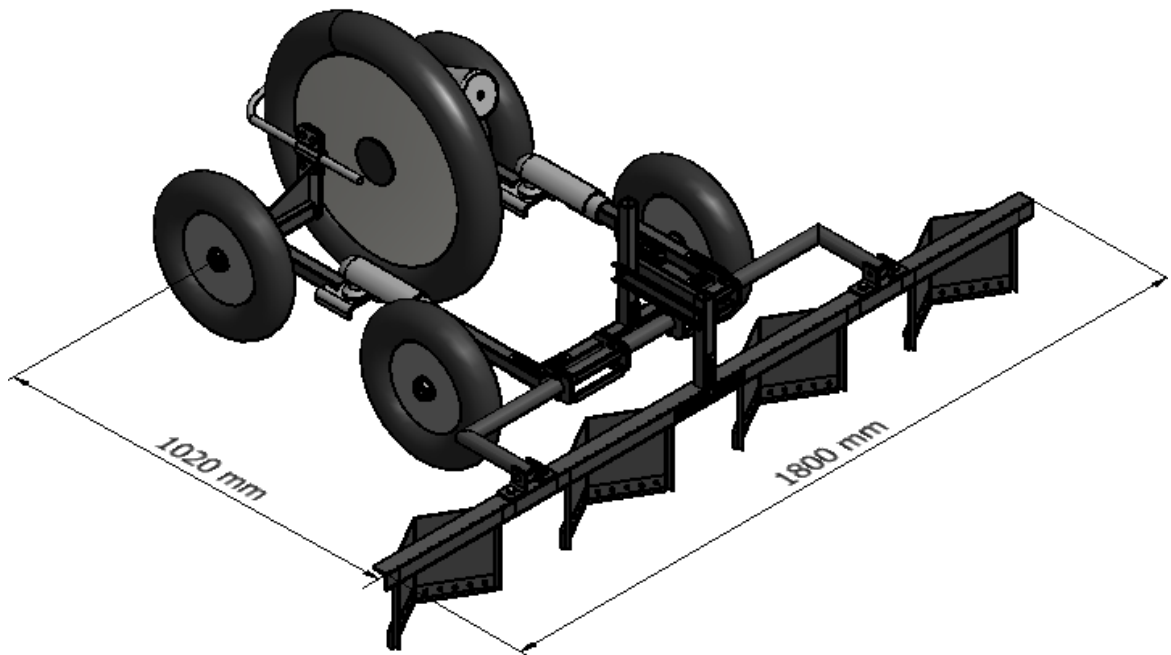


Figura 22- Segundo modelo do mexedor de café acoplado a uma moto.  
Fonte: Autoria própria.

Através do aperfeiçoamento desta idéia que se obteve a concepção final do produto.

### 2.3.3 Definição do layout do último modelo

Durante todo o desenvolvimento deste modelo (Figura 23) levou-se em consideração processo de fabricação simples e eficiente, utilizando uma boa parte, componentes disponíveis no mercado (tubos, chapas, rodas, engates, parafusos, entre outros).



**Figura 23 - Concepção final do produto.**  
Fonte: Autoria própria.

Chegou-se à conclusão que é viável utilizar duas rodas a mais como apoio da estrutura, pois elas proporcionam menor complexidade no desacoplamento e ainda oferece maior estabilidade ao mexedor de café.

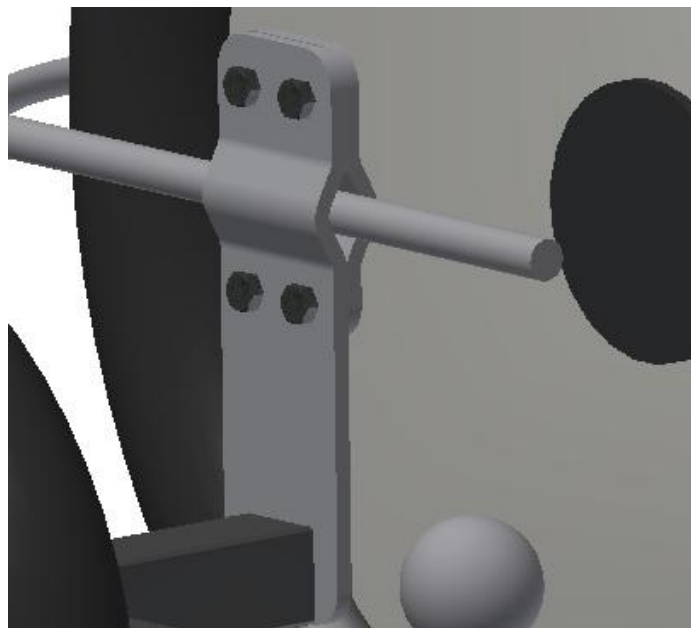
## 2.4 DESENHOS

Este projeto se divide em dois módulos:

### 2.4.1 Módulo Suporte

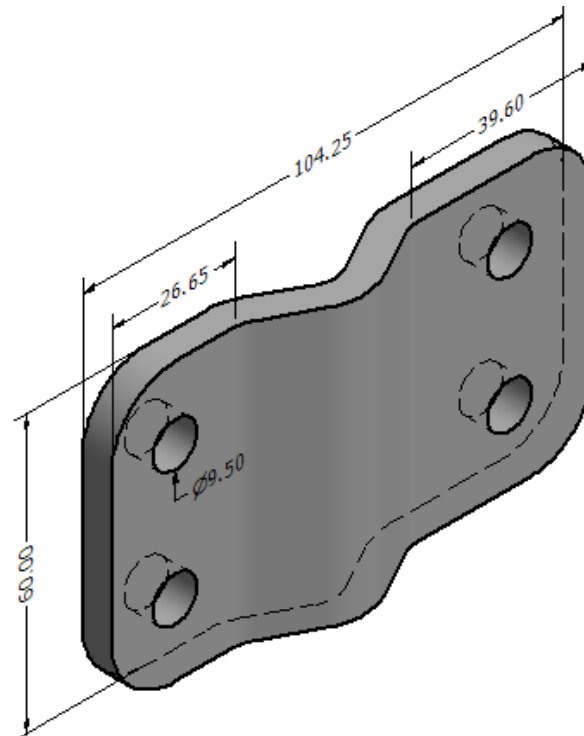
O módulo suporte é constituído basicamente por 4 chapas de espessura de 6.35 mm, duas de cada lado que são fixadas por parafusos na balança da moto, como pode ser observado na Figura 24.

Estes suportes podem ser removidos facilmente, basta soltar os parafusos utilizados para a fixação.

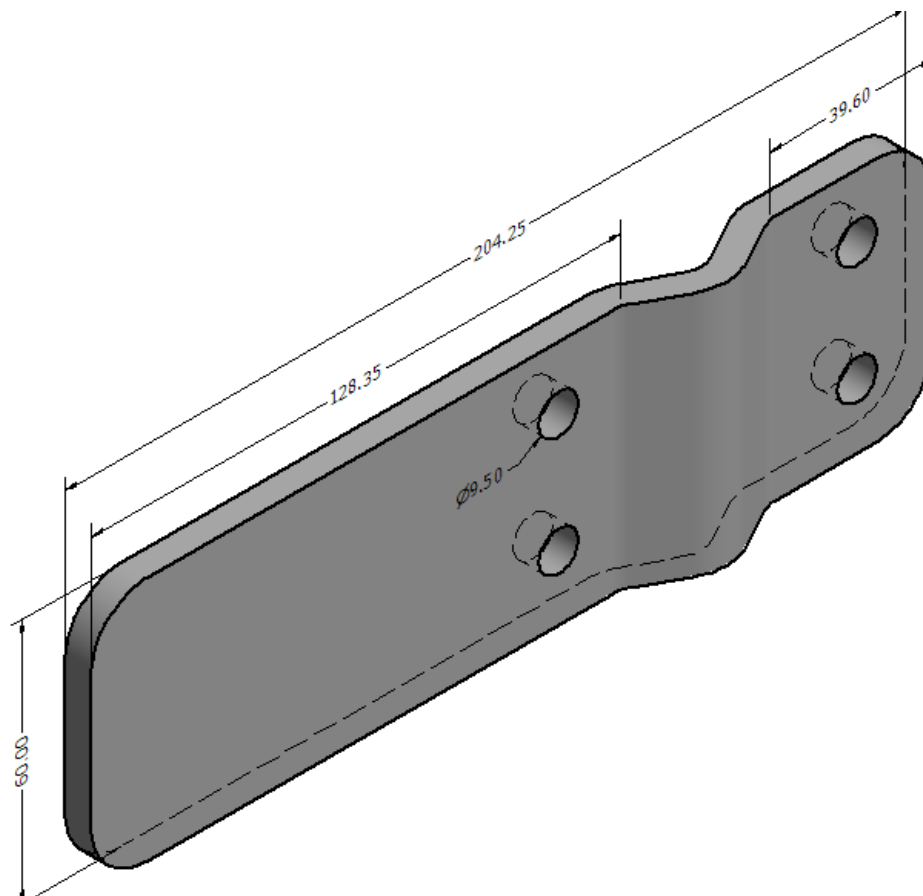


**Figura 24 - Sistema de fixação do suporte na balança da moto.  
Fonte: Autoria própria.**

Nas figuras 25 e 26 pode-se observar as dimensões em milímetro das chapas empregadas.

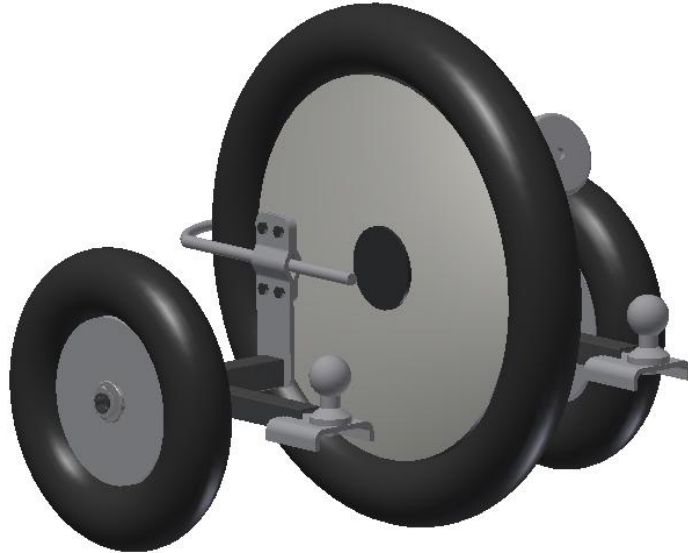


**Figura 25- Dimensões em mm da chapa interna de fixação.**  
Fonte: Autoria própria.

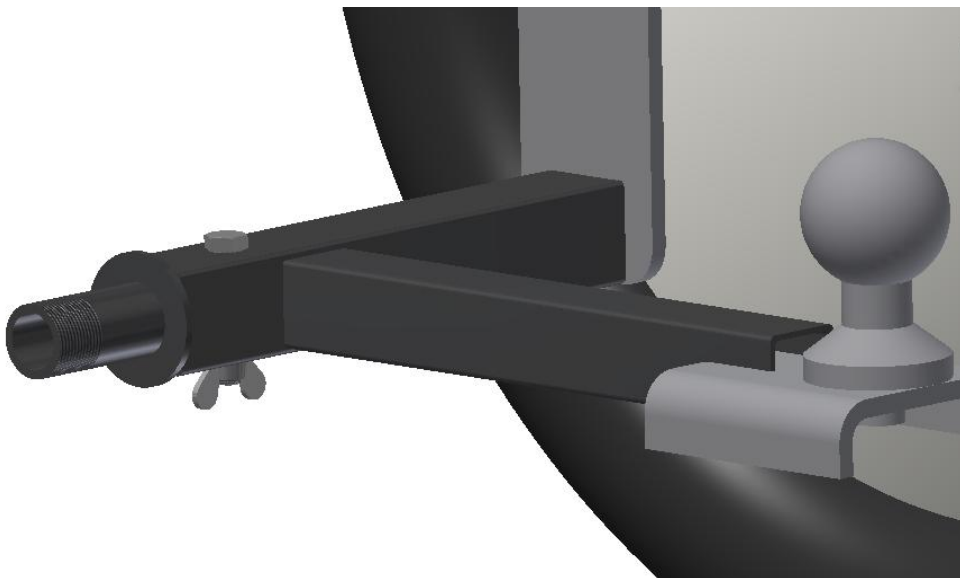


**Figura 26- Dimensões em mm da chapa externa utilizada para fixação do suporte.**  
Fonte: Autoria própria.

Na chapa externa há um tubo conectado por solda, no qual está soldado outro tubo que terá um pino de engate na sua extremidade, como mostra a Figura 27 e 28.

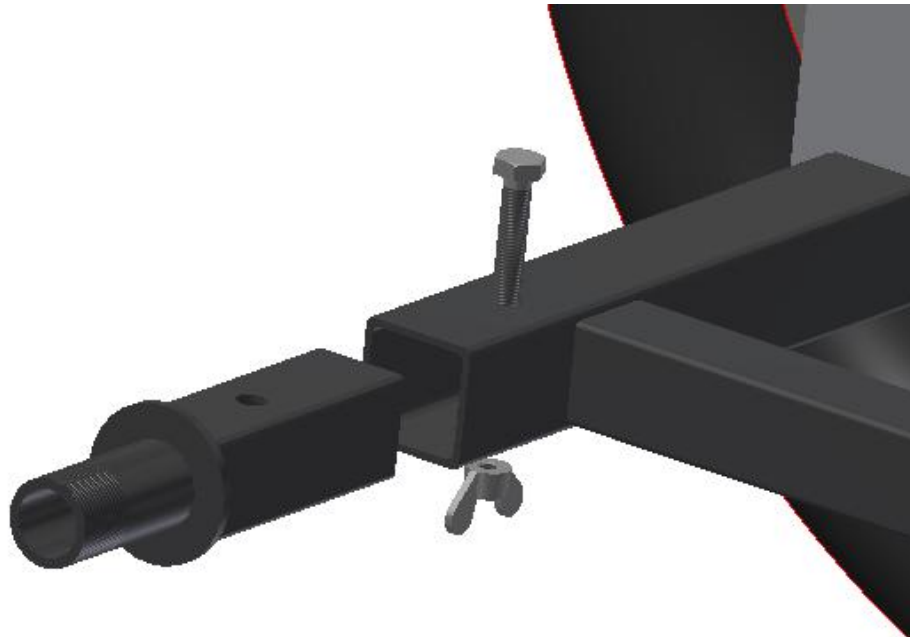


**Figura 27- Suporte do mexedor de café.**  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 28 - Ponta de eixo portátil.**  
Fonte: Autoria própria.

A ponta de eixo de diâmetro externo de 25,4 mm é soldada em um metalon 30 x 30 mm com espessura de 2 mm. Este é posicionado na parte interna do metalon 35 x 35 mm com espessura de 2,25 mm e travado por um parafuso, como pode ser visto na Figura 29 e 30.

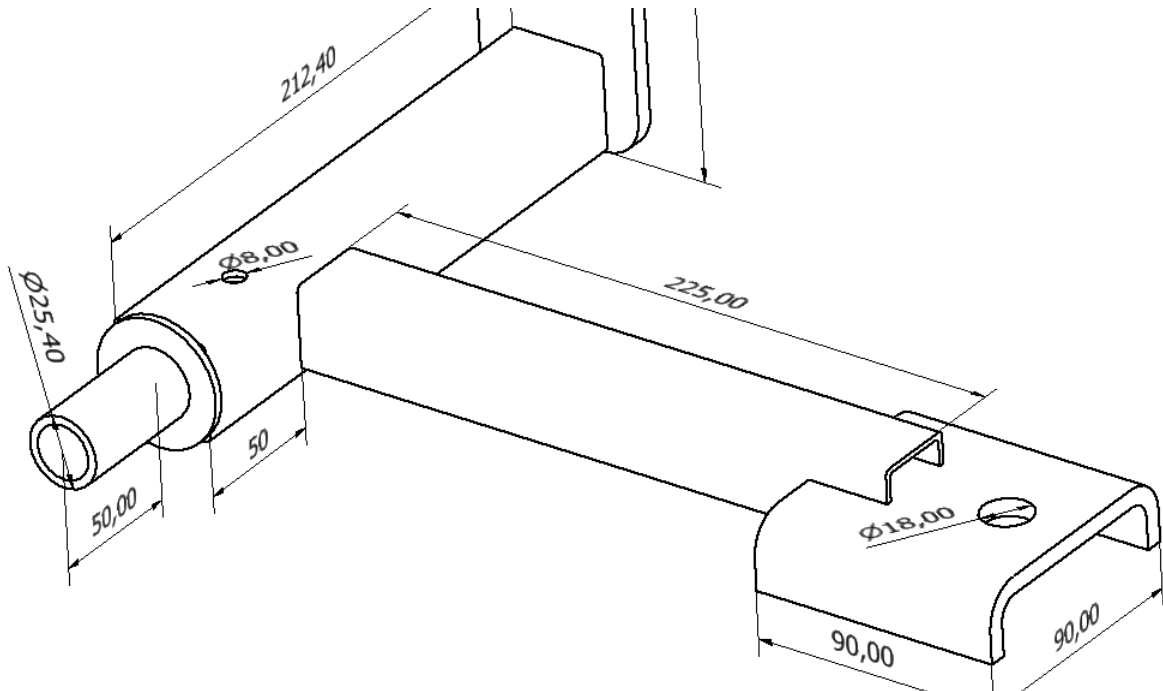


**Figura 29- Sistema de trava do eixo portátil.**  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 30 - Visão explodida do suporte.**  
Fonte: Autoria própria.

Na figura 31 encontra-se o suporte de fixação do mexedor de café e suas dimensões em milímetros.



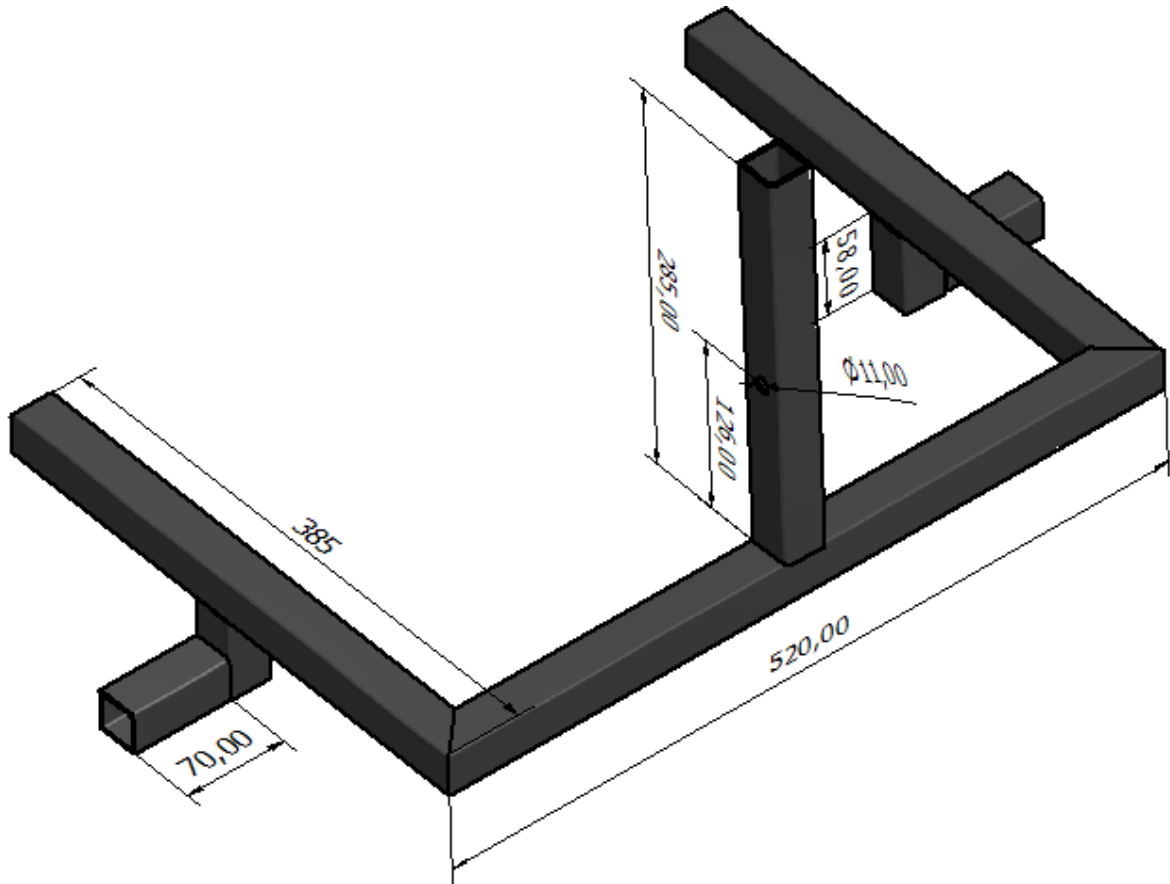
**Figura 31 –Dimensões do suporte em milímetros.**  
**Fonte: Autoria própria.**

#### 2.4.2 Módulo Mexedor de café

Este conjunto é constituído basicamente por uma estrutura que sustenta um rodo.

A estrutura (Figura 32) é composta basicamente de metalon 30 x 30 mm com espessura de 2 mm, os quais podem ser comprados facilmente, pois as secções utilizadas são comerciais. Após a compra, eles devem ser cortados e soldados.

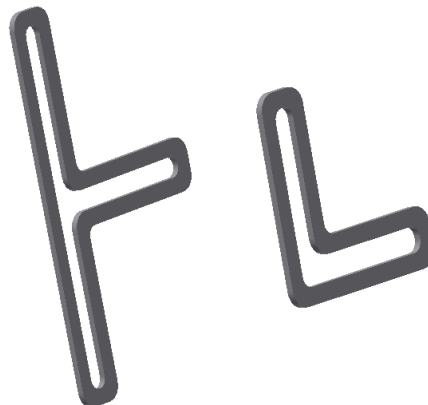




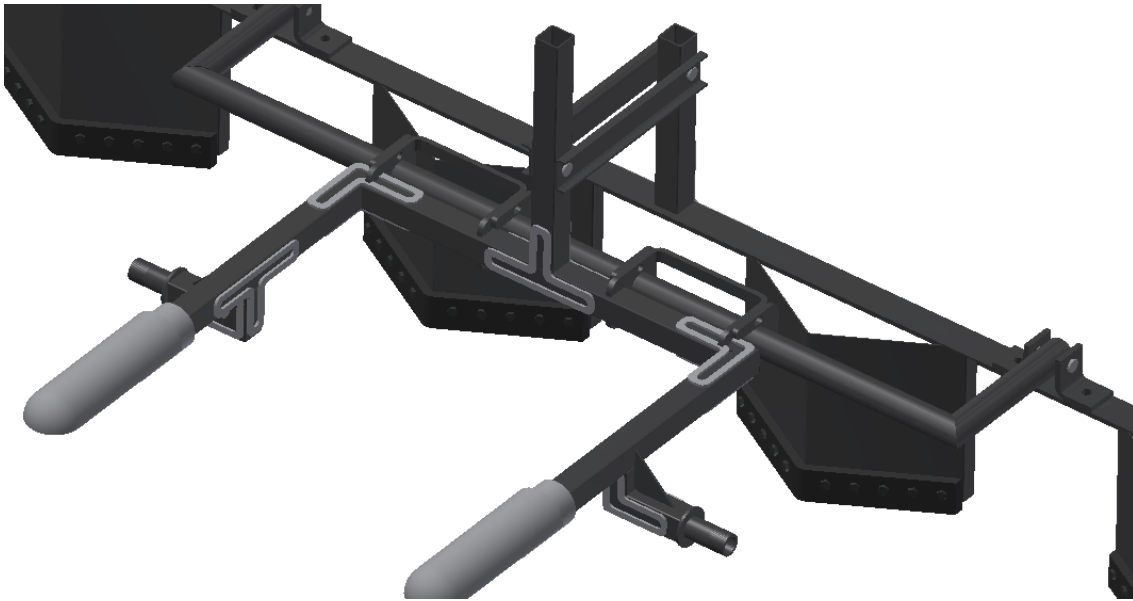
**Figura 32 – Dimensões da estrutura.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Todos os tubos são de aço 1020 e serão unidos por meio de solda. Os cordões sempre que possíveis devem ser fechados, não sendo interrompidos, pois a interrupção de um cordão gera concentradores de tensão indesejáveis.

Nas junções utilizou-se as peças referente a Figura 33, visando aumentar a área de solda e diminuir pontos de concentração de tensão, como pode se observar na Figura 34.

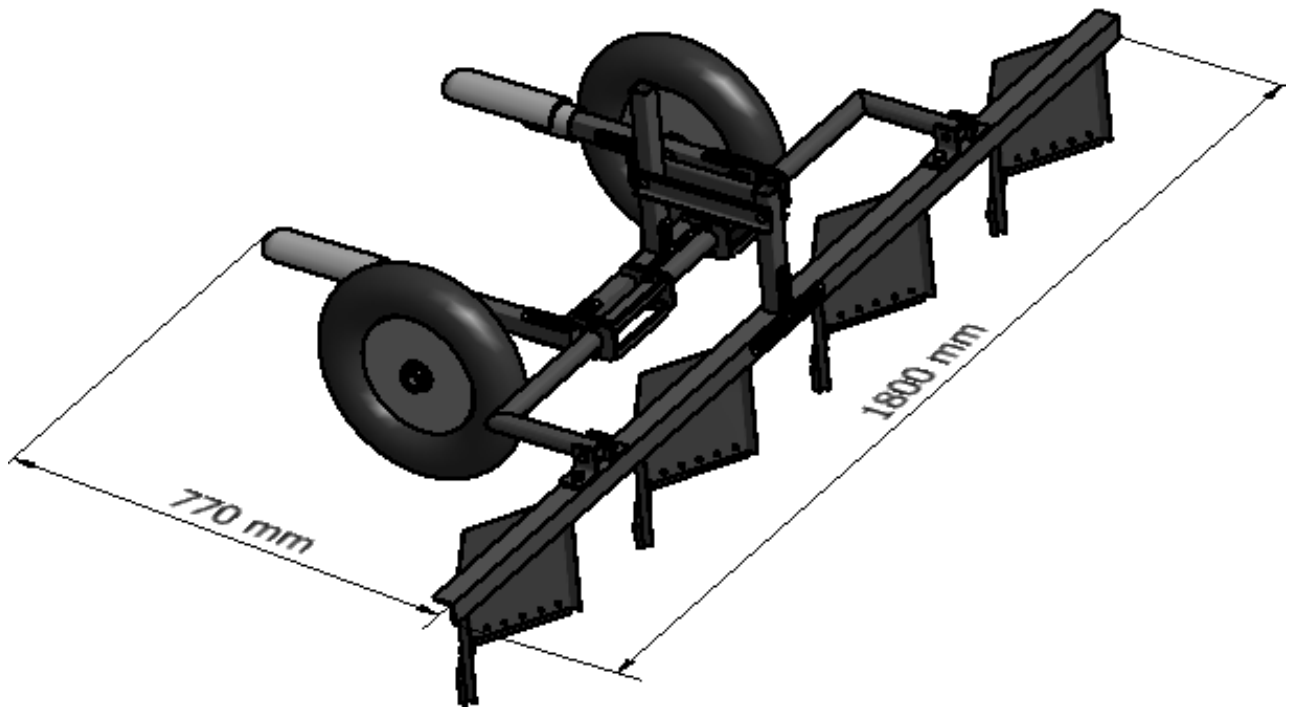


**Figura 33 - Junções da estrutura.**  
**Fonte: Autoria própria.**



**Figura 34- Aplicação da junção da Estrutura.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Toda a estrutura está apoiada sobre duas rodas de carriola como mostra a Figura 35. Basicamente a distribuição de tensões sobre esta estrutura foi prevista por uma simulação básica no inventor, pois ela sofrerá poucos esforços. Mas no caso de esforços mais excessivos, o ideal seria utilizar um software de elementos finitos e fazer um simulação de todos os tubos e soldas para verificar os pontos críticos e reforçá-los.



**Figura 35 - Mexedor de café apoiado sobre as rodas de carruola.**  
**Fonte: Autoria própria.**

A estrutura possui dois engates que se acoplarão ao suporte. Este sistema de engate é o mesmo utilizado pelas carretas de automóveis sendo encontrado facilmente no mercado.

Realiza-se o movimento do rodo graças a um tubo de diâmetro de 31,75 mm com espessura de 4 mm, que encontra-se apoiado em duas chapas que foram cortadas a laser e dobradas, como pode se observar na Figura 36.

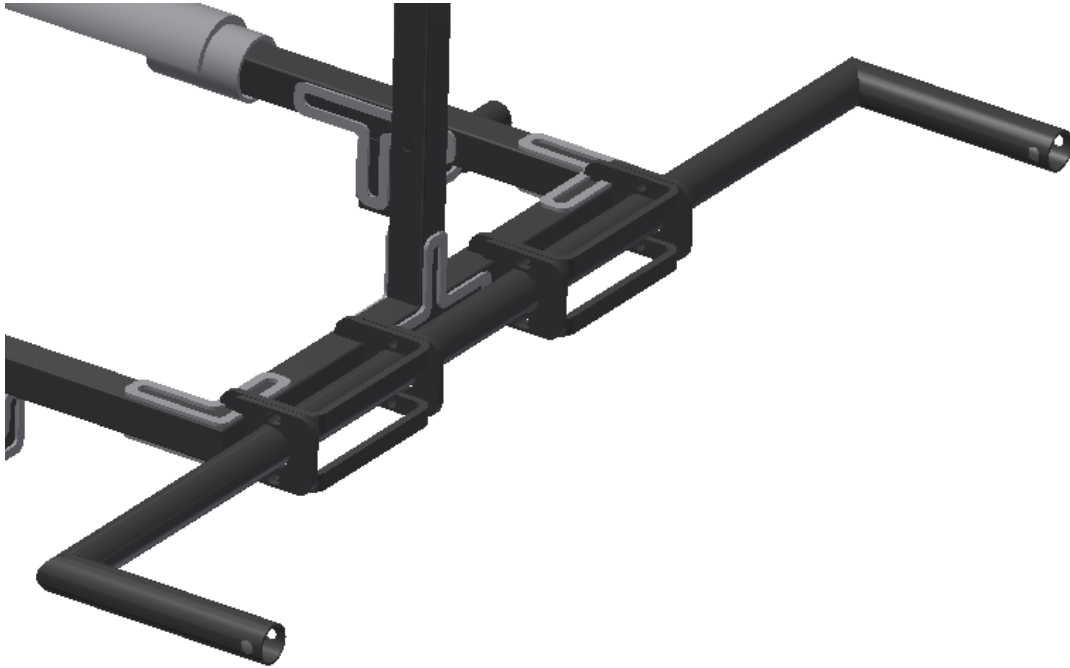


Figura 36- Sistema responsável pelo movimento do rodo.  
Fonte: Autoria própria.

As dimensões da chapa dobrada e da chapa que trava o tubo no apoio podem ser observadas nas Figuras 37 e 38.

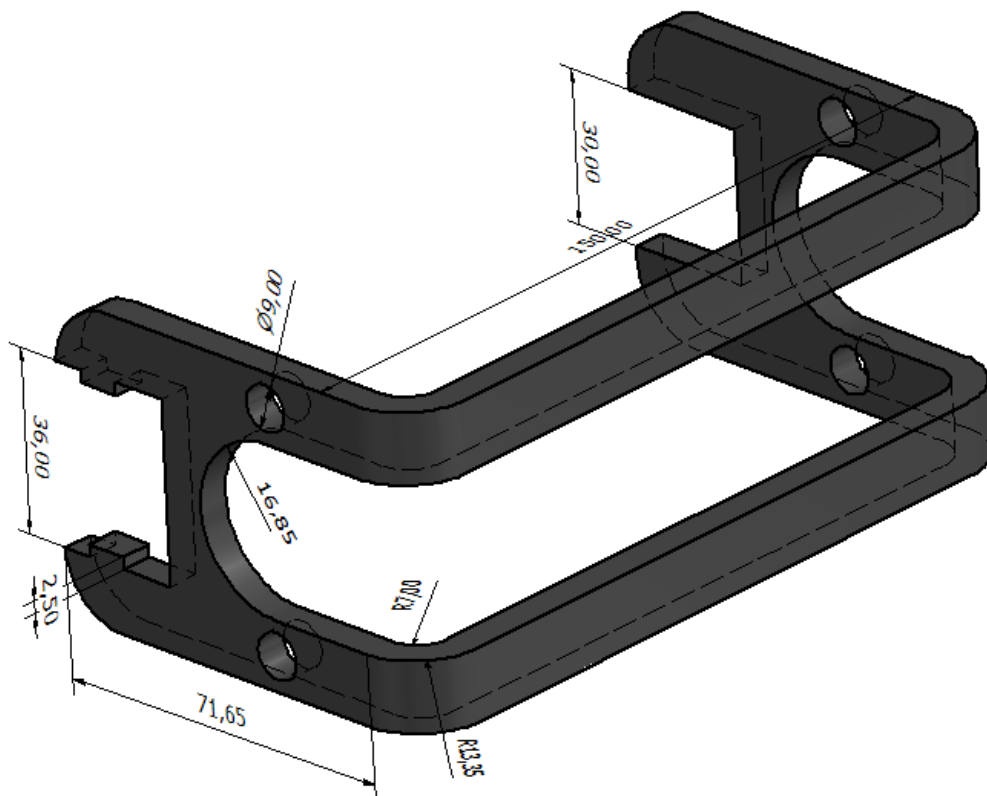
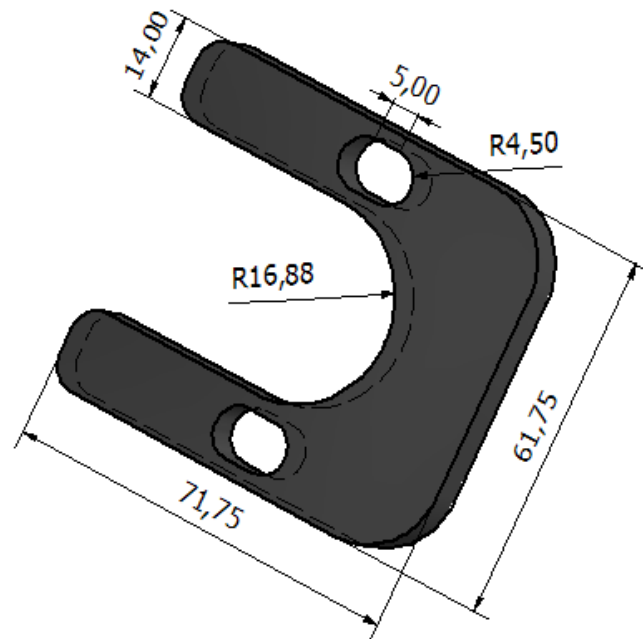


Figura 37 - Dimensões da chapa em milímetros.  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 38 - Dimensões da trava em milímetros.**  
**Fonte: Autoria própria.**

O formato do rodo e seu funcionamento foi baseado no produto da empresa Rodomoto, como mostra a Figura 39.



**Figura 39 - Mexedor de café fabricado pela empresa Rodomoto.**  
**Fonte: RODOMOTO, 2011.**

O rodo é composto por uma cantoneira de abas iguais 38,1 x 38,1 mm de espessura 3,175 mm e quatro chapas de espessura 1,588 mm dobradas em um ângulo de 120 graus. Cada chapa possui dez furos passantes onde é fixado a borracha que terá contato com a superfície como mostra a Figura 40. A borracha

mais adequada seria a de pneu de caminhão, pois ela possui uma boa resistência que garante a ausência de contato entre a lata e o chão.

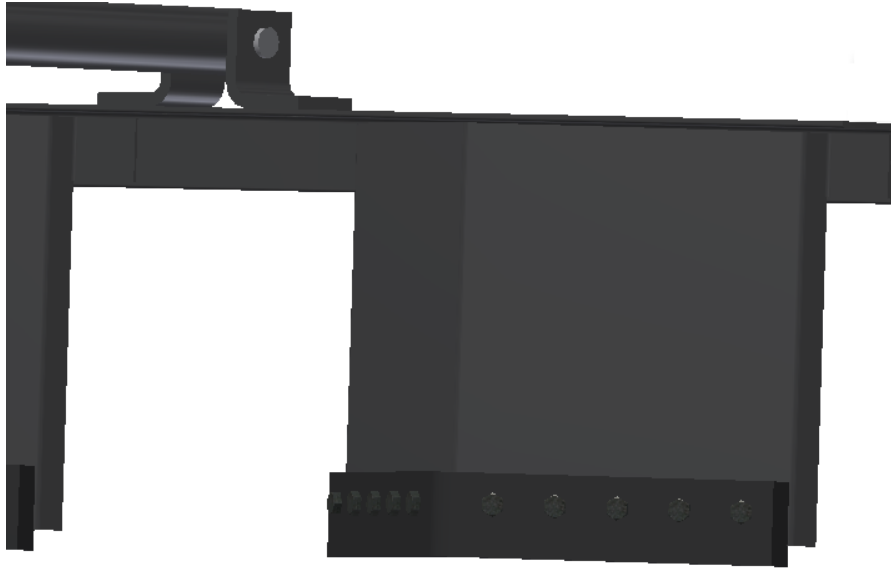


Figura 40 – Sistema de fixação da borracha na chapa do rodo.  
Fonte: Autoria própria.

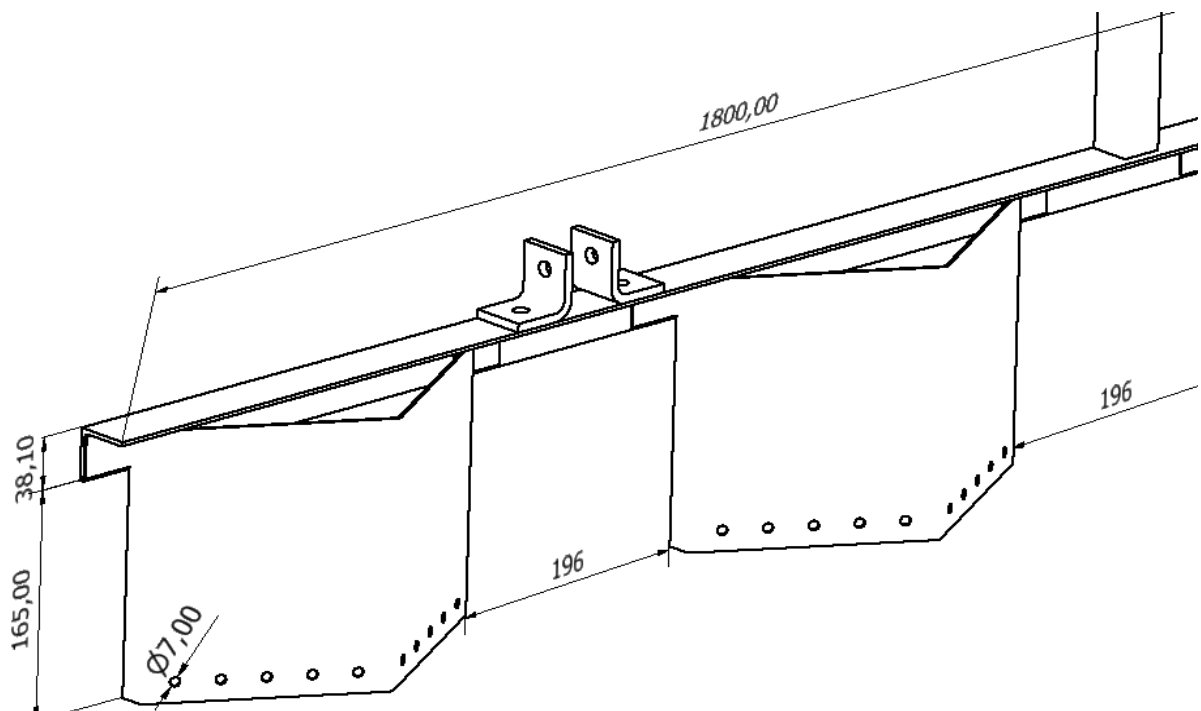
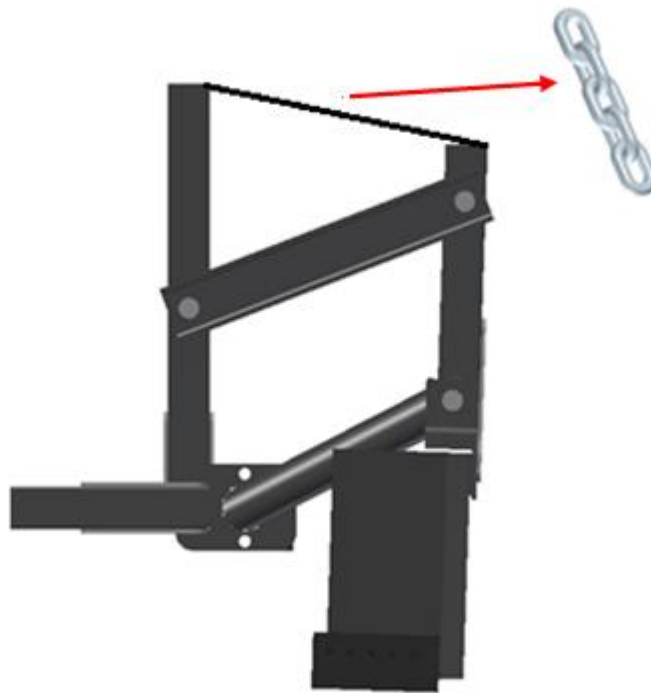


Figura 41 - Dimensões do rodo.  
Fonte: Autoria própria.

### 3 MEMÓRIA DE CÁLCULO

Todo o desenho foi feito utilizando o software *Inventor* 2015. Com base no ponto de equilíbrio crítico, que é quando o rodo está na posição que se refere a Figura 42, é necessário fazer análise de tensão para garantir que a estrutura irá suportar as cargas atuantes.



**Figura 42 - Mexedor de café em posição de equilíbrio.**  
Fonte: Autoria própria.

#### 3.1 CÁLCULO DAS FORÇAS DE EQUILÍBRIO

Usando o *Inventor* é possível descobrir o peso do conjunto e em qual angulação as forças estão sendo aplicadas, como mostra a Figura 43.

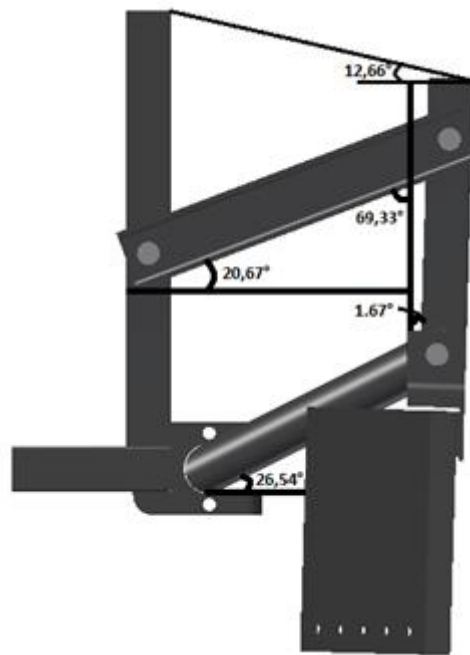


Figura 43 - Angulação das partes móveis do conjunto.  
Fonte: Autoria própria.

Sabendo-se os ângulos e a força peso é possível calcular as forças atuantes no conjunto nesta posição de equilíbrio.

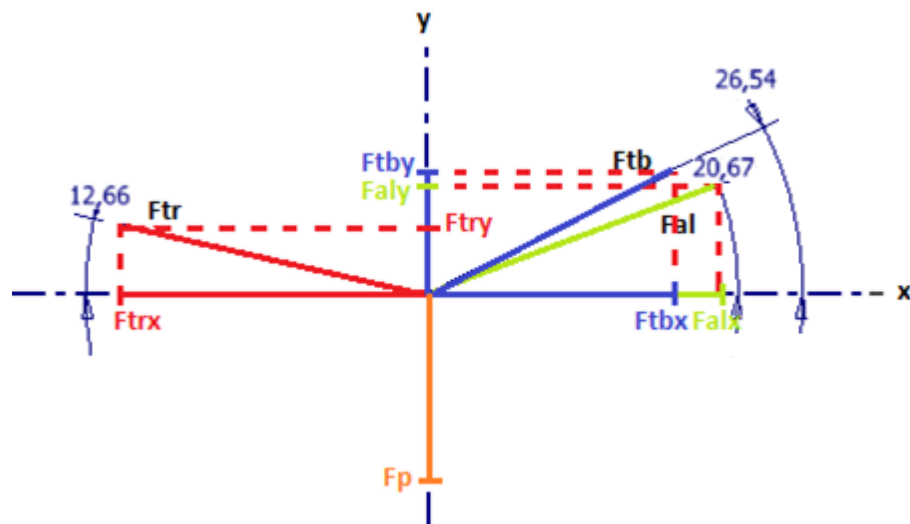


Figura 44 - Decomposição das forças em x e em y.  
Fonte: Autoria própria



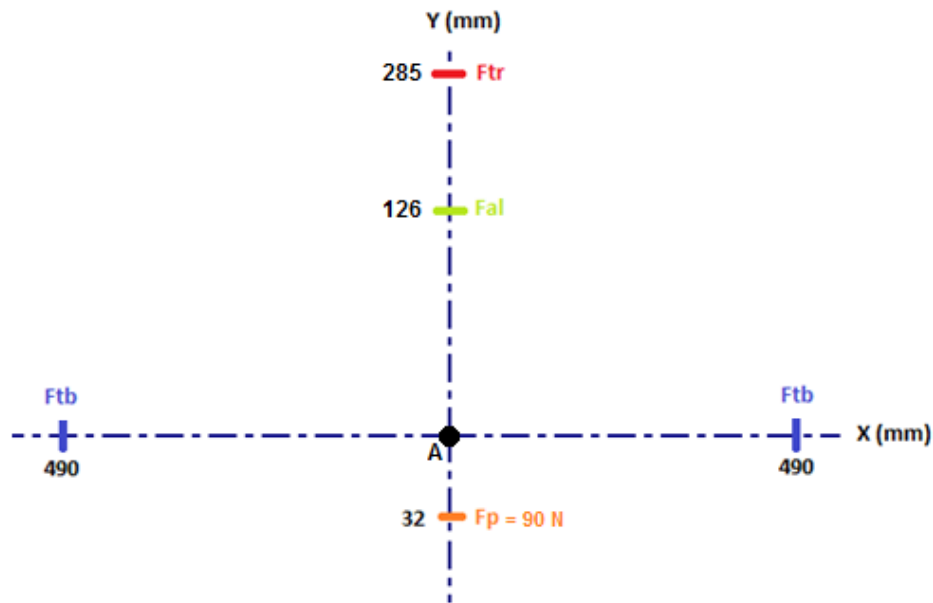


Figura 45- Posicionamento das forças  
Fonte: Autoria própria

De acordo com as Figuras 44 e 45 tem-se:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_{al} \cdot 126 - F_{tr} \cdot 285 = 0 \quad (1)$$

$$F_{al} \cdot \cos 20,67 \cdot 126 - F_{tr} \cdot \cos 12,66 \cdot 285 = 0 \quad (2)$$

$$F_{al} = (F_{tr} \cdot \cos 12,66 \cdot 285) / (\cos 20,67 \cdot 126) \quad (3)$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{tbx} + F_{alx} + F_{trx} = 0 \quad (4)$$

$$F_{tb} \cdot \cos 26,54 + F_{al} \cdot \cos 20,67 - F_{tr} \cdot \cos 12,66 = 0 \quad (5)$$

$$F_{tb} = (F_{al} \cdot \cos 20,67 - F_{tr} \cdot \cos 12,66) / \cos 26,54 \quad (6)$$

Substituindo a equação (3) em (6) tem-se:

$$F_{tb} = (((F_{tr} \cdot \cos 12,66 \cdot 285) / (\cos 20,67 \cdot 126)) \cdot \cos 20,67 - F_{tr} \cdot \cos 12,66) / (\cos 26,54) \quad (7)$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_{tby} + F_{aly} + F_{try} - F_p = 0 \quad (8)$$

$$F_{tb} \cdot \sin 26,54 + F_{al} \cdot \sin 20,67 + F_{tr} \cdot \sin 12,66 - F_p = 0 \quad (9)$$

$$F_{tr} = (F_p - F_{tb} \cdot \sin 26,54 - F_{al} \cdot \sin 20,67) / \sin 12,66 \quad (10)$$

Substituindo **(3)** e **(7)** na equação **(10)** tem-se:

$$F_{tr} = (90 - (((F_{tr} \cdot \cos 12,66 \cdot 285) / (\cos 20,67 \cdot 126)) \cdot \cos 20,67 - F_{tr} \cdot \cos 12,66) / \cos 26,54) \cdot \sin 26,54 - ((F_{tr} \cdot \cos 12,66 \cdot 285) / (\cos 20,67 \cdot 126)) \cdot \sin 20,67 / \sin 12,66 \quad (11)$$

$$F_{tr} = (90 - (0,61 F_{tr}) - (3,8 F_{tr})) \quad (12)$$

$$F_{tr} = 54,2207 \text{ N} \quad (13)$$

Logo, **F<sub>tb</sub> = 74,6241 N** e **F<sub>al</sub> = 127,141 N**

Após encontrar as intensidades das forças é possível iniciar a análise de tensão na estrutura.

### 3.2 ANÁLISE DE TENSÃO

Primeiramente será feita uma análise de flexão e flambagem no tubo de metalon de seção quadrada 30x30 mm 2" demonstrado nas Figuras 46 e 47.



**Figura 46 - Análise de tensão no tubo de sustentação do conjunto.**  
Fonte: Autoria própria

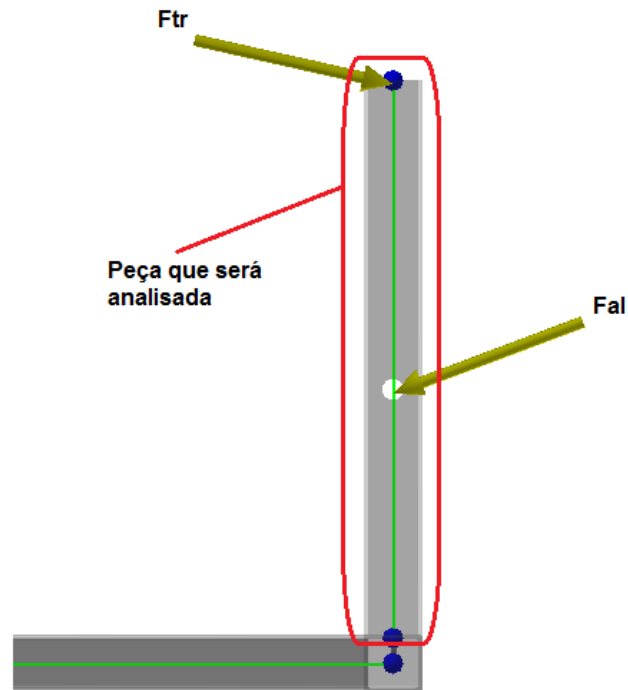


Figura 47 - Metalon que sofrerá a carga da trava ( $F_{tr}$ ) e da alavanca ( $F_{al}$ ).  
Fonte: Autoria própria.

### 3.2.1 Flambagem

A carga axial máxima que uma coluna pode suportar quando está no limite da flambagem é chamada carga crítica  $P_{cr}$ . Qualquer carga adicional provocará flambagem na coluna e, portanto deflexão lateral, como mostra a Figura 48.



Figura 48 - Influência da condição de contorno do metalon ( $L_{ef} = 2.L$ ).  
Fonte: adaptado HIBBELER, 2004.

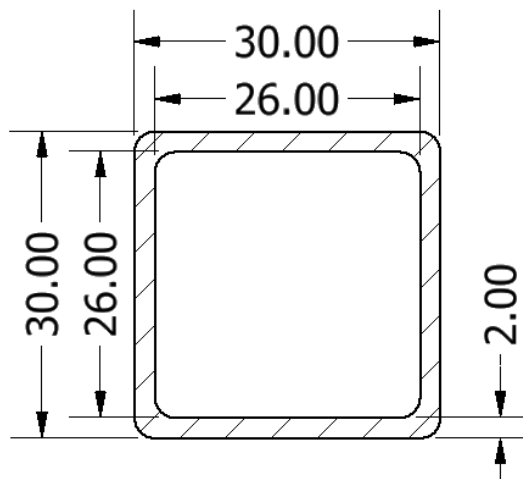
Para garantir que a coluna não irá flambar é necessário fazer os seguintes cálculos:

### 3.2.1.1 Carregamento crítico

Para obter a carga crítica sobre a coluna, precisa-se primeiramente dos seguintes parâmetros:

- Módulo de elasticidade longitudinal do aço 1020

$$E = 170.10^3 \text{ MPa (aço SAE 1020)}$$



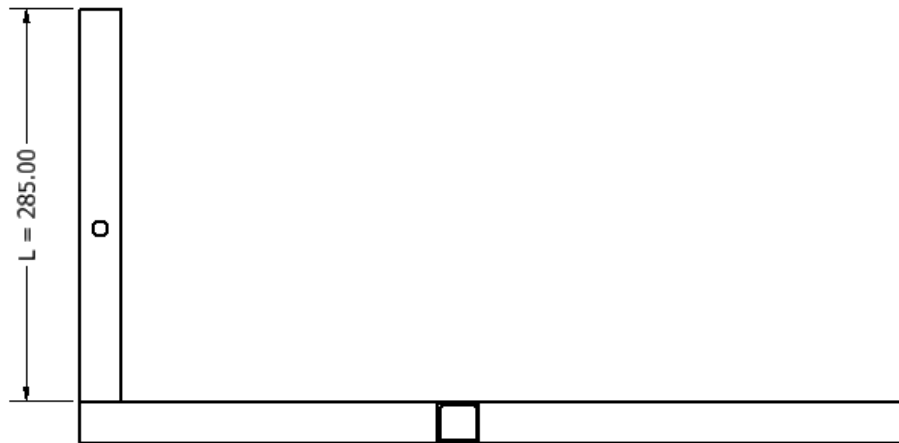
**Figura 49 - Seção transversal do metalon, a=30mm e b=26mm.  
Fonte: Autoria própria.**

- Momento de inércia da seção da Figura 49, referente a barra de sustentação.

$$I = 29232,519 \text{ mm}^4 \text{ (valor obtido pelo software inventor)}$$

- Comprimento efetivo

A barra tem um dos lados engastado e o outro livre, neste caso a coluna se comporta como se ela fosse uma coluna biarticulada com o dobro do seu comprimento. Portanto, o comprimento efetivo ( $L_{ef}$ ) é igual a 570mm.



**Figura 50 - Vista lateral da estrutura mostrando o comprimento da coluna.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Sendo assim será possível obter a carga resolvendo a seguinte equação:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{ef}^2}, \text{ (HIBBELER, 2004)} \quad (14)$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 170 \cdot 10^3 \cdot 29232,519}{570^2} \quad (15)$$

$$P_{cr} = 151000 \text{ N} \quad (16)$$

### 3.2.1.2 Tensão Crítica

Depois de ter calculado o carregamento crítico, precisa-se somente da área da seção da coluna para se obter a tensão crítica de flambagem. Portanto:

$$A = 30 \cdot 30 - 26 \cdot 26 = 224 \text{ m}^2$$

Logo,

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A}, \text{ (HIBBELER, 2004)} \quad (17)$$

$$\sigma_{cr} = \frac{151000}{224} \quad (18)$$

$$\sigma_{cr} = 674 \text{ Mpa} \quad (19)$$

Como,  $\sigma_{cr} = 674 \text{ Mpa} > \sigma_e = 210 \text{ Mpa}$ , logo utiliza a tensão de escoamento para calcular a carga crítica.

$$210 = \frac{P_{cr}}{224}, \quad P_{cr} = 47040 \text{ N} \quad (20)$$

As cargas axiais atuantes são  $F_{aly} = 45,15 \text{ N}$  e  $F_{try} = 11,5 \text{ N}$  que somadas resultam na força  $F_{ry} = 56,65 \text{ N}$ . Esta força resultante é menor do que a carga crítica  $P_{cr} = 47040 \text{ N}$ , garantindo que não ocorrerá flambagem na coluna.

### 3.2.2 Flexão

A seção engastada está na vertical, mas durante todos os cálculos ela estará na posição horizontal. Ela está sendo submetida a ação de força cortante e momento fletor simultaneamente, demonstrado na Figura 51. Todo o desenvolvimento dos cálculos abaixo são baseados na teoria do capítulo 6 (HIBBELER, 2004).

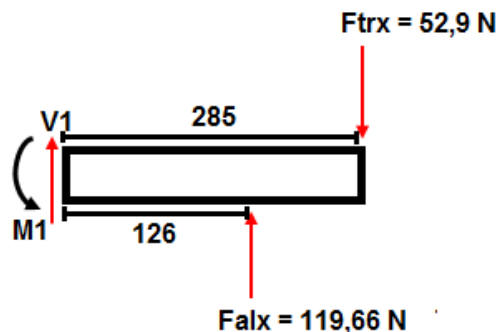


Figura 51 - Diagrama de força da barra de sustentação.  
Fonte: Autoria própria.

Inicialmente determina-se a reação de apoio  $V_1$  e o momento fletor  $M_1$ .

$$\Sigma F_x = 0$$

$$V_1 + F_{alx} - F_{trx} = 0 \quad (21)$$

$$V_1 = -66,76 \text{ N} \quad (22)$$

$$\Sigma M = 0$$

$$M_1 - F_{trx} \cdot 285 + F_{alx} \cdot 126 = 0 \quad (23)$$

$$M_1 = 52,9.285 - 119,66 \cdot 126 \quad (24)$$

$$M_1 = 0,66 \quad (25)$$

Em seguida, considera-se:

Para  $0 < X < 126$

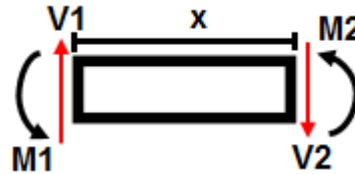


Figura 52 - Trecho a esquerda da força Falx  
Fonte: Autoria própria.

$$\Sigma F_y = 0 \quad \begin{array}{c} y \\ + \\ \uparrow \\ + \\ \rightarrow x \end{array}$$

$$V_1 - V_2 = 0 \quad (26)$$

$$V_2 = - 66,76 \text{ N} \quad (27)$$

$$\Sigma M_1 = 0 \quad \curvearrowright +$$

$$M_2 - V_2 \cdot X = 0 \quad (28)$$

$$M_2 = V_2 \cdot X \quad (29)$$

$$M_2 = 66,76 \cdot X \quad (30)$$

Para  $126 < X < 285$

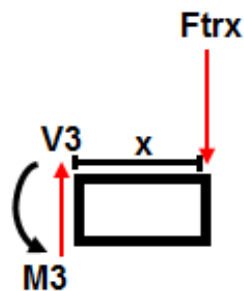




Figura 53 - Trecho a direita da força Falx.  
Fonte: Autoria própria.

$$\Sigma F_x = 0$$


$$V_3 - F_{tr_x} = 0 \quad (31)$$

$$V_3 = 52,9 \text{ N} \quad (32)$$

$$\Sigma M = 0$$


$$M_3 = F_{tr_x} \cdot y \quad (33)$$

$$M_3 = 52,9 \cdot X \quad (34)$$

Para calcular os momentos fletores máximos tem-se:

$$\text{Para } X = 126 \text{ mm, } M_{2\text{máx}} = 8411 \text{ N.mm} \quad (35)$$

$$\text{Para } X = 285 - 126 = 159 \text{ mm, } M_{3\text{máx}} = 8411 \text{ N.mm} \quad (36)$$

Após o cálculo de todas as forças cortantes e momentos fletores, constrói-se os diagramas ilustrados nas Figuras 54 e 55.

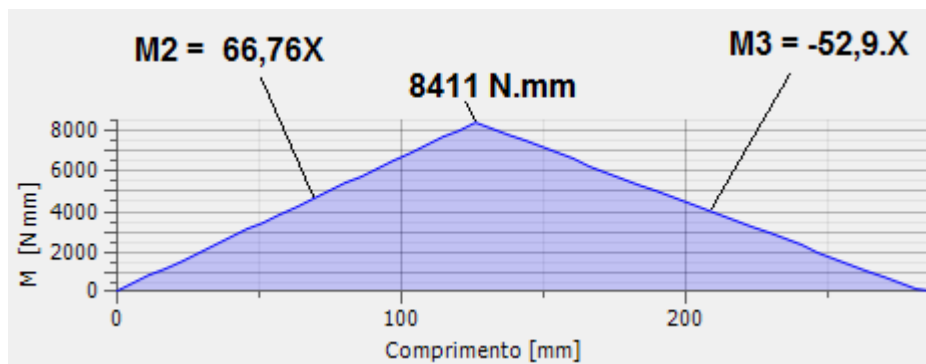


Figura 54 - Diagrama de momento fletor.

Fonte: Autoria própria.

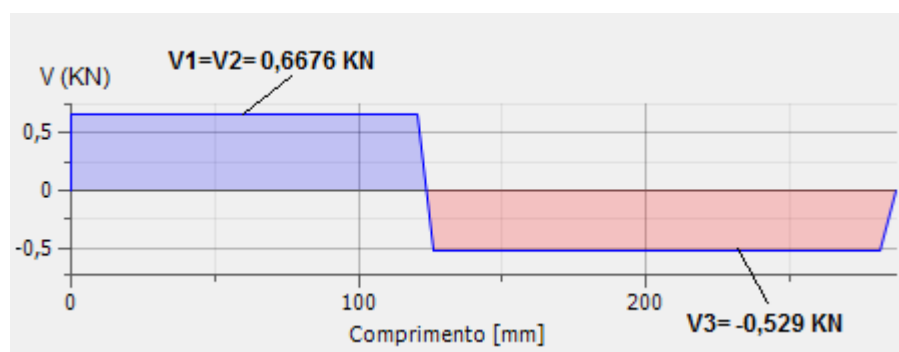


Figura 55 - Diagrama de força cortante.

Fonte: Autoria própria.



### 3.2.2.1 Tensão normal máxima na flexão

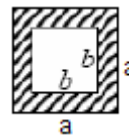
As forças que atua na secção transversal da viga provoca uma tensão normal, a qual pode ser calculada através da equação geral:

$$\sigma_f = \frac{M_{m\acute{a}x.}}{W_x} \quad (37)$$

O momento fletor máximo já calculado é o  $M_{m\acute{a}x}$  e o  $W_x$  é o módulo de resistência a flexão, o qual, para a seção transversal do tipo balcão ou caixão, corresponde a seguinte equação:

$$W_x = \frac{a^4 - b^4}{6a} \quad (38)$$

Logo,



$$W_x = \frac{30^4 - 26^4}{6 \cdot 30} \quad (39)$$

$$W_x = 1961 \text{ mm}^3 \quad (40)$$

A tensão máxima que atua na viga está representada na Figura 56:

$$\sigma_f = \frac{M_{m\acute{a}x}}{W_x} \quad (41)$$

$$\sigma_f = \frac{8411 \text{ N.mm}}{1961 \text{ mm}^3} \quad (42)$$

$$\sigma_f = 4,3 \text{ N/mm}^2 \quad (43)$$

Após o cálculo de  $\sigma_f = 4,3 \text{ Mpa}$ , ao fazer uma pré-análise no *Inventor* percebe-se que a coluna não irá romper por flexão e o valor obtido pelo software é  $4,288 \text{ N/mm}^2$ .

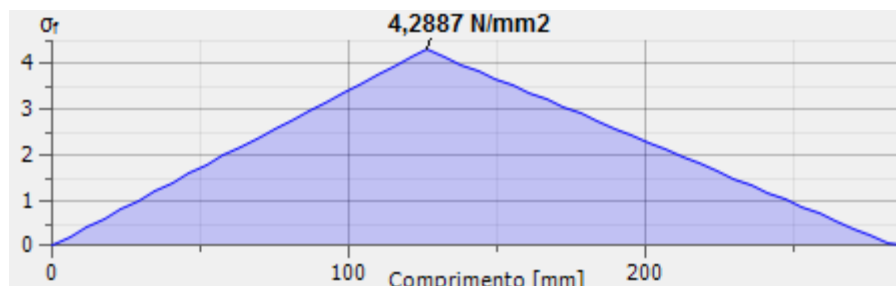


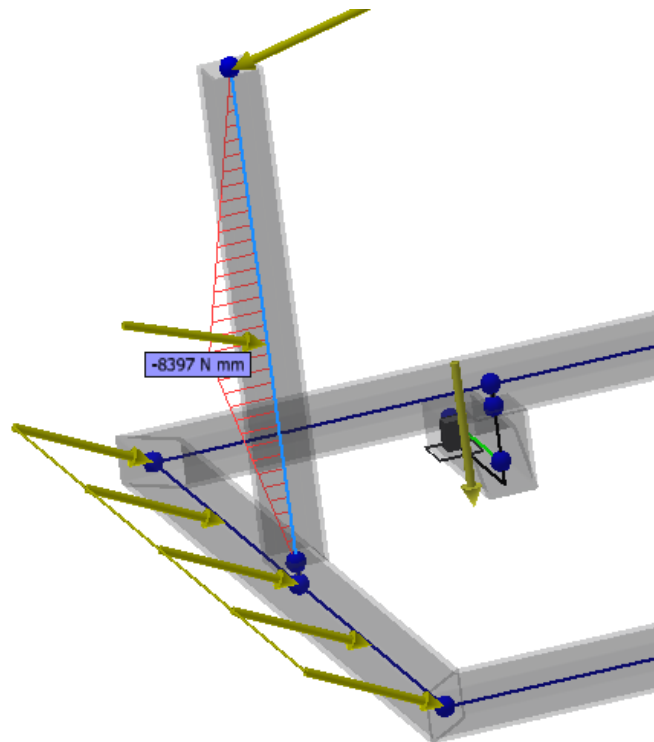
Figura 56- Diagrama de tensão normal atuante na barra.  
Fonte: Autoria própria.

### 3.3 SIMULAÇÃO NO SOFTWARE INVENTOR 2015

#### 3.3.1 Pré - análise de tensão na barra de sustentação do rodo

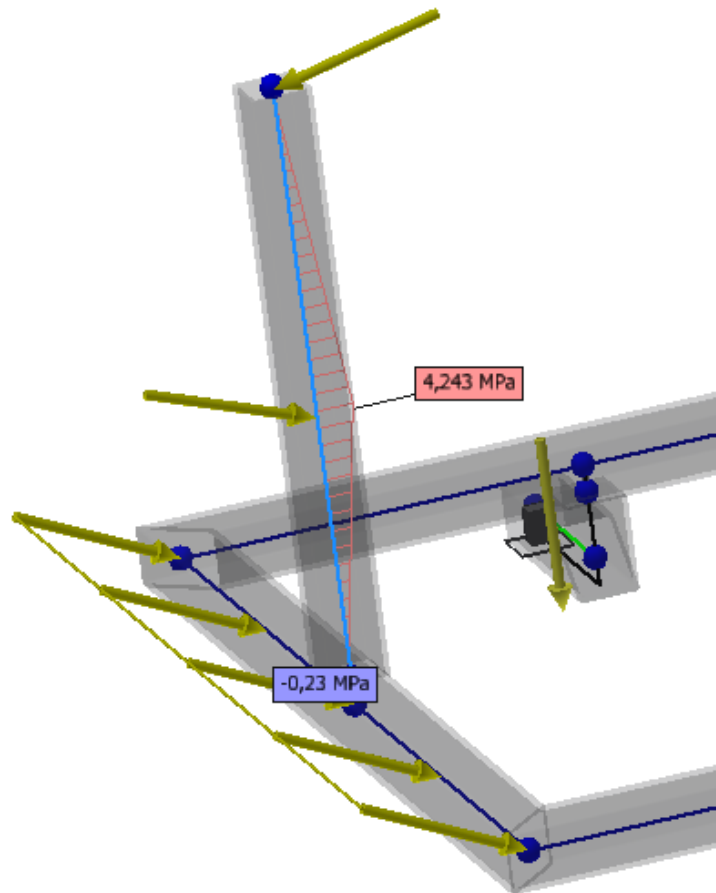
A barra de sustentação é considerada o ponto crítico da estrutura, sendo assim, após realizar os cálculos, certificou-se através de simulação se os resultados estavam coerentes.

Pela pré- análise o momento máximo submetido por este tubo é igual a 8397 N/mm e pelos cálculos igual a 8411 N/mm.



**Figura 57 - Momento fletor máximo na barra de sustentação.  
Fonte: Autoria própria.**

A tensão normal máxima na flexão calculada é 4,3 Mpa e a simulada igual a 4,24 Mpa.



**Figura 58 - Tensão normal na flexão.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Infelizmente o software inventor 2015 versão estudantil não calcula a flambagem.

### 3.3.2 Pré - análise de tensão na estrutura do mexedor de café

Esta análise abrange todos os elementos da estrutura e permite ter uma visão geral do comportamento da estrutura quando esta é submetida as tensões atuantes.

A estrutura é constituída por tubo de aço 1020, as propriedades do material se encontra na tabela abaixo:

**Tabela 1- Propriedades do aço SAE 1020.**

<b>NOME</b>	<b>AÇO SAE 1020</b>	
<b>GERAL</b>	Densidade de massa	7,860 g/cm <sup>3</sup>
	Resistência à escoamento	210,000 MPa
	Resistência máxima à tração	380,000 MPa
<b>TENSÃO</b>	Módulo de Young	170,000 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,280 ul

**Fonte: Aatoria própria.**

Esta simulação é constituída basicamente por 8 tubos os quais são conectados entre si por 19 nós. A estrutura possui as seguintes características:

**Tabela 2- Características da estrutura.**

<b>Massa</b>	<b>3,073 kg</b>
<b>Área</b>	3837,507 mm <sup>2</sup>
<b>Volume</b>	391,025 mm <sup>3</sup>
<b>Centro de gravidade</b>	x=-40,853 mm
	y=-0,984 mm
	z=-95,258 mm

**Fonte: Aatoria própria.**

As cargas que foram aplicadas nesta simulação são oriundas dos cálculos já realizados anteriormente e elas se encontram nas tabelas abaixo.

Tabela 3- Características da carga aplicada pela corrente trava sobre a barra de sustentação.

Tipo de carga	Força 1 (Ftr)
Magnitude	54,221 N
Ângulo em plano	102,66°
Fx	-52,902 N
Fy	0,000 N
Fz	-11,883 N
Deslocamento	285,000 mm

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4- Características da carga aplicada pela alavanca sobre a barra de sustentação.

Tipo de carga	Força 2 (Fal)
Magnitude	127,141 N
Ângulo em plano	110,67°
Fx	118,957 N
Fy	0,000 N
Fz	-44,879 N
Deslocamento	126,000 mm

Fonte: Autoria própria.

Tabela 5- Características da carga aplicada pelo tubo sobre a barra de metalon horizontal.

Tipo de carga	Carga contínua (Ftb)
Magnitude	0,152 N/mm
Ângulo em plano	116,54°
Qx	0,136 N/mm
Qy	0,000 N/mm
Qz	-0,068 N/mm
Deslocamento	0,000 mm
Comprimento	490,000 mm
Magnitude final	0,152 N/mm

Fonte: Autoria própria.

Tabela 6- Magnitude e direção da força da gravidade.

Tipo de carga	Gravidade
Magnitude	9810,000 mm/s <sup>2</sup>
Direção	Z-

Fonte: Autoria própria.

Esta estrutura possui quatro pontos de apoio, duas rodas e dois engate que se conecta com os pinos do suporte, os quais foram considerados na simulação e estão em destaque na Figura 59.

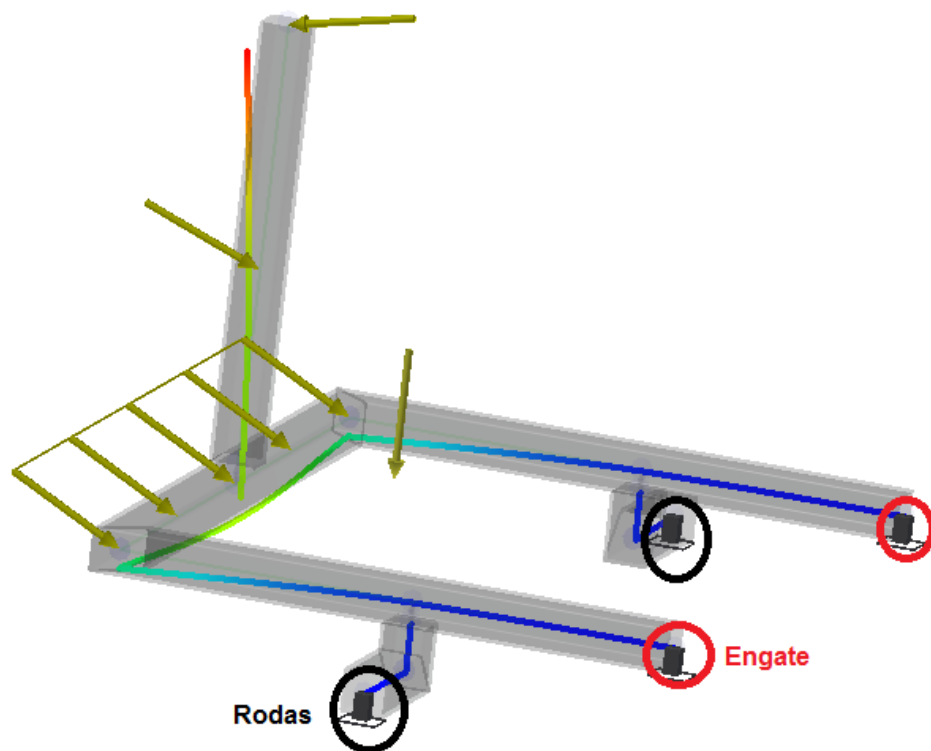


Figura 59 - Pontos de apoio da estrutura.  
Fonte: Autoria própria.

Os dados da tabela abaixo foram obtidos através da simulação. Nela está representado as intensidades das forças e dos momentos de reação nos apoios.

Tabela 7- Intensidades das forças e dos momentos de reação nos apoio.

Nome da restrição	Força de reação		Momento de reação	
	Magnitude	Componentes (Fx,Fy,Fz)	Magnitude	Componentes (Mx,My,Mz)
Restrição fixa:engate 1	42,952 N	29,559 N	1666,582 N mm	611,040 N mm
		-14,320 N		-804,570 N mm
		-27,678 N		1325,441 N mm
		29,559 N		-611,040 N mm
Restrição fixa:engate2	42,952 N	14,320 N	1666,582 N mm	-804,570 N mm
		-27,678 N		-1325,441 N mm
		-95,966 N		5999,327 N mm
Restrição fixa:roda 1	144,359 N	62,546 N	8435,737 N mm	1415,064 N mm
		87,852 N		5759,109 N mm
		-95,966 N		-5999,327 N mm
Restrição fixa:roda2	144,359 N	-62,546 N	8435,737 N mm	1415,064 N mm
		87,852 N		-5759,109 N mm

Fonte: Autoria própria.

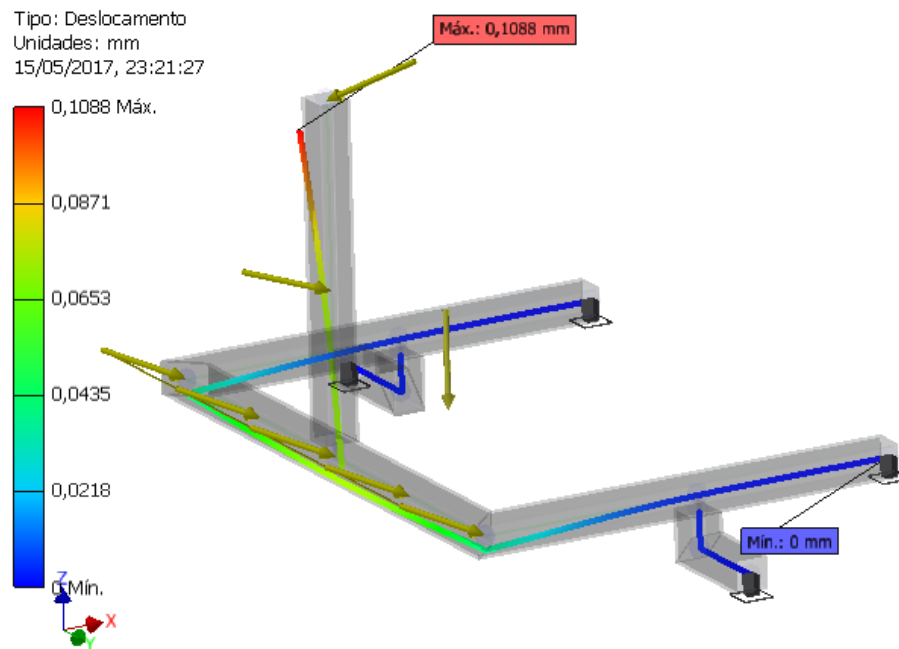
As análises realizadas durante a simulação se resumem basicamente em:

Tabela 8- Resumo das forças, momentos e tensões normais.

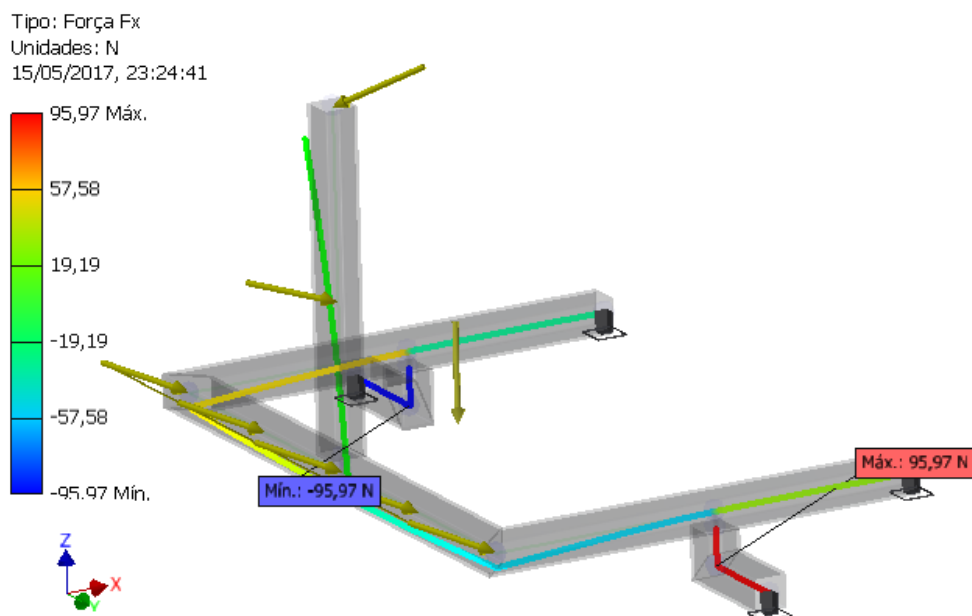
		Mínima	Máxima
<b>Deslocamento</b>		0,000 mm	0,109 mm
<b>Forças</b>	Fx	-95,966 N	95,966 N
	Fy	-87,852 N	87,852 N
	Fz	-29,559 N	86,384 N
<b>Momentos</b>	Mx	-8396,681 N mm	5999,327 N mm
	My	-9893,781 N mm	8101,298 N mm
	Mz	-2397,975 N mm	2397,975 N mm
<b>Tensões normais</b>	Smax	-0,230 MPa	7,203 MPa
	Smin	-7,633 MPa	0,000 MPa
	Saxial	-0,386 MPa	0,132 MPa

Fonte: Autoria própria.

Observando os resultados, conclui-se que o deslocamento é aceitável, tanto as forças aplicadas como as tensões normais estão sendo suportadas tranquilamente pela estrutura. Abaixo encontra-se um sequência de figuras que ajudarão a obter uma visão melhor sobre o comportamento da estrutura durante a aplicação das cargas.

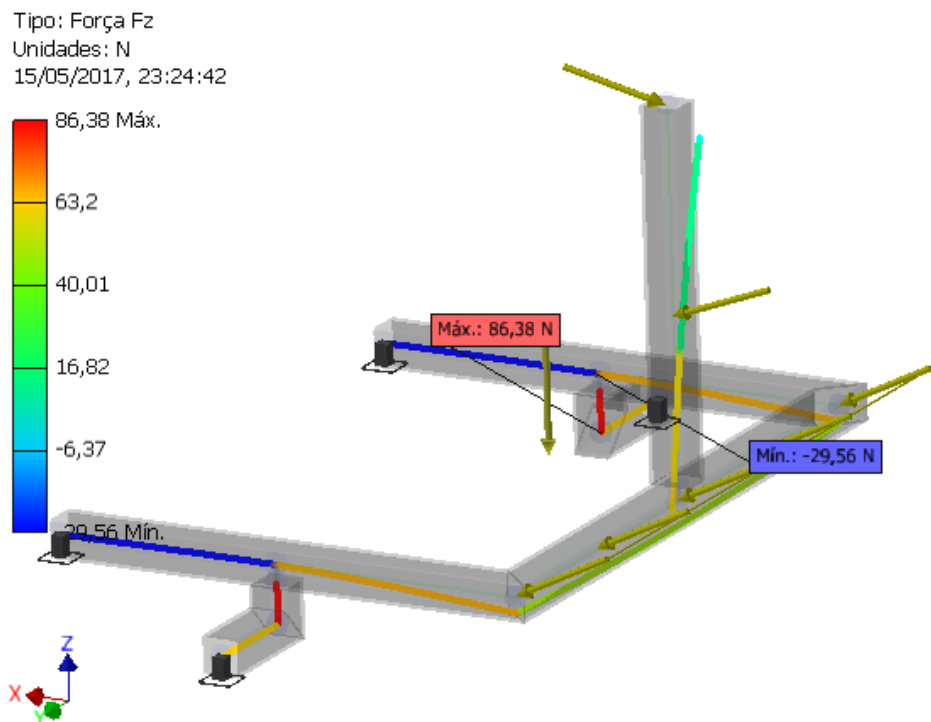


**Figura 60 - A coluna de sustentação do rodo sofre maior deformação.**  
Fonte: Autoria própria.

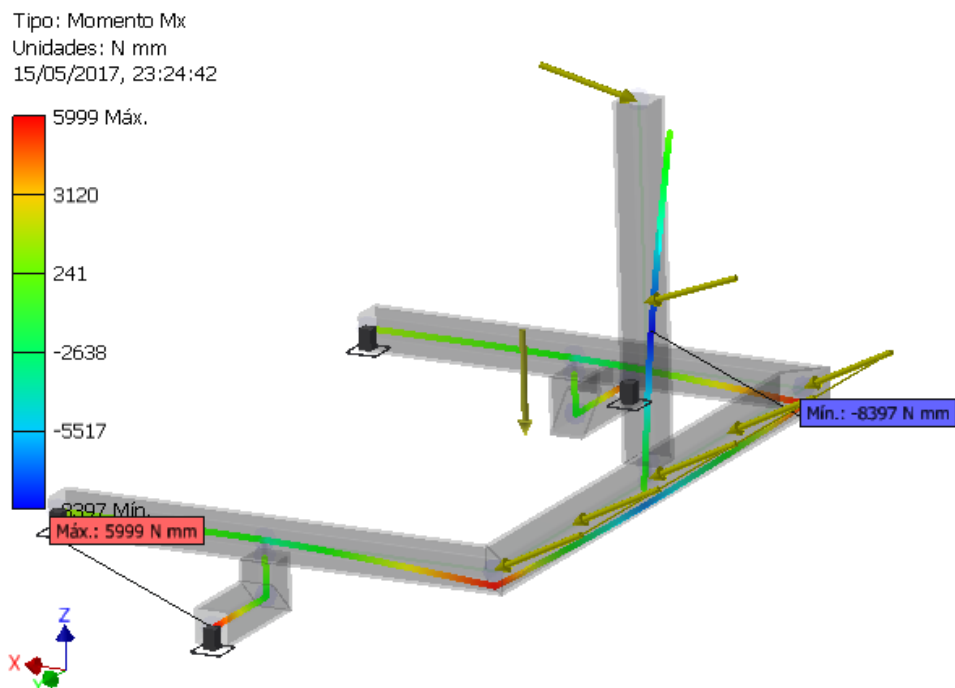


**Figura 61 - As forças na direção do eixo X são mais intensas nos eixos das rodas.**  
Fonte: Autoria própria.

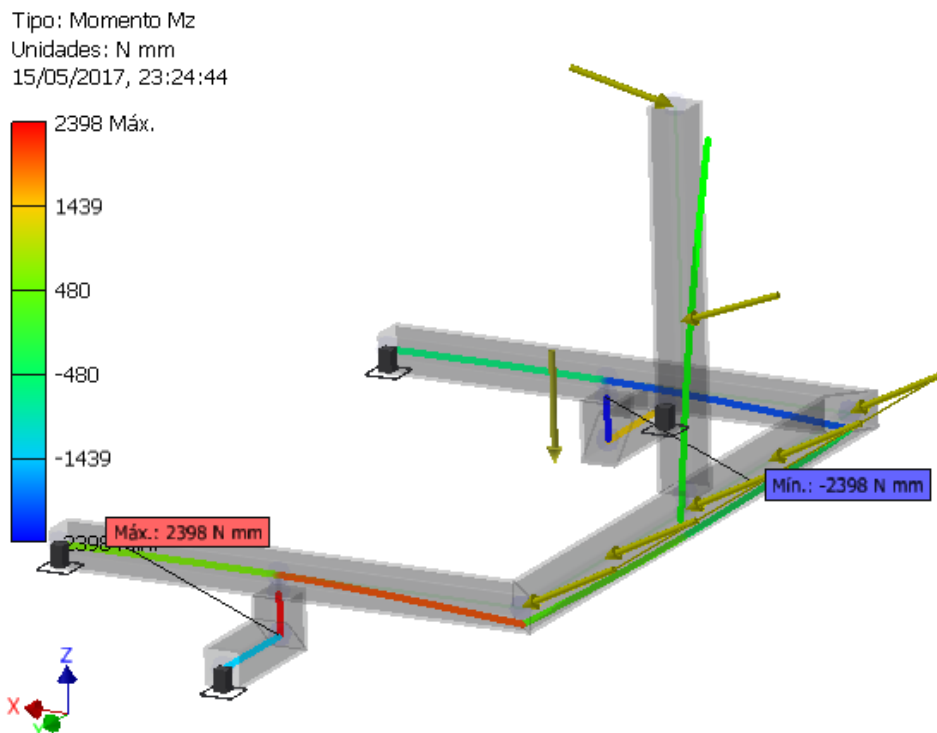




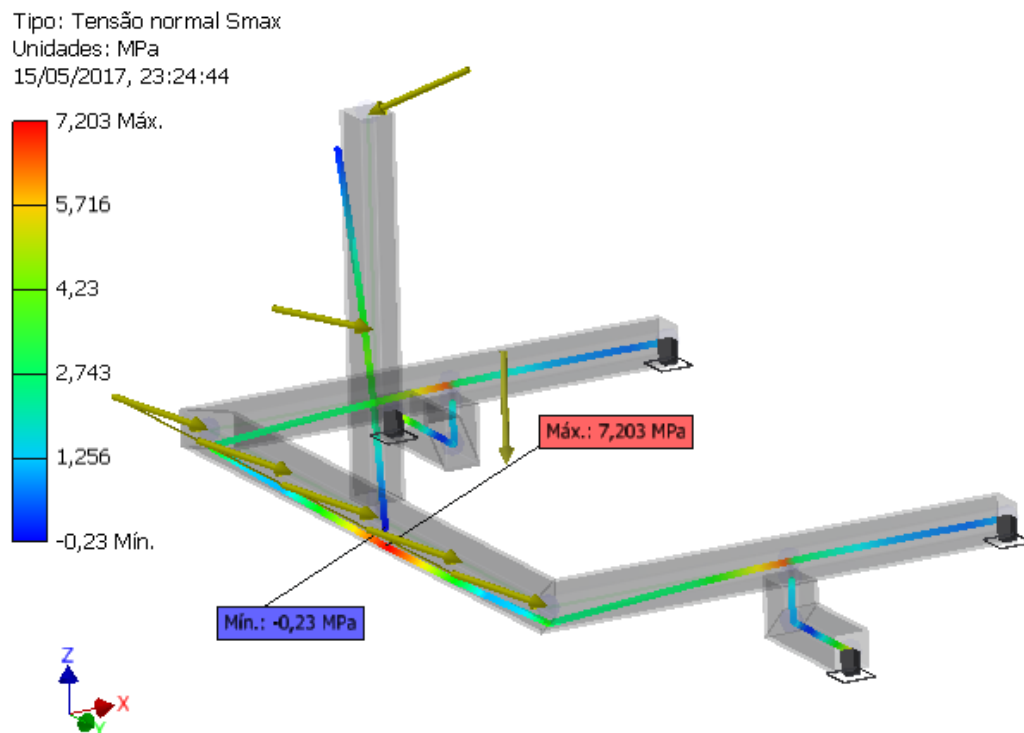
**Figura 62-** As forças na direção do eixo z são mais intensas no tubo vertical da ponta de eixo.  
**Fonte:** Autoria própria.



**Figura 63-** Comportamento da estrutura sob o momento Mx.  
**Fonte:** Autoria própria.



**Figura 64– Comportamento da estrutura sob o momento Mz.**  
 Fonte: Autoria própria.



**Figura 65 – Tensão normal máxima.**  
 Fonte: Autoria própria.

Tipo: Tensão axial Saxial  
Unidades: MPa  
15/05/2017, 23:24:48

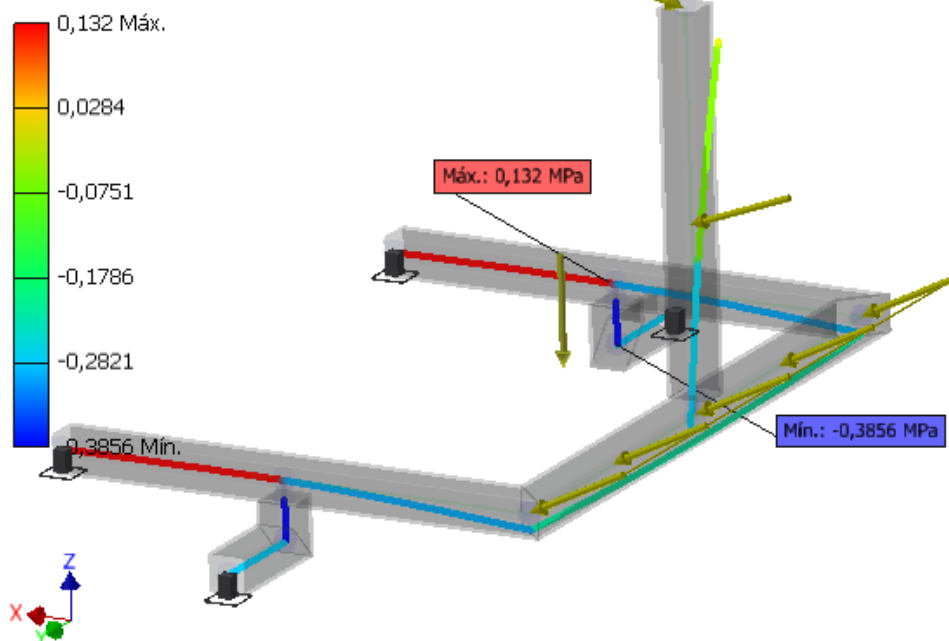


Figura 66– Tensão axial, cor vermelha tração e cor azul compressão.  
Fonte: Autoria própria.

#### 4 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O foco inicial deste trabalho era aplicar os conceitos de engenharia projetando um equipamento semelhante a um já existente, porém, durante o desenvolvimento do projeto, notou-se a necessidade de desenvolver um novo produto que atendesse os requisitos exigidos pelos clientes.

Projetar um novo equipamento é um trabalho de muita criação, desenhos e cálculos, sendo necessário pensar no impacto no detalhamento e fabricação do produto, para que estes não se tornem atividades onerosas.

Com esta mudança, a parte de criação e desenhos tomou-se bastante tempo, sendo possível fazer apenas uma pré-análise estrutural utilizando o software *Inventor*. Entretanto fica como sugestão para trabalhos futuros uma análise por elementos finitos e o detalhamento de desenhos para a fabricação.

Para o processo de secagem do café no terreiro o equipamento desenvolvido pode ser uma solução para a substituição do trabalho manual, reduzindo a mão de obra e acelerando o processo.

## REFERÊNCIAS

- ABIC. **História do café**. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=38#61>>. Acesso em: 15 abr. 2016.
- AGROBRASIL. **Mapa de Produção Café no Brasil**. Disponível em: <<http://www.agrobrasilcoffee.com/pt/produtos/cafe-verde/caracteristicas-do-cafe-brasileiro/mapa-de-producao-cafe-no-brasil>>. Acesso em: 5 mai. 2016.
- ANTONELLI, Diego; FERNANDES, José C. Memórias talhadas no gelo. **Gazeta do Povo**, jul. 2015. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/especiais/40-anos-da-geada-negra/memorias-talhadas-no-gelo-dj5cjs493dkqzf4aqb0xxrhu8>>. Acesso em 10 mai. 2016.
- Aprendendo a pilotar do jeito certo. **Motoboy magazine**, São Paulo: dez. 2015 Disponível em: < <http://motoboymagazine.com.br/aprendendo-a-pilotar-do-jeito-certo/>>. Acesso em: 5 set. 2016.
- CARVALHO, V.D., CHALFOUN, S.M. **Aspectos qualitativos do café**: Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.11, n.126, Jul. 1985.
- EMBRAPA. **Manual de Segurança e Qualidade para a Cultura do Café**.2004. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18217/1/MANUALSEGURANCAQUALIDADEParaaculturadocafe.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2016.
- HIBBELER, R. C. **Resistência dos materiais**. 5. ed. São Paulo, SP: Prentice-Hall, 2004.
- NEVES, C. **A estória do café**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1974.
- RODOMOTO. **Manejo correto e rapidez na secagem**, mar. 2011. Disponível em: <<http://rodomoto.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 15 abr. 2017.
- SILVA, Rouverson P. **Mecanização da lavoura cafeeira**, mar. 2014. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/cafeicultura/fenicaf-2014-avancos-na-mecanizacao-do-caf-rouverson>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

VENTRO. **Engate reboque pino bola**. Disponível em:  
<[https://www.ventro.com.br/produto/Engate-Reboque-Pino-Bola-Para-Carretinha-Em-Moto-Cg-Ybr-em-S%C3%A3o%20Paulo\\_MLB702945963](https://www.ventro.com.br/produto/Engate-Reboque-Pino-Bola-Para-Carretinha-Em-Moto-Cg-Ybr-em-S%C3%A3o%20Paulo_MLB702945963)>. Acesso em: 10 out. 2016.