

**Universidade de Brasília - UnB  
Faculdade UnB Gama - FGA  
Curso de Engenharia Automotiva**

**ADAPTAÇÃO DE UM VEÍCULO TIPO TRICICLO  
PARA FOOD TRUCK**

**Autores:**

**Bruno Carvalho  
Doberstein de Magalhães**

**Bruno Fernandes de  
Oliveira Leite**

**Orientador:**

**Saleh Barbosa Khalil**

**Brasília, DF**

**2016**



**BRUNO CARVALHO DOBERSTEIN DE MAGALHÃES E  
BRUNO FERNANDES DE OLIVEIRA LEITE**

**ADAPTAÇÃO DE UM VEÍCULO TIPO TRICICLO PARA FOOD TRUCK**

Monografia submetida ao curso de graduação em engenharia automotiva da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Automotiva.

Orientador: MSc Saleh Barbosa Khalil

**Brasília, DF  
2016**

## CIP – Catalogação Internacional da Publicação\*

**Magalhães**, Bruno Carvalho Doberstein.

**Leite**, Bruno Fernandes de Oliveira.

Adaptação de um veículo tipo triciclo para *food truck* /  
Bruno Carvalho Doberstein de Magalhães e Bruno  
Fernandes de Oliveira Leite. Brasília: UnB, 2016.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília  
Faculdade do Gama, Brasília, 2016. Orientação: MSc Saleh  
Barbosa Khalil.

1. *Food Truck*. 2. Adaptação elétrica. 3. Triciclo automotor I.  
Barbosa, Saleh Khalil. II. Adaptação de um veículo tipo triciclo  
para *food truck*.

CDU Classificação



## **ADAPTAÇÃO DE UM VEÍCULO TIPO TRICICLO PARA FOOD TRUCK**

**Bruno Carvalho Doberstein de Magalhães e Bruno Fernandes de Oliveira Leite**

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Automotiva da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em 29/06/2016 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

---

**Prof. (MSc): Saleh Barbosa Khalil, UnB/ FGA**

Orientador

---

**Prof. (Dr): Evandro Leonardo Silva Teixeira, UnB/ FGA**

Membro Convidado

---

**Prof. (Dr.): Mateus Rodrigues Miranda, UnB/ FGA**

Membro Convidado

**Brasília, DF**

**2016**

*Dedico este trabalho a todos aqueles que me ajudaram nesta longa e árdua caminhada acadêmica.*

*Em especial aos meus amigos e minha namorada pelos momentos de estudos, descontração e alegria.*

*Aos meus professores por compartilharem seus conhecimentos.*

*À minha família, meus pais e a minha irmã que sempre me deram condições para estar focado em meus estudos.*

*Bruno Carvalho Doberstein de  
Magalhães*

*Dedico este trabalho a Deus, por permitir a compreensão, em parte, da maestria da criação.*

*A minha esposa, que me encoraja, incentiva e inspira, que de forma especial e carinhosa me deu força e coragem em momentos de dificuldades.*

*Aos meus pais, irmãos e a toda minha família, que com muito carinho me apoiaram para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. Valeu a pena toda distância, todas as renúncias, todas as esperas. Hoje colhemos juntos a recompensa.*

*Bruno Fernandes de Oliveira Leite*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me dado saúde, a oportunidade de fazer uma faculdade federal e forças para superar os momentos difíceis.

A Universidade de Brasília pela oportunidade de fazer uma graduação de excelência sem custos.

A minha família, em especial os meus pais Suzan Paula Carvalho Doberstein de Magalhães e Carlos Doberstein de Magalhães e minha irmã Belise Paula Carvalho Doberstein de Magalhães que sempre me apoiaram nas minhas decisões, me mostram os caminhos da vida, a importância da educação, dos estudos, do caráter e da humildade.

O meu orientador Saleh Barbosa Khalil, Mestre em engenharia e ao meu colega Bruno Fernandes de Oliveira Leite por dividirem os seus conhecimentos comigo. Aos meus amigos pela compreensão dos dias que não pude sair, pela paciência de me explicar um exercício, pelo companheirismo nas noites de descontração. A minha namorada pela ajuda nas noites de estudo, por me auxiliar nos momentos de desânimo, por me ajudar a superar momentos difíceis e pela participação neste trabalho.

A Engrena Soluções em Engenharia e a FGR, antiga FGRancing, pela oportunidade de colocar meus conhecimentos adquiridos na sala de aula em prática e por me ensinarem novos conhecimentos.

A equipe de basquete da maquinada e da engenharias-gama pelos jogos e campeonatos feitos onde jogamos com todo nosso sangue e suor para dar uma visibilidade maior ao nosso campus e a nossa universidade.

E a todos que participaram nessa caminhada de forma direta ou indireta, muito obrigado.

Bruno Carvalho Doberstein de Magalhães

Agradeço a Deus por todas as dificuldades e vitórias que obtive durante essa jornada, que pela experiência adquirida me tornou quem sou.

A minha esposa, que participou em todas as etapas desse processo, me auxiliando a conciliar profissão e estudos, sendo meu local de paz e repouso em momentos de dificuldades e fadiga. Que não só me incentivou, mas andou lado a lado em companheirismo e estudos.

Aos meus pais Josimar Militão e Silvânia Fernandes, pelos esforços não medidos em me ensinar o caminho da educação e do conhecimento, não esquecendo os valores éticos e morais ensinados por Jesus Cristo, autor e consumidor da nossa fé.

Aos meus irmãos, aos amigos sempre presentes, aos amigos de universidade pelos momentos de distração e alegria, que permitiram o ânimo e energia suficiente para chegar em qualquer lugar.

Ao meu orientador, Saleh Barbosa Khalil, pela orientação, tempo e dedicação disponibilizado para conclusão deste trabalho. Agradeço pelos ensinamentos compartilhados e pela confiança dada a mim.

Aos professores Carla Anflor, Maura Angélica, Marcelo Vasconcelos, Henrique Gomes e Vinícius Rispoli, pelo conhecimento disponibilizado, pelos valores repassados e pelo incentivo ao estudo e à pesquisa científica.

Aos técnicos de laboratório José Henrique, Danilo dos Santos e Jackson Paz pelas instruções práticas e amizade durante esta graduação.

Aos amigos Wendel Medeiros e Fernando Rodrigues, que juntamente com a empresa Forno Mineiro deram condições para realização desse trabalho.

Bruno Fernandes de Oliveira Leite.

“Se um homem, por mais sábio que seja, se tem na conta de bastante sábio para poder desprezar os outros, assemelha-se a um cego que leva uma lâmpada: ilumina os outros mas continua cego.”

Buda

## RESUMO

Os *Food Trucks* são veículos adaptados para a comercialização de alimentos na forma de uma cozinha móvel. Possui dimensões pequenas e vendem alimentos de forma itinerante. Este mercado expandiu ao longo dos últimos anos devido ao baixo custo de investimento inicial, pelo rápido retorno financeiro, sem necessidade de adquirir ponto comercial e com contato direto com o público. O presente trabalho apresenta o estudo de uma adaptação elétrica e mecânica em um veículo do tipo triciclo utilizado pela empresa Forno Mineiro, especializada na fabricação e distribuição de pães e biscoitos de queijo. O modelo atual necessita de substituição da sua fonte de alimentação elétrica, que consiste em um gerador à gasolina. Apesar de efetivo, o gerador a gasolina possui diversos inconvenientes, como gasto elevado de funcionamento e manutenção, ruído excessivo, produção de gases tóxicos e riscos no armazenamento de combustível extra. Propõe-se o dimensionamento de um banco de baterias para alimentação do sistema. É avaliada a necessidade de recarga durante o período de trabalho por um alternador de maior potência do atual, e o redimensionamento do sistema de refrigeração para que não seja necessário a recarga das baterias durante o funcionamento do *food truck*. Neste estudo é realizada a análise estrutural e modal da estrutura do veículo, bem como sua análise dinâmica.

**Palavras-chave:** *Food truck*. Adaptação elétrica. Triciclo automotor.

## ABSTRACT

Food trucks are adaptable vehicles made for the food commercialization in the form of itinerant kitchen. It has small dimensions and sell food in a migratory way. This market has expanded over the last few years due to the low initial investment cost, the fast financial return without the need to acquire a commercial property and to interact directly with the public. This thesis presents a study for an electrical and mechanical adaptation in a tricycle type vehicle given by the company Forno Mineiro, specialized in the fabrication and distribution of cheese breads and cheese biscuits. The current tricycle model needs its electrical power source replaced by a gasoline generator. Despite the effectiveness, the gasoline generator has many inconvenients, like the high functioning and maintenance cost, excessive noise, toxic gases productions and hazards in extra fuel storage. It is proposed a design for a battery bank for system feeding. It is evaluated the need to recharge the battery bank (during the activity time) with an higher power alternator when comparing with the current one and also evaluate the resizing of the refrigerating system so it is not necessary to recharge the batteries during the food truck activity. In this presented study, the structural and modal analysis for the vehicle is made, as well its dynamics evaluation.

**Keywords:** *Food Truck*. Electric adaptation. Motor tricycle.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - Modelo de triciclo adaptado a comercialização de alimentos (RINALDI, 2015). ....	23
Figura 2.2 – Modelos de triciclo com compartimentos de carga aberto e fechado (MOTOCAR, 2009). .....	24
Figura 2.3 - Triciclos com sistema atual de refrigeração .....	26
Figura 2.4 – Modelo de triciclo MCF-200 da Motocar: (a) Vista frontal, (b) Vista Lateral e (c) Vista Isométrica (MOTOCAR, 2009). .....	27
Figura 3.1- Conversor ou inversor de frequência (Hayonik, 2013/2014). .....	29
Figura 3.2 -Diagrama de blocos de um inversor. ....	31
Figura 3.3 - Esquemático de uma célula de eletrolise. ....	32
Figura 3.4 - Bateria e seus componentes internos (RODOLFO, 2015). .....	33
Figura 3.5 - Densidade de energia e Energia específica das baterias. Adaptado de (DANIEL,1999; LARMINIE, 2003). .....	35
Figura 3.6 - Comparação Dínamo e Alternador (ALONSO, 1998). ....	36
Figura 3.7 - Partes do Alternador (ALONSO, 1998). ....	37
Figura 3.8 - Imã em movimento e Bobina .....	38
Figura 3.9 - Variação da corrente pela posição do imã. (ALONSO, 1998) .....	38
Figura 3.10 - Fonte automotiva Usina 14,4V - 60A (Spark, 2015). .....	39
Figura 4.1 - Motor com refrigeração à ar .....	43
Figura 4.2 - Porta lateral do refrigerador com detalhe de seu interior. ....	44
Figura 4.3 - Triciclo para entregas do produto congelado. ....	45
Figura 5.1 - Forno ITAJOBI de 76 litros .....	47
Figura 5.2 - Coeficiente global de transmissão de calor (RODRIGUES, 2014). ....	49
Figura 5.3- Fator de troca de calor (RODRIGUES, 2014). ....	50
Figura 5.4 - Valor de $Q_n$ para temperaturas externas entre 13°C e 25°C (RODRIGUES, 2014). .....	51
Figura 5.5 - Valor de $Q_n$ para temperaturas externas entre 30°C e 40°C (RODRIGUES, 2014). .....	51
Figura 5.6 -Máquina Multibebidas LE PETIT .....	55
Figura 5.7 - Luminária de LED 18W .....	56
Figura 5.8 - Refletor de LED 20W .....	56
Figura 5.9 - Ciclos de recarga por profundidade de descarga da bateria Freedom (JOHNSON CONTROLS - Divisão de Baterias). .....	57
Figura 5.10 - Medições realizadas da corrente de partida do refrigerador com Multímetro Digital ET-2510 Minipa - ET-2510 - Interface RS-232. ....	62
Figura 5.11 - Powerdam .....	62
Figura 5.12 - Refrigerador de 100L CC e 12V .....	65
Figura 5.13 - Painel Solar Komaes 140W .....	68
Figura 5.14 - Controlador de carga solar PWM .....	68
Figura 6.1 - Desenho 3D do chassi do triciclo MCF200. ....	70
Figura 6.2 - Vistas do modelo <i>food truck</i> . ....	71
Figura 6.3 - Modelo <i>food truck</i> . ....	71
Figura 6.4 - Corte longitudinal do modelo <i>food truck</i> . ....	72
Figura 6.5 - Vista explodida do modelo <i>food truck</i> . .....	73
Figura 6.6 - <i>Food Truck</i> com equipamentos .....	73
Figura 6.7 - Aplicação de material na estrutura. ....	74

Figura 6.8 - Propriedades do material utilizada pelo software.....	74
Figura 6.9 - Generative Structural Analysis .....	75
Figura 6.10 - Seleção do caso <i>Static Analysis</i> .....	75
Figura 6.11 - Malha de 30mm entre nós .....	76
Figura 6.12 - Fixado os pontos de apoio.....	77
Figura 6.13 - Restrição dos apoios .....	77
Figura 6.14 - Restrição dos apoios .....	77
Figura 6.15 - Aplicação das cargas.....	78
Figura 6.16 - Aplicação da gravidade .....	78
Figura 6.17 - Tempo de processamento e consumo de memória. ....	79
Figura 6.18 – Chassi com malha refinada em 30mm com Deslocamento de 4,61mm e Tensão de Von Mises em 83,7MPa. ....	80
Figura 6.19 - Chassi com malha refinada em 10mm com deslocamento e tensão de Von Mises. ....	80
Figura 6.20 - Comparativo de tensão e deslocamento entre as malhas .....	81
Figura 6.21 - Primeira análise de flexotorção. ....	82
Figura 6.22 - Resultado da primeira análise de flexotorção. ....	83
Figura 6.23 - Segunda análise de flexotorção .....	83
Figura 6.24 - Resultado da segunda análise de flexotorção.....	84
Figura 6.25 - Terceira análise de flexotorção.....	84
Figura 6.26 - Resultado da terceira análise de flexotorção .....	85
Figura 6.27 - 10 primeiros modos de vibração do chassi. ....	86
Figura 6.28 - Primeiro modo de vibração (55,64Hz) .....	87
Figura 6.29 - Segundo modo de vibração (110,62Hz) .....	87
Figura 6.30 - Terceiro modo de vibração (127Hz) .....	88
Figura 6.31 - Quarto modo de vibração (144Hz) .....	88
Figura 6.32 - Suporte de prateleiras .....	89
Figura 6.33 - Visão Lateral com os manequins.....	90
Figura 6.34 - Visão isométrica com os manequins .....	91
Figura 7.1 - Cargas arbitrárias que atuam no veículo.....	92
Figura 7.2 - Cargas estáticas no plano transversal.....	95
Figura 7.3 - Balança Intercomp.....	96
Figura 7.4 - Mesa do visor Intercomp. ....	97
Figura 7.5 - Visor para leitura das cargas. ....	97
Figura 7.6 - Triciclo sendo pesado .....	98
Figura 7.7 - Esquemático Inclinado.....	99
Figura 7.8 - Esquemático lateral EOM. ....	101
Figura 7.9 - Esquemático lateral PBT (Piloto).....	101
Figura 7.10 - Esquemático Lateral PBT (Cheio). ....	102
Figura 7.11 - Esquemático traseiro EOM.....	102
Figura 7.12 - Esquemático traseiro PBT (Piloto).....	102
Figura 7.13 - Esquemático traseiro PBT (Cheio). ....	103
Figura 7.14 - Posicionamento dos equipamentos.....	104
Figura 7.15 - Esquemático lateral para o triciclo proposto.....	105
Figura 7.16 - Esquemático traseiro para o triciclo proposto. ....	106

Figura 7.17 - Meia-distância (CRISTAL, 2008).....	106
Figura 7.18 - Raio de Curvatura pela Velocidade.....	107

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Dados técnicos e características do triciclo MCF-200 (MOTOCAR, 2009). .....	27
Tabela 3.1 - Dados técnicos e características da Fonte Automotiva Usina 60A .....	40
Tabela 5.1 - Comparativo de baterias. ....	58
Tabela 5.2 - Equipamentos e potência. ....	58
Tabela 5.3 - Equipamentos e potência. ....	67
Tabela 5.4 - Consumo do banco de baterias .....	69
Tabela 6.1 - Comparativo de refinamento das malhas .....	81
Tabela 7.1 - Medição dos parâmetros .....	98
Tabela 7.2 - Medição dos parâmetros .....	99
Tabela 7.3 - Medição dos parâmetros no plano inclinado. ....	99
Tabela 7.4 - Resultados do Centro de Gravidade.....	100
Tabela 7.5 - Resultado distribuição de carga nos eixos. ....	100
Tabela 7.6 – Resultado distribuição de carga por roda .....	100
Tabela 7.7 - Estimativa Centro de Gravidade .....	105
Tabela 8.1- Estimativa de Custos .....	108
Tabela 8.2 - Custo da recarga da bateria .....	109
Tabela 8.3 - Tabela do fluxo de caixa realista .....	111
Tabela 8.4 Tabela do fluxo de caixa pessimista .....	112
Tabela 8.5 Tabela do fluxo de caixa otimista .....	113

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>18</b>
1.1	JUSTIFICATIVA	18
1.2	OBJETIVOS	19
1.2.1	<i>Objetivos Específicos</i>	19
1.3	METODOLOGIA	20
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
<b>2</b>	<b>FOOD TRUCKS</b>	<b>22</b>
2.1	PRINCIPAIS TIPOS DE VEÍCULOS	22
2.2	REGULAMENTAÇÃO	24
2.3	A EMPRESA PÃO DE QUEIJO DA FÁBRICA – FORNO MINEIRO	25
2.3.1	<i>Modelo de Triciclo Utilizado</i>	27
2.4	NECESSIDADE DA EMPRESA	28
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>29</b>
3.1	INVERSORES DE FREQUÊNCIA	29
3.2	BATERIAS	31
3.2.1	<i>Componentes de uma Bateria</i>	32
3.2.2	<i>Parâmetros de Bateria</i>	33
3.2.3	<i>Tipos de Baterias</i>	35
3.3	ALTERNADOR	36
3.3.1	<i>Princípio de Funcionamento do Alternador</i>	37
3.4	FONTE AUTOMOTIVA	38
<b>4</b>	<b>MODELO ATUAL</b>	<b>41</b>
4.1	PROBLEMAS DO MODELO ATUAL	41
4.1.1	<i>Gerador</i>	41
4.1.2	<i>Peso</i>	42
4.1.3	<i>Motorização</i>	42
4.1.4	<i>Estabilidade e Dirigibilidade</i>	43
4.1.5	<i>Sistema de Refrigeração</i>	44
<b>5</b>	<b>PROJETO DE ADAPTAÇÃO</b>	<b>47</b>
5.1	MODELO DO FOOD TRUCK UTILIZANDO O SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO ATUAL	47
5.1.1	<i>Equipamentos e Demanda Energética</i>	47
5.1.1.1	<i>Forno</i>	47
5.1.1.2	<i>Refrigerador</i>	48
5.1.1.3	<i>Máquina Multibebidas</i>	55
5.1.1.4	<i>Sistema de Iluminação</i>	56
5.1.1.5	<i>Demanda Energética Total e Quantitativo de Baterias</i>	56
5.1.2	<i>Proposta 1-Instalação do Alternador Acoplado ao Motor do Veículo</i>	59
5.1.3	<i>Proposta 2 – Instalação do Alternador Acoplado ao Eixo Cardã do Veículo</i>	60
5.1.4	<i>Problema Encontrados com o Inversor de Frequência</i>	61
5.1.5	<i>Análise das propostas</i>	63
5.2	REDIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	64
5.3	MODELO COM FREZER 100 LITROS	66
5.3.1	<i>Equipamentos e Demanda Energética</i>	66
5.4	SISTEMA DE ENERGIA SOLAR	67
5.4.1	<i>Dimensionamento do Banco de Baterias com o Sistema de Recarga por Energia Solar</i>	69
<b>6</b>	<b>MODELAGEM, ANÁLISE ESTRUTURAL E MODAL DO TRICICLO NO SOFTWARE CATIA V5</b>	<b>70</b>
6.1	MODELO 3D	70

6.2	ANÁLISE ESTRUTURAL .....	74
6.2.1	<i>Aplicação do Material</i> .....	74
6.2.2	<i>Plataforma Generative Structural Analysis</i> .....	75
6.2.3	<i>Geração da Malha</i> .....	76
6.2.4	<i>Condições de Contorno</i> .....	76
6.2.5	<i>Cargas Aplicadas</i> .....	78
6.2.6	<i>Simulação e Análise Numérica</i> .....	79
6.2.7	<i>Resultados da Análise Estática</i> .....	79
6.3	ANÁLISE DE FLEXOTORÇÃO .....	82
6.4	ANÁLISE MODAL.....	85
6.4.1	<i>Resultados da Análise Modal</i> .....	86
6.5	ANÁLISE DE USABILIDADE DO FOOD TRUCK .....	89
<b>7</b>	<b>DINÂMICA VEICULAR .....</b>	<b>92</b>
7.1	CARGAS DINÂMICAS NO EIXO PARA O PLANO LONGITUDINAL .....	92
7.1.1	<i>Cargas para Carros sem Reboque</i> .....	94
7.1.2	<i>Cargas Estáticas no Eixo para o Plano Longitudinal</i> .....	94
7.1.3	<i>Cargas Estáticas em Superfície Plana</i> .....	94
7.2	CARGAS ESTÁTICAS NO PLANO TRANSVERSAL .....	95
7.2.1	<i>Localização do Centro de Gravidade</i> .....	95
7.2.2	<i>Estimativa do Centro de Gravidade para o Triciclo Proposto</i> .....	103
7.2.3	<i>Cálculo Centro de Capotamento</i> .....	106
<b>8</b>	<b>ESTIMATIVA DE CUSTOS .....</b>	<b>108</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>114</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>117</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 JUSTIFICATIVA

*Food trucks* são cozinhas moveis sobre rodas que transportam e vendem alimentos de forma itinerante, o termo *food truck* começou a ser utilizado nos Estados Unidos por volta dos anos 1860. Historiadores relatam que em 1866 no Texas Charles Goodnight transportava alimentos e utensílios para refeição em um caminhão militar adaptado.

Vários tipos de veículos são adaptados para se transformar em *food trucks*, entre eles os triciclos, apesar de seu espaço reduzido. *Foods trucks* feitos a partir de triciclos são uma solução barata e pratica para esse tipo de comercio.

O triciclo é amplamente utilizado para esse fim no Brasil, sendo o modelo fabricado pela empresa nacional MOTOCAR utilizado pela empresa brasileira de pão de queijo (Forno Mineiro), pois possui um compartimento de cargas inteiramente vedado, com volume de transporte de 2.250 litros e isolamento do ambiente externo por meio de paredes de poliuretano (proteção térmica e luminosa).

Devido a necessidade de manter os produtos alimentícios em baixa temperatura (temperaturas negativas), o compartimento de cargas foi dividido e instalado um sistema de refrigeração de 480W, com volume de aproximadamente 570 litros, que é acionado e alimentado por um gerador à gasolina de 1.3KW. Entretanto, um dos principais problemas da adaptação é a utilização do gerador, pois este equipamento produz ruído excessivo e liberação de gases poluentes, gerando desconforto entre clientes e vendedores.

Os alimentos ao serem acondicionados no veículo, estão em uma temperatura média de -40°C, devendo ser mantidos preferencialmente em -12°C, não atingindo temperaturas superiores, devido a possibilidade da massa dos produtos perderem seus formatos arredondados e se fundirem uns aos outros, não permitindo a separação unitária de cada biscoito ou pão de queijo.

A adaptação do veículo para um *food truck* permitirá a comercialização do produto pronto para o consumo em locais fixos, desde que sejam atendidas todas as necessidades para seu preparo. Para que isso ocorra, será instalado um novo sistema

de refrigeração mais adequado a proposta, um forno a gás, uma máquina de multibebidas e um banco de baterias para alimentação elétrica.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é propor a adaptação do veículo tipo triciclo utilizado pela empresa Forno Mineiro para distribuição e venda de produtos congelados em um *food truck*. Para isso, são consideradas as modificações necessárias em sua estrutura física para condicionar, preparar e revender o produto pronto.

Tendo em vista os problemas e desvantagens oferecidos pela utilização do gerador à gasolina como principal fonte de alimentação elétrica, observou-se a necessidade de modificar o sistema de alimentação elétrica do refrigerador e demais componentes eletroeletrônicos, visando menores custos e maior eficiência.

### 1.2.1 Objetivos Específicos

1. Fazer um levantamento dos requisitos da empresa para o *food truck* e identificar os principais problemas do sistema atual de alimentação elétrica.
2. Avaliar propostas de sistemas de alimentação alternativos ao uso do gerador à gasolina.
3. Avaliar o sistema de refrigeração atual e verificar a possibilidade de alteração.
4. Dimensionar o sistema de alimentação elétrica.
5. Realizar a modificação estrutural do veículo para um veículo *food truck*, com a disponibilização de uma cozinha móvel para armazenamento, preparo e venda do produto.
6. Propor um layout para o *food truck*.
7. Realizar análises estruturais e modais do chassi do veículo para análises possíveis de problemas de projeto.
8. Realizar a análise da dinâmica veicular, calculando o novo centro de gravidade do *food truck* e cálculo do centro de capotamento.

9. Por fim, apresentar uma estimativa de custos considerando a necessidade de aquisição de equipamentos e possíveis adaptações estruturais ao triciclo.

### 1.3 METODOLOGIA

O desenvolvimento e confecção de veículos comuns para *food truck* exige a transformação parcial ou completa do veículo. Por ser um modelo de cozinha móvel e em modelo reduzido, o veículo deve proporcionar todas as condições para a preparação ou armazenamento do alimento em questão. No modelo aqui abordado exige um sistema de refrigeração e instalações elétricas para alguns eletroeletrônicos.

A primeira etapa deste trabalho foi captar e analisar as características dos sistemas de produção, transporte, distribuição e preparo dos produtos da fábrica Forno Mineiro, tal como dos dispositivos e equipamentos necessários à adaptação do um veículo para *food truck*. Posteriormente foram avaliadas as capacidades operacionais de equipamentos, seus custos e limitações, afim de identificar as melhores soluções para o desenvolvimento de novos equipamentos e/ou dispositivos para as adaptações mecânicas para a conversão do veículo atual.

Foram construídos modelos em CAD (*computer aided design*) utilizando o software CATIA V5 e realizadas análises estruturais e modais do veículo. Dimensionou-se o consumo elétrico e suas fontes de alimentação, seja ele fornecido por baterias e/ou rede elétrica. Parte deste dimensionamento se fez pela escolha de equipamentos elétricos e mecânicos, como baterias, inversores, e principalmente do sistema de refrigeração de alimentos do *food truck*.

Avaliou-se a dinâmica veicular do modelo proposto para estimativa do novo centro de gravidade do veículo e do centro de capotamento. Projetou-se em CAD o layout da cozinha do *food truck* para auxiliar nos cálculos.

A partir de catálogos e sites, estimou-se o custo de equipamentos necessários a adaptação para apresentar uma estima de custo total da conversão.

A revisão bibliográfica, estudos e cálculos abordados pelas teorias aprendidas durante o curso de engenharia automotiva foram indispensáveis para análise do sistema de acionamento do sistema elétrico e análise das estruturas mecânicas do veículo.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é dividido em capítulos, onde o primeiro capítulo aborda os objetivos, justificativas e metodologia utilizada no trabalho.

No segundo capítulo é mencionada a história dos *food truck* e sua propagação pelo mundo, desde sua primeira aparição em meados de 1860 até sua utilização atual no Brasil. Expõe-se alguns modelos de veículos utilizados em *food trucks*, a regulamentação para esse tipo de segmento e a história da fábrica de pão de queijo Forno Mineiro, empresa a qual o estudo foi dirigido. Dentro desse capítulo também se encontram os problemas enfrentados pela empresa.

O terceiro capítulo é composto pela revisão bibliográfica. Nele encontra-se estudo dos fundamentos teóricos e estudos sobre os componentes do sistema de acionamento do sistema de refrigeração.

O quarto capítulo expõe os problemas do modelo atual de triciclo utilizado pela empresa e as avaliações para sua conversão em *food truck*.

O quinto capítulo apresenta os projetos de adaptação, as propostas encontradas e suas avaliações, a escolha dos equipamentos e o dimensionamento de sua demanda energética, o dimensionamento do banco de baterias e a viabilidade das opções de modificações estruturais para a recarga e alimentação do sistema elétrico quando disponível ou não a rede elétrica.

O sexto capítulo apresenta a modelagem 3D do veículo e suas análises estrutural e modal, assim como os resultados gerados no software Catia V5.

O sétimo capítulo aborda tópicos da dinâmica veicular do triciclo utilizado e proposto neste trabalho, calcula-se o novo centro de gravidade e centro de capotamento considerando o novo layout.

O oitavo capítulo demonstra uma estimativa de custo de equipamentos e materiais para a adaptação e confecção do *food truck*.

O nono capítulo descreve as conclusões do projeto, as soluções propostas e suas considerações.

## 2 FOOD TRUCKS

Os *Food Trucks* são uma cozinha móvel, de dimensões pequenas, sobre rodas, que transportam e vendem alimentos de forma itinerante (SEBRAE, 2015). Deve-se atender as exigências da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), da Prefeitura, Denatran (Departamento Nacional de Trânsito), do Detran (Departamento Estadual de Trânsito) e do Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia). São comercializados diversos tipos de alimentos em diferentes tipos de veículos. O termo *food truck* assim como este método de comercialização de alimentos veio importado dos estados unidos onde a história começou há muito tempo por volta de 1860.

O vídeo sobre *Food Trucks* da série Maravilhas Modernas (Modern Marvels) da History (HISTORY CHANNEL, 2011) relata que Charles Goodnight já transportava alimentos e utensílios em um caminhão militar adaptado para refeições de colaboradores em 1866 no Texas. Na falta de alternativa para refrigeração, levavam-se alimentos, insumos e temperos secos ou carnes salgadas.

Nos Estados Unidos em 1872, outro precursor dos *food trucks* foi Walter Scott, que vendia tortas e sanduíches para trabalhadores de fábricas, que necessitavam de comida barata e rápida (SEBRAE, 2015). Este tipo de comercialização de alimentos até o início dos anos 2000 era tido como barato e de baixa qualidade. Com a crise econômica nos Estados Unidos em 2008, muitos restaurantes fecharam suas portas e alguns chefes investiram na antiga modalidade de fazer comida.

Com a globalização muitos empresários brasileiros visualizaram a expansão dos *food trucks* no mundo e a oportunidade de abrir um restaurante em um modelo diferente: com baixo custo, sem necessidade de adquirir ponto comercial e com contato direto com o público. A cidade de São Paulo é pioneira neste setor, mas encontram-se *food trucks* no Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul, Bahia, Brasília, Minas Gerais, entre outros.

### 2.1 PRINCIPAIS TIPOS DE VEÍCULOS

Os veículos utilizados variam bastante tanto no modelo quanto no custo. Entre eles estão bicicletas, triciclos, carts, Kombis, vans e caminhões. As *food bikes* possuem menor custo, no entanto possuem espaço reduzido. As Kombis são muito

procuradas no comércio alimentício por seu estilo retrô, mas o espaço para instalação de equipamentos e estoque é um fator limitante. As vans estão entre os melhores veículos a serem adaptados por possuir maior espaço. O cart é um equipamento anexado ao carro, não sendo necessária a carteira de motorista para caminhão. Os caminhões devido à falta de legislação sobre a utilização de espaços públicos de maneira itinerante têm atuado em sua maioria, em áreas privadas como estacionamentos, shoppings, parques ou terrenos locados.

Os triciclos podem ser utilizados para comercialização de alimentos refrigerados e congelados, e apesar de seu espaço reduzido, de acordo com o produto a ser comercializado, é a solução mais prática e mais barata. Eles possuem cinto de segurança abdominal e não é necessário usar capacete em trechos urbanos além da licença para dirigir ser a mesma de motocicleta. A Figura 2.1 ilustra um modelo de triciclo adaptado a comercialização de alimentos (RINALDI, 2015).



Figura 2.1 - Modelo de triciclo adaptado a comercialização de alimentos (RINALDI, 2015).

A MOTOCAR é uma empresa brasileira que fabrica triciclos de transporte de carga e passageiros na Zona Franca de Manaus. Entre os modelos de carga comercializados têm-se as versões com o compartimento de cargas aberto e fechado (MOTOCAR, 2009).



Figura 2.2 – Modelos de triciclo com compartimentos de carga aberto e fechado (MOTOCAR, 2009).

## 2.2 REGULAMENTAÇÃO

Três capitais de três estados contam com normatização aprovada para a comercialização de alimentos em veículos automotores: São Paulo- SP, Rio de Janeiro-RJ e Curitiba-PR (SEBRAE, 2015). Em Brasília, a regulamentação dos *food trucks* encontra amparo em dois projetos de lei que tramitam na Câmara Legislativa do DF, tendo ponto crítico de debate em torno do acondicionamento dos insumos e das condições de preparo dos alimentos.

Resoluções e recomendações quanto às boas práticas de manipulação de alimentos em âmbito nacional visam à elaboração de alimentos seguros, livres de contaminação. As normatizações vigentes têm o intuito de garantir que os alimentos comercializados sejam seguros para o consumo humano, sem contaminação química, física ou microbiológica.

A manipulação de alimentos é regida pela mesma legislação do setor com estrutura física fixa. No Brasil é a RDC 216/2004 (Resolução da Diretoria Colegiada), e as legislações estaduais e municipais que existem estão alinhadas com a nacional.

Destacam-se no regramento sanitário disposições sobre (SEBRAE, 2015):

- Planejamento do layout da cozinha móvel;
- Aquisição de termômetro calibrado;
- Localização do setor de recebimento do pagamento;
- Segurança da água utilizada;
- Destino dos resíduos gerados;

- Controle de pragas;
- Energia elétrica;
- Estrutura física, móveis e equipamentos;
- Instalação do fogão;
- Manipuladores da cozinha móvel;
- Pré-preparo dos alimentos;
- Procedência dos alimentos;
- Transporte dos alimentos;
- Manutenção de alimentos resfriados ou quentes;
- Resfriamento dos alimentos;
- Higienização do *truck* e
- Documentação.

Quanto a energia elétrica, no caso da Forno Mineiro, o veículo deve ter autonomia para manter os alimentos em temperatura abaixo de -12°C em seu armazenamento, caso contrário os biscoitos e pães de queijo tentem a derreterem, perdendo o seu formato arredondado e grudando uns aos outros dentro das embalagens.

### 2.3 A EMPRESA PÃO DE QUEIJO DA FÁBRICA – FORNO MINEIRO

Fundada em 2012 no mercado de panificação de Brasília-DF, os pães de queijo da fábrica (Forno Mineiro), conta com equipamentos de ponta além da produção artesanal. Toda a estrutura de congelamento e armazenamento são feitos em túneis de ultracongelamento e câmaras frias. Seus produtos são pães de queijo e biscoito de queijo, com produção mensal em torno de 22 toneladas e capacidade máxima de até 60 toneladas mensais.

A Fábrica Forno Mineiro tem seu mercado de atuação no Distrito Federal-DF e entorno, assim como distribuição para cidades como Caldas Novas, São Paulo, Natal e Piauí.

As entregas regionais são realizadas mediante pedidos ou por transporte diário de sua frota com a distribuição do produto congelado entre a Fábrica Forno Mineiro e seus clientes, sendo eles centros comerciais (padarias, supermercados, etc.) e vendas ao consumidor final em pontos estratégicos e em residências, onde o veículo anuncia por meio de alto-falantes em ruas e avenidas e realiza o comércio aos moradores do local.

Entre essa frota encontra-se os veículos modelo triciclo utilizado atualmente (Figura 2.3), que se destacam em meio aos veículos cotidianos, dando maior evidência à marca.



Figura 2.3 - Triciclos com sistema atual de refrigeração

Devido ao grande sucesso do transporte de seus produtos pelo triciclo e a expansão do comércio por meio dos *food trucks*, a empresa optou por juntar as duas opções em uma só, utilizando um conceito já existente e de muito sucesso, o *food truck* no triciclo. Este modelo permite maior mobilidade em locais em que o veículo comum possui acesso dificultado ou nenhum, assim como menor custo de deslocamento e maior visibilidade à marca.

Pela própria experiência de vendas com o triciclo em diversos pontos do Distrito Federal e o maior lucro na venda do produto pronto para o consumo em relação ao produto congelado, este modelo de vendas oferece grande expectativa de sucesso à Fábrica Forno Mineiro.

### 2.3.1 Modelo de Triciclo Utilizado

O modelo utilizado é o MCF – 200 da Motocar (Figura 2.4), tendo suas dimensões e características descritas na Tabela 2.1:



Figura 2.4 – Modelo de triciclo MCF-200 da Motocar: (a) Vista frontal, (b) Vista Lateral e (c) Vista Isométrica (MOTOCAR, 2009).

Tabela 2.1 – Dados técnicos e características do triciclo MCF-200 (MOTOCAR, 2009).

<b>DADOS TÉCNICOS</b>	
Dimensões triciclo	3300mm x 1200mm x 1820mm
Dimensões carroceria	1700mm x 1200mm x 1200mm
Motor	Cilíndrico único, refrigerado a ar, 4 tempos
Pneu	5.0 – 12
Transmissão	Sistema por eixo CARDAN
Altura total	1800mm
Comprimento total	3300mm
Distância entre o eixo X	1000mm
Distância entre o eixo Y	2180mm
<b>MOTOR</b>	
Combustível	Gasolina
Número de cilindro	1 em linha vertical
Número de marchas	1-2-3-4-5
Cilindrada	200cc
Ruído	78 dB
Rotação de marcha lenta	1500 rpm
Torque	10N.m (1,02kgf.m)
Potência máxima	12,5 CV
Óleo recomendado	20W50 Castrol semissintéticos (1000 ml por troca)
<b>SISTEMA ELÉTRICO</b>	
Bateria	9 (A) 12 V
Vela	D8EA
Folga do eletrodo	0,6 a 0,7 mm

Tabela 2.1 – Continuação - Dados técnicos e características do triciclo MCF-200 (MOTOCAR, 2009).

<b>FREIOS</b>	
Dianteiro	Tambor com acionamento mecânico
Traseiro	Hidráulico com dois circuitos independentes
Fluido utilizado	Tambor a óleo Fluido DOT 4
Freio de estacionamento	Mecânico atua nas rodas traseiras
<b>RODAS E PNEUS</b>	
Rodas	Aro 12 estampado em aço
Câmara de ar	5.00/6-12
Pneus	12
Step	12
Pressão do pneu dianteiro	30 libras
Pressão dos pneus traseiros	32 libras

#### 2.4 NECESSIDADE DA EMPRESA

A ideia sugerida pela Forno Mineiro é transformar o triciclo utilizado na distribuição e vendas de produtos congelados em um *food truck*. A empresa relatou os equipamentos que o modelo deveria conter e os problemas do modelo atual devido a utilização do gerador como fonte de alimentação elétrica para o freezer.

Os equipamentos listados são: freezer para condicionamento de bebidas e pão/biscoito de queijo, uma máquina multibebidas, um forno para cozimento dos congelados.

Devido ao elevado custo de manutenção, ruído e vibração, eliminação de gases e fuligem, com o uso do gerador, a empresa também solicitou que fosse realizado o projeto de um novo sistema de alimentação elétrica.

Portanto este trabalho apresenta o projeto do *food truck* requisitado pela Forno Mineiro. Consideraram-se os requisitos apresentados pela empresa e outros verificados ao longo do projeto, a adequação do sistema de refrigeração à demanda e a substituição do sistema de alimentação por um que atenda o modelo de negócio de forma mais eficaz.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 INVERSORES DE FREQUÊNCIA

Os conversores de Corrente Contínua (CC) em Corrente Alternada (CA) são conhecidos como inversores (Figura 3.1). A função de um inversor é converter uma tensão de entrada CC em uma tensão de saída CA simétrica de amplitude e frequência desejadas (RASSHID, 1993).



Figura 3.1- Conversor ou inversor de frequência (Hayonik, 2013/2014).

A energia elétrica pode ter infinitas formas de onda, sendo as mais conhecidas são a senoidal, onda quadrada, dente de serra ou triangular e contínua. Geralmente essas formas são relacionadas com a sua fonte de criação.

Para se utilizar as diversas fontes existentes, agrupar duas ou mais fontes ou ainda variar seus parâmetros, é necessária a utilização dos conversores de frequência, que são dispositivos com a finalidade de receber alimentação de uma fonte qualquer de energia elétrica e entregá-la com forma modificada, a fim de atender à necessidade dos equipamentos que se deseja trabalhar (SANTANA, 2013).

As formas de onda da tensão de saída de inversores ideais deveriam ser senoidais. Entretanto, as formas de onda de inversores práticos são não-senoidais e contêm certos harmônicos. Para aplicações de baixa e média potências, tensões de onda quadrada ou quase quadrada podem ser aceitáveis. Para aplicações de potência

elevada são necessárias formas de onda senoidais com baixa distorção (RASSHID, 1993).

Os inversores de onda quadrada possuem uma construção mais simples e preços mais baratos, entretanto apresentam alta taxa de distorção harmônica e menor eficiência. Estes inversores não conseguem regular o pico de tensão, que varia com o estado da bateria. A utilização de ondas quadradas em equipamentos sensíveis pode acarretar danos permanentes aos equipamentos.

Quando motores de indução são alimentados por inversores de onda quadrada e quadrada modificada ocorre uma elevação do aquecimento devido ao aumento das perdas no ferro e no cobre (no cobre deve-se principalmente ao efeito pelicular, implica numa redução da área efetivamente condutora à medida que se eleva a frequência da corrente), diminuindo a eficiência e torque, assim como um possível aumento do ruído audível. A presença de harmônicos no fluxo magnético, produz alterações no acionamento do equipamento, o que torna esse tipo de alimentação não indicado para refrigeradores e freezers, uma vez que esses dispositivos não atingem sua potência máxima e tem uma redução em sua vida útil quando usam essa fonte de energia (BRAGA, 2015).

A obtenção de uma onda senoidal a partir de ondas quadradas é possível através de filtragem. O tamanho do filtro é determinado não apenas pela quantidade de harmônicos que se quer minimizar, mas também pela frequência de tais harmônicos. Quanto menores forem as frequências, maior será o filtro (maiores valores de indutância e capacitância com conseqüente maior volume e peso) (POMILIO, 1998).

O funcionamento de um conversor deste tipo pode ser explicado com o auxílio da Figura 3.2. Ele é composto por um oscilador de potência que converte a tensão contínua pura em tensão contínua pulsante, e essa tensão é aplicada posteriormente a um transformador, que alimentado pelos pulsos de baixa tensão, produz uma tensão alternada mais elevada.

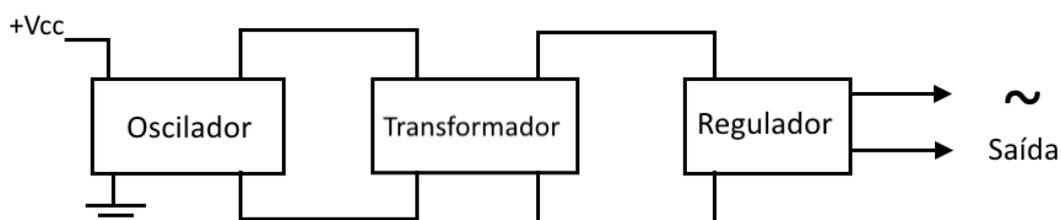


Figura 3.2 -Diagrama de blocos de um inversor.

O oscilador utiliza uma fonte de corrente contínua para produzir sinais variáveis cuja frequência e forma de onda depende de sua configuração, gerando sinais com as mais diversas frequências e formas de onda. Sua principal função é retornar uma parte do sinal retirado da saída e jogá-lo de volta à entrada, de forma a excitar o circuito e, portanto, mantê-lo funcionando.

Algumas das utilizações dos conversores e suas aplicações são em sistemas de alimentação embarcados (motorhome, *food trucks*, navios, aviões, etc.), controle de velocidade de motores de corrente alternada, e fontes de alimentação ininterrupta (nobreak).

Qualquer sistema no qual o fornecimento da energia elétrica não pode ser interrompido deve prever uma fonte de emergência para supri-lo. Quando a potência instalada é muito grande tem-se, em geral, um sistema de acionamento imediato, alimentado a partir de baterias, e um sistema motor-gerador que, por necessitar de alguns minutos para estar em condições ideais de operação, não pode ser usado de imediato (POMILIO, 1998).

### 3.2 BATERIAS

Baterias são dispositivos capazes de converter energia elétrica a partir da energia química. Elas são compostas por células eletroquímicas e podem ser constituídas por uma única célula ou pela união de várias. Quando a bateria tem várias células ela pode ser organizada em série ou em paralelo (DANIEL & BESENHARD, 1999; LARMINIE & LOWRY, 2003).

No caso de duas células tem-se as células primária e secundária, sendo a primária a que converte energia química em energia elétrica em um processo irreversível. A secundária converte energia química em energia elétrica em um processo reversível (DANIEL & BESENHARD, 1999).

Os principais componentes das células são o eletrólito, o eletrodo e o catodo. O eletrólito fica localizado entre o eletrodo e o catodo. Ele é o meio de transferência de carga que origina cátions e ânions (íons de carga positiva e negativa respectivamente), quando sofre dissociação ou ionização após a adição de um solvente ou após ser aquecida (DANIEL & BESENHARD, 1999).

Anodo e catodo são eletrodos. O anodo é o eletrodo que fornece elétrons para o circuito externo, enquanto o catodo é o eletrodo que sofre redução durante a reação eletroquímica que recebe os elétrons do circuito externo (DANIEL & BESENHARD, 1999). A Figura 3.3 mostra o esquemático de uma célula de eletrólise.

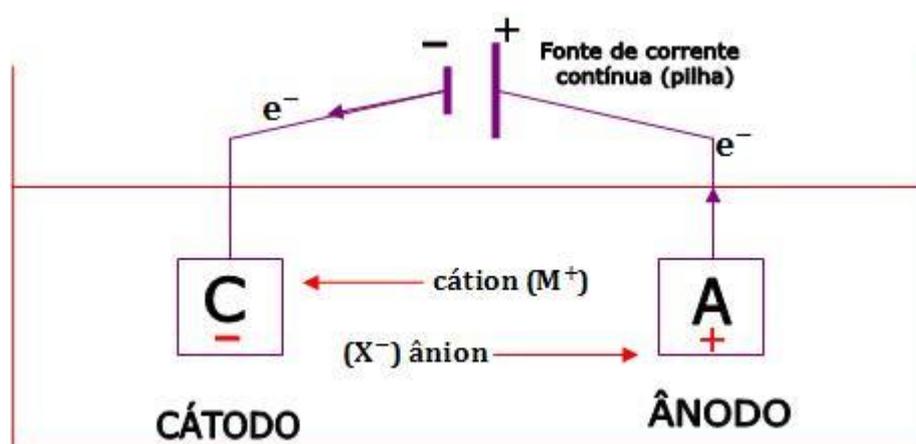


Figura 3.3 - Esquemático de uma célula de eletrólise.

### 3.2.1 Componentes de uma Bateria

A Figura 3.4 mostra uma bateria automotiva com seus componentes. Nela podemos distinguir a caixa (monobloco), dividida em vários compartimentos ou células. Dentro da bateria tem-se os espaços para os resíduos do catodo, os apoios de elementos das células e os tanques de separação das células, assim como as placas negativas (Anodo) e placas positivas (catodo). As placas positivas são unidas entre si em seus pinos por meio de “ponte” com o conector, onde o mesmo acontece

com as placas negativas. Para ter uma eficiência maior, as baterias têm uma placa negativa a mais para que possa ser consumido todo o catodo.

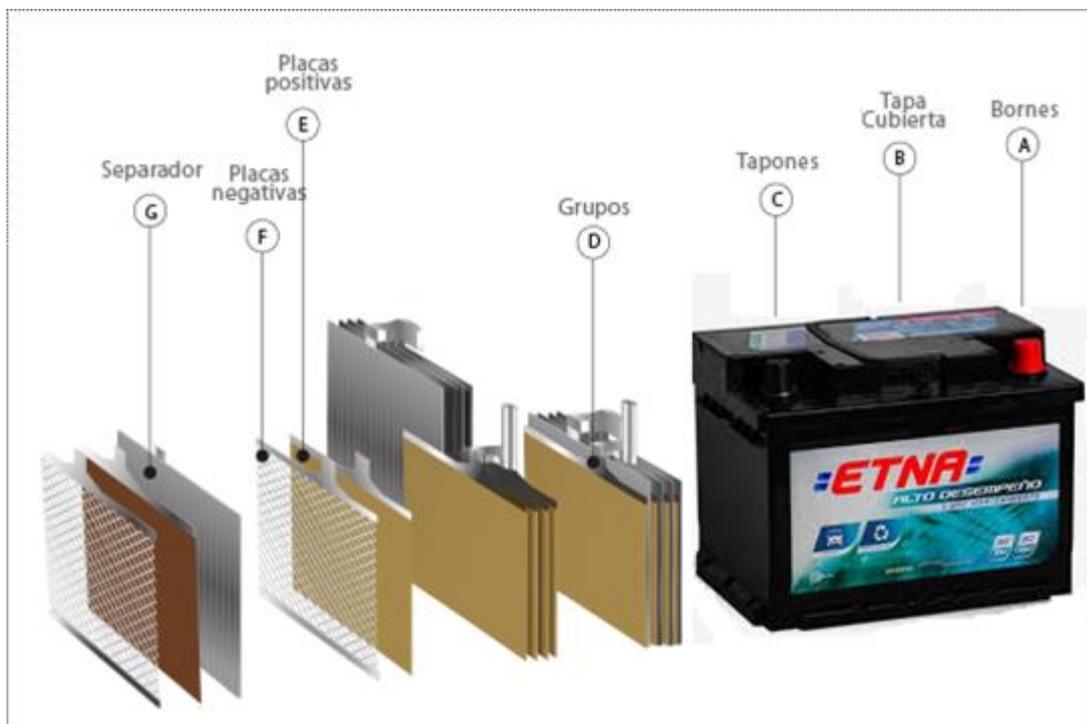


Figura 3.4 - Bateria e seus componentes internos (RODOLFO, 2015).

### 3.2.2 Parâmetros de Bateria

O primeiro parâmetro que será abordado é a capacidade da bateria. Ela é compreendida como a quantidade de carga gerada pelo material ativo no anodo e consumida pelo catodo. A taxa de descarga ( $T_c$ ), dada em ampères por hora (Ah) da bateria é a corrente pela qual a bateria é descarregada, sendo igual à razão entre a capacidade da bateria ( $C_{ap}$ ) em ampères e o tempo de descarga em horas ( $\Delta t$ ) (DANIEL & BESENHARD, 1999). A taxa de descarga é expressada como:

$$T_c = \frac{C_{ap}}{\Delta t} \quad (1)$$

O principal objetivo das baterias é armazenar energia. Pode-se calcular a energia ( $E_{Wh}$ ) em Wh a partir da multiplicação da tensão ( $V$ ) em volts pela capacidade

da bateria ( $C_{ap}$ ) (DANIEL,1999). A energia de armazenamento da bateria é expressada como:

$$E_{Wh} = V * C_{ap} \quad (2)$$

Se dividirmos a energia de armazenagem da bateria ( $E_{Wh}$ ) pelo peso da mesma em Kg ( $m$ ) obteremos a energia especifica ( $E_{esp}$ ). Assim tem-se:

$$E_{esp} = \frac{E_{Wh}}{m} \quad (3)$$

De forma análoga à energia especifica ( $E_{esp}$ ), tem-se a potência especifica ( $P_{esp}$ ) que é obtida dividindo a potência ( $P_{ot}$ ), em Watts, da bateria por cada quilograma de massa da bateria ( $m$ ). Assim tem-se:

$$P_{esp} = \frac{P_{ot}}{m} \quad (4)$$

Quando relaciona-se quantidade de energia ( $E_{Wh}$ ) com o volume em metro cubico ( $Vol$ ) tem-se a densidade de energia ( $D_{energia}$ ) dada em  $Wh/m^3$ :

$$D_{energia} = \frac{E_{Wh}}{Vol} \quad (5)$$

Uma bateria ideal é aquela que tem a maior densidade de energia ( $D_{energia}$ ), potência especifica ( $P_{esp}$ ), energia especifica ( $E_{esp}$ ) e capacidade da bateria ( $C_{ap}$ ), pois assim tem-se um sistema mais leve e menos volumoso.

### 3.2.3 Tipos de Baterias

Existem vários tipos de baterias para automóveis. As mais utilizadas são as do tipo chumbo-ácido. Entretanto, com o aumento da tecnologia, têm-se baterias de níquel-cádmio (NiCd), níquel-hidreto metálico (NiMH), íon-lítio (LiCoO<sub>2</sub>) e Zebra (Na-NiCl<sub>2</sub>).

A Figura 3.5 apresenta um comparativo da densidade de energia específica para as baterias de chumbo-ácido, NiCd, NiMH, LiCoO<sub>2</sub> e Na-NiCl<sub>2</sub>. Entretanto, devido a perdas relacionadas a fatores externos, os valores práticos e teóricos da energia específica são diferentes. Assim tem-se 3 colunas a serem estudadas.

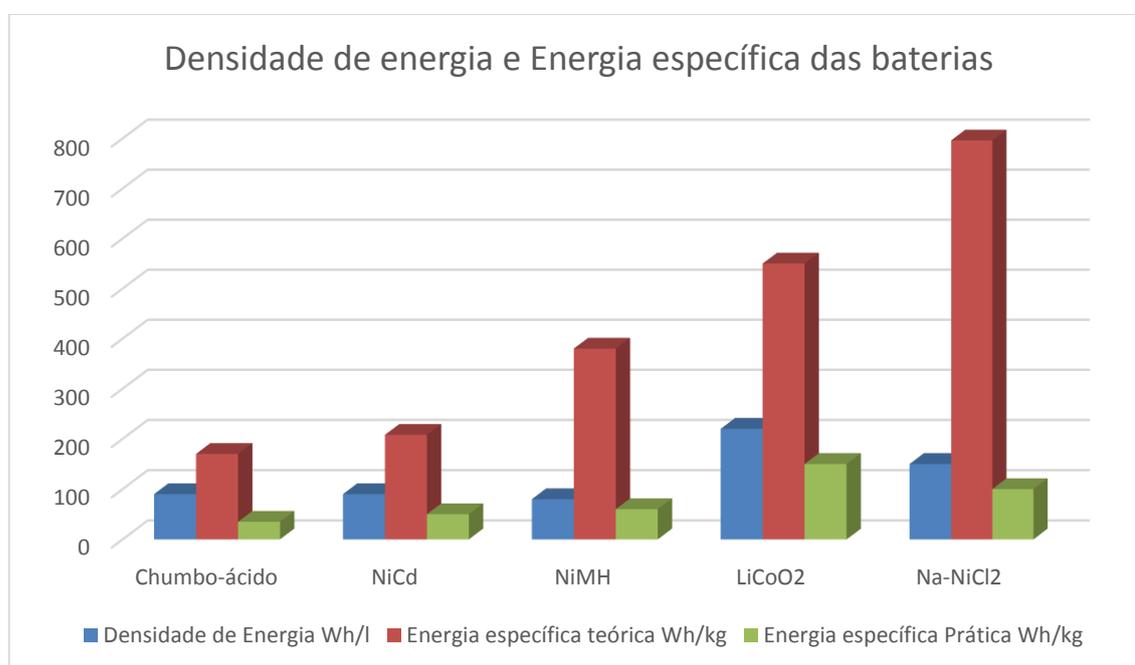


Figura 3.5 - Densidade de energia e Energia específica das baterias. Adaptado de (DANIEL,1999; LARMINIE, 2003).

Pode-se observar que a bateria de Na-NiCl<sub>2</sub> é a que tem o maior valor de energia específica teórica, aproximadamente 800 Wh/kg. Porém, na prática tem-se 100 Wh/kg e sua densidade de energia fica em torno de 150 a 100 Wh/l.

Outro fator interessante de se observar nesse gráfico são os valores da bateria de LiCoO<sub>2</sub>, que teve o maior valor para a energia específica prática, 150 Wh/kg, e o maior valor de densidade de energia, 220 Wh/l.

Entretanto, a bateria de chumbo-ácido, a mais utilizada no meio automotivo, é a bateria com o pior rendimento entre as apresentadas no gráfico, com a menor

densidade de energia 90 Wh/l, a menor energia específica teórica, 170 Wh/kg, e prática, 35 Wh/kg.

### 3.3 ALTERNADOR

Com a implantação de equipamentos elétricos nos carros como, faróis, sistema de ventilação, sistema de condicionados, computador de bordo, entre outros, houve um aumento importante no consumo de energia elétrica. Com esse aumento de consumo elétrico, começou-se a utilizar alternadores, que tem como característica proporcionar correntes na ordem de 15 A.

Antigamente utilizava-se os dínamos, porém, devido sua estrutura, ele fornece uma tensão variável com a velocidade rotação, necessitando de uma velocidade mínima do motor para que ele produza tensão suficiente para alimentar os circuitos do veículo e realizar a recarga da bateria. Um problema enfrentado quando os veículos trafegam em cidades, onde são frequentes as paradas e as baixas velocidades. Diferente do dínamo, o alternador possui um regulador de tensão, oferecendo uma tensão fixa ou que oscile em uma faixa estreita de valores, proporcionando maior segurança aos circuitos elétricos do veículo. Com isso o dínamo passou a ser um equipamento obsoleto. A Figura 3.6 podemos ver uma comparação entre a produção de corrente de um dínamo em comparação com o alternador.

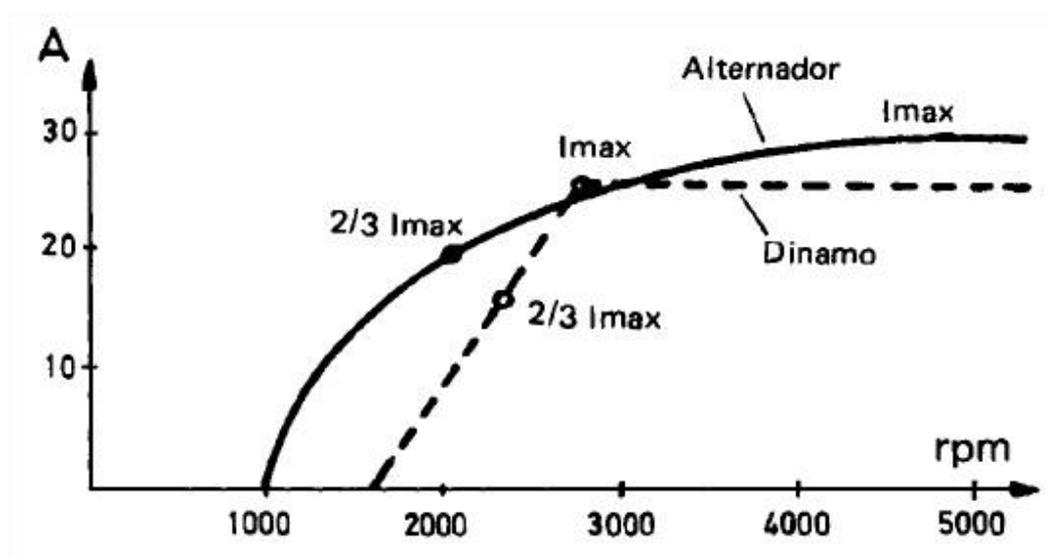


Figura 3.6 - Comparação Dínamo e Alternador (ALONSO, 1998).

O alternador é composto por 7 partes básicas, ilustradas na Figura 3.7.

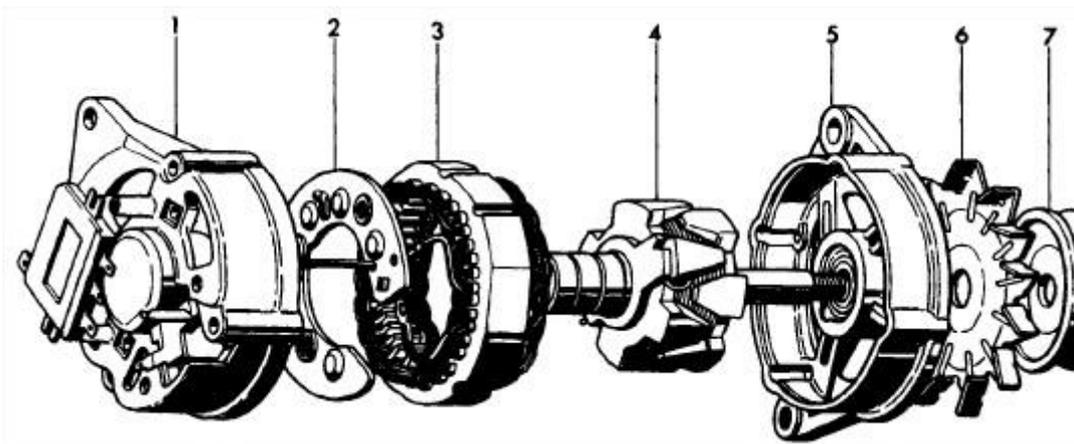


Figura 3.7 - Partes do Alternador (ALONSO, 1998).

As partes 1 e 5 são as carcaças que protegem as partes internas do alternador. A parte 2 é o retificador, a 3 é o estator e a 4 o rotor. Essas três peças constituem a parte interna do alternador. As partes 6 e 7 são o ventilador e a polia respectivamente.

### 3.3.1 Princípio de Funcionamento do Alternador

O princípio de funcionamento de um alternador está relacionado com o princípio de indução eletromagnética. Essa indução acontece quando um condutor elétrico corta as linhas de força de um campo magnético, induzindo-se uma f.e.m (força eletromagnética). (ALONSO, 1998).

Na Figura 3.8 tem-se a representação de um ímã de barra que gira ao redor de seu ponto médio. Quando o polo norte está do lado da bobina, tem-se a bobina sendo afetada pelo campo magnético do ímã, gerando uma f.e.m. que é mostrada pelo galvanômetro. Da mesma forma tem-se o mesmo evento quando o polo sul se aproxima da bobina, porém tem-se uma f.e.m em sentido contrário.

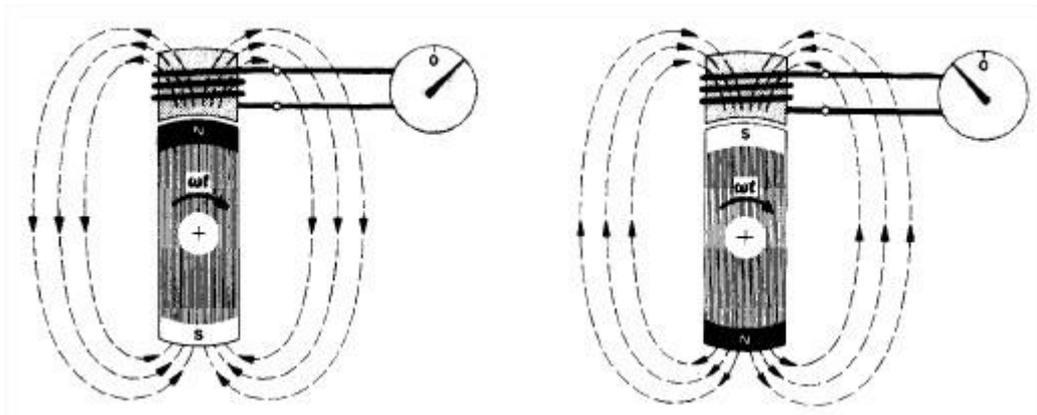


Figura 3.8 - Ímã em movimento e Bobina

De acordo com o movimento do ímã temos a indução de uma corrente na bobina que alimenta a parte elétrica do carro, a abaixo tem-se um esquemático mostrando a variação da corrente elétrica pelo posicionamento do ímã.

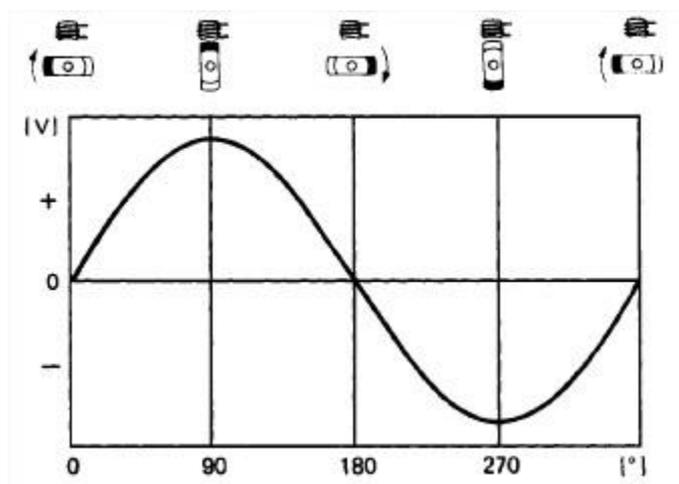


Figura 3.9 - Variação da corrente pela posição do ímã. (ALONSO, 1998)

### 3.4 FONTE AUTOMOTIVA

A fonte automotiva será o equipamento que fornecerá a recarga das baterias do veículo por meio da rede elétrica, uma vez que o trajeto entre um ponto fixo de trabalho e seu local de pernoite não seja suficiente para realizar a recarga completa por meio do alternador do veículo.

As fontes automotivas (Figura 3.10) têm como principal objetivo alimentar circuitos eletrônicos veiculares que dependam da bateria do veículo, como amplificadores, módulos de potência, som automotivo, etc. Este equipamento também pode ser utilizado como fonte direta de alimentação, ou seja, sem a utilização das baterias.

Esses equipamentos são ligados na rede elétrica com tensão de 127/220V e retorna em sua saída uma tensão de 12,5V a 14,4V, com variação de +/- 1% e corrente de 60A, com variação de +/-5%. Desta forma, realizam a recarga das baterias, além de manter a alimentação do sistema elétrico do veículo.

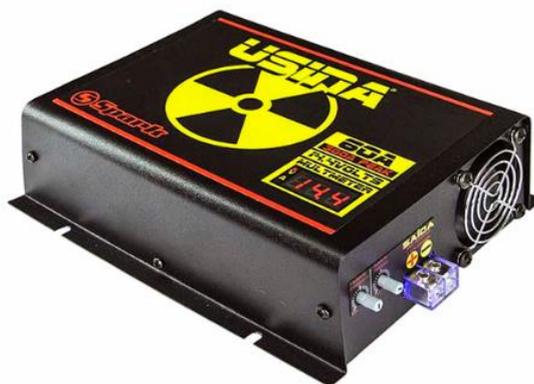


Figura 3.10 - Fonte automotiva Usina 14,4V - 60A (Spark, 2015).

Por ser estabilizada, pode ser utilizada como carregador de baterias sem qualquer problema de sobrecarga, pois, assim que a bateria completa sua carga, a fonte entra em flutuação e não danifica as baterias com sobrecarga de corrente e

Este equipamento também possui um ajuste e monitor de corrente de saída para que durante a recarga não seja excedido o valor recomendado de 10% da capacidade da bateria, pois recarregar uma bateria acima desse valor pode gerar aquecimento e degradação da bateria. Os dados técnicos da fonte a ser utilizada são especificados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Dados técnicos e características da Fonte Automotiva Usina 60A

<b>FONTE AUTOMOTIVA MODELO</b>	<b>USINA 60A - 14,4V</b>
Tensão de Entrada	Bi-volt Automático
AC 127Vca	100 @ 140Vca
AC 220Vca	170 @ 250Vca
Consumo	127Vca 11A (máximo)
Consumo	220Vca 6A (máximo)
Tensão de Saída	12,5@14,4V (+- 1%)
Corrente de Saída	60A @ 12,5V (+-5%)*
Potência de Saída	750 Watts (máxima)**
Rendimento	86%
Potência de Entrada	950 Watts (máxima)
FP (fator de potência)	0.98
Cabo de Entrada	3x1,5mm <sup>2</sup> - 2P+T
Proteção Entrada	Disjuntor 16 <sup>a</sup>
Cabo de Saída	10mm <sup>2</sup>
Extensão Recomendada	2,5mm <sup>2</sup> (máx. 25 metros)
Medidas CxLxA (mm)	200x180x65
Peso	1,7Kg

\* Corrente e potência aferidos em carga resistiva

\*\* A potência de saída pode variar de acordo com a tensão da rede e condições de uso

## 4 MODELO ATUAL

### 4.1 PROBLEMAS DO MODELO ATUAL

A empresa de alimentícios Forno Mineiro buscou por meio deste projeto encontrar soluções para o triciclo utilizado no serviço de entrega de produtos congelados em uma adaptação para um *food Truck*. O principal problema informado pela empresa é a utilização de um gerador à combustível, um equipamento indispensável e que apresenta diversos problemas ao serviço e alto custo de manutenção.

Este projeto realizou um estudo detalhado das funções do triciclo e seu funcionamento, levantando os problemas encontrados e buscando soluções para a adaptação do triciclo em *food truck*. Os problemas serão listados e detalhados neste capítulo.

#### 4.1.1 Gerador

O primeiro motivo e de maior incômodo da empresa Forno Mineiro é na utilização do gerador à gasolina necessário para a alimentação elétrica do sistema de refrigeração instalado nos triciclos, responsáveis pela distribuição e revenda dos produtos congelados.

O gerador é utilizado para a alimentação do sistema de refrigeração, o modelo usado é o B4T 1300, marca Branco, de 2,8cv, 4 tempos, com capacidade de 5 litros de combustível (gasolina) e autonomia a 50% da carga de 4,8 horas. Sua utilização diária exige um gasto de 5 a 7 litros de combustível e juntamente com sua manutenção e consumo de óleo o custo mensal deste equipamento, gira em torno de R\$ 700,00 (dados informados pelo proprietário).

Entretanto, este equipamento possui desvantagens como o excesso de ruído, vibração, eliminação de gases tóxicos, manutenção constante, elevado custo de funcionamento, além do risco de se estocar e transportar combustível extra. Ele produz um nível de ruído à 7 metros de distância de 67 dbA, que segundo a NBR 10152 informa que em pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas deve apresentar entre 45 a 60 dbA, onde o valor inferior representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a

finalidade. E que níveis superiores aos estabelecidos nesta tabela são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de danos à saúde. Entretanto o valor para restaurantes deve estar na faixa de 40 - 50 dbA.

O gerador à gasolina desempenha o papel de alimentar todo o sistema de refrigeração do veículo, fornecendo a energia elétrica necessária durante todo o período de trabalho do triciclo. Entretanto, produz grande desconforto para o modelo de negócios ao qual se destina, com manutenções constantes, eliminação de gases poluentes e fuligem e emissão de ruídos elevados.

#### **4.1.2 Peso**

O veículo original possui o peso de 460kg e, em acordo com seu manual técnico, com capacidade de carga de 2.250 litros em volume e/ou 350 kg em sua estrutura traseira, que oferece um compartimento fechado e com isolamento térmico e luminoso.

Após o veículo ser totalmente equipado e adaptado para o trabalho de transporte de alimentos congelados, ele pesou 630 kg. Desta forma 170 kg de peso do veículo é devido à equipamentos e aparelhos para refrigeração e para o seu acionamento, o que corresponde a quase 50% de sua capacidade de carga, restando 180 kg para a utilização em mercadorias e outros equipamentos para aparelhamento do *food truck*.

#### **4.1.3 Motorização**

O modelo de triciclo utilizado é tracionado por um motor de 200 cc, 4 tempos, de cilindro único com sistema de refrigeração à ar e fornece 12,5 CV de potência. Seu modelo de transmissão utiliza um eixo cardã, transmitindo a força motriz do motor à um diferencial no eixo traseiro, permitindo além das 5 marchas à frente, uma marcha à ré.

O modelo de motor possui refrigeração à ar, onde o cabeçote e o cilindro do motor, em sua parte externa, possuem aletas de alumínio, que recebem o calor gerado pelo motor transferindo-o para o ar ao redor, mais frio que o motor. Com o movimento

da moto, este ar é trocado, resfriando o motor, conforme a Figura 4.1. Além de ser o modelo mais simples, também é o menos eficiente dos modelos de refrigeração.

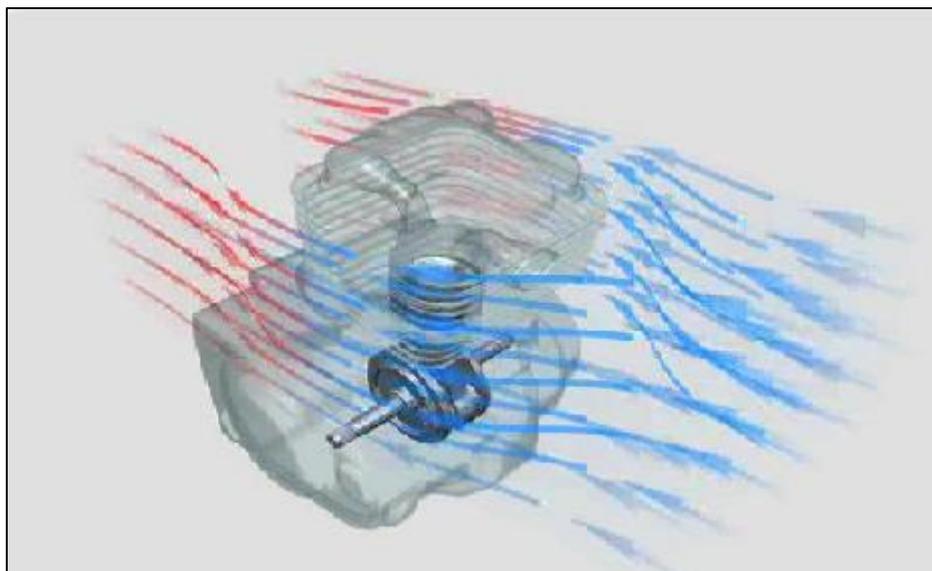


Figura 4.1 - Motor com refrigeração à ar

Os motores com refrigeração à ar, normalmente possuem este sistema devido à sua baixa potência e menores desempenhos, o que não eleva tanto sua temperatura. Desta forma, forçar o motor a trabalhar em regimes ainda mais severos pode acarretar em temperaturas elevadas ao que o motor foi projetado, ocasionando danos significativos ou até permanentes a ele.

#### 4.1.4 Estabilidade e Dirigibilidade

Grande parte de seus equipamentos estão instalados na parte superior da área de carga, onde mesmo que individualmente não possua grande peso, desloca o centro de gravidade do veículo para cima, comprometendo a estabilidade e a dirigibilidade do veículo, gerando desconforto em curvas e guinadas de forma perceptível ao piloto.

Foi verificado que mesmo mantendo a carga dentro dos limites de peso informado pela montadora do triciclo, ele exige muito esforço do motor quando o trajeto possui aclives leves ou subidas íngremes após a instalação dos equipamentos de refrigeração e do gerador, onde o problema se agrava quando o veículo está com carregamento de produtos.

#### 4.1.5 Sistema de Refrigeração

O sistema de refrigeração é alimentado em rede elétrica de 220V e mantido por um compressor de 480W, possui uma câmara com o volume de 570 litros e abertura pela lateral do veículo com uma porta vertical. O compartimento não possui divisórias internas como prateleiras ou gaveteiros e atinge a temperatura de até  $-20^{\circ}\text{C}$ .

O refrigerador instalado tem seu volume máximo utilizado em poucas ocasiões, sendo a carga média de trabalho diário do triciclo de 40 kg de mercadoria congelada. Por possuir grande parte de seu volume vazio, ao se abrir a porta do refrigerador, grande quantidade do ar frio já condicionado é perdida, aumentando a temperatura no interior do compartimento e dos produtos com passar do tempo.



Figura 4.2 - Porta lateral do refrigerador com detalhe de seu interior.

Foi constatado que o volume da câmara de refrigeração está superdimensionado ao necessário diariamente, tal como possui alto custo financeiro de aquisição, de manutenção, assim como os custos elevados na aquisição e manutenção dos equipamentos necessários para seu acionamento.

Alguns dos equipamentos e instalações do sistema de refrigeração, sofrem com a vibração excessiva do veículo em deslocamento. Em alguns casos ocorreu o rompimento de tubulações e condutores de fluidos do sistema, acarretando em uma

refrigeração ineficaz, exigindo a parada do veículo danificado para a execução de manutenção corretiva e com elevados custos financeiros.



Figura 4.3 - Triciclo para entregas do produto congelado.

A adaptação do sistema de refrigeração atual ao *food truck* oferece desvantagens e dificuldades em ser aproveitada ao projeto. Sua abertura pela lateral do veículo deverá ser modificada para o interior do compartimento de cargas, onde será a “cozinha” do *food truck*, entretanto, sua modificação só pode ser realizada em uma reforma de custos elevados, pois sua instalação é fixa. Seu formato também não permite uma boa distribuição de produtos em seu interior, visto que, ao se utilizar prateleiras, estas seriam muito profundas e de acesso dificultado ao operador, principalmente em caso da prateleira estar completamente abastecida, pois teria uma profundidade de quase 1,00 metro.

Verificando-se a necessidade da alta demanda de energia para alimentação do sistema de refrigeração, foi realizado um teste onde os produtos congelados foram armazenados em um isopor de 50mm de espessura, sendo posteriormente levado para o serviço normal de revenda. Neste teste foi observado que o condicionamento dos produtos em baixas temperaturas teve melhor resultado do que no freezer instalado nos triciclos. Desta forma, comprovou que o modelo de freezer utilizado demanda um alto custo, não é eficiente e nem eficaz para a proposta.

Após a realização do teste o refrigerador não é mais considerado no projeto de adaptação e também deixou de ser utilizado pela empresa em sua revenda diária, eliminando também o uso do gerador de energia, sendo a refrigeração dos produtos congelados mantida apenas pela caixa de isopor. Entretanto, para o modelo *food truck* é necessário um equipamento que realize a refrigeração de produtos que não estejam congelados anteriormente, como água, sucos, refrigerantes, etc.

## 5 PROJETO DE ADAPTAÇÃO

### 5.1 MODELO DO FOOD TRUCK UTILIZANDO O SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO ATUAL

O sistema de refrigeração é alimentado em rede elétrica de 220V, mantido por um compressor de 480W e possui uma câmara com o volume de 570 litros. A proposta inicial é a substituição do gerador à gasolina por um banco de baterias e um inversor de frequências, que transformará a corrente contínua das baterias em corrente alternada e a elevação da tensão de 12V para 220V necessário para alimentação dos equipamentos utilizados.

Realizou-se o cálculo da demanda energética a ser consumida pelo *food truck* e da quantidade de baterias necessárias para a compor o banco de baterias suficiente para alimentar todos os equipamentos durante o período de 08 horas.

#### 5.1.1 Equipamentos e Demanda Energética

##### 5.1.1.1 Forno

O forno a ser utilizado será o modelo industrial da marca ITAJOBI, confeccionado internamente em chapa esmaltada e porta de vidro temperado, com estrutura em chapa de aço carbono resistente à altas temperaturas, com isolamento térmico de lã de vidro e volume interno de 76 litros. Seu consumo é de 0,300Kg/h de gás e possui as seguintes dimensões (AxLxP): 300x520x490mm.



Figura 5.1 - Forno ITAJOBI de 76 litros

Por ser um forno a gás este equipamento não entra na demanda de consumo energético do *food truck*.

#### 5.1.1.2 Refrigerador

O refrigerador possui um volume de 570 litros, com capacidade de refrigeração de até -20°C e mantido pelo compressor de modelo TCM 2020. Este modelo funciona sob tensão de 220V e corrente nominal de 2,5A, possui potência de 1/4Hp e capacidade frigorífica de -6,7Kcal/h.

Calculou-se a potência consumida pelo sistema de refrigeração instalado inicialmente nos triciclos da fábrica, com o objetivo de verificar a carga térmica que o equipamento necessita.

#### Cálculo Carga Térmica

Para calcular a carga térmica deve-se levar em consideração seis variáveis importantes: a carga de transferência, o calor do produto, carga de infiltração, carga por embalagens, carga por pessoas, carga por iluminação e carga por motores (RODRIGUES, 2014).

#### Carga de Transferência

A carga de transferência ( $Q_1$ ) é a troca de calor pelas paredes da câmara fria. É necessário calcular as áreas de cada parede  $A_n$  em  $m^2$ , a diferença de temperatura entre o ambiente interno e externo,  $\Delta T$ , em °C, a espessura das paredes em mm, e o fator de dispersão de calor, em  $kcal/m^2 / dia$ . Assim tem-se a equação 6 abaixo:

$$Q_1 = \sum_1^6 A_n \times Fdc \quad (6)$$

Calculando as áreas das paredes tem-se:

$$A_1 = A_2 = 1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} = 1,44 \text{ m}^2 \quad (7)$$

$$A_3 = A_4 = A_5 = A_6 = 1,2 \text{ m} \times 0,395 \text{ m} = 0,474 \text{ m}^2 \quad (8)$$

Para encontrar o coeficiente global de transferência de calor tem-se a Figura 5.2:

Tabela: Fatores de Dispersão de calor em Função do Isolamento (kcal/m <sup>2</sup> /24h)												
Material	EPS (Isopor)					Poliuretano (Placa)			Poliuretano (Painel)			
Espessura(mm)	50	75	100	150	200	50	75	100	50	75	100	100
DT em °C entre temp. ext. e int.	1	14	9,5	7,2	4,8	3,6	9,5	6,4	4,8	8,3	5,5	4,2
	10	143	95	72	48	36	95	64	48	83	55	42
	15	215	143	107	72	54	143	95	72	125	83	62
	20	286	191	143	95	72	191	127	95	166	111	83
	23	329	220	165	110	82	220	146	110	191	128	96
	25	358	239	179	119	89	239	159	119	208	139	104
	28	401	267	200	134	100	267	178	134	233	155	116
	30	429	286	215	143	107	286	191	143	250	166	125
	33	472	315	236	157	118	315	210	157	275	183	137
	35	501	334	251	167	125	334	223	167	291	194	140
	38	544	363	272	181	136	363	242	181	316	211	158
	40	573	382	286	191	143	382	255	191	333	222	166
	43	616	410	308	205	154	410	274	205	358	238	179
	45	644	429	322	215	161	429	286	215	374	250	187
	48	687	458	344	229	172	458	305	229	399	266	200
	50	716	477	358	239	179	477	318	239	416	277	208
	53	759	506	379	253	190	506	337	253	441	294	220
	55	787	525	394	262	197	525	350	262	458	305	229
	58	830	554	415	277	208	554	369	277	483	322	241
	60	859	573	429	286	215	573	382	286	499	333	250
63	902	600	451	300	225	600	401	300	524	349	262	
65	931	620	465	310	233	620	414	310	541	361	270	
68	974	650	487	351	243	650	433	351	566	377	283	
70	1000	668	500	335	250	668	445	335	582	388	290	

Figura 5.2 - Coeficiente global de transmissão de calor (RODRIGUES, 2014).

O isolamento é feito por uma placa de poliuretano de 50 mm. Considerando a temperatura interna de  $-5^{\circ}\text{C}$  e a temperatura externa de  $43^{\circ}\text{C}$ , a diferença de temperatura  $\Delta T$  será igual a  $48^{\circ}\text{C}$ . Portanto, tem-se um Fdc igual a  $458 \text{ kcal/m}^2 / \text{dia}$ .

Logo :

$$Q_1 = (1,44 \text{ m}^2 \times 2 + 0,474 \text{ m}^2 \times 4) \times 458 \text{ kcal/m}^2 = 2187,408 \text{ kcal/dia} \quad (9)$$

### Carga por Infiltração

Calcula-se o ganho de calor devido a infiltração de calor, isto é, devido à infiltração de ar relacionada com a entrada de ar quente (ar externo) e saída de ar frio da câmara fria, através de portas ou outras aberturas. Cada vez que a porta é aberta, uma determinada quantidade ar externo penetra na câmara, devendo ser resfriado pelo sistema de refrigeração da câmara, aumentando a carga térmica.

Essa quantidade de ar que entra na câmara pode ser estimada a partir do Fator de Troca de Ar (FTA) de uma câmara. Este valor expressa o número de trocas de ar por dia e depende do volume e do tipo da câmara. Para seu cálculo tem-se a equação abaixo:

$$Q_2 = V \times Ft \times Qn \quad (10)$$

Em que:

$V = \text{volume da camara};$

$Ft = \text{Fator de troca de calor};$

$Qn = \text{fator de calor necessario para resfriar o ar};$

Assim, tem-se:

$$V = 1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 0,395 \text{ m} = 0,5688 \text{ m}^3 \quad (11)$$

Para achar o fator de troca de calor tem-se a Figura 5.3:

Troca de Ar/24h por abertura de Porta e Infiltração							
P/ Câmara de conversão c/ Temp. > 0°C				P/ Câmara de conversão c/ Temp. < 0°C			
Vol. (m³)	Nº Troca de Ar (24h)	Vol. (m³)	Nº Troca de Ar (24h)	Vol. (m³)	Nº Troca de Ar (24h)	Vol. (m³)	Nº Troca de Ar (24h)
5	47	200	6	5	36	200	4,5
7	39	300	5	7	30	300	3,7
10	32	400	4,1	10	24	400	3,2
15	26	500	3,6	15	20	500	2,8
20	22	700	3	20	17	700	2,3
25	19	1000	2,5	25	15	1000	1,9
30	17	1200	2,2	30	13	1200	1,7
40	15	1500	2	40	11	1500	1,5
50	13	2000	1,7	50	10	2000	1,3
60	12	3000	1,4	60	9	3000	1,1
80	10	4000	1,2	80	8	4000	1,1
100	9	5000	1,1	100	7	5000	1
125	8	10000	0,95	125	6	10000	0,8
150	7	15000	0,9	150	5,5	15000	0,8

Obs.: Para uso intenso, multiplicar por "2" os valores acima

Figura 5.3- Fator de troca de calor (RODRIGUES, 2014).

Como o volume de 0,5688 m³ não se encontra na tabela. Estimou-se o valor traçando uma função entre os pontos (5 , 36) e (7 , 30). Assim tem-se para o volume de 0,5688 m³ o valor de Ft de aproximadamente 37,5. Entretanto considerando o uso intenso, Ft será igual a 75.

Para o valor de Qn tem-se a Figura 5.4 e Figura 5.5:

Calor necessário para resfriar o ar externo até a temperatura da Câmara (kcal/m³)									
Temp. câmara em °C	Condições Externas (temperatura bulbo seco e umidade relativa)								
	15°C			20°C			25°C		
	40%	50%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	60%
10	0,2	1	1,8	2,9	4	5,1	6	7,4	8,9
5	2,7	3,5	4,3	5,5	6,6	7,7	8,6	10	11,7
0	5,4	6,2	7	8,1	9,3	10,5	11,4	13	14,5
-5	8	8,8	9,7	10,8	12	13,2	14,1	16	17,3
-10	10,2	11,1	12	13,1	14,3	15,5	16,5	18	19,7
-15	12,7	13,5	14,4	15,6	16,8	18,1	19	21	22,3
-20	14,8	15,7	16,6	17,9	19,1	20,4	21,3	23	24,7
-25	17	17,9	18,8	20,1	21,3	22,6	23,6	25	27
-30	19,2	20,2	21,1	22,4	23,7	25	26	28	29,5
-35	21,6	22,5	23,5	24,8	26,1	27,4	28,5	30	32
-40	23,8	24,8	25,8	27,1	28,5	29,8	30,9	33	34,5

Figura 5.4 - Valor de Qn para temperaturas externas entre 13°C e 25°C (RODRIGUES, 2014).

Calor necessário para resfriar o ar externo até a temperatura da Câmara (kcal/m³)									
Temp. câmara em °C	Condições Externas (temperatura bulbo seco e umidade relativa)								
	30°C			35°C			40°C		
	40%	50%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	60%
10	9,5	11,5	13,6	13,6	16,5	19,2	18,7	22,3	26
5	12,3	14,4	16,5	16,5	19,4	22,2	21,7	25,4	29,2
0	15,1	17,2	19,4	19,4	25,2	24,7	28,7	28,4	32,3
-5	18	20,1	22,3	22,3	25,3	28,2	27,7	31,5	35,5
-10	20,4	22,5	24,8	24,8	27,9	30,8	30,3	34,2	38,2
-15	23	25,2	27,5	27,5	30,7	33,7	33,2	37,1	41,2
-20	25,4	27,6	30	30	33,2	36,3	35,7	39,8	43,9
-25	27,7	30	32,4	32,4	35,7	38,8	38,3	42,4	46,7
-30	30,2	32,5	35	35	38,4	41,6	41	45,2	49,5
-35	32,8	35,1	37,7	37,7	41,1	44,3	43,7	48	52,5
-40	35	33,7	40,3	40,3	43,8	47,1	46,5	50,9	55,4

Figura 5.5 - Valor de Qn para temperaturas externas entre 30°C e 40°C (RODRIGUES, 2014).

Considerando o pior caso (40°C), para a temperatura de -5 °C tem-se Qn igual a 35,5 kcal/m³, assim:

$$Q_2 = 0,5688m^3 \times 75 \times 35,5kcal/m^3 = 1514,43kcal/dia \quad (12)$$

### Carga por Calor do Produto

É a carga devido ao produto mantido no espaço refrigerado. Para este cálculo tem-se a equação 13:

$$Q_3 = m \times c \times DT \quad (13)$$

Em que:

$m = \text{massa do produto (kg)}$

$c = \text{calor específico}$

$DT = \text{temperatura de entrada} - \text{temperatura interna}$

Sabe-se que o frigorífico comporta até 130 kg de pão de queijo que são congelados em outras câmaras frigoríficas, uma com temperatura interna de  $-40^\circ\text{C}$  e outra com  $-15^\circ\text{C}$ , logo a temperatura de entrada é menor que a temperatura interna. Com isso a carga por calor do produto será negativa, porém, sabe-se que o pão de queijo sempre entra congelado com temperatura de pelo menos  $-3^\circ\text{C}$  no frigorífico do triciclo, assim, no pior caso tem-se a seguinte equação para DT:

$$DT = -3 - (-5) = 2 \quad (14)$$

Para encontrar o calor específico do pão de queijo congelado utilizou-se a programa fornecida da Elgin refrigeração.

Assim tem-se:

$$Q_3 = 130 \text{ kg} \times 0,34 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \times 2^\circ\text{C} = 88,4 \text{ kcal/dia} \quad (15)$$

Considerando o produto descongelado, tem-se que calcular o calor latente do pão de queijo pela seguinte equação:

$$Q_l = m \times L \quad (16)$$

Em que:

$L = \text{calor latente de congelamento (kcal/kg)}$ .

Assim:

$$Q_l = 130 \text{ kg} \times 50 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 6500 \text{ kcal} \quad (17)$$

### **Carga de Ocupação**

Ocorre devido a ocupação de pessoas dentro da câmara frigorífica dada pela equação 18:

$$Q_4 = p \times Feq \times h \quad (18)$$

Em que:

*p = número de pessoas*

*Feq = fator de equivalência de calor por pessoa*

*h = horas de permanência na câmara*

Como nem um funcionário entra na câmara do triciclo tem-se que o valor de  $Q_4$  é igual a 0.

### **Carga de Iluminação**

Ocorre devido a iluminação dentro da câmara frigorífica e é dada pela equação 19:

$$Q_5 = P \times 0,86 \times T \quad (19)$$

Em que:

*P = Potência das lâmpadas*

*0,86 = constante para transformar W em Kcal*

*T = Tempo de utilização das lâmpadas.*

Como não existe nem uma lâmpada na câmara frigorífica temos que  $Q_5$  é igual a 0.

### **Carga devido aos Motores**

Ocorre devido aos motores utilizados dentro da câmara frigorífica e é dada pela equação 20:

$$Q_6 = P \times 632,41 \times N \quad (20)$$

Em que:

*P = Potência dos motores em CV*

632,41 = constante para transformar CV em Kcal

$N$  = Numero de motores.

Como não existe nem um motor na câmara frigorifica temos que  $Q_6$  é igual a 0.

### Carga de Embalagem

Essa parte do cálculo só é considerada caso a embalagem tenha 10% ou mais do peso bruto do produto e é dada pela equação 21:

$$Q_7 = \frac{m \times c \times DT \times 24h}{Tr} \quad (21)$$

Em que:

$m$  = massa do produto (kg)

$c$  = calor específico (kcal/kg°C)

$DT$  = temperatura de entrada – temperatura interna (°C)

$Tr$  = tempo de resfriamento.

Como a embalagem representa menos de 10% do peso bruto,  $Q_7$  é igual a 0.

### Carga Térmica Total

Somando todas as cargas térmica e sem considerar o produto descongelado tem-se a equação 22:

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 \quad (22)$$

$$Q_t = 2187,408 + 1514,43 + 88,4 + 0 + 0 + 0 + 0 \text{ kcal/dia} \quad (23)$$

$$Q_t = 3790,238 \text{ kcal/dia} \quad (24)$$

Assim, tem-se que a carga térmica será igual a:

$$Q = 157,92 \text{ kcal/h} \quad (25)$$

Se considerar o produto descongelado tem-se que somar 6500 kcal/dia, assim:

$$Q_t = 10290,238 \text{ kcal/dia} \quad (26)$$

Assim:

$$Q = 428,760 \text{ kcal/h} \quad (27)$$

A carga térmica total encontrada de 428,76 Kcal/h é a energia consumida pelo sistema de refrigeração, equivalente a 498,56Wh ou quase 4KW por 08 horas de trabalho. Desta forma a substituição do compressor para um de menor potência não é viável como proposta de diminuição da energia consumida pelo sistema de refrigeração, uma vez que o compressor utilizado é de 480W, valor um pouco inferior ao encontrado.

#### 5.1.1.3 Máquina Multibebidas

A máquina multibebidas escolhida é a Vending Le Petit da Maqna (Figura 5.6). Seu peso é de 18Kg e possui dimensões de 540 x 315 x 400mm e prepara as seguintes bebidas: café curto, café longo, leite, café com leite, chocolate, cappuccino, mocaccino, água quente. Ela possui um consumo de 1,2KW sob tensão de 220V e corrente de 6A. Apesar de sua alta potência, seu acionamento se dará em pequenos intervalos de tempo, somente durante o preparo da bebida.



Figura 5.6 -Máquina Multibebidas LE PETIT

Estimou-se que serão produzidas 120 bebidas, com um tempo médio de 1 minuto de preparo. Portanto o período de trabalho do equipamento será de 2 horas dentro de um dia de trabalho (8 horas), consumindo um total de 2,4KW do banco de baterias.

#### 5.1.1.4 Sistema de Iluminação

Serão utilizadas 6 luminárias de LED quadradas para embutir de 18 W cada, totalizando 108W. Em caso de maior necessidade de iluminação serão utilizados 04 refletores de LED, com potência de 20 W cada, totalizando 80 W.

A luminária de LED é um produto ecologicamente correto, com mínima emissão de radiação UV e IR, atraindo menos insetos e, comparativamente às lâmpadas convencionais, este tipo de iluminação apresenta menor consumo energético e menor aquecimento. Apesar do maior custo financeiro, ainda assim apresenta melhor custo-benefício, principalmente se tratando do consumo de energia do banco de baterias limitado e otimizado ao projeto.



Figura 5.7 - Luminária de LED 18W



Figura 5.8 - Refletor de LED 20W

Caso seja necessário a utilização de todos os equipamentos de iluminação, a potência total consumida será de 188W ou 15,7Ah do banco de baterias. O sistema de iluminação só será utilizado em caso de necessidade, quando a iluminação natural não estiver disponível. No entanto pode ser necessária a utilização da iluminação artificial durante todo o período de trabalho. Então considerou-se esta condição para o cálculo da demanda energética do sistema de iluminação, consumindo num período de 08 horas de trabalho um total de 1,5KW ou 125,3A. Vale ressaltar que esse é o consumo máximo do sistema de iluminação, quando todos os equipamentos forem ligados.

#### 5.1.1.5 Demanda Energética Total e Quantitativo de Baterias

O banco de baterias deverá suportar por um período de trabalho (08 horas) a demanda energética necessária para alimentar o sistema de refrigeração e os demais equipamentos eletroeletrônicos presentes no *food truck*.

Os fatores preponderantes que restringem o dimensionamento do banco de baterias é o custo financeiro e o peso das baterias, sendo estes praticamente inversamente proporcionais, pois quanto menor o peso das baterias maior o seu preço praticado no mercado. Outro fator importante é o modelo de escolha e a qualidade do seu material, que influencia a capacidade de carga e descarga e vida útil da bateria.

Para analisar o melhor custo benefício em escolha dos modelos da bateria, foi escolhido a marca de baterias estacionárias FREEDOM. A marca foi escolhida devido sua ampla distribuição no mercado, acesso à ficha técnicas, preços competitivos e ampla linha de modelos. O modelo estacionário permite que a descarga da bateria seja mais profunda e mantendo uma vida útil da bateria prolongada, conforme ilustra a Figura 5.9.

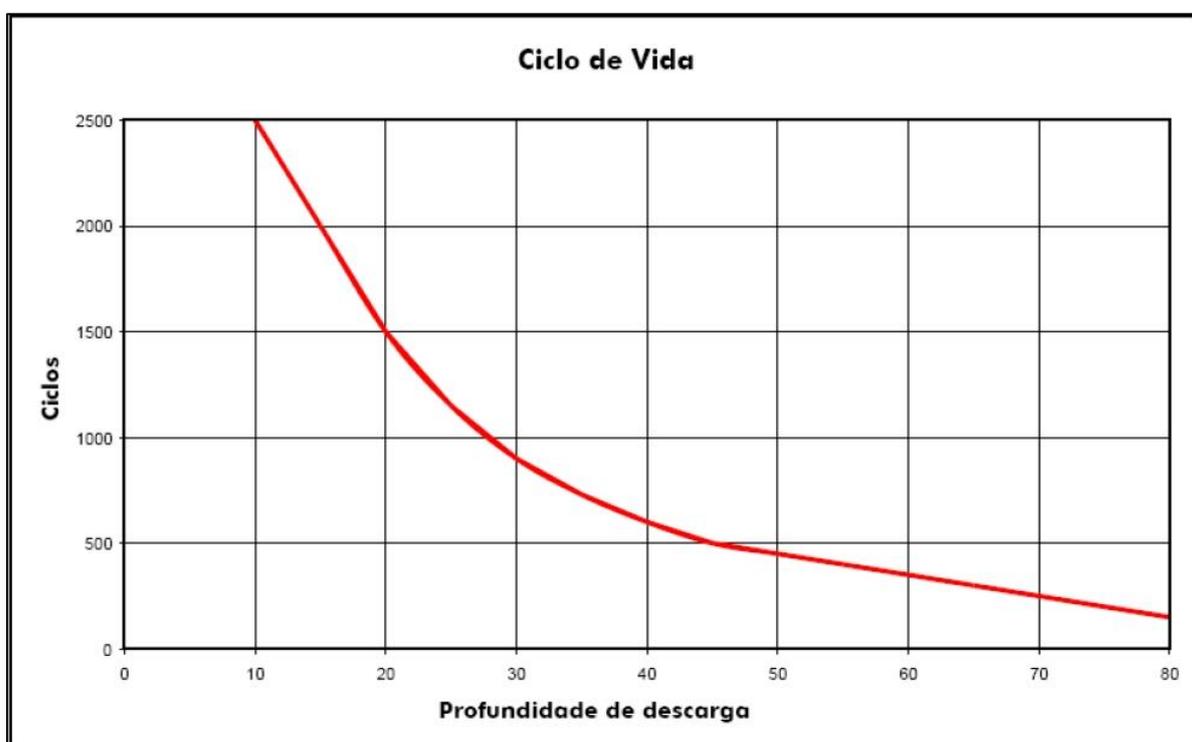


Figura 5.9 - Ciclos de recarga por profundidade de descarga da bateria Freedom (JOHNSON CONTROLS - Divisão de Baterias).

Com o levantamento de preço, modelos e características das baterias, foi selecionado o modelo Freedom DF2000, com melhor opção de peso e custo. O modelo DF2000 possui peso de 27,1Kg e capacidade de 115Ah, entretanto, para descarga em um período de 10h sua capacidade é reduzida para 94Ah. A demanda energética projetada foi estimada para ser suprida por um banco de baterias composta

de 8 unidades, suprimindo a alimentação do sistema de refrigeração, de iluminação e consumo de eletroeletrônicos disponíveis no *food truck*.

Tabela 5.1 - Comparativo de baterias.

Modelo	DF4001	DF2500	DF2000	DF1500	DF1000
Capacidade (Ah)*	200	130	94	76	54
Comprimento (mm)	530	511	330	330	244
Largura (mm)	280	213	172	172	175
Altura (mm)	246	230	240	240	175
Peso (Kg)	60,3	44,6	27,1	23,9	14,7
Peso Total (Kg)	241,20	267,60	216,80	215,10	191,10
Preço (R\$)	1.190,00	1.009,00	648,00	569,00	409,00
Preço Final (R\$)	3.917,08	5.109,68	4.538,30	4.928,84	4.986,27
Quantidade de Baterias	4	6	8	9	13

\* A carga total foi calculada em relação a capacidade da bateria com descarga em 10h.

Desta forma são listados na Tabela 5.2 os equipamentos e suas respectivas potências.

Tabela 5.2 - Equipamentos e potência.

Equipamento	Potência (W)
Sist. Refrigeração	4.000
Sist. Iluminação	1500
Maq. Multibebidas	2400
<b>TOTAL</b>	<b>7.900</b>
Quant. De Baterias	8
Peso (Kg)	216,80

Com a demanda de 7,9KW por dia de trabalho, são necessárias 8 baterias, o que adiciona ao veículo um peso mínimo de 216,80Kg. Essa proposta seria inviável, uma vez que esse peso somado ao sistema de refrigeração já instalado (140Kg), a carga diária de produtos (40Kg), peso dos equipamentos eletroeletrônicos (64Kg) e o peso de um funcionário (80Kg) superam o limite máximo de carga do veículo de 350Kg, além da falta de potência do motor do triciclo já observada.

Desta forma, uma possibilidade é reduzir o número de baterias e adicionar um sistema de recarga por meio de alternadores veiculares, permitindo que durante o trajeto de um local a outro, ou com o funcionamento do motor do triciclo permita a recarga do banco de baterias.

### 5.1.2 Proposta 1-Instalação do Alternador Acoplado ao Motor do Veículo

Visando a instalação de um banco de baterias para alimentação do sistema de refrigeração e demais consumos elétricos utilizados pelo *food truck* foi desenhada uma adaptação mecânica onde será aproveitada a energia cinética gerada pelo motor do veículo convertendo-a por meio de um alternador em energia elétrica, recarregando assim o banco de baterias.

Nesta opção o eixo do virabrequim do motor será substituído por um com eixo mais alongado e em seu final de curso, fixado uma polia, que, através de correias, será acoplada ao alternador veicular, fazendo a transmissão de potência do motor ao alternador, convertendo essa potência em energia elétrica e posteriormente realizar a recarga do banco de baterias.

Esta opção exige que seja realizada a usinagem de um novo eixo e dimensionado de forma que atenda a demanda de torque para acionamento do alternador sem comprometer o funcionamento do motor. Desta forma quando o motor estiver ligado, acionará o alternador, recarregando as baterias. Isto permite o aproveitamento da energia dispensada pelo motor enquanto o veículo está em deslocamento ou parado.

Nesta adaptação, sempre que o motor estiver ligado, acionará o alternador realizando a recarga das baterias, podendo estar o veículo em movimento ou parado, uma vez que o veículo possui a marcha “neutro”.

A recarga do banco de baterias durante o período de trabalho do *food truck* proporciona a redução da profundidade de descarga das baterias, prolongando a vida útil do equipamento. Ocorre que quanto maior a profundidade de descarga das baterias, menor a quantidade de ciclos de recarga que ela irá suportar e manter suas propriedades físicas e químicas, afetando sua duração e propriedades elétricas.

Devem ser avaliadas as análises modais e estruturais do novo eixo e o dimensionamento de correia a ser instalada. É necessária uma verificação em relação à distância entre o eixo das polias acopladas ao motor e ao alternador, uma vez que já existem correias dimensionadas para modelos de alternadores e em caso de mudanças nesta distância, deve-se recalcular a correia e solicitar sob encomenda. Desta forma, mantendo a distância original do projeto, ou adaptando dispositivos como tensionadores de correia e verificando os parâmetros de instalação da correia é

mantido a utilização da correia original, facilitando as manutenções preventivas e corretivas do sistema.

Segundo (BRADFIELD, 2008), a eficiência de um alternador é de 55%. Em cálculo estimando a potência do motor consumida para o acionamento do alternador e não considerando outras perdas, um alternador de 40A com tensão de 12V, produz 480W ou 0,65cv, consumindo assim 1,18cv do motor. O mesmo cálculo para um alternador de 120A, produz 1.440W ou 1,96cv, consumindo 2,17cv do motor.

Esta proposta, entretanto, apresentou-se inviável ao veículo utilizado, uma vez que o motor do triciclo possui 12,5cv e a instalação do alternador exigiria parte desta potência para seu funcionamento. Devido ao veículo já apresentar certo esforço em seu deslocamento em carga mínima e o projeto para *food truck* não compreender redução de peso em estrutura e nem em carga, esta adaptação sobrecarregaria ainda mais o motor do veículo, trabalhando assim em regime de potência máxima e em altas rotações, gerando desgaste excessivo do motor e seus componentes com constantes manutenções.

Esta proposta torna-se viável e interessante ao projeto caso seja utilizado um veículo com maior potência de motorização, uma vez que o tempo de deslocamento do veículo de um local a outro, permite uma recarga efetiva e econômica, além de ser uma solução eficaz de alimentação elétrica onde não se encontra rede elétrica disponível.

Em contato com uma unidade da Motocar, foi informado que futuramente serão lançados modelos com motorização mais potente e com melhor sistema de arrefecimento. Desta forma esta proposta pode ser executada futuramente, caso o modelo atenda aos requisitos de projeto.

### **5.1.3 Proposta 2 – Instalação do Alternador Acoplado ao Eixo Cardã do Veículo**

Nesta opção, propõe-se a fixação de uma engrenagem no eixo cardã do veículo permitindo o acoplamento em um alternador. Desta forma, sempre que o veículo estiver em movimento, também estará girando o eixo cardã e conseqüentemente o alternador, fornecendo energia elétrica para a recarga do banco de baterias.

Esta opção, apesar de eficiente e simples instalação, não oferece a possibilidade de recarga das baterias quando o veículo não estiver em movimento.

Esta proposta, igualmente a anterior, mostrou-se inviável devido à baixa potência do motor do veículo, influenciando de forma significativa em seu regime de trabalho e por consequência em sua durabilidade. De mesmo modo, em um motor de maior potência esta proposta torna-se viável e de simples implementação.

#### **5.1.4 Problema Encontrados com o Inversor de Frequência**

Para a substituição do gerador à gasolina foi proposta a instalação de um inversor de frequências de onda senoidal pura alimentado por um banco de baterias. Uma das dificuldades apresentadas na substituição do gerador pelo inversor foi encontrar um inversor de onda senoidal pura e de potência suficiente para acionar o compressor do refrigerador.

Os compressores exigem uma corrente de partida muito maior do que sua corrente nominal, sendo em média de 03 a 07 vezes superior. Em medições realizadas em seu acionamento, verificou-se que a corrente exigida em rede elétrica convencional foi em média de 7,30 A, observando em alguns momentos corrente de 13,78 A, ou seja 5,5 vezes maior que a nominal.

Ao se dar a partida do equipamento em rede elétrica, com tensão de 220V, a corrente de pico foi medida em torno de 7,28A, caindo para 3,5A/3,3A (3,0A após os primeiros minutos) e decrescendo até 2,6A na primeira hora de funcionamento do motor. Foi realizado o teste de consumo dos outros equipamentos do refrigerador sem o acionamento do motor, o que deu um pico de 0,55A, caindo para 0,3A nos primeiros minutos.

Nas medições foi computado um pico de 13,78A uma única vez, não sendo visto este valor nas demais medições, sendo o mais comum o de 7,2A. Esses valores foram medidos por não mais do que 1 segundo.



Figura 5.10 - Medições realizadas da corrente de partida do refrigerador com Multímetro Digital ET-2510 Minipa - ET-2510 - Interface RS-232.

Com essa corrente de partida a potência exigida é em torno de 1,6 KW à 2,8 KW, tornando o valor do equipamento ainda mais elevado, sendo encontrado modelos por faixa de R\$ 2.700,00 (2 KW) à R\$ 5.400,00 (3 KW). Vale ressaltar que os inversores com menores preços encontrados, são de importação internacional e não foi conseguido a cotação real de frete e tarifa de imposto quando em contato com os fornecedores.

O inversor de frequências de onda senoidal pura, não foi encontrado para aquisição em Brasília ou cidades próximas. Em contato com lojas e técnicos em eletrônica, este equipamento não é muito difundido, dificultando assim sua aquisição e possíveis manutenções ou consertos em caso de defeito.



Figura 5.11 - Powerdam

Um equipamento encontrado para a adaptação, substituindo o inversor de frequências foi o Powerdam, um No-Break, de empresa brasiliense, com preço estimado em R\$ 3.450,00 para o modelo de 2 KW de potência. Seu funcionamento

equivale ao inversor, com algumas vantagens, como seu painel de leitura por led's e de já possuir o sistema de recarga das baterias quando conectado à rede elétrica, papel que é desempenhado no projeto pela fonte automotiva, agregando dessa forma preço ao equipamento e uma maior viabilidade do equipamento ao projeto, uma vez que existe a mão de obra especializada do equipamento na cidade.

Em um teste realizado com o Powerdam de 1 KW (equipamento disponibilizado pela empresa) e potência de pico de 2 KW, o equipamento apresentou sobrecarga, não ligando o equipamento de imediato, conseguindo dar a partida num segundo momento, aproximadamente 10 minutos depois. Desta forma foi confirmado a necessidade real de um equipamento de maior potência, já que a repetição desta sobrecarga afeta a vida útil dos equipamentos, além do superaquecimento do Powerdam.

Pela dificuldade em obter o inversor de frequências de onda senoidal pura, seu alto custo e não encontrar pontos de manutenções, o Powerdam se mostrou um equipamento de melhor vantagem ao projeto. Uma de suas desvantagens, assim como em maioria dos inversores, ele não pode ser instalado em locais com umidade elevada, devendo ter seu habitáculo de instalação mecanismos que não permita a entrada de água e barreiras de evitar intempéries cujo o veículo é exposto, como neblinas e vapores de água e chuva.

Mesmo com a possibilidade de instalação do Powerdam, foi levado em consideração o redimensionamento do volume do refrigerador em um volume de demanda diária e que conseqüentemente exigisse um compressor de menor potência para sua alimentação.

#### **5.1.5 Análise das propostas**

A primeira proposta de conversão do triciclo em um food truck contempla a utilização do sistema de refrigeração já instalados no veículo. Propõe-se também a substituição do gerador como fonte de alimentação por um banco de baterias.

O sistema de refrigeração e os demais componentes eletroeletrônicos possuem alimentação de 220V em corrente alternada, sendo necessária a utilização de um conversor de frequência para transformar a corrente contínua e a tensão de 12V fornecida pelo banco de baterias.

Visto a demanda energética do sistema de refrigeração atual do triciclo, constatou-se que seriam necessárias 8 baterias. Porém, seriam adicionados 216,8Kg à estrutura só de baterias. Isto torna inviável a utilização desta quantidade pois, adicionado o peso da infraestrutura necessária (541Kg), o peso ultrapassa a carga máxima do veículo (350Kg).

Uma solução seria reduzir a quantidade de baterias e instalar um sistema de recarga que possa ser utilizando no período de trabalho. Duas propostas de acoplamento de um alternador no triciclo foram estudadas, porém, a baixa potência do motor inviabiliza sua implementação. Outro problema encontrado foi a dificuldade em se adquirir e realizar manutenção nos inversores de frequência de onda senoidal pura.

Constatou-se que o volume da câmara de refrigeração está superdimensionado para a utilização do veículo como um *food truck*, em que o veículo atual possui 570 litros e foi estimado um uso de 95 litros do refrigerador. Como esse sistema demanda maior parte de energia, foi avaliada a necessidade de redimensionar o sistema de refrigeração.

## 5.2 REDIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

O sistema de refrigeração demonstra-se superdimensionado para atender a demanda deste modelo de *food truck*, além de demandar a maior parte de energia elétrica. Redimensionando o refrigerador para um volume diário de trabalho, encontrou-se um valor entre 60 e 95 litros, comportando uma quantidade de pães e biscoitos de queijo e bebidas.

Buscou-se outras soluções de refrigeração para o veículo, onde foram identificados freezers automotivos e refrigeradores com acionamento em tensão de 12V, mostrando um melhor custo benefício e simplicidade ao projeto.

Dentro da faixa de volume estimado foi selecionado um refrigerador da JUNGES Refrigeração de 100 litros, com capacidade de refrigeração de até -20°C, com potência de 96W, sob tensão de 12V.

Com este modelo de refrigerador, sua instalação móvel pode ser modificada conforme a necessidade deste projeto ou adaptações futuras, diferentemente do refrigerador fixo atual. Outra vantagem apresentada é sua tampa de abertura é horizontal, evitando a perda de ar refrigerado em sua abertura, como ocorre no modelo atual.



Figura 5.12 - Refrigerador de 100L CC e 12V

Uma desvantagem do refrigerador escolhido é seu custo elevado comparado ao modelo de funcionamento na rede elétrica de 110/220V (praticamente o dobro do valor). Entretanto, a tensão necessária para alimentá-lo é equivalente à tensão das baterias automotivas, permitindo uma ligação direta, dispensando a utilização do inversor de frequências para alimentação do sistema de refrigeração, que apresentou modelos com custos equivalentes e até mais elevados.

Desta forma, obtemos uma solução eficiente e eficaz para o sistema de refrigeração, pois, mantém-se o volume de trabalho já utilizado, reduz-se o consumo de energia e elimina-se o inversor de frequência de onda senoidal pura, que exige um modelo de difícil aquisição, custo elevado e de potência muito superior à potência nominal necessária à alimentação do refrigerador devido à corrente de partida do mesmo (o que eleva o custo do equipamento de forma significativa).

Outra vantagem em se utilizar o refrigerador 12V é que, caso desejado, é possível isolar o sistema de refrigeração quanto ao seu consumo de energia e a

distribuição de peso no veículo, possibilitando um melhor dimensionamento e escolha da bateria e sua instalação no *food truck*.

### 5.3 MODELO COM FREZER 100 LITROS

Com a escolha do refrigerador de volume de 100 litros da JUNGES, redimensionou-se o banco de baterias. Considerou-se a nova demanda energética do refrigerador e a mesma demanda da máquina multibebidas e do sistema de iluminação.

Como o refrigerador é alimentado diretamente pelo banco de baterias não é necessário utilizar um inversor de frequência de onda senoidal pura. No entanto, ainda é necessário o uso de um inversor de frequência para os equipamentos eletroeletrônicos com tensão de alimentação de 110/220V. Para tanto, será instalado um inversor de onda senoidal modificada de 3KW de potência junto ao banco de baterias.

Diferente do inversor de onda senoidal pura, o de onda senoidal modificada possui amplo acesso para aquisição em lojas físicas e internet em todo o Brasil (encontrado até mesmo em supermercados), assim como assistência técnica especializada. Além da facilidade em aquisição, o valor do equipamento com onda senoidal modificada é muito inferior ao de onda senoidal pura, variando de R\$ 1.300,00 (2KW) à R\$ 1.900,00 (3KW).

#### 5.3.1 Equipamentos e Demanda Energética

Serão mantidos o sistema de iluminação, a máquina multibebidas e o forno a gás do modelo anterior, substituindo-se somente o refrigerador.

O refrigerador possui potência de 96W, sob tensão de 12V. Portanto, no tempo de trabalho de 8h serão consumidos 768Wh, o que corresponde cerca de 20% da demanda energética do sistema de refrigeração anterior.

Tabela 5.3 - Equipamentos e potência.

Equipamento	Potência (W)
Sist. Refrigeração	768
Sist. Iluminação	1500
Maq. Multibebidas	2400
<b>TOTAL</b>	<b>4668</b>
Quant. De Baterias	4
Peso (Kg)	108,4

Existe a opção de isolar o novo refrigerador. O conjunto refrigerador (32Kg) e bateria (27,1Kg) pesa aproximadamente 60 Kg e é suficiente para um período de trabalho de 08 horas, com profundidade de descarga de 50% da bateria.

#### 5.4 SISTEMA DE ENERGIA SOLAR

Com a procura de um modelo baseado no desenvolvimento sustentável devido a preocupações quando ao futuro do planeta e de seus habitantes, existe um interesse crescente por formas de energia limpa e renovável. Como alternativa para recarga do banco de baterias pode-se utilizar a energia solar por meio de sua conversão por células fotovoltaicas em energia elétrica.

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão da radiação solar em eletricidade por intermédio de materiais semicondutores, efeito conhecido como Efeito Fotovoltaico. Sem produzir ruídos ou qualquer tipo de poluição ou resíduos, utilizando energia limpa e não escassa fornecida pelo Sol, podendo ser armazenada em baterias para uso posterior.

O sistema de energia solar é composto por painéis solares, o controlador de carga solar PWM e a bateria para armazenamento da energia convertida.

Para o projeto, os fatores limitantes de escolha da capacidade de conversão de energia se dão ao custo financeiro e ao espaço físico disponível para a instalação no triciclo, visto que a quantidade de energia convertida pelo sistema é proporcional à quantidade de painéis solares instalados.

O espaço destinado à instalação do painel solar foi o teto do *food truck*, com dimensões de 1,70x1,20m. Uma opção para instalação de mais painéis são as tampas

laterais do veículo, porém neste trabalho não serão considerados, uma vez que o peso agregado à estrutura acarretaria em um maior esforço ao motor do veículo.



Figura 5.13 - Painel Solar Komaes 140W

Em levantamento às dimensões e potências convertidas de painéis solares disponíveis no mercado, foi escolhida a marca Komaes de 140W, capaz de produzir 500Wh/dia. O modelo possui dimensões de 1480 x 680 x 35 mm, peso de 11,6 Kg, eficiência do módulo de 13,90%, tensão máxima de 18,36V e corrente de potência máxima de 7,65A.

O controlador de carga e descarga de baterias funciona como uma central elétrica do sistema solar fotovoltaico, controlando a carga/flutuação da bateria e possui a função de corte por mínima tensão, que desliga a saída automaticamente quando a bateria está com pouca carga (11,1/22,2Vcc), religando novamente quando a bateria atinge 12,6/25,2Vcc. Essa função evita danos que podem reduzir drasticamente a vida útil da bateria.

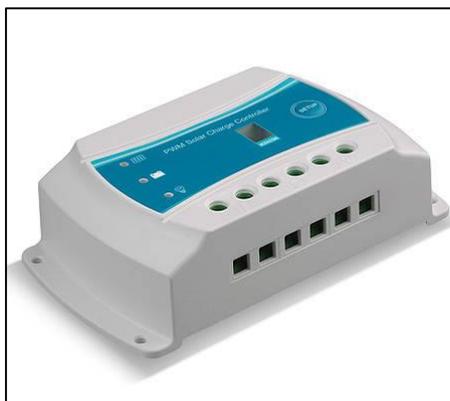


Figura 5.14 - Controlador de carga solar PWM

#### 5.4.1 Dimensionamento do Banco de Baterias com o Sistema de Recarga por Energia Solar

O consumo de energia dos equipamentos eletroeletrônicos e iluminação é estimado em 4,7KW. Visto a limitação de espaço para instalação de painéis solares, selecionou-se um modelo de 140W. Para o cálculo da potência convertida do painel é necessário considerar o índice solarimétrico ( $IS$ ) do local do projeto. Em Brasília, este índice é de 4,57KWh/m<sup>2</sup>.dia (ATOMRA, 2014).

A potência convertida é dada por:

$$P = IS \times P_p \times E_f \quad (28)$$

sendo:

$P_p$ : potência da placa

$E_f = 83\%$ : eficiência (ATOMRA, 2014).

Portanto, a placa é capaz de fornecer até 531W. As descrições das cargas estão na Tabela 5.4:

Tabela 5.4 - Consumo do banco de baterias

Equipamento	Potência (W)
Sist. Refrigeração	768
Sist. Iluminação	1500
Maq. Multibebidas	2400
Painel Solar	-531
<b>TOTAL</b>	<b>4137</b>
Quant. De Baterias	4
Peso (Kg)	108,4

Apesar de não haver redução no número de baterias, a utilização de painéis solares aumenta a sua vida útil, uma vez que a profundidade da descarga é menor.

## 6 MODELAGEM, ANÁLISE ESTRUTURAL E MODAL DO TRICICLO NO SOFTWARE CATIA V5

O software CATIA V5 foi utilizado para modelagem 3D do *food truck*, para realizar análises estruturais considerando os carregamentos pertinentes e para calcular os valores das frequências naturais através de uma análise modal do chassi. O software é usado para criação de desenhos tridimensionais com o intuito de atender as exigências de projeto, reduzindo seu tempo de execução, permitindo assim projetar, simular e analisar o produto e aumentar sua qualidade.

### 6.1 MODELO 3D

A primeira parte a ser modelada do veículo foi seu chassi, sendo posteriormente desenhado as peças e componentes do triciclo e do modelo *food truck*. A estrutura e maior parte dos componentes foram construídas na plataforma do *Part Design* e *Mechanical Design*. O chassi foi construído como peça sólida e utilizada a ferramenta *Shell* da palheta *Dress-Up Features* com o valor para “*Default inside thickness*” em 2mm, valor da parede do perfil da estrutura do chassi.

Devido a simetria do veículo, ele foi construído somente na parte lateral direita, aplicando o a ferramenta *Mirror* da palheta *Transformation Features* da palheta *Transformation Features* e escolhendo o plano ZX como simetria.

A Figura 6.1 ilustra o desenho do chassi e a Figura 6.2 as vistas do desenho do modelo do *food truck*.

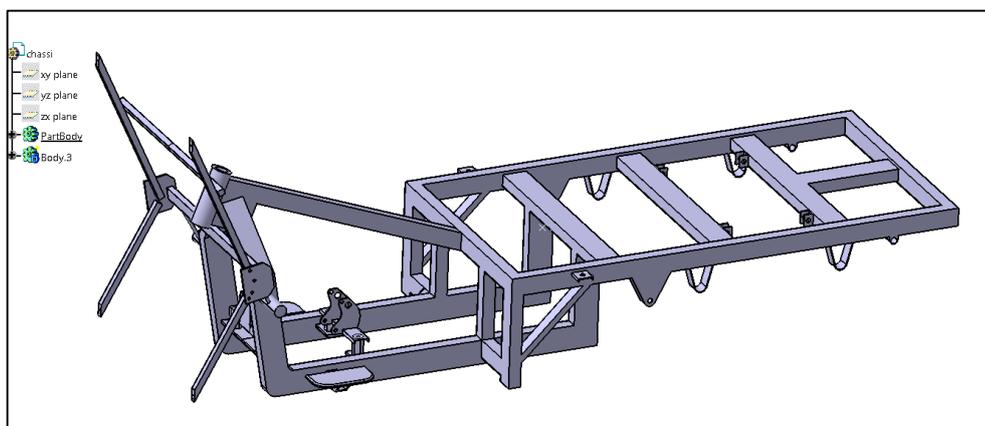


Figura 6.1 - Desenho 3D do chassi do triciclo MCF200.

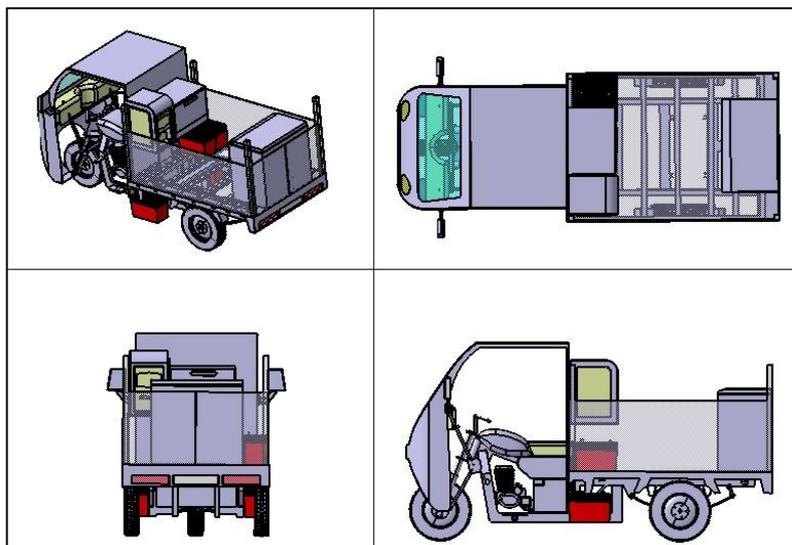


Figura 6.2 - Vistas do modelo *food truck*.

A Figura 6.3 é uma renderização do *food truck*, com aplicação dos materiais nos componentes com as portas laterais abertas e o teto elevado (configuração de trabalho).



Figura 6.3 - Modelo *food truck*.

O modelo com as portas fechadas (configuração de transporte) está representado na Figura 6.4 por uma vista em corte, mostrando o interior da cabine do piloto e o interior do compartimento de cargas (cozinha).



Figura 6.4 - Corte longitudinal do modelo *food truck*.

Na Figura 6.5 é ilustrada a vista explodida do *food truck*, detalhando as peças e componentes.

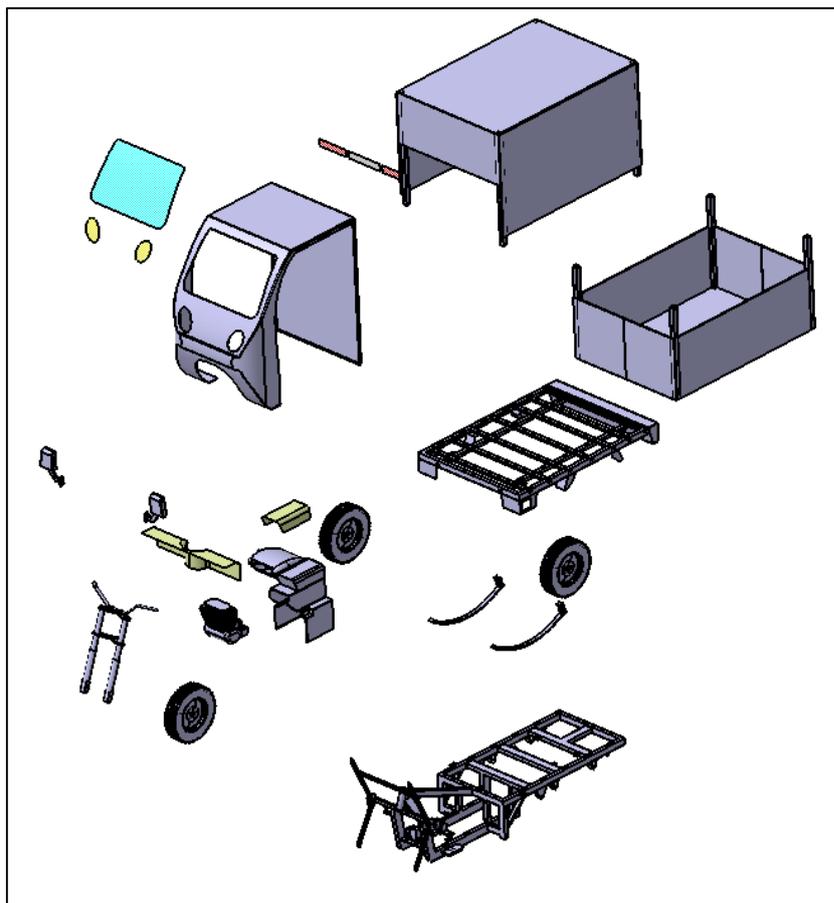


Figura 6.5 - Vista explodida do modelo food truck



Figura 6.6 - Food Truck com equipamentos

## 6.2 ANÁLISE ESTRUTURAL

O Catia V5 dispõe de um ambiente de análises via Método de Elementos Finitos (MEF) que será utilizada para verificar as tensões e deslocamentos do chassi (principal parte estrutural do triciclo), sob a ação de forças equivalentes ao peso das estruturas e componentes do *food truck*.

Para realizar a análise estrutural é necessário definir as propriedades mecânicas do material (módulo de elasticidade e poisson), aplicação das condições de contorno, aplicação dos carregamentos e geração da malha de elementos finitos.

### 6.2.1 Aplicação do Material

Neste caso, a estrutura é de aço carbono 1020. Na biblioteca do software encontra-se o material empregado na estrutura (Figura 6.7), sendo seu módulo de elasticidade (módulo de Young) de 200GPa e coeficiente de Poisson de 0,266 (Figura 6.8).

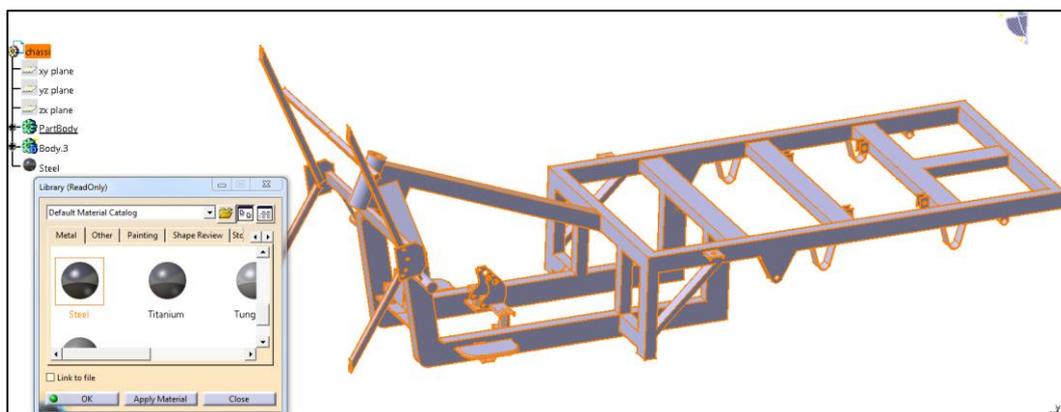


Figura 6.7 - Aplicação de material na estrutura.

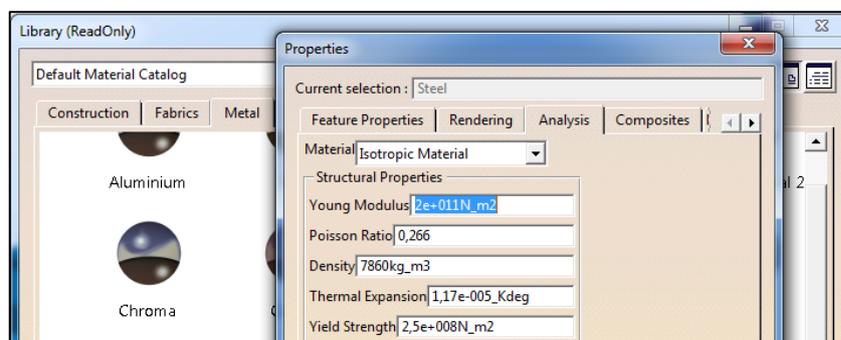


Figura 6.8 - Propriedades do material utilizada pelo software.

## 6.2.2 Plataforma *Generative Structural Analysis*

Neste ambiente é possível realizar a análise de esforços e deslocamentos da estrutura e de seus componentes por meio do MEF. Para entrar no módulo deve-se escolher o modelo numérico ao qual será analisado a estrutura, sendo análise estática ou modal (vibrações). Para o primeiro caso iremos analisar a estrutura estática, seguindo os passos:

*Start > Analysis & Simulation > Generative Structural Analysis* (Figura 6.9). Ao ativar a janela *New Analysis Case*, selecionar a opção *Static Analysis* (Figura 6.10) e clicar em “OK”.

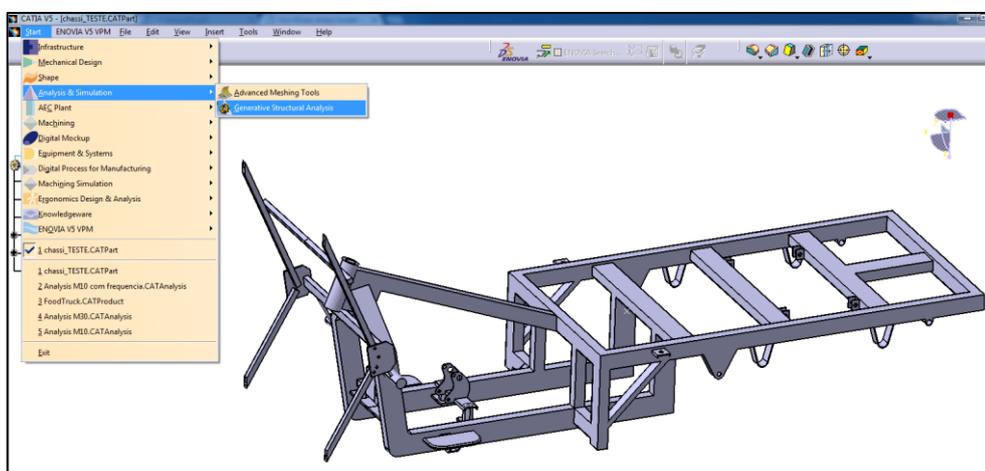


Figura 6.9 - Generative Structural Analysis



Figura 6.10 - Seleção do caso *Static Analysis*

### 6.2.3 Geração da Malha

Para definir o tamanho da malha de elementos finitos, seleciona-se na árvore de trabalho a seção *Octree Tetrahedron*, e ativa-se a janela *Octree Tetrahedrom Mesh*, onde deve-se selecionar o tamanho e tipo de elemento de malha (Figura 6.11).

Na janela são mostradas as seguintes definições:

- *Size*: define o tamanho do elemento;
- *Absolute Sag*: permite controlar o erro de aproximação entre a malha e a geometria;
- *Proportional Sag*: permite controlar a taxa entre o *Absolute Sag* e a longitude da malha local.

O tamanho do elemento utilizado na análise foi de 30mm, o *Absolute sag* definido em 2mm e o tipo de elemento *Parabolic*.

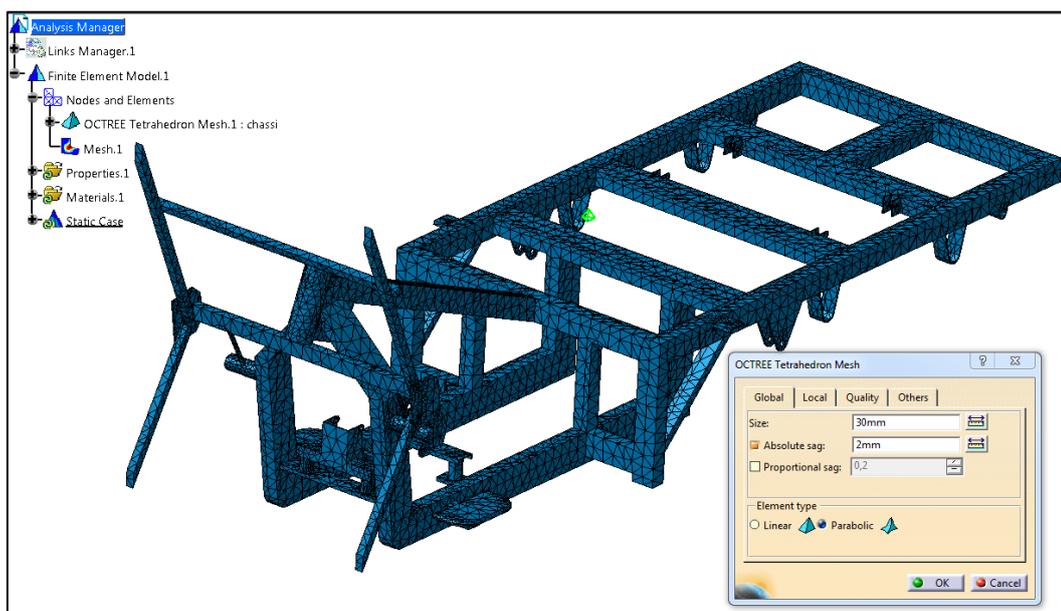


Figura 6.11 - Malha de 30mm entre nós

### 6.2.4 Condições de Contorno

A modelagem das condições de contorno devem ser a mais próxima possível da realidade para que se possa obter resultados satisfatórios.

As restrições foram aplicadas nos apoios da suspensão e amortecedores e tiveram restringidos translações e rotações, permitindo apenas a rotação no sentido axial dos parafusos de fixação dos elementos (Figura 6.12, Figura 6.13, Figura 6.14).

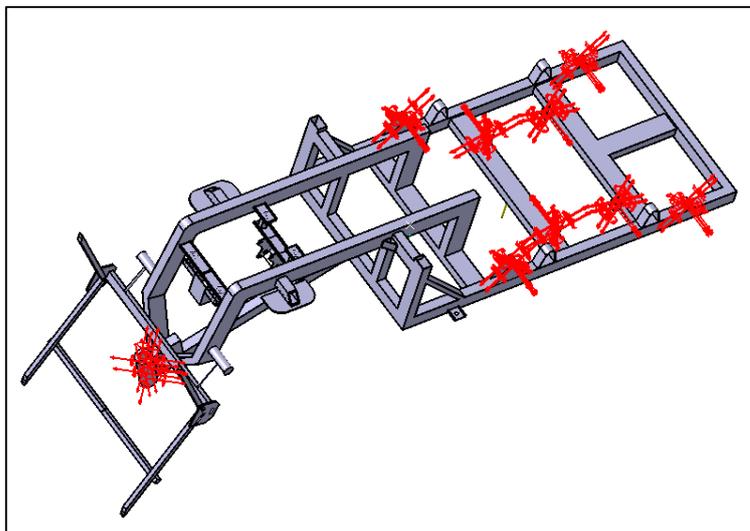


Figura 6.12 - Fixado os pontos de apoio

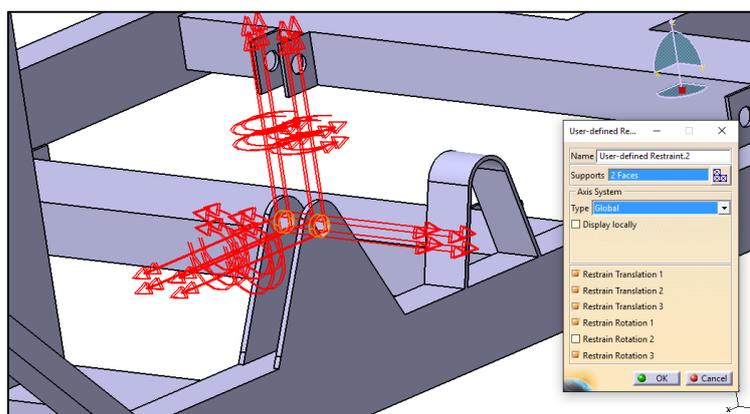


Figura 6.13 - Restrição dos apoios

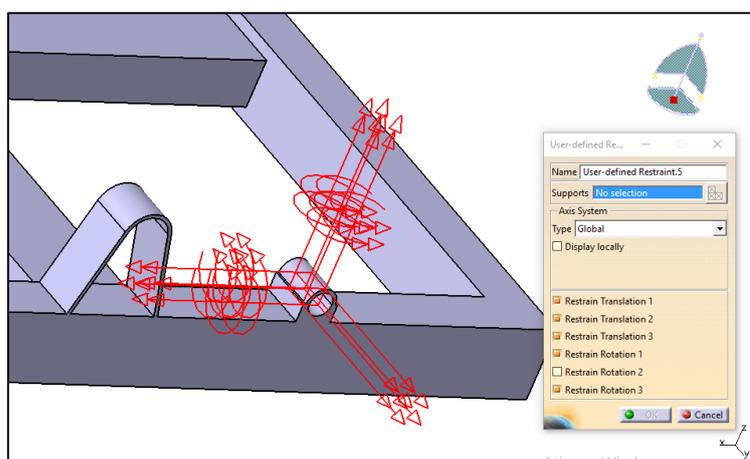


Figura 6.14 - Restrição dos apoios

### 6.2.5 Cargas Aplicadas

Para os carregamentos foram aplicadas 4 cargas distribuídas (Figura 6.15), sendo dimensionadas da seguinte forma:

- Simulando o peso do piloto e da estrutura na parte frontal (1000N);
- Simulando o peso da estrutura da parte de cargas e carregamento excedente ao máximo informado pelo manual em aproximadamente 75% (6200N);
- Simulando o peso da cabine no apoio frontal (500N);
- Simulando o peso do powertrain na fixação do motor (400N) e
- Aplicação da gravidade (Figura 6.16).

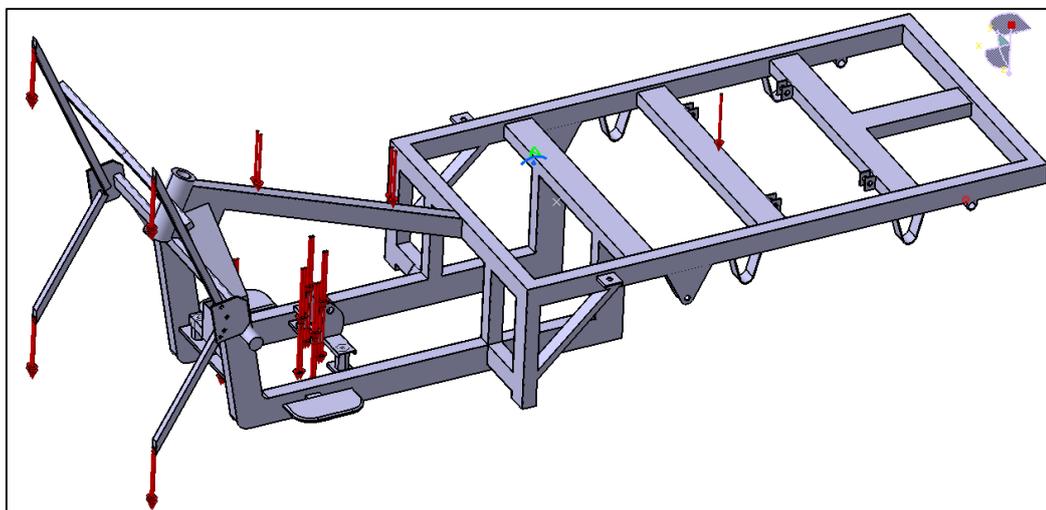


Figura 6.15 - Aplicação das cargas.

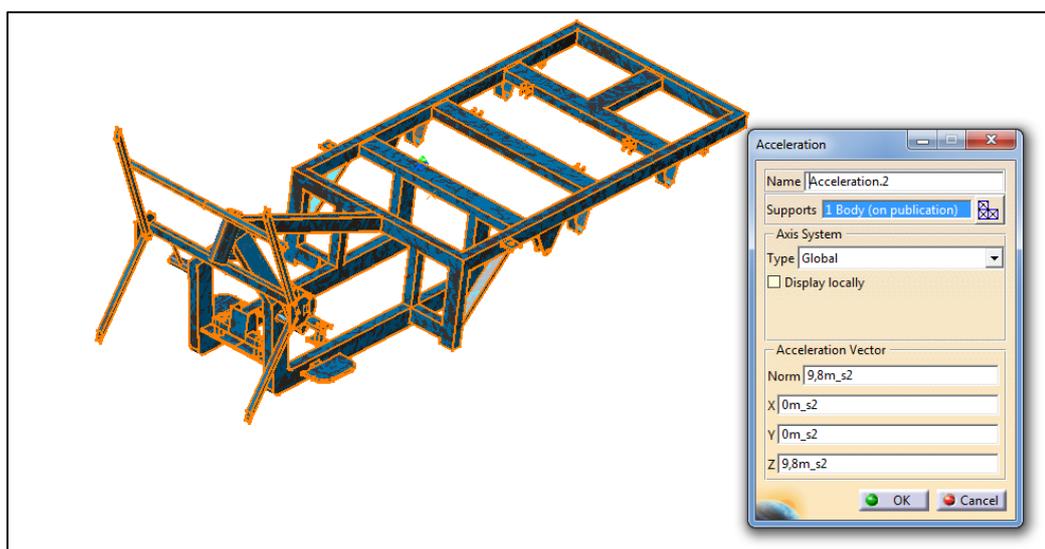


Figura 6.16 - Aplicação da gravidade

## 6.2.6 Simulação e Análise Numérica

Para realizar a simulação numérica, deve-se selecionar o ícone *Compute*, onde é apresentada uma aproximação do tempo de processamento e da memória aproximada que o programa necessita para realizar os cálculos (Figura 6.17).

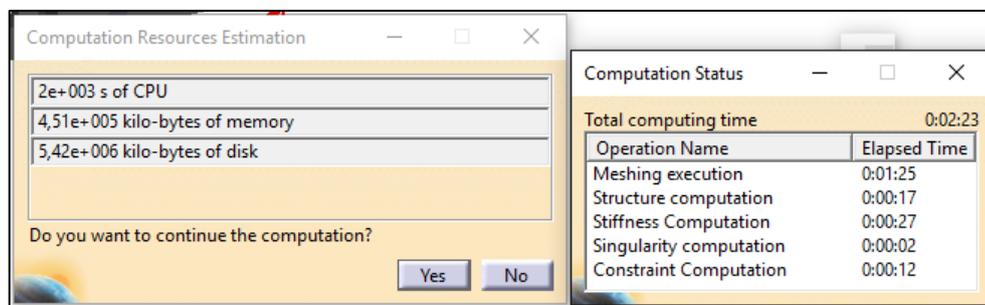


Figura 6.17 - Tempo de processamento e consumo de memória.

## 6.2.7 Resultados da Análise Estática

Na barra de Imagens, poderá ser selecionado a opção para visualização dos resultados, onde foram selecionados os esforços *Von Misses Stress* e os *deslocamentos* sofridos pela estrutura.

A primeira consideração a ser realizada na avaliação dos resultados é a análise dos valores das tensões máximas na estrutura, devendo estas serem menores que a resistência do material por uma margem suficiente para que a ocorrência de falha seja a mais próxima de zero, mesmo com todas as incertezas possíveis.

Utiliza-se o padrão do *American Institute of Steel Construction* (AISC) para os limites das propriedades mecânicas padronizadas e o seu método da tensão permissível. Sendo  $S_y$  como resistência mínima ao escoamento,  $\delta_{all}$  como tensão normal admissível e  $T_{all}$  como tensão de cisalhamento admissível, temos a relação entre as tensões admissíveis e as resistências mínimas especificadas definidas da seguinte forma (SHIGLEY, MISCHKE, & BUDYNAS, 2005):

$$\text{Tração} \quad 0,45S_y \leq \delta_{all} \leq 0,6S_y$$

$$\text{Cisalhamento} \quad T_{all} = 0,40S_y$$

$$\text{Flexão} \quad 0,60S_y \leq \delta_{all} \leq 0,75S_y$$

$$\text{Suporte} \quad \delta_{all} = 0,9S_y$$

Desta forma, podemos realizar considerações aos valores obtidos pelo software em relação ao material escolhido, que na literatura temos seus valores de resistência à tração de 380Mpa e resistência ao escoamento de 210Mpa (SHIGLEY, MISCHKE, & BUDYNAS, 2005).

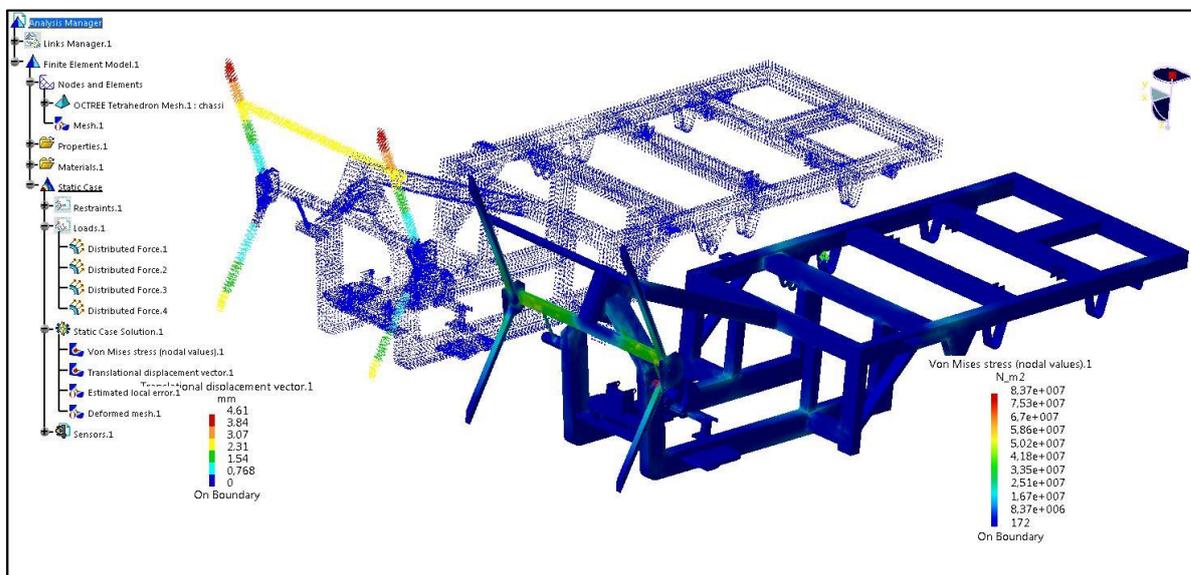


Figura 6.18 – Chassi com malha refinada em 30mm com Deslocamento de 4,61mm e Tensão de Von Mises em 83,7MPa.

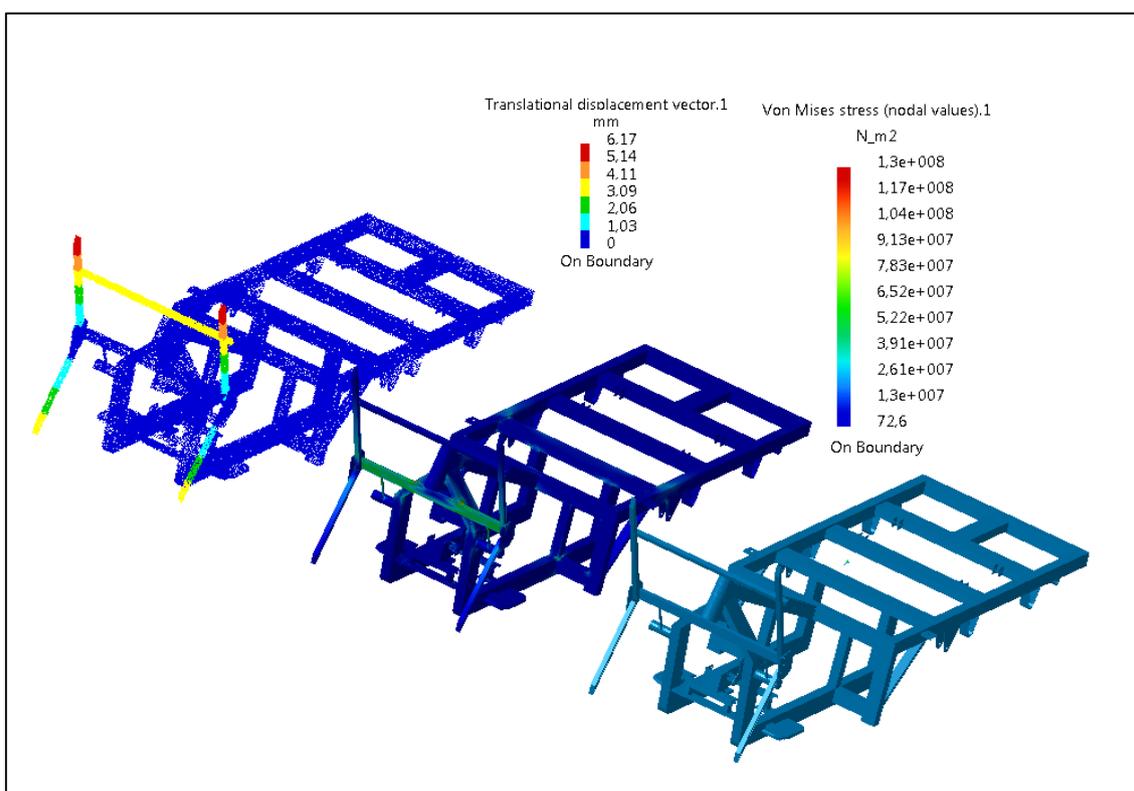


Figura 6.19 - Chassi com malha refinada em 10mm com deslocamento e tensão de Von Mises.

A malha foi escolhida após algumas iterações, onde verificada a convergência dos resultados pelo refinamento da malha, optou-se pelo tamanho de 30mm entre nós, economizando tempo computacional devido à quantidade de nós e elementos gerados. A Tabela 6.1 apresenta o comparativo entre os resultados obtidos e a quantidade de nós e elementos gerados com as malhas em 100mm, 30mm, 20mm e 10mm.

A Figura 6.20 apresenta de forma gráfica os valores de tensão e deslocamento em função do número de elementos.

Tabela 6.1 - Comparativo de refinamento das malhas

Malha (mm)	100	30	20	10
Nós	18.717	74.595	143.186	454.453
Elementos	9.195	36.976	71.398	225.701
VonMises (MPa)	87,50	83,70	79,20	130,00
Deslocamento (mm)	3,11	4,61	5,72	6,17

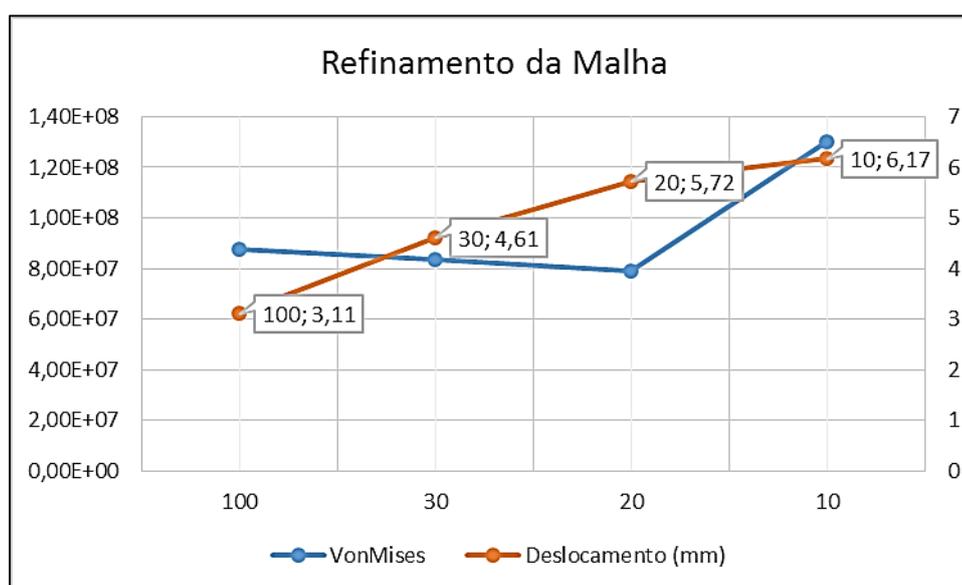


Figura 6.20 - Comparativo de tensão e deslocamento entre as malhas

Com o refinamento, observou-se na malha de 10mm, uma maior tensão absoluta no chassi, valor este que diminuía com relação ao refinamento nas malhas anteriores. Entretanto este ponto está localizado em uma parte de menor relevância no chassi do triciclo e os pontos de maior importância ao estudo mantiveram seus valores convergindo em um mesmo sentido.

Ressalta-se ainda, que a estrutura não apresentou valores de tensão elevados em pontos de maior relevância a segurança da estrutura. No âmbito da análise estrutural estática verifica-se uma estrutura rígida e dimensionada para o que se propõe, mantendo segurança ao projeto.

### 6.3 ANÁLISE DE FLEXOTORÇÃO

Ainda na análise estática foram realizados três ensaios de flexotorção no chassi do triciclo considerando diferentes configurações de aplicações de cargas e restrições.

Na primeira análise foi restringida a lateral direita e a parte frontal do veículo e aplicada uma força de 5KN na lateral esquerda (Figura 6.21). Foi verificado um deslocamento máximo de 6,02mm e tensão máxima de Von Mises de 658MPa. Conforme pode-se observar na (Figura 6.22), há tensões superiores ao limite de escoamento do material somente nas regiões onde foram posicionadas as restrições.

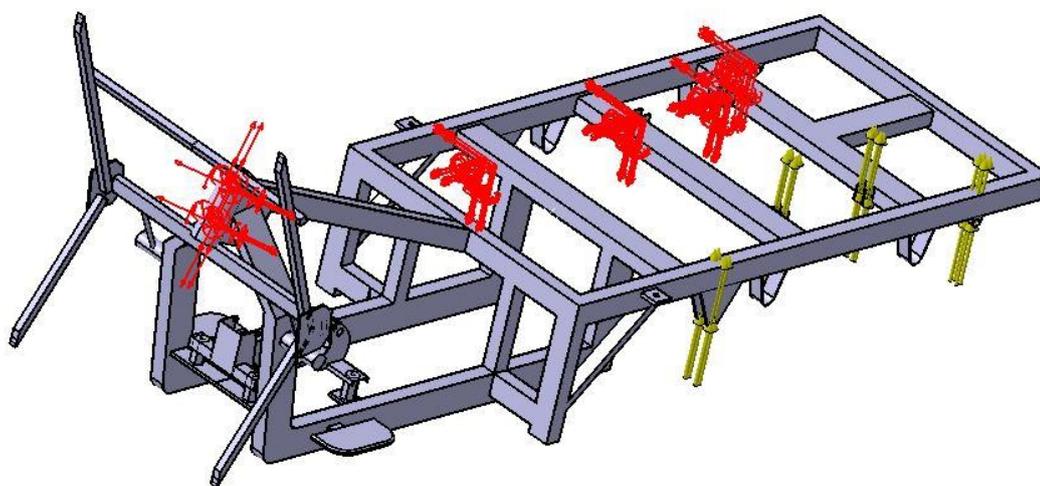


Figura 6.21 - Primeira análise de flexotorção.

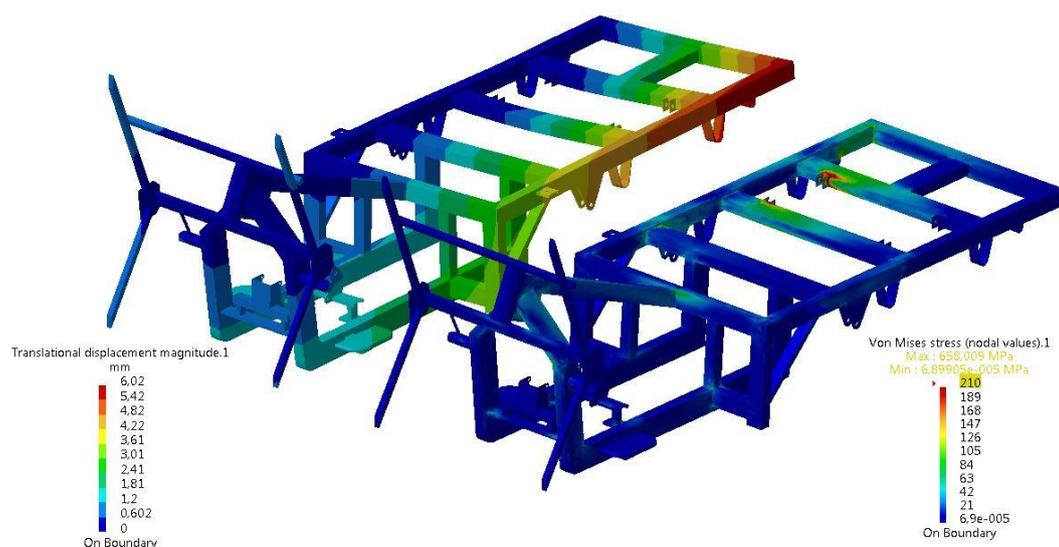


Figura 6.22 - Resultado da primeira análise de flexotorção.

Na segunda análise foi restringida a lateral esquerda e aplicada uma força de 3KN na lateral direita e uma força de 1KN na parte frontal (Figura 6.23). Foi verificado um deslocamento máximo de 22,2mm e tensão máxima de Von Mises de 613MPa. Conforme pode-se observar na Figura 6.24, as tensões superiores ao limite de escoamento do material não ficaram concentradas nas regiões onde foram posicionadas as restrições.

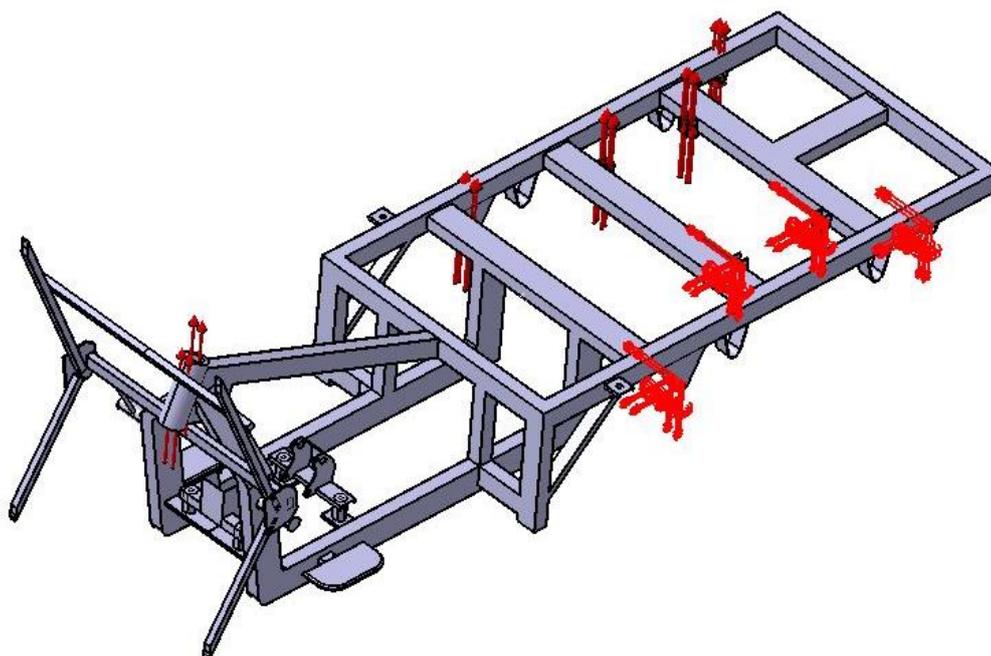


Figura 6.23 - Segunda análise de flexotorção

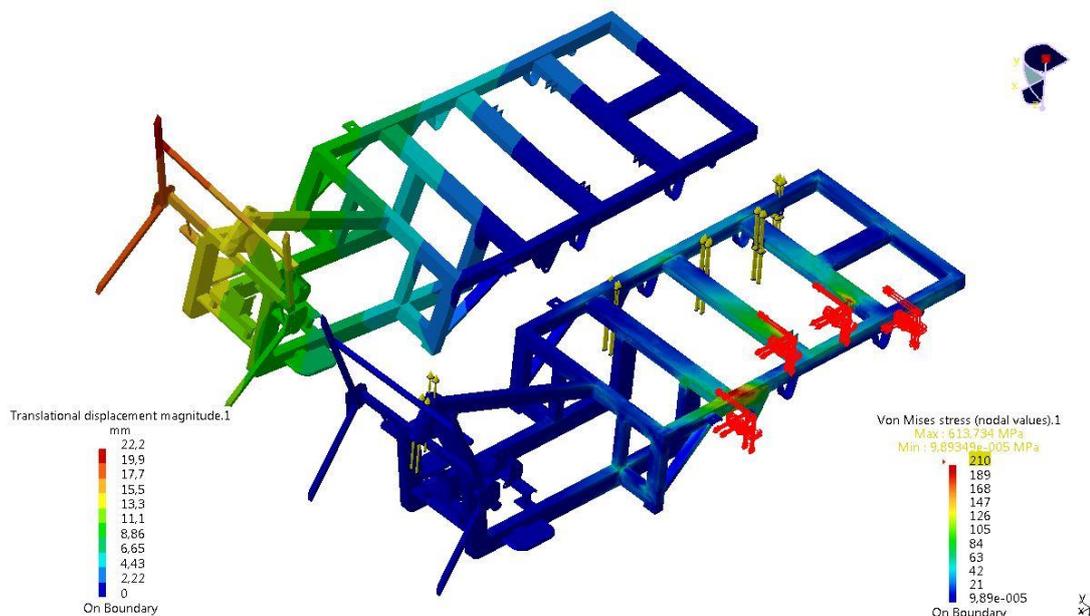


Figura 6.24 - Resultado da segunda análise de flexotorção

Uma última análise foi realizada restringindo as laterais e aplicada uma força de 3kN na parte frontal (Figura 6.25). Foi verificado um deslocamento máximo de 21,5mm e tensão máxima de Von Mises de 413MPa. Conforme pode-se observar na Figura 6.26, novamente as tensões superiores ao limite de escoamento do material não ficaram concentradas nas regiões onde foram posicionadas as restrições.

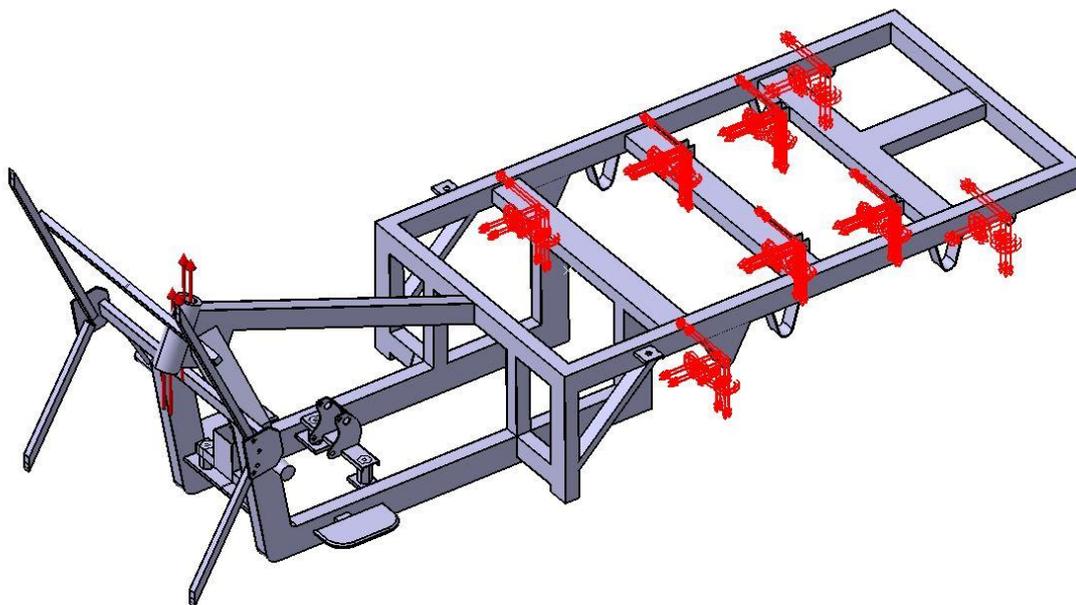


Figura 6.25 - Terceira análise de flexotorção

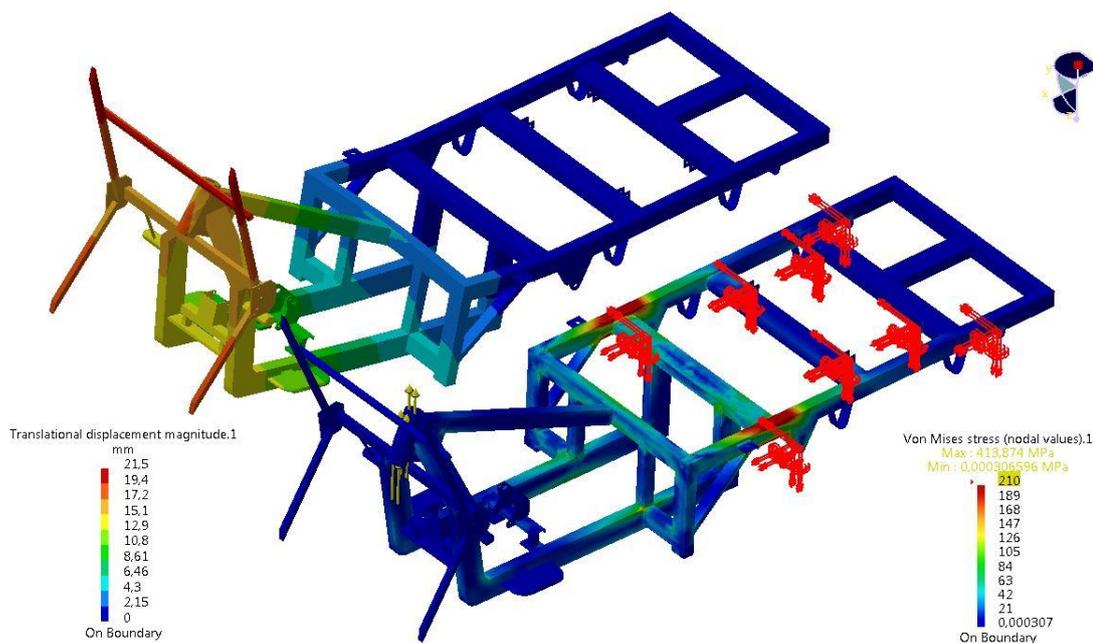


Figura 6.26 - Resultado da terceira análise de flexotorção

Os pontos em que foram encontradas maiores concentrações de tensão podem ser reforçados visando maior resistência à estrutura.

#### 6.4 ANÁLISE MODAL

Após a análise estática foi realizada a análise modal da estrutura, obtendo como resultado as frequências naturais da estrutura e seus modos de vibração (formas assumidas pela estrutura em cada uma das frequências naturais).

Conhecendo as frequências de excitação de algum carregamento atuando na estrutura é possível compará-la com as frequências obtidas pelo software, evitando assim a aplicação do carregamento e a geração de ressonância na estrutura. Caso não seja possível a eliminação do carregamento, pode-se buscar a alteração do valor da frequência natural modificando a massa da estrutura e/ou sua rigidez, ou adicionando amortecimento.

Para acessar a plataforma de análise modal do Catia V5 deve-se seguir os passos:

*Start > Analysis & Simulation > Generative Structural Analysis.* Ao ativar a janela *New Analysis Case*, selecionar a opção *Frequency Analysis* e clicar em “OK”.

#### 6.4.1 Resultados da Análise Modal

Utilizando as mesmas condições de contorno da análise estática, foram calculados os 10 primeiros modos de vibração da estrutura, o qual seguem na Figura 6.27.

Mode number	Frequency Hz	Stability
1	5.5646e+001	3.3962e-013
2	1.1062e+002	3.8852e-008
3	1.2767e+002	8.6826e-008
4	1.4438e+002	4.3017e-007
5	1.7044e+002	2.1611e-006
6	1.9501e+002	1.2118e-005
7	1.9704e+002	1.0006e-005
8	2.1806e+002	7.2329e-005
9	2.5063e+002	5.0344e-004
10	2.5219e+002	5.1287e-004

Figura 6.27 - 10 primeiros modos de vibração do chassi.

Devido ao motor do triciclo possuir um funcionamento cíclico e constante, ele torna-se um alvo do projeto para a análise modal. O seu regime de trabalho consta em marcha lenta sempre acima de 800 RPM e limitado abaixo de 8.000 RPM, desta forma operando entre 13,3Hz e 133,3Hz. Nesta faixa de operação concentramos todos os 10 modos encontrados numericamente.

As Figuras de 6.28 a 6.31 apresentam os 4 primeiros modos de vibração:

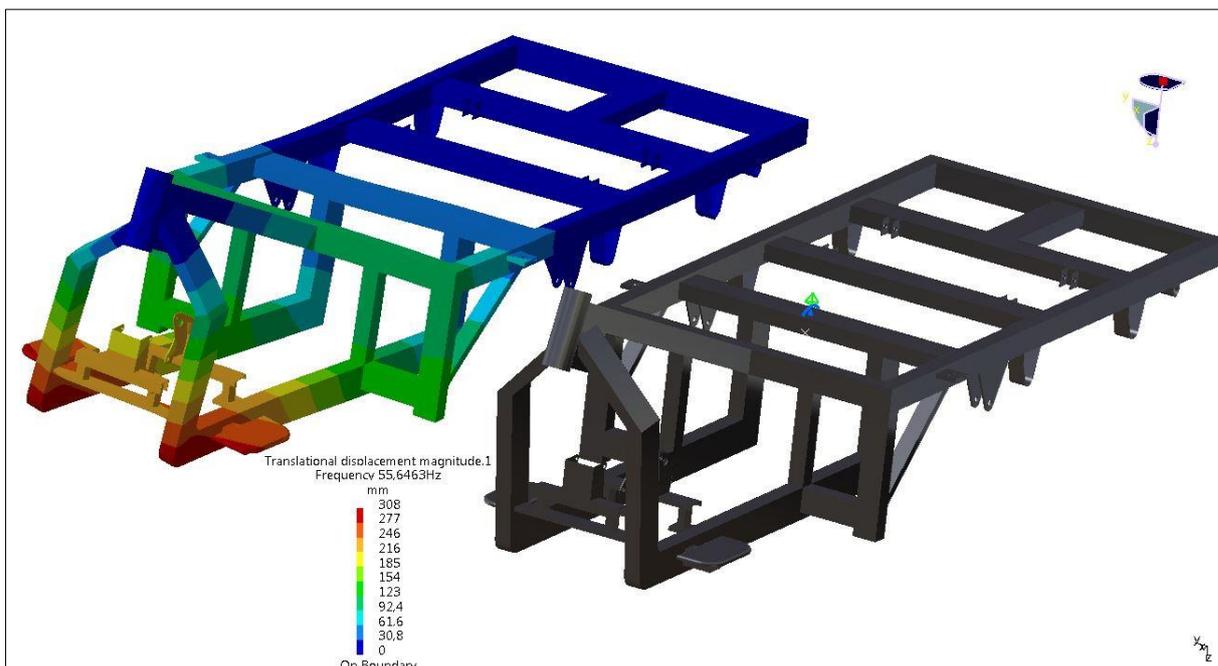


Figura 6.28 - Primeiro modo de vibração (55,64Hz)

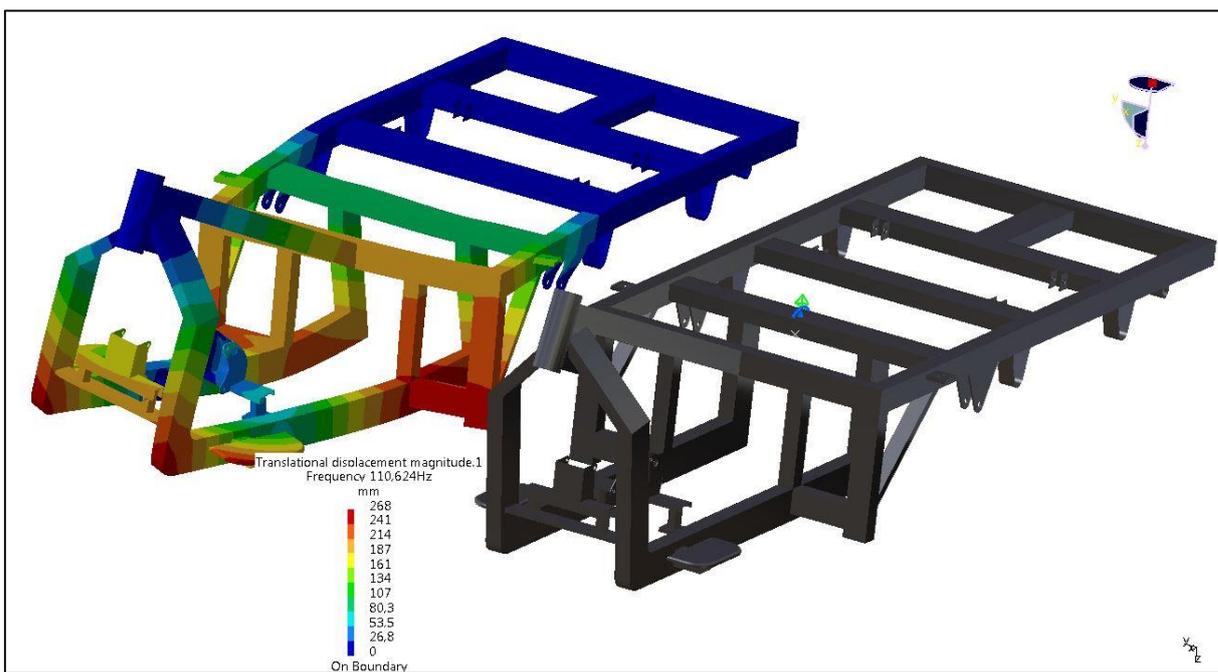


Figura 6.29 - Segundo modo de vibração (110,62Hz)

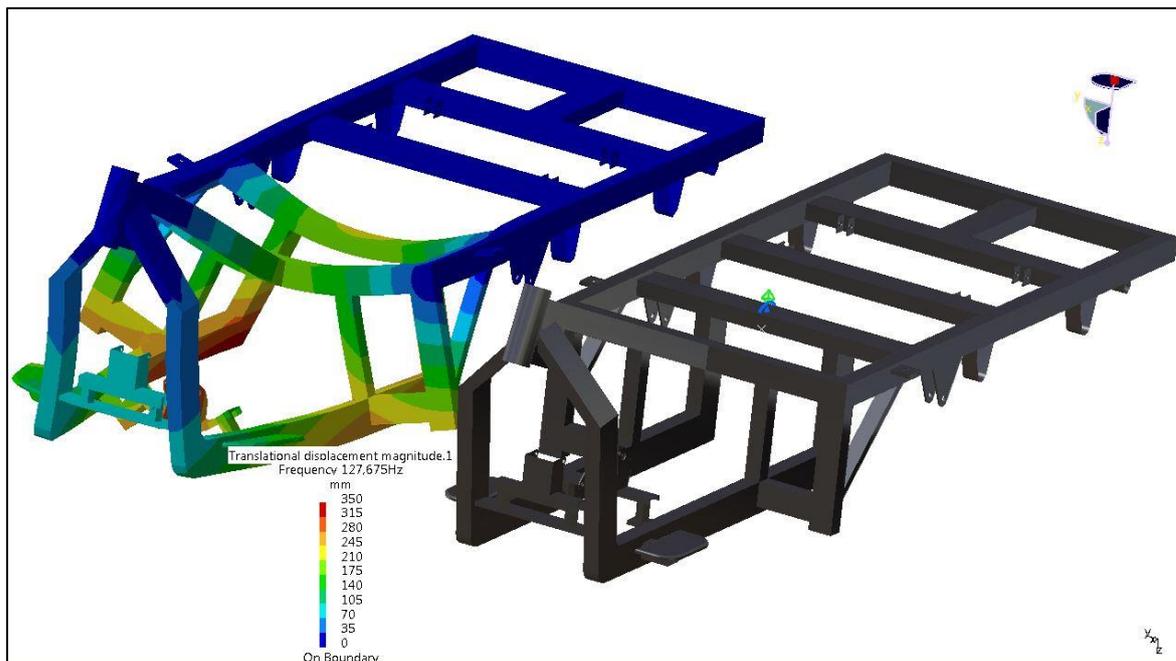


Figura 6.30 - Terceiro modo de vibração (127Hz)

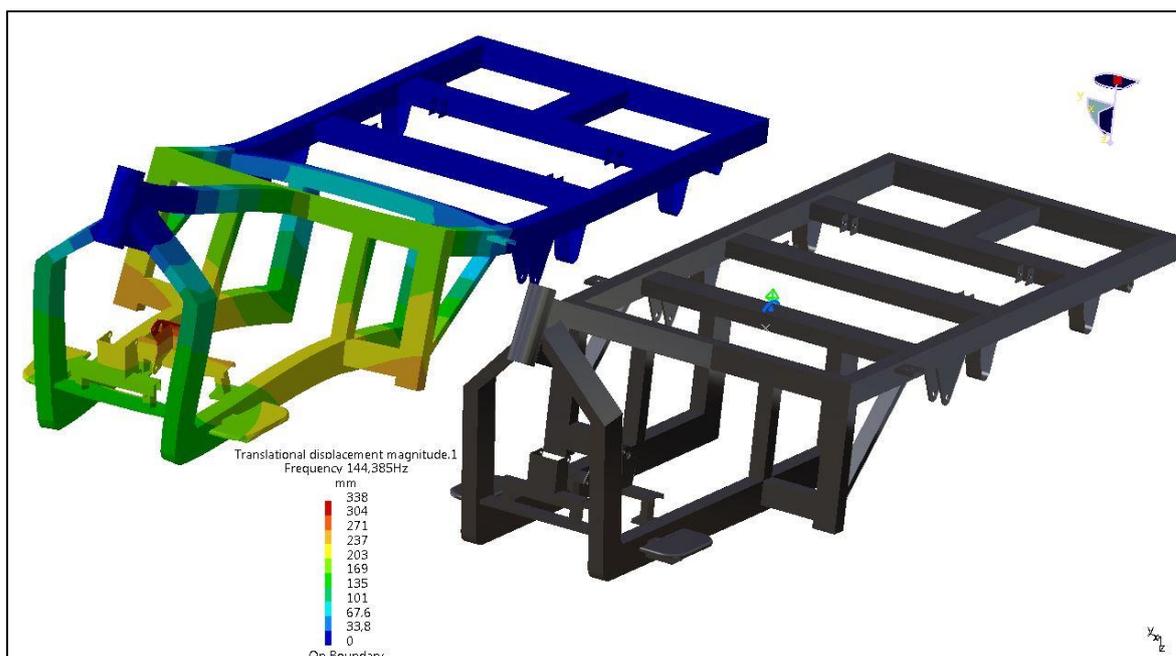


Figura 6.31 - Quarto modo de vibração (144Hz)

Os valores de deslocamentos máximos nas frequências naturais variam de 268mm à 350mm. Nota-se que a estrutura não apresenta deslocamentos significativos na sua parte traseira, sendo os maiores valores de deslocamentos observado predominantemente na parte dianteira. Os travamentos referentes à carroceria na parte frontal não foram considerados no modelo, uma vez que repassar essas condições de forma equivalente ao chassi exigiriam uma análise mais complexas nas

restrições e nas aplicações de forças. Portanto, os altos valores de deslocamento podem ter sido devido à estas condições.

## 6.5 ANÁLISE DE USABILIDADE DO FOOD TRUCK

Usabilidade é a medida pela qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com efetividade, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico (ISO 9241-11). A usabilidade ocorre quando o objeto, produto ou equipamento considera as características e necessidades do usuário, resultando em operações eficientes e satisfatórias.

Para a montagem dos equipamentos foram utilizados trilhos de aço para prateleiras (Figura 6.32) nas paredes do veículo. As prateleiras serão móveis, permitindo variar a altura e disposição dos equipamentos, caso necessário. Esta instalação também oferece melhor distribuição da carga em toda a estrutura dos trilhos, oferecendo maior rigidez para a fixação dos equipamentos.

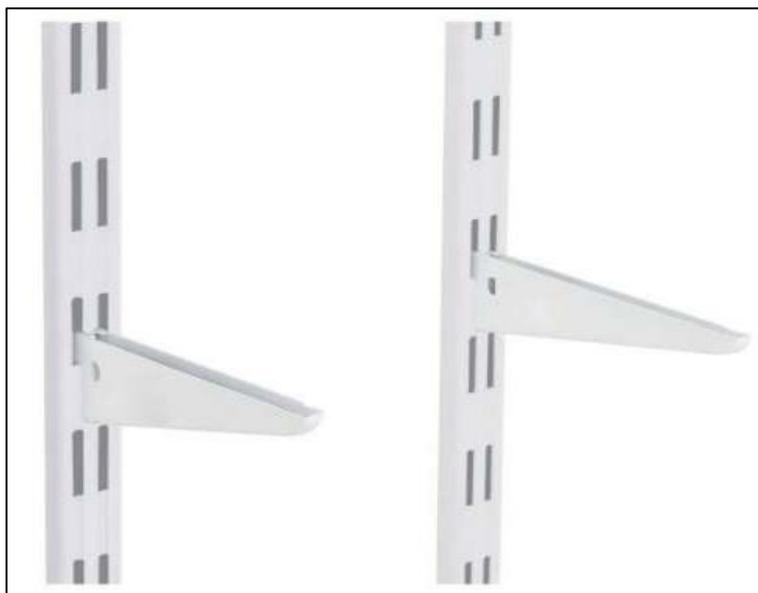


Figura 6.32 - Suporte de prateleiras

Para não permitir o movimento dos equipamentos no interior do *food truck* durante o transporte, os equipamentos serão fixados às estruturas no veículo. O suporte do botijão será fixado à parede lateral por meio de parafusos e o refrigerador será parafusado ao piso do veículo.

Será simulado um ambiente de trabalho do *food truck*, com um trabalhador em seu interior, de percentil 95, medindo 1,85m e usuários do serviço, com percentis 50, medindo 1,74m. Foi utilizado a ferramenta *Human Builder* no ambiente *Ergonomics desing & analysis*.

Nas Figura 6.33 e Figura 6.34 é possível visualizar os espaços entre o trabalhador e os equipamentos no interior do *food truck*, avaliar a disposição de trabalho e de entrega dos produtos, assim como a visualização e recebimento dos produtos pelo usuário.

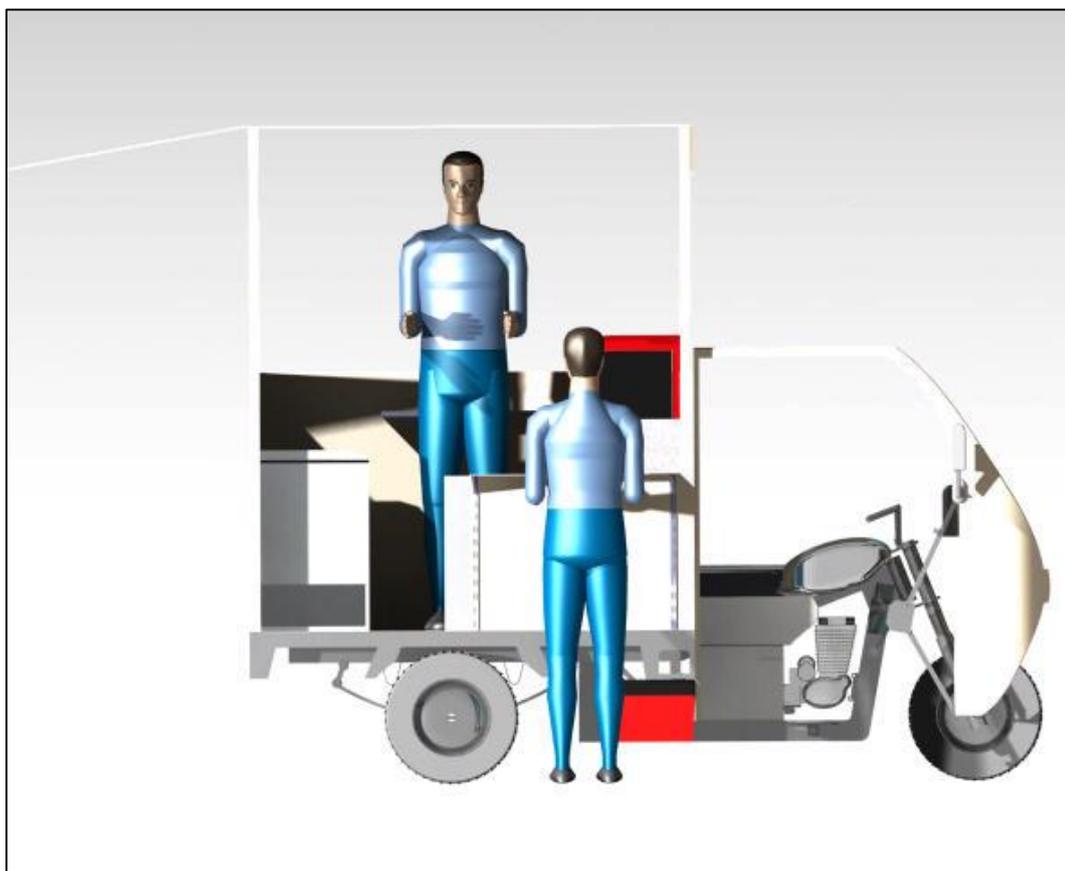


Figura 6.33 - Visão Lateral com os manequins



Figura 6.34 - Visão isométrica com os manequins

O objetivo desta análise é promover um uso seguro, confortável e efetivo do serviço desempenhado entre os equipamentos e máquinas em suas tarefas e nos ambientes interno e externo do *food truck*, alcançando uma melhor integração entre o produto e seus usuários.

## 7 DINÂMICA VEICULAR

Neste capítulo trará conceitos e cálculos referentes ao centro de gravidade do veículo estudado, mostrando como a modificação feita mudou a dinâmica veicular comparando com o modelo original e a nova carroceria proposta.

### 7.1 CARGAS DINÂMICAS NO EIXO PARA O PLANO LONGITUDINAL

Aplicando a segunda lei de Newton em um veículo sobre uma rampa é um importante passo para se analisar a aceleração e a frenagem pois as cargas nos eixos determinam os esforços de tração que pode ser alcançado por cada eixo, afetando a aceleração, máxima aceleração e esforço de tração (NICOLAZZI, 2012) (GILLESPIE, 1995). Considerando essas cargas tem-se a Figura 7.1:

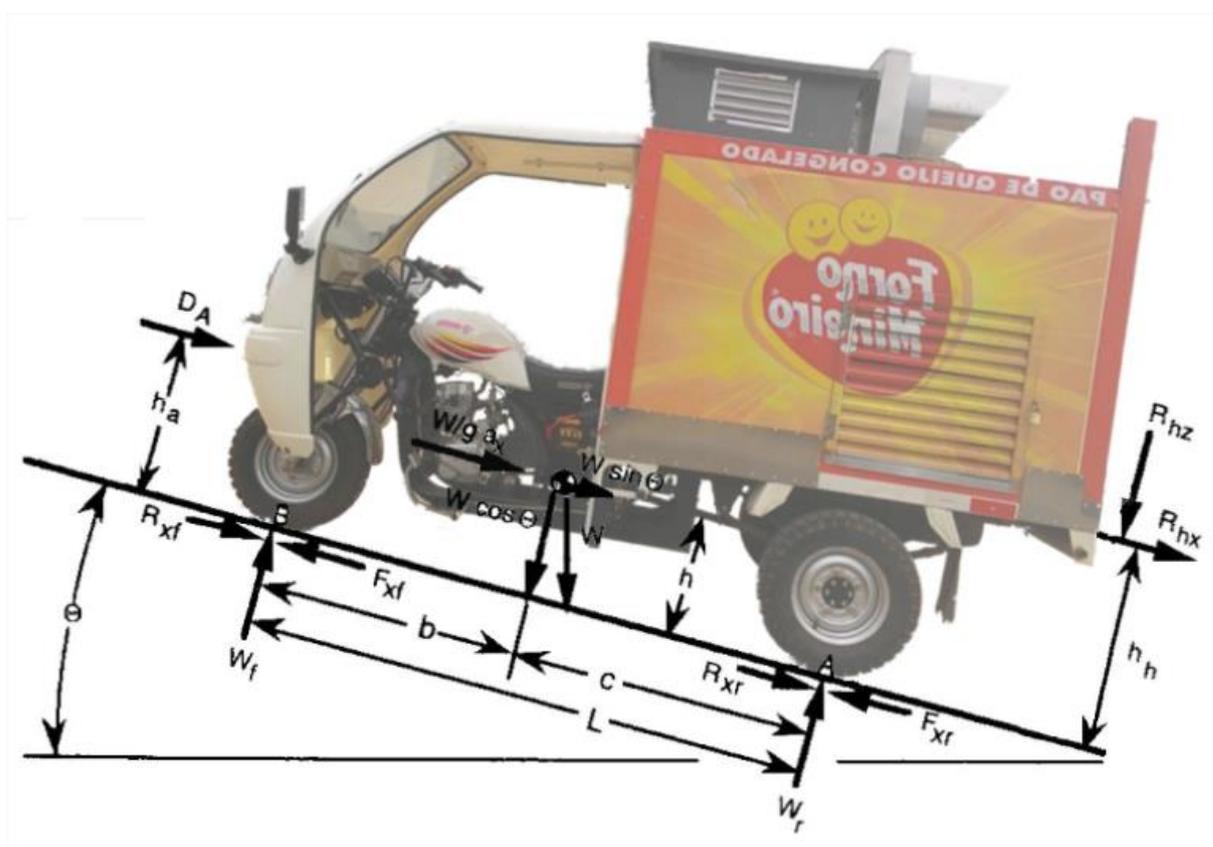


Figura 7.1 - Cargas arbitrárias que atuam no veículo.

Em que:

$W$  é o peso do veículo

$W/g \times a_x$  é a carga de Alembert (Carga resultante da aceleração do veículo)

$W_r$  é a carga que representa o peso dinâmico na roda traseira

$W_f$  é a carga que representa o peso dinâmico na roda Dianteira

$F_{xf}$  e  $F_{xr}$  são as cargas de tração

$R_{xf}$  e  $R_{xr}$  são as cargas de resistência a rolagem

$D_A$  é a carga aerodinâmica que atua no veículo

$R_{hz}$  e  $R_{hx}$  são as cargas vertical e longitudinal que atuam no ponto do reboque

As cargas exercidas em cada eixo são apenas componentes estáticos, mais cargas transferidas da frente do carro para a traseira devido a outras cargas atuantes no veículo. Considerando que o veículo está parado e que não se tem aceleração sobre ele, o somatório dos torques no ponto "A" iguais a zero, com a convenção SAE do sentido horário positivo (NICOLAZZI, 2012) (GILLESPIE, 1995) tem-se a expressão:

$$W_f L + D_A h_a + \frac{W}{g} a_x h + R_{hx} h_h + R_{hz} d_h + W h \sin \theta - W c \cos \theta = 0 \quad (29)$$

Para calcular o  $W_f$  se tem uma equação similar à mostrada acima, porém em vez de calcular o somatório dos torques no ponto "A" iguais a zero, tem-se que calcular o somatório dos torques no ponto "B" iguais a zero, assim:

$$-W_r L + D_A h_a + \frac{W}{g} a_x h + R_{hx} h_h + R_{hz} (d_h + L) + W h \sin \theta + W b \cos \theta = 0 \quad (30)$$

Isolando  $W_f$  e  $W_r$  chega-se a:

$$W_f = \frac{W c \cos \theta - D_A h_a - \frac{W}{g} a_x h - R_{hx} h_h - R_{hz} d_h - W h \sin \theta}{L} \quad (31)$$

$$W_r = \frac{W b \cos \theta + D_A h_a + \frac{W}{g} a_x h + R_{hx} h_h + R_{hz} (d_h + L) + W h \sin \theta}{L} \quad (32)$$

### 7.1.1 Cargas para Carros sem Reboque

Se considerar um veículo sem reboque, tem-se que  $R_{hx}$  e  $R_{hz}$  iguais a zero, logo:

$$W_f = \frac{W c \cos\theta - D_A h_a - \frac{W}{g} a_x h - W h \sin\theta}{L} \quad (33)$$

$$W_r = \frac{W b \cos\theta + D_a h_a + \frac{W}{g} a_x h + W h \sin\theta}{L} \quad (34)$$

### 7.1.2 Cargas Estáticas no Eixo para o Plano Longitudinal

Para um veículo estático em superfície inclinadas, as equações se simplificam. Pois nesta condição a carga aerodinâmica,  $D_A$ , é igual a zero. Outras cargas que são desconsideradas neste cálculo são as cargas atuantes no ponto de reboque,  $R_{hz}$  e  $R_{hx}$ , assim:

$$W_f = \frac{W c \cos\theta - W h \sin\theta}{L} \quad (35)$$

$$W_r = \frac{W b \cos\theta + W h \sin\theta}{L} \quad (36)$$

### 7.1.3 Cargas Estáticas em Superfície Plana

Para um veículo estático em superfície plana, tem-se uma pequena diferença nos parâmetros para o cálculo, que deixa a equação ainda mais simples, o  $\theta$  é igual a zero, assim:

$$W_{fs} = \frac{W c}{L} \quad (37)$$

$$W_{rs} = \frac{W b}{L} \quad (38)$$

## 7.2 CARGAS ESTÁTICAS NO PLANO TRANSVERSAL

Considerando apenas cargas estáticas no plano transversal, tem-se a distribuição de carga no veículo de acordo com a roda direita e esquerda conforme a Figura 7.2.



Figura 7.2 - Cargas estáticas no plano transversal

Assim, de forma semelhante as Equações 37 e 38 tem-se que:

$$W_{rd} = \frac{W d}{L_y} \quad (39)$$

$$W_{re} = \frac{W e}{L_y} \quad (40)$$

### 7.2.1 Localização do Centro de Gravidade

A localização do centro de gravidade é de fundamental importância para grande parte das análises estáticas e dinâmicas de um veículo, pois a capacidade dos pneus de suportarem os esforços provenientes de curvas, aceleração e frenagem dependem

das cargas aplicadas sobre eles. Mudanças no centro de gravidade podem afetar de forma significativa a distribuição de cargas (FONTANA, 2005).

A localização do centro de gravidade é feita utilizando duas condições diferentes, uma chamada de EOM – em ordem de marcha (*cub weight*) e a PBT – peso bruto total (GVW – *gross vehicle weight*). A primeira condição considera o veículo vazio, sem carga e sem ocupantes a segunda considera os ocupantes e a carga útil (FONTANA, 2005).

Este trabalho apresenta esses dois cálculos, porém, no caso de PBT se tem o caso apenas com o piloto e totalmente carregado, ou seja, com o piloto, 40 kg de pão de queijo e 30 kg do gerador.

Primeiramente se mediu a distribuição de peso em cada roda do veículo com balança automotiva do modelo Intercomp SWI Scales, que é composto por quatro balanças e um visor digital como é mostrado na Figura 7.3, Figura 7.4 e Figura 7.5.



Figura 7.3 - Balança Intercomp.



Figura 7.4 - Mesa do visor Intercomp.

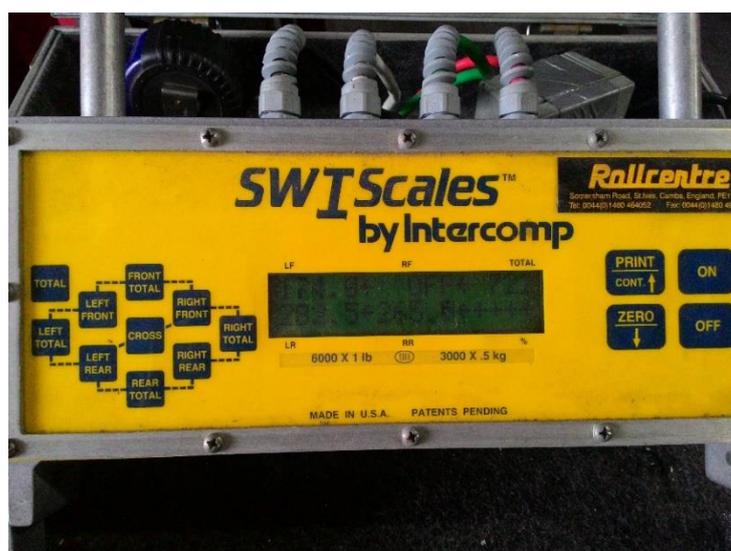


Figura 7.5 - Visor para leitura das cargas.

Por se tratar de um triciclo foram utilizadas apenas três balanças para pesagem, e devido à falta de equipamentos, a quarta balança foi utilizada para fazer a medição no plano inclinado. A Figura 7.6 apresenta a triciclo sendo pesado.



Figura 7.6 - Triciclo sendo pesado

Durante a pesagem em superfície plana foram observados os seguintes valores mostrados na Tabela 7.1.

Tabela 7.1 - Medição dos parâmetros

Condições de Carga	Distância entre eixos [mm]	Peso rodas Dianteira (Wf) [kg]	Peso rodas Traseiras (Wr) [kg]	Peso do Veículo (W) [kg]
<b>EOM</b>	2100	135	437,5	572,5
<b>PBT (Piloto)</b>		177,5	471,5	649
<b>PBT (Total)</b>		179,5	543,5	723

Tabela 7.2 - Medição dos parâmetros

Condições de Carga	Distância entre rodas [mm]	Peso rodas Traseira direita (Wrd) [kg]	Peso rodas Traseira esquerda (Wre) [kg]
<b>EOM</b>	1200	232,50	205,00
<b>PBT (Piloto)</b>		249,50	222,00
<b>PBT (Total)</b>		277,00	266,50

Após as medições em superfície plano, foram feitas as medições em superfície inclinada, com uma elevação de 60 mm na roda dianteira. Deste modo tem-se o esquemático abaixo.



Figura 7.7 - Esquemático Inclinado.

Assim, observou-se os resultados mostrados na Tabela 7.3.

Tabela 7.3 - Medição dos parâmetros no plano inclinado.

Condições de Carga	Ângulo de inclinação (rad)	Peso rodas Dianteiras com o veículo inclinado (W'r) [kg]
<b>EOM</b>	0,03	442,00
<b>PBT (Piloto)</b>		475,5
<b>PBT (Total)</b>		547,5

A partir das cargas observadas, foi possível chegar ou valor do centro de gravidade e distribuição de peso em cada eixo, como pode-se observar na Tabela 7.4, Tabela 7.5 e Tabela 7.6.

Tabela 7.4 - Resultados do Centro de Gravidade.

Condições de Carga	Localização CG					
	Horizontal				Vertical	
	Distância da roda traseira (c) [mm]	Distância da roda dianteira (b) [mm]	Distância da roda esquerda (e) [mm]	Distância da roda direita (d) [mm]	Altura do centro da roda (h1) [mm]	Altura do solo (h) [mm]
<b>EOM</b>	495,20	1604,80	637,71	562,29	577,49	828,99
<b>PBT (Piloto)</b>	574,35	1525,65	634,99	565,01	452,82	704,32
<b>PBT (Total)</b>	521,37	1578,63	611,59	588,41	406,47	657,97

Tabela 7.5 - Resultado distribuição de carga nos eixos.

Condições de Carga	Distribuição de Carga			
	Dianteira	Traseira	Direita	Esquerda
<b>EOM</b>	23,58%	76,42%	53,14%	46,86%
<b>PBT (Piloto)</b>	27,35%	72,65%	52,92%	47,08%
<b>PBT (Total)</b>	24,83%	75,17%	50,97%	49,03%

Tabela 7.6 – Resultado distribuição de carga por roda

Condições de Carga	Distribuição de peso por roda		
	Dianteira	Traseira Direita	Traseira Esquerda
<b>EOM</b>	23,58%	40,61%	35,81%
<b>PBT (Piloto)</b>	27,35%	38,44%	34,21%
<b>PBT (Total)</b>	24,83%	38,31%	36,86%

Com esses valores é possível fazer o esquemático de comparação apresentado nas Figuras 7.8 à 7.13.



Figura 7.8 - Esquemático lateral EOM.



Figura 7.9 - Esquemático lateral PBT (Piloto).



Figura 7.10 - Esquemático Lateral PBT (Cheio).



Figura 7.11 - Esquemático traseiro EOM.



Figura 7.12 - Esquemático traseiro PBT (Piloto).



Figura 7.13 - Esquemático traseiro PBT (Cheio).

Assim pode-se perceber que com o veículo totalmente carregado, PBT (cheio), tem-se uma maior estabilidade com uma distribuição entre rodas melhor que as outras duas situações e com o centro de gravidade mais próximo do chão. Entretanto, a melhor distribuição entre eixos é observada quando se tem a situação de PBT (Piloto).

### 7.2.2 Estimativa do Centro de Gravidade para o Triciclo Proposto

Para estimar o centro de gravidade do triciclo proposto foi utilizado a metodologia do momento de estático proposto por Beer (1995). Sabe-se que para determinar as coordenadas  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$  e  $\bar{Z}$  têm-se as Equações 41, 42 e 43.

$$\bar{X} = \frac{\sum_i A_i \bar{x}_i}{\sum_i A_i} \quad (41)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_i A_i \bar{y}_i}{\sum_i A_i} \quad (42)$$

$$\bar{Z} = \frac{\sum_i A_i \bar{z}_i}{\sum_i A_i} \quad (43)$$

Em que:

$A_i$  são as áreas das partes do triciclo;

$\bar{x}_i$ ,  $\bar{y}_i$  e  $\bar{z}_i$  são as coordenadas dos centroides das partes do triciclo.

Com isso foi feito um esquemático do posicionamento dos equipamentos dentro do triciclo proposto no Catia e com o eixo x, y e z como mostra a Figura 7.14.

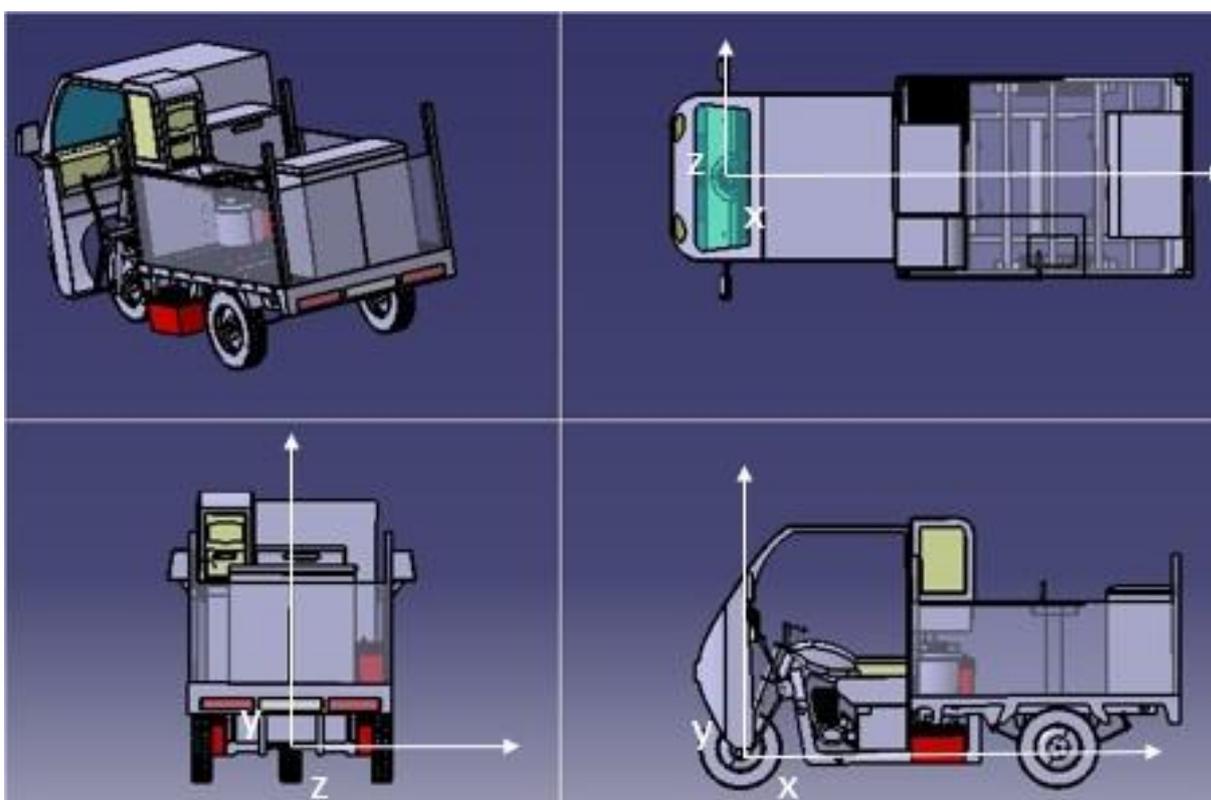


Figura 7.14 - Posicionamento dos equipamentos.

Na Figura 7.14 pode-se perceber as baterias em vermelho, o freezer a direita do compartimento de cargas, o forno a esquerda ou lado da máquina de multibebidas. A partir disso foi feita uma tabela no Excel para o cálculo do centro de gravidade, foi considerado o freezer cheio de produtos para a venda, contabilizando 100 kg, sendo 32 do freezer e 68 kg de produtos, entre pães de queijo e bebidas geladas. A Tabela 7.7 mostra os valores estimados da distribuição de peso dos equipamentos propostos para o veículo.

Tabela 7.7 - Estimativa Centro de Gravidade

Elementos	Peso [Kg]	Distancia X [m]	Distancia Y [m]	Distancia Z [m]	Momento X [kg.m]	Momento Y [kg.m]	Momento Z [kg.m]
Bateria 1	27	1,4	0,432	0,47	37,8	11,664	12,69
Bateria 2	27	1,4	0,432	0,289	37,8	11,664	7,803
Bateria 3	27	1,355	0	0,51	36,585	0	13,77
Bateria 4	27	1,355	0	-0,51	36,585	0	-13,77
Motorista	75	1	0,7	0	75	52,5	0
Freezer	100	2,575	0,68	0	257,5	68	0
Botijão	12	1,3	0,49	0	15,6	5,88	0
Multibebidas	18	1,3	0,8	-0,407	23,4	14,4	-7,326
Forno	28	1,3	0,8	0,015	36,4	22,4	0,42
Carroceria	430	1,56	0,4	-0,036	670,8	172	-15,48
<b>Total</b>	<b>771</b>	<b>2,1</b>	<b>1,8</b>	<b>1,2</b>	<b>1227,47</b>	<b>358,508</b>	<b>-1,893</b>

Assim, tem-se que  $\bar{X}$  é igual 1,592 m ou 1592 mm,  $\bar{Y}$  0,465 m ou 464 mm em relação ao eixo da roda dianteira e  $\bar{Z}$  é igual 0,002 m ou 2 mm. Esse cálculo foi realizado na condição de PBT, considerando produtos equipamentos e motorista. Com essa condição tem-se o esquemático mostrado na Figura 7.15.



Figura 7.15 - Esquemático lateral para o triciclo proposto.



Figura 7.16 - Esquemático traseiro para o triciclo proposto.

### 7.2.3 Cálculo Centro de Capotamento

Para o cálculo do centro de capotamento do veículo foi utilizado o procedimento proposto por Riley (2014). Pode-se observar que a resistência ao capotamento de um triciclo pode ser igualada a de um veículo de quatro rodas.

Para esse cálculo, primeiro estima-se a margem de segurança de um veículo contra o capotamento que é dada pela relação “ $t/h$ ”, em que “ $t$ ” é a meia-distância e  $h$  a altura do centro de gravidade. A margem de segurança também pode ser encontrada como aceleração lateral máxima de um veículo. A meia-distância é encontrada a partir da Figura 7.17.

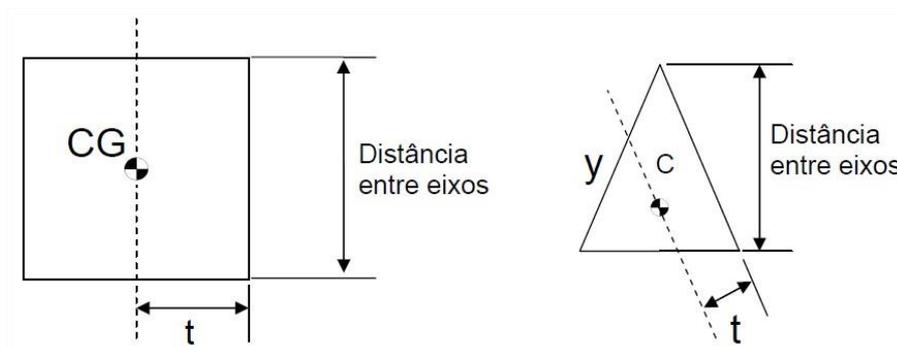


Figura 7.17 - Meia-distância (CRISTAL, 2008).

Deste modo tem-se que uma margem de segurança do veículo para as três situações seriam de 0,534g para EOM, 0,570g para PBT (Piloto), 0,670g (Cheio) e 0,66 para o triciclo proposto.

Segundo Riley (2014), a aceleração lateral é dada por pela relação  $v^2/(R.g)$ , onde  $v$  é a velocidade do veículo,  $R$  o raio de curvatura e  $g$  a gravidade. Assim pode-se chegar a Figura 7.18.

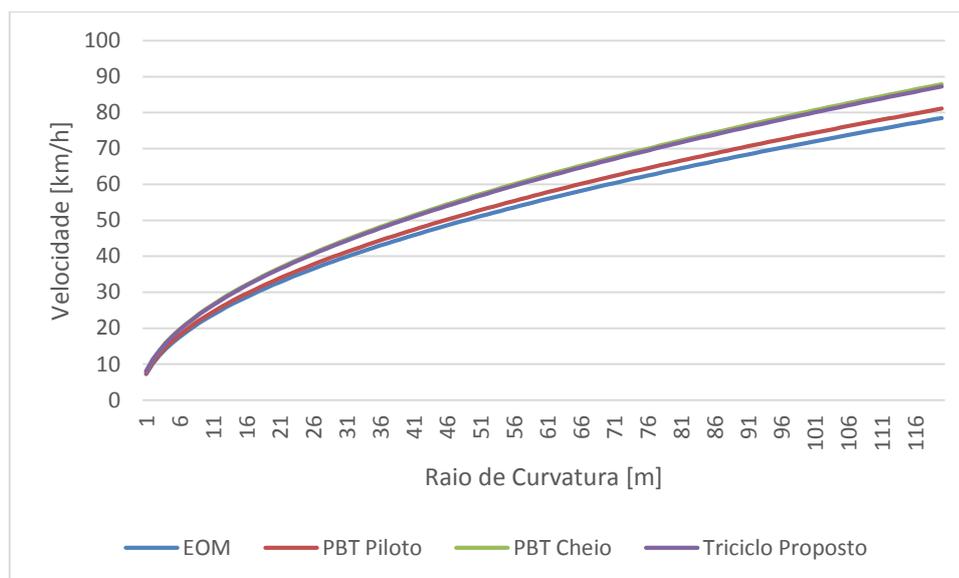


Figura 7.18 - Raio de Curvatura pela Velocidade.

Com isso, pode-se determinar que o estado mais estável para o triciclo é o veículo em PBT (cheio), pode-se observar também a semelhança no raio de curvatura do triciclo proposto em relação ao triciclo em estado de PBT (cheio).

O triciclo proposto consegue atender as demandas da empresa Forno Mineiro de forma satisfatória e com a vantagem de não ter o gerador de energia, que é ruidoso e poluente.

Outro ponto importante de se ressaltar é o fato do triciclo em estado de PBT (cheio) ter apenas os 40 kg pães de queijo e o gerador de energia, totalizando 723 kg (com o piloto). Já no caso do triciclo proposto nesse trabalho tem-se um total de 771 kg (com o piloto), entretanto este tem Freezer, maquina Multibebidas, banco de baterias, forno e botijão de gás, além de 28 kg a mais de produtos.

## 8 ESTIMATIVA DE CUSTOS

Uma avaliação do projeto deve ser a viabilidade de execução do projeto e de seu custo operacional. O principal gasto fixo no modelo de veículo atual é a manutenção do gerador à gasolina, onde sua manutenção e consumo de combustível é estimada em R\$700,00. Esse gasto é um dos principais motivos pela procura de uma alternativa de modificações no projeto buscado pela empresa Forno Mineiro.

Considerando o modelo do *food truck* utilizando o refrigerador de 100 L, o levantamento de preço dos equipamentos a serem adquiridos e das adaptações são os de maiores impactos financeiros. Segue na Tabela 8.1 a estimativa do custo dos equipamentos e sua estimativa de fluxo de caixa:

Tabela 8.1- Estimativa de Custos

Equipamento	PREÇO (R\$)	PARCELA	VALOR MENSAL (R\$)	Após 3 Meses (R\$)	Após 10 Meses (R\$)
Freezer	2.900,00	12	241,67	241,67	241,67
Baterias	2.592,00	12	216,00	216,00	216,00
Botijão	140,00	12*	14,06	14,06	14,06
Forno	420,00	12	35,00	35,00	35,00
Multibebidas	6.800,00	12*	633,00	633,00	633,00
Inversor 3KW	1.900,00	12	158,33	158,33	158,33
Fonte automotiva	420,00	12	35,00	35,00	35,00
Kit energia solar	1.500,00	10	150,00	150,00	
Toldo	980,00	10	98,00	98,00	
Estrutura	4.000,00	3	1.333,33		
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 21.652,00</b>		<b>R\$ 2.914,40</b>	<b>R\$ 1.581,06</b>	<b>R\$ 1.333,06</b>

\* parcelado com juros

Cada equipamento tem a possibilidade de parcelamento em seu valor e em prazos definidos pela sua vendedora (c/s juros), diminuindo o impacto financeiro na compra à vista e trazendo maior vantagem ao fluxo de caixa da empresa. O próprio investimento no *food truck* pode trazer o retorno financeiro para saldar parte deste valor mensal até o completo término dos pagamentos. Desta forma, conforme preços avaliados pelo mercado e seu parcelamento, encontramos valores de equipamentos parcelados em 03, 10 e 12 vezes.

Aproveitando o parcelamento máximo em cada equipamento, o fluxo será dividido da seguinte forma: nos primeiros 3 meses, o investimento será de R\$

2.914,40, caindo para R\$1.581,06 nos 07 meses seguintes e finalizando em R\$1.333,06 nos 02 últimos meses.

### Custo de Recarga do Banco de Baterias

A recarga do banco de baterias por meio da fonte automotiva utiliza a rede elétrica, tendo assim um gasto mensal na residência em que o veículo realiza a recarga. Considerando a potência necessária para a recarga das baterias e não estejam completamente descarregadas e o custo do kWh em Brasília de 0,53 reais, temos que o gasto mensal por 22 recargas (dias úteis) é de R\$ 124,88. Valor muito reduzido se comparado ao gasto mensal do gerador à combustível utilizado inicialmente:

Tabela 8.2 - Custo da recarga da bateria

<b>CUSTO DA RECARGA DA BATERIA COM A FONTE AUTOMOTIVA (rede elétrica) 115Ah</b>					
Tensão/ Corrente	Potência Máxima (kW)	Tempo de recarga completa (h) Bateria de 115Ah	R\$/kWh	Custo da recarga	4 recargas por dia por 22 dias
110V;8A	1,40	1,92	0,53	R\$ 1,42	R\$ 124,88
220V;5A	1,32	1,92	0,53	R\$ 1,34	R\$ 118,00

### Fluxo de Caixa

Com os custos de projeto do veículo foi feito um fluxo de caixa do *food truck*, tendo como base os custos de produção dos pães de queijo, custos da compra de bebidas e gastos de manutenção do veículo. Foram simulados três cenários estimando os lucros de vendas, sendo eles: realista, pessimista e otimista.

A partir do fluxo de caixa foram feitos os cálculos do *payback* simples e descontado, valor presente líquido para o primeiro ano, das taxas internas de retorno nos meses referentes aos *paybacks* e para o período de 1 ano. A taxa utilizada para o cálculo dos valores presentes foi de 6,5% que é próximo das taxas de empréstimo bancária.

Segundo (SAMANEZ, 2002) valor presente líquido (VPL) tem como finalidade valorar em termos de valor presente o impacto dos eventos futuros associados a um projeto ou alternativa de investimento. O VPL é dado pela equação 44.

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (44)$$

Em que:

$FC_t$  = Fluxo de caixa no t-ésimo período;

$I$  = Investimento;

$K$  = Custo do Capital.

O *payback* consiste no tempo que decorrerá até que o valor presente dos fluxos de caixa previsto se iguale ao montante inicial (SAMANEZ, 2002). No *payback* pode-se considerar o simples (que considera o fluxo de caixa sem juros) e o descontado (que considera o fluxo de caixa descontando os juros). O cálculo do *payback* é dado pela equação 45.

$$I = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (45)$$

Em que:

$FC_t$  = Fluxo de caixa no t-ésimo período;

$I$  = Investimento;

$K$  = Custo do Capital.

A taxa interna de retorno (TIR) é definida como a taxa de retorno esperada do projeto de investimento (SAMANEZ, 2002). Ela é encontrada pela equação 46.

$$VPL = -I \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (46)$$

Em que:

$FC_t$  = Fluxo de caixa no t-ésimo período;

$I$  = Investimento;

$K$  = Taxa interna de retorno.

### Cenário realista

A avaliação para o cenário realista obteve um lucro mensal aproximado de R\$4.500,00. Para a análise considerou-se as despesas do food truck, a venda de 1.800 pães de queijo e 1.200 bebidas por mês. Esta análise é demonstrada na Tabela 8.3.

Tabela 8.3 - Tabela do fluxo de caixa realista

Realista				
Mês	Fluxo de Caixa (R\$)	Valor Presente (R\$)	Acumulado (R\$)	VPL Acumulado do Mês (R\$)
0	-21.652,00	-21.652,00	-21.652,00	-21.652,00
1	4.500,00	4.225,35	-17.152,00	-17.426,65
2	4.500,00	3.967,47	-12.652,00	-13.459,18
3	4.500,00	3.725,32	-8.152,00	-9.733,86
4	4.500,00	3.497,95	-3.652,00	-6.235,91
5	4.500,00	3.284,46	848,00	-2.951,44
6	4.500,00	3.084,00	5.348,00	132,56
7	4.500,00	2.895,78	9.848,00	3.028,34
8	4.500,00	2.719,04	14.348,00	5.747,38
9	4.500,00	2.553,09	18.848,00	8.300,47
10	4.500,00	2.397,27	23.348,00	10.697,74
11	4.500,00	2.250,96	27.848,00	12.948,69
12	4.500,00	2.113,57	32.348,00	15.062,26

Assim, têm-se o *payback* de 5 meses para o simples e de 6 meses para o composto. O valor presente líquido para o primeiro ano foi de R\$14.142,97. A taxa interna de retorno nos meses referentes ao *payback* simples foi de 1%, enquanto a do *payback* composto foi de 7%, sendo para o período de 1 ano igual a 18%.

### Cenário Pessimista

A avaliação para o cenário pessimista obteve um lucro aproximado de R\$3.000,00. Para a análise considerou-se as despesas do *food truck*, a venda de 1.200 pães de queijo e 900 bebidas por mês. Esta análise é demonstrada

Tabela 8.4.

Tabela 8.4 Tabela do fluxo de caixa pessimista

Pessimista				
Mês	Fluxo de Caixa (R\$)	Valor Presente (R\$)	Acumulado (R\$)	VPL Acumulado do Mês (R\$)
0	-21.652,00	-21.652,00	-21.652,00	-21.652,00
1	3.000,00	2.816,90	-18.652,00	-18.835,10
2	3.000,00	2.644,98	-15.652,00	-16.190,12
3	3.000,00	2.483,55	-12.652,00	-13.706,57
4	3.000,00	2.331,97	-9.652,00	-11.374,60
5	3.000,00	2.189,64	-6.652,00	-9.184,96
6	3.000,00	2.056,00	-3.652,00	-7.128,96
7	3.000,00	1.930,52	-652,00	-5.198,44
8	3.000,00	1.812,69	2.348,00	-3.385,75
9	3.000,00	1.702,06	5.348,00	-1.683,69
10	3.000,00	1.598,18	8.348,00	-85,51
11	3.000,00	1.500,64	11.348,00	1.415,13
12	3.000,00	1.409,05	14.348,00	2.824,18

Assim, têm-se o *payback* de 8 meses para o simples e de 11 meses para o composto. O valor presente líquido para o primeiro ano foi de R\$2.824,18. A taxa interna de retorno nos meses referentes ao *payback* simples foi de 2%, enquanto a do *payback* composto foi de 8%, sendo para o período de 1 ano igual a 9%.

### Cenário Otimista

A avaliação para o cenário pessimista obteve um lucro aproximado de R\$6.000,00. Para a análise considerou-se as despesas do *food truck*, a venda de 2.300 pães de queijo e 1.500 bebidas por mês. Esta análise é demonstrada na Tabela 8.5.

Tabela 8.5 Tabela do fluxo de caixa otimista

Otimista				
Mês	Fluxo de Caixa (R\$)	Valor Presente (R\$)	Acumulado (R\$)	VPL Acumulado do Mês (R\$)
0	-21.652,00	-21.652,00	-21.652,00	-21.652,00
1	6.000,00	5.633,80	-15.652,00	-16.018,20
2	6.000,00	5.289,96	-9.652,00	-10.728,24
3	6.000,00	4.967,09	-3.652,00	-5.761,15
4	6.000,00	4.663,94	2.348,00	-1.097,21
5	6.000,00	4.379,29	8.348,00	3.282,08
6	6.000,00	4.112,00	14.348,00	7.394,08
7	6.000,00	3.861,04	20.348,00	11.255,12
8	6.000,00	3.625,39	26.348,00	14.880,51
9	6.000,00	3.404,12	32.348,00	18.284,63
10	6.000,00	3.196,36	38.348,00	21.480,98
11	6.000,00	3.001,27	44.348,00	24.482,25
12	6.000,00	2.818,10	50.348,00	27.300,35

Assim, têm-se o *payback* de 4 meses para o simples e de 5 meses para o composto. O valor presente líquido para o primeiro ano foi de R\$25.634,13. A taxa interna de retorno nos meses referentes ao *payback* simples foi de 4%, enquanto a do *payback* composto foi de 8%, sendo para o período de 1 ano igual a 26%.

## 9 CONCLUSÃO

Os *food trucks* são atrativos aos empresários principalmente por ter um baixo custo se comparado a um restaurante/lanchonete. Dentre outras vantagens, a própria estrutura de uma cozinha móvel já chama a atenção dos consumidores. Diante deste cenário, a empresa Forno Mineiro solicitou um estudo para promover a adaptação de um triciclo, atualmente utilizado na venda e distribuição de produtos congelados, em um *food truck*. Desta forma seus produtos poderiam ser vendidos já prontos.

O veículo utilizado por eles já conta com um sistema de refrigeração alimentado por um gerador a gasolina que poderia ser aproveitado no *food truck*. No entanto, a empresa relata que o gerador possui um elevado custo de manutenção, que ele gera ruídos e vibrações excessivas e elimina gases e fuligens. Outros problemas observados durante a análise do projeto é que o peso dos equipamentos para refrigeração e acionamento corresponde a quase 50% da capacidade de carga do veículo e o motor apresenta baixa potência e desempenho. Como grande parte dos equipamentos estão instalados na parte superior da área de carga, o centro de gravidade é deslocado para cima, comprometendo a estabilidade e dirigibilidade do veículo, gerando desconforto em curvas e guinadas perceptíveis ao piloto.

Para adaptar o triciclo para comercialização dos pães/biscoitos de queijo já prontos, é necessário equipá-lo com um forno, um refrigerador e foi adicionado ao projeto uma máquina de multibebidas.

Para solucionar o problema do gerador, estudou-se a possibilidade de substituí-lo por um banco de baterias. O sistema de refrigeração já existente e os demais componentes eletroeletrônicos possuem alimentação de 220V em corrente alternada, sendo necessário utilizar um inversor de frequência para transformar a corrente contínua e a tensão de 12V fornecida pelo banco de baterias. Verificou-se uma demanda energética de 7.900W para 8 horas de trabalho (considerando: sistema de refrigeração, iluminação e máquina multibebidas). Não se considerou o forno pois após analisar alguns modelos, preferiu-se utilizar um forno a gás. Para suprir esta demanda seriam necessárias 8 baterias do modelo DF2000 da FREEDOM. Está proposta tornou-se inviável, uma vez que o peso do conjunto equipamentos, baterias, carga diária dos produtos e de um funcionário, somam cerca de 540Kg, superando o limite máximo de 350Kg.

Como alternativa, sugeriu-se diminuir o número de baterias, responsável por 216,8Kg do conjunto, adicionando um sistema de recarga por meio de alternadores veiculares, onde seria possível recarregar as baterias com o funcionamento do motor do triciclo. Duas propostas foram analisadas: instalar o alternador acoplado ao motor do veículo e instalar o alternador acoplado ao eixo cardã do veículo. Ambas propostas foram descartadas observada a baixa potência do motor. Outro problema encontrado foi a dificuldade em se adquirir e realizar manutenção nos inversores de frequência de onda senoidal pura suficiente para acionar o compressor do refrigerador, pois estes exigem uma corrente de partida, em média, 3 a 7 vezes a corrente nominal.

Por fim, constatou-se que o volume da câmara de refrigeração está superdimensionado para a utilização do triciclo como um *food truck*. Como é esse sistema que demanda a maior parte de energia, ele foi redimensionado. Avaliado o volume necessário para o dia de trabalho, encontrou-se valores entre 60 e 95 litros, contemplando a quantidade de pães/biscoitos de queijo e bebidas. No mercado encontrou-se modelos de refrigeradores de 100 litros com acionamento em tensão de 12V, o que elimina a necessidade de um inversor de frequência e reduz a demanda energética. Para este novo modelo constatou-se uma demanda de 4.668W, sendo necessárias 4 baterias para alimentar o sistema e o peso do conjunto passou a ser 324,4Kg.

Visando formas de energia limpa e renovável estudou-se a adição de um sistema de energia solar para recarregar as baterias, que seria instalado no teto do compartimento de carga do triciclo. O painel solar escolhido é capaz de fornecer até 531W. Porém isso não é suficiente para reduzir o número de baterias, no entanto, aumenta sua vida útil, uma vez que a profundidade da descarga é menor.

A modelagem em CAD no CATIA do *food truck* permitiu a visualização do produto final. As análises estruturais realizadas no mesmo software através do Método dos Elementos Finitos (MEF) do chassi permitiram a determinação de tensões e deslocamentos da estrutura sujeita a carregamentos simulando o peso do piloto, da estrutura e equipamentos e do powertrain, com as restrições aplicadas nos apoios da suspensão. Considerando o estudo de convergência da malha, não houve tensões acima do limite de escoamento do material e nem deslocamentos excessivos, verificando-se assim a integridade da estrutura.

Nos ensaios de flexotorção no chassi, realizado em três diferentes configurações de carga e restrição, observou-se tensões superiores ao limite de escoamento do material e grandes deslocamentos, ou seja, esses arranjos apresentam casos críticos à estrutura, podendo assim reforçar esses locais visando maior resistência ao chassi.

Na análise modal foi calculada as 10 primeiras frequências naturais do chassi e seus respectivos modos de vibração. O regime de trabalho do motor consta, em marcha lenta, sempre acima de 800 RPM e limitado abaixo de 8.000 RPM, desta forma operando entre 13,3Hz e 133,3Hz. Nesta faixa de operação concentram-se os 3 primeiros modos encontrados numericamente. Para esses modos, tem-se deslocamentos que variam de 268 à 350mm, e eles se concentram na parte frontal do veículo. Esses altos valores de deslocamento podem ter ocorrido porque não foram considerados os travamentos referentes à carroceria.

Na análise de usabilidade foi desenhado um layout do interior do *food truck*, bem como uma visualização de funcionário e cliente, proporcionando uma avaliação de uso seguro, confortável e efetivo do serviço desempenhado entre os equipamentos e máquinas, alcançando uma melhor integração entre o produto e seus usuários.

O cálculo do centro de gravidade do veículo sem adaptação para o *food truck* foi realizado em duas condições: considerando o veículo vazio (EOM) e considerando os ocupantes e a carga útil (GVW). Medindo-se o peso em cada roda e calculado o centro de gravidade, percebeu-se que o veículo totalmente carregado tem uma maior estabilidade, uma distribuição entre rodas melhor e um centro de gravidade mais próximo do chão. No entanto, a melhor distribuição entre eixos é tida quando somente o peso do piloto é considerado.

Para estimar o centro de gravidade do *food truck* utilizou-se uma metodologia apresentada por Beer (1995) e a disposição e distribuição de peso dos equipamentos propostos.

Finalizamos o trabalho com a realização de um levantamento de preços para os equipamentos a serem adquiridos e para as adaptações necessárias ao projeto e um cálculo para *payback* com cenários distintos.

## BIBLIOGRAFIA

- ALONSO, J. M. (1998). *Técnicas del automovil equipo electrico, 7ª Ed.* Madrid: ITP.
- ATOMRA. (25 de 06 de 2014). *Descubra o Índice Solarimétrico do Local do seu Projeto.* Fonte: ATOMRA - Engenharia de Energia Sustentável: <http://www.atomra.com.br/indice-solarimetrico-do-local/>
- BEER, F. P. (1995). *Resistência dos Materiais.* São Paulo: Pearson Makron Books.
- BRADFIELD, M. (2008). Improving Alternator Efficiency Measurably Reduces Fuel Cost. Delco Remy, Inc.
- BRAGA, N. C. (07 de novembro de 2015). <http://www.newtonbraga.com.br>. Fonte: Newton C. Braga: <http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/3913-art533>
- CRISTAL, E. O. (2008). *Projeto e fabricação de um veículo triciclo para transporte urbano de cargas e passageiros.* Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- DANIEL, C., & BESENHARD, J. O. (1999). *Handbook of battery materials.* New York: WILEY-VCH.
- FONTANA, R. (2005). *Estudo das características dinâmicas de um veículo 4x4.* São Paulo: Escola Politecnica da Universidade de São Paulo.
- GILLESPIE, T. D. (1995). *Fundamentals os Vehicle Dynamics.* Society of Automotive Engineers.
- GILLESPIE, T. D. (s.d.). *Fundamentals of Vehicle Dynamics.* Society of Automotive Engineers.
- Hayonik, C. (2013/2014).
- HISTORY CHANNEL. (14 de November de 2011). *History of Food Trucks - Modern Marvels.* Acesso em 10 de 10 de 2015, disponível em History: <http://www.history.com/shows/modern-marvels/videos/history-of-food-trucks>
- JOHNSON CONTROLS - Divisão de Baterias. (s.d.). Catálogo Técnico Bateria Estacionária Freedom. Sorocaba, São Paulo, Brasil.
- LARMINIE, J., & LOWRY, J. (2003). *Electric Vehicle Technology Explained.* John Wiley & Sons.
- MOTOCAR. (2009). *A MOTOCAR.* Acesso em 10 de 10 de 2015, disponível em Triciclos Motocar: <http://www.triciclosmotocar.com.br/a-motocar>
- NICOLAZZI, L. C. (2012). *Uma introdução à modelagem quase-estática de automóveis.* Florianópolis : Universidade Federal de Santa Catarina.
- POMILIO, J. A. (1998). *Eletrônica de Potência.* Campinas: Universidade Estadual de Campinas.
- RASSHID, M. H. (1993). *Eletrônica de Potência: circuitos, dispositivos e aplicações.* São Paulo: Makron Books.
- Riley, R. Q. (19 de Junho de 2014). Fonte: <http://www.rqriley.com/>
- RINALDI, B. (12 de 08 de 2015). *Food Truck: Invadindo as cidades.* Acesso em 10 de 10 de 2015, disponível em BARINALDI: <https://barinaldi.wordpress.com/2015/08/12/food-truck-invadindo-as-cidades/>

- RODOLFO, F. (22 de Novembro de 2015). *ENERGIA-ACUMULADORES*. Fonte: <https://energia-fiis.info/author/fiisrodolfo/>
- RODRIGUES, O. A. (2014). A importância do cálculo de carga térmica. *Fic Frio*, 10-13.
- SAMANEZ, P. C. (2002). *Matemática financeira aplicações e análises de investimentos*. São Paulo: Prentice Hall.
- SANTANA, F. e. (2013). Conversor de Frequências CC-CA. v. 6, n. 1, p. 75-82. Belo Horizonte: UniBH. Fonte: [www.unibh.br/revistas/exacta/](http://www.unibh.br/revistas/exacta/)
- SEBRAE. (2015). Food Truck - Modelo de Negócio e sua Regulamentação. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.
- SHIGLEY, J. E., MISCHKE, C. R., & BUDYNAS, R. G. (2005). *Projeto de Engenharia Mecânica* (Vol. 7. ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Spark. (2015). Manual de Instruções: Fonte carregador de bateria usina.