

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**LUIZ HILVIDIO D'AMICO DE ALMEIDA**

**PROJETO DE MÁQUINA UTILIZADA PARA A CONFECÇÃO DE BOCAS DE  
LOBO EM TUBOS DE 25 mm EM FÓRMULA SAE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2018**

**LUIZ HILVIDIO D'AMICO DE ALMEIDA**

**PROJETO DE MÁQUINA UTILIZADA PARA A CONFECÇÃO DE BOCAS DE  
LOBO EM TUBOS DE 25 mm EM FÓRMULA SAE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do Departamento de Engenharia Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Ms. José R. Okida.

**PONTA GROSSA**

**2018**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**PROJETO DE MÁQUINA UTILIZADA PARA A CONFECÇÃO DE BOCAS DE LOBO  
EM TUBOS DE 25 mm EM FÓRMULAS SAE**

por

**LUIZ HILVIDIO D'AMICO DE ALMEIDA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 26 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. José Roberto Okida  
Orientador

Prof. Me. Ruimar Rubens de Gouveia  
Membro Titular

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de Carvalho  
Membro Titular

Prof. Dr. Marcos Eduardo Soares  
Responsável pelos TCC

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de  
Carvalho  
Coordenador do Curso

## **AGRADECIMENTOS**

Meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que de alguma forma colaboraram para que a realização e término desse trabalho fosse possível.

Agradeço aos meus pais Karina de Fátima D'Amico de Almeida e Gelson Luiz de Almeida por toda dedicação que tiveram comigo durante toda a minha vida. Pelo incentivo que tive durante todas as batalhas em minha vida, seja na área acadêmica ou profissional. Pela força de vontade que ambos tiveram comigo e não mediram esforços para fazer de mim a pessoa que sou hoje.

Agradeço aos meus avós Clair Barbosa de Almeida, Luiz Gastão de Almeida e Hilvidio Antônio Carneiro D'Amico que da mesma maneira que meus pais têm me auxiliado de inúmeras formas.

A meus amigos que me ajudaram a enfrentar as atividades acadêmicas com dedicação.

Ao meu Orientador Prof. Ms. José R. Okida pelo apoio e incentivo na realização desse trabalho, bem como pela dedicação e paciência em todos os momentos da realização dessa atividade.

Aos professores que durante todas as atividades acadêmicas me apoiaram e me ajudaram a desenvolver características e conhecimentos essenciais na realização desse trabalho. Em especial ao professor Marcelo que em inúmeras oportunidades me ajudou na usinagem das peças desse projeto, bem como por autorizar a utilização do laboratório.

A patrocinadora do projeto Ferro Extra qual não mediu esforços na doação dos materiais necessários para a fabricação do projeto.

Aos colegas e amigos do projeto UForce E-racing que participaram da elaboração do projeto e estavam sempre comigo na realização das atividades necessárias para a conclusão desse produto.

A Instituição pelo ambiente acolhedor e pelas pessoas que nela trabalham.

## RESUMO

ALMEIDA, Luiz Hilvidio D'A. **Projeto de Máquina Utilizada Para a Confeção de Bocas de Lobo em Tubos de 25 mm em Fórmulas SAE**. 2018. 90 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

Bocas de lobo são encaixes feitos em tubos e tem por intuito de conectar dois ou mais com iguais ou diferentes diâmetros para a criação de estruturas tubulares. Esses demandam tempo de fabricação bem como técnicas específicas para a criação dessas superfícies, para uma posterior união por solda. Em competições as estruturas tubulares proporcionam uma área de segurança ao piloto. Esses encaixes devem ser executados de modo a garantir a inclinação de projeto bem como garantir o encontro de peças para a união soldada. O objetivo desse trabalho foi desenvolver uma máquina capaz de realizar cortes no formato de bocas de lobo. Foi utilizado ferramentas de desenvolvimento de produtos, juntamente com um modelo de negócios adaptado dentro de um projeto de Fórmula SAE UForce e-racing. Esse produto é importante na diminuição do tempo de fabricação dos encaixes, também como com resultados de inclinação desejada, superiores ao encontrados pelo método de traçado de caldeiraria onde apresenta grandes variações dimensionais. No processo de desenvolvimento seguiu-se determinando uma viabilidade econômica e de processo de fabricação dentro da equipe de Fórmula SAE onde a principal característica era o uso de material doado por patrocinadores levando o custo do projeto a zero para a equipe, com isso contou-se com a modificação do modelo Canvas de negócio. Após a conclusão da fabricação do produto, foram feitos testes com a finalidade de observar as características dos tubos cortados como: tempo de execução do corte, frestas, inclinação e rebarbas. O resultado desse novo modo foi comparado com o modelo tradicional de fabricação por traçado de caldeiraria onde esses foram comparados e demonstraram uma diferença entre eles. Conclui-se que o projeto de desenvolvimento juntamente com o modelo de negócios adaptado para projeto foram ferramentas que possibilitaram a concepção de um novo produto qual obteve melhores resultados de encaixes, permitindo aos usuários com menos experiências fabricarem bocas de lobo em tubos de 25 mm.

**Palavras-chave:** Bocas de lobo. Desenvolvimento de Produto. Fórmula SAE. Encaixes Angulados.

## ABSTRACT

ALMEIDA, Luiz Hilvidio D'A. **Tube Notcher Machine Design Project Used for Manufacturing Notches in 25 mm Tubes in Fórmula SAE**. 2018. 90 pages.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2018.

Notch tube are fittings made in tubes in order to connect two or more tubes with the same or different diameters for the creation of tubular structures. These tubular structures require manufacturing time as well as specific techniques for the creation of the surfaces, for a subsequent union by welding. In competitions the tubular structures provide a security area for the pilot. These fittings must be executed in order to ensure the design slope as well as to ensure the union of parts for the welded joint. The objective of this work was to develop a machine capable of making cuts in the shape of notch tube. It was used product development tools along with an adapted business model within a Formula SAE UForce e-racing project. This design is important in decreasing the manufacturing time of the fittings, as well as with desired slope results, higher than the one found by the drawing method, where there are large dimensional variations. In the development process, it was determined the economic viability and manufacturing process within the SAE Formula team where the main characteristic was the use of material donated by sponsors, bringing the cost of the project to zero for the team, which resulted in the modification of the Business Canvas model. After the product's manufacture was completed, tests were carried out to observe tubes cutting characteristics such as cutting time, cracks, slope and burrs. The cutting results of this new machine were compared with the traditional drawing making model and presented a difference between them. It is concluded that, the development project along with the business model adapted to design were tools that allowed the design of a new product that obtained better fitting's results, enabling inexperienced users to manufacture notch tube in 25 mm tubes.

**Key-Words:** Notch tube. Product Development. Formula SAE. Angled Fitting.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Organograma estrutural da equipe UTForce e-racing.....	14
Figura 2- Modelo de corte em forma de boca de lobo utilizado para encaixe de tubos .....	15
Figura 3 – Exemplo de Espiral de Projeto .....	19
Figura 4 - Exemplo de Matriz de decisão .....	22
Figura 5 - Modelo de quadro CANVAS .....	26
Figura 6 - Etapas da metodologia .....	28
Figura 7 - Modelo de Negócio CANVAS Adaptado .....	29
Figura 8 - Detalhamento da etapa de viabilidade .....	30
Figura 9 - Matriz de decisão utilizada .....	33
Figura 10 - Detalhamento do projeto básico.....	36
Figura 11 - Detalhamento do projeto executivo.....	38
Figura 12 - Detalhamento da etapa de medição .....	40
Figura 13-Quadro de negócios adaptado e preenchido com os quesitos avaliados no projeto .....	43
Figura 14- Máquinas por corte de cisalhamento para a fabricação de boca de lobo em tubos .....	45
Figura 15- Máquinas para a fabricação de bocas de lobo que utilizam usinagem por geometria não definida. ....	46
Figura 16- Máquinas para a fabricação de encaixes tipo boca de lobo utilizando usinagem por geometria definida. ....	46
Figura 17- Fabricação de bocas de lobo utilizando máquinas CNC com corte térmico .....	47
Figura 18- Modelo de traçado de caldeiraria em tubo de 25 mm de diâmetro com parede de 2 mm .....	48
Figura 19- Matriz de decisão para escolha do projeto de fabricação viável dentro do Projeto UTForce e-racing .....	49
Figura 20- Elementos fixadores de tubos para execução de corte.....	50
Figura 21- Elementos de usinagem de geometria definida para fabricação de furos de 25 mm .....	51

Figura 22- Croqui demonstrativo de associação de elementos para criação de máquina para a fabricação de bocas de lobo.....	51
Figura 23- Desenho CAD de morsa modificada para a fixação de tubos de variados diâmetros.....	53
Figura 24- Desenho CAD de Mordente móvel de morsa para a fixação de tubos.....	54
Figura 25- Desenho CAD da Placa de sustentação de componentes com escala graduada.....	54
Figura 26- Desenho CAD do suporte do eixo rotativo para execução de atividade de corte .....	55
Figura 27- Desenho CAD de serra copo sem os dentes de corte .....	55
Figura 28- Desenho CAD do Eixo rotativo com rosca para fixação da ferramenta de corte .....	56
Figura 29- Desenho CAD de Buchas para alívio de atrito com o eixo rotativo .....	56
Figura 30- Desenho CAD completo de Máquina de fabricação de bocas de lobo ....	57
Figura 31- Base denominada Placa cortada a laser e escareada para uso de parafusos de cabeça chata .....	60
Figura 32- Suporte do Eixo rotativo fresado e furado para a inserção de buchas de latão .....	60
Figura 33- Buchas de Latão usinadas a partir de barra sextava .....	61
Figura 34- Fuso usinado para utilização na morsa de tubos.....	61
Figura 35- Rosca interna usinada em placa de quatro castanhas.....	62
Figura 36- Morsa de tubos com partes soldadas por MIG/MAG Argônio com 25% de Gás carbônico .....	62
Figura 37- Mordente móvel soldado utilizado para fixação de tubos de 25 mm para execução de cortes .....	63
Figura 38- Alavanca de torque utilizada para rosquear e fixar tubos na morsa modificada.....	63
Figura 39- Haste de amortecer de veículo utilizada como eixo rotativo e fixador da ferramenta de corte.....	64
Figura 40- Máquina de fabricação de bocas de bocas de lobo montada com todos os seus conjuntos de peças.....	65



Figura 41- Comparativo do corte em forma de bocas de lobo antes (A) e depois (B) do processo de retirada de rebarbas dos tubos de 25 mm .....	70
Figura 42- Avaliação visual de encaixe utilizando instrumento de desenho em ângulo de 60° graus.....	71
Figura 43- Avaliação visual de encaixe utilizando instrumento de desenho em ângulo de 30° graus.....	71
Figura 44- Avaliação visual de encaixe utilizando instrumento de desenho em ângulo de 45° graus.....	72
Figura 45- Comparativo de rebarbas externas deixadas entre a máquina desenvolvida (A) com o método de traçado de caldeiraria (B).....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Medição de tempo realizado durante a fabricação de bocas de lobo por caldeiraria.....	66
Tabela 2- Tempo de duração de execução de corte do tipo boca de lobo através da máquina desenvolvida.....	66
Tabela 3- Tempo de fabricação de bocas de lobo desconsiderando o <i>setup</i> da máquina desenvolvida.....	67
Tabela 4- Tempo de retirada de rebarbas externas em tubos de 25 mm.....	68
Tabela 5- Comparação de tempo entre o processo de caldeiraria e o processo executado pela máquina .....	69
Tabela 6- Média de tempo de execução dos processos de fabricação com coeficiente de eficiência .....	69
Tabela 7- Comparação de variação de ângulo ao redor do ângulo requerido nos processos de caldeiraria e pela máquina desenvolvida .....	72
Tabela 8- Resultado da comparação entre o processo de caldeiraria e pela máquina desenvolvida .....	74

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	15
1.1.1 Objetivos Específicos .....	16
1.2 JUSTIFICATIVA.....	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
2.1 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS .....	17
2.2 ABORDAGEM DE PROJETO.....	17
2.2.1 Projeto por Normas.....	17
2.2.2 Projeto Racional .....	18
2.3 ESPIRAL DE PROJETO.....	18
2.4 ESTUDO DE VIABILIDADE .....	19
2.4.1 Infraestrutura .....	19
2.4.2 Análise de Mercado .....	20
2.4.3 Estabelecimento de Necessidades.....	20
2.4.4 Especificação Técnica .....	20
2.5 PROJETO BÁSICO .....	21
2.5.1 Seleção da Melhor Alternativa .....	21
2.5.2 Modelos a Serem Elaborados e Desenvolvido .....	22
2.5.3 Análise de Compatibilidade .....	22
2.5.4 Planejamento do Consumo ou Utilização Do Produto .....	24
2.6 PROJETO EXECUTIVO .....	25
2.6.1 Planejamento da Produção/Execução.....	25
2.7 Quadro de modelo de negócios – CANVAS .....	25
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
3.1 CANVAS .....	29

3.2	ESTUDO DE VIABILIDADE .....	30
3.2.1	Necessidade do Usuário.....	31
3.2.2	<i>Benchmarking</i> .....	32
3.2.3	Matriz de Decisão .....	33
3.2.4	Especificação Técnica .....	34
3.3	PROJETO BÁSICO .....	36
3.3.1	Modelagem.....	36
3.3.2	Seleção de Materiais .....	37
3.4	PROJETO EXECUTIVO .....	38
3.4.1	Seleção de Ferramentas e Máquinas .....	38
3.4.2	Construção e Montagem .....	39
3.5	MEDIÇÃO .....	40
3.5.1	Análise de Tempo.....	40
3.5.2	Comparação.....	41
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUÇÕES.....</b>	<b>43</b>
4.1	CANVAS .....	43
4.2	ESTUDO DA VIABILIDADE .....	44
4.2.1	<i>Benchmarking</i> .....	45
4.2.2	Matriz de Decisão .....	48
4.3	PROJETO BÁSICO .....	52
4.3.1	Modelagem.....	52
4.3.2	Seleção de Materiais .....	58
4.4	PROJETO EXECUTIVO .....	58
4.4.1	Seleção de Ferramentas e Máquinas .....	58
4.4.2	Construção e Montagem .....	59
4.5	MEDIÇÃO .....	65

4.5.1	Medição do Tempo pelo Processo Convencional de Caldeiraria.....	65
4.5.2	Medição de Tempo Executado pela Máquina Desenvolvida.....	64
4.5.3	Comparação.....	68
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>75</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>76</b>
	<b>APÊNDICE A- Resultado da Pesquisa Realizada Através da</b>	
	<b>Ferramenta de Formulário do Google. ....</b>	<b>80</b>

## 1 INTRODUÇÃO

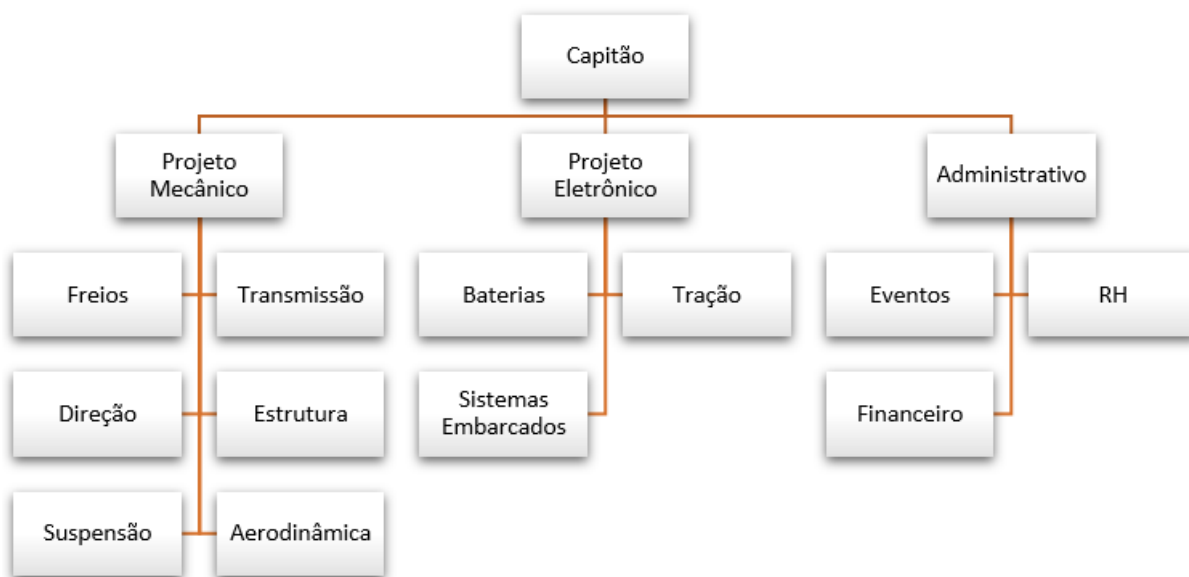
A história do veículo começou aproximadamente 6000 anos atrás com o invento da roda. Os primeiros veículos a utilizarem esse recurso tinham como princípio a roda em madeira. Entretanto somente no ano de 1700 depois de Cristo (D.C) houve a utilização de metais como parte dela, onde uma tira metálica era inserida na borda exterior com a finalidade de aumentar sua longevidade. O uso de metais foi cada vez mais significativo para a construção de veículos, sendo usado no sistema de suspensão, direção e principalmente na parte estrutural denominada de chassi. A utilização de chassi fabricados em aço para carros de passeio e de competições tornou-se algo comum nos dias atuais (HEIBING; ERSOY, 2011).

Com finalidade diferenciada dos carros de passeio, os carros destinados a corridas e competições tem sua estrutura diferenciada. Alguns aspectos como transmissão, suspensão, motorização, são fatores de relevância no projeto do chassi do veículo (COSTIN; PHIPPS, 1965).

Competições organizadas pela *Society of Automotive Engineers* (SAE) BRASIL vem crescendo ao longo dos anos onde tiveram seu primeiro evento em 1995 com 7 universidades participantes. Atualmente contam com mais de 70 inscritos na categoria mini BAJA e mais de 30 inscritos na categoria Fórmula elétrico e a combustão (SAE Brasil, 1995, 2016).

Para a construção de um veículo dentro das categorias mini Baja e Fórmula SAE, as equipes se dividem em áreas ou setores onde cada um fica responsável por uma parte do projeto, onde ao final todos são unidos e embarcados dentro da parte estrutural do veículo. A divisão por áreas da equipe UTForce e-racing pode ser vista na Figura 1.

**Figura 1- Organograma estrutural da equipe UTForce e-racing**



**Fonte: Autoria Própria.**

Em ambas as categorias há a necessidade de desenvolvimento de uma estrutura a qual é responsável por abrigar grandes componentes do veículo e pela segurança do piloto, essa estrutura é denominada chassi ou chassis.

Dentre os requisitos das normativas da competição de Fórmula SAE Brasil para a fabricação do chassi, é requerido como fator mínimo de segurança a utilização de tubos redondos de aço com no mínimo 0,1% de carbono (SAE *International*, 2017).

A utilização de tubos redondos causa a problemática do encaixe entre eles. Devido ao formato circular são necessárias técnicas específicas para fazer esse tipo de corte em cada tubo. As faces resultantes dos cortes são comumente chamadas de bocas de lobo e variam conforme o tubo está disposto, ou seja, conforme a angulação em relação a outro muda, a face resultante do corte assume outro formato específico dessa angulação (SENAI, 2005). A Figura 2 mostra uma boca de lobo (A) e o encaixe através destas feitas em tubos de aço (B).

**Figura 2- Modelo de corte em forma de boca de lobo utilizado para encaixe de tubos**



**Fonte: Autorial Própria.**

O desenvolvimento de máquinas para a fabricar bocas de lobo pode ser um advento para a redução de tempo de fabricação tendo em vista a necessidade de não utilizar de desenhos em papel como gabarito, onde esses são desenhados manualmente ou por *softwares* e colados ao redor do tubo onde se deseja fazer o corte. E por dispensar o uso de máquinas elétricas de lixamento, que após o corte são utilizadas a fim de retirar pontas e aproximar as dimensões com as do gabarito, consequentemente reduz a matéria prima retirada dos tubos e consumíveis, como lixas, utilizadas nesta etapa.

A utilização de serras bi-metal do tipo copo de 25 mm pode garantir o encaixe dos tubos de 25 mm de diâmetro de forma natural, sem a necessidade de acabamento final antes da soldagem, com isso o tempo de usinagem dos tubos pode ser reduzido em relação ao método convencional de fabricação utilizado por caldeiraria.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral é elaborar um projeto de uma máquina de fabricação de bocas de lobo em tubos de aço de 25 mm com até 3 mm de espessura, sendo capaz de realizar cortes diferenciados e relacionados com as angulações provenientes do projeto do chassi do veículo de fórmula SAE.



### 1.1.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do projeto são:

- Elaborar um projeto de produto de uma máquina capaz de fazer bocas de lobo em variadas angulações.
- Validar o produto comparando diminuição do tempo de fabricação de bocas de lobo com relação aos métodos tradicionais de fabricação por caldeiraria.
- Adaptar o modelo CANVAS de negócio com o intuito de desenvolvimento de produto dentro do projeto Fórmula SAE

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A justificativa de elaboração do projeto é garantir de forma tecnológica a diminuição de tempo referente a fabricação da estrutura de um carro fórmula para a competição SAE, entretanto o mesmo tipo de máquina poderá ser utilizada para a usinagem de qualquer outro tipo de estrutura metálica que necessite de tubos metálicos com 25 mm de diâmetro com angulação de encaixe de até 60° graus.

A necessidade do projeto deve-se ao curto prazo de projeto para a fabricação de veículos elétricos e a combustão dentro da competição de formula SAE, onde este fato pode ser observado dentro da equipe UTForce e-racing Fórmula Elétrico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Define-se desenvolvimento de produtos como um processo de criação onde todos os setores da empresa estão envolvidos para garantir a transformação de necessidades de um mercado em um produto final (CLARK; FUJIMOTO, 1991).

### 2.2 ABORDAGEM DE PROJETO

Ao inicializar um projeto de produto, existem duas formas de se abordar o desenvolvimento. A primeira faz referência à produtos com base em normativas, enquanto a segunda forma possui um enfoque no desenvolvimento de um potencial inovador (KAMINSKI, 2000).

Segundo Toledo (1994) uma invenção surge de um processo de ciclo da inovação.

Os modelos tradicionais que descrevem o processo de inovação tecnológica representam um ciclo único de inovação. Esse ciclo inicia com a identificação da necessidade, ou da oportunidade, de alguma melhoria e incorpora conhecimentos e restrições dos ambientes tecnológico, econômico e social, até resultar, eventualmente, numa invenção. Quando incorporada em um produto e introduzida no mercado, esta invenção se torna uma inovação, e inicia-se a etapa de difusão.(TOLEDO, 1994).

Segundo TIDD (2008) nem todo produto é considerado inovação, essa característica é atribuída a invenções cujo o investimento feito no conhecimento para a geração de tal, tenha retorno suficiente para supri-lo. Desta forma é importante haver uma integração entre tecnologia, mercado e empresa, para que exista um conceito de “visão estratégica da inovação” (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008).

#### 2.2.1 Projeto por Normas

O Projeto por normas é decorrente do processo evolutivo de criação de produtos do mesmo gênero, onde existe a necessidade de normatização decorrente

de conhecimento parcialmente empírico, onde há a restrição por regras, bem como requisitos mínimos de projeto, tais como margem de segurança para cálculos de desenvolvimento. A necessidade de restrição por regras, garante ao usuário que o produto atingirá os mínimos requisitos de projeto, seja este relacionado à segurança do usuário, ou qualquer outro requisito relacionado à performance, qualidade do produto, sustentabilidade ou outro requisito que seja benéfico para o consumidor e para sociedade em geral (KAMINSKI, 2000).

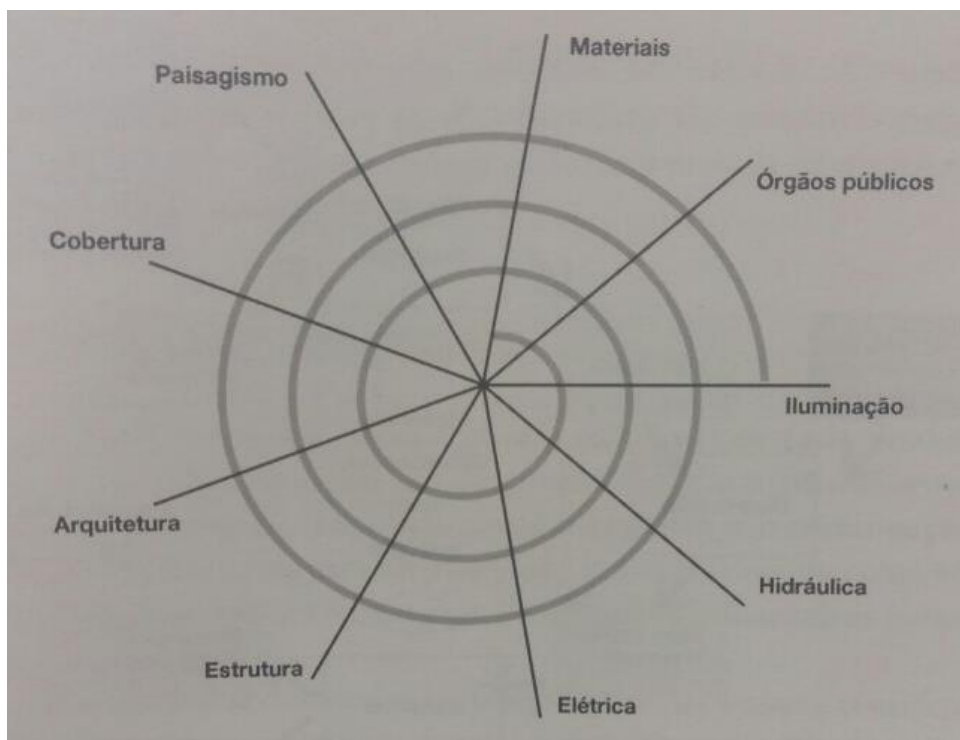
### 2.2.2 Projeto Racional

A especificidade de problemas, e a constante demanda para inovações em produtos faz com que não seja possível criar critérios de normatização. Com isso a base do projeto racional tem como princípio o uso de cálculos de engenharia associado a conhecimento científico e simulação em *softwares*, o que garante o funcionamento adequado do produto bem como assegurando segurança ao usuário. Neste caso a qualidade do produto está associado diretamente com seu desenvolvimento (KAMINSKI, 2000)

## 2.3 ESPIRAL DE PROJETO

Projetos de produtos não se desenvolvem linearmente, são desenvolvidos em formato de espiral iterativa, onde os itens do início são definidos de forma grosseira e vão refinando, a medida que o projeto se desenvolve e novas informações são acrescentadas ao projeto, de forma que o produto final converge para o centro da espiral (KAMINSKI, 2000). A Figura 3 ilustra a representação de uma espiral de projeto.

Figura 3 – Exemplo de Espiral de Projeto



Fonte: Kaminski (2000).

## 2.4 ESTUDO DE VIABILIDADE

A primeira etapa de desenvolvimento de um produto é o estudo da viabilidade, ou seja, estudar e decidir se é realmente viável para o desenvolvedor a existência ou desistência na elaboração de seu projeto. Para isso o estudo da viabilidade de um produto tem grande influência nas decisões a serem tomadas dentro de uma empresa.

### 2.4.1 Infraestrutura

A infraestrutura física do local a ser desenvolvido ou fabricado um produto deve ser analisada para poder definir o *layout* de produção dentro do processo produtivo do produto, determinando o fluxo de produção desde a entrada de matéria prima, insumos, energia elétrica, até mesmo com a necessidade ou não de contratação de mão de obra qualificada, bem como a análise de estudos de impactos ambientais decorrentes do processo produtivo desse novo produto (KAMINSKI, 2000).

#### 2.4.2 Análise de Mercado

Parte para o exterior da empresa, buscando definir o macroambiente do produto onde será inserido. É um processo de caracterização de ameaças e oportunidades bem como o contato com consumidores para a obtenção de principais necessidades e características levantadas pelos consumidores. Nessa etapa pode ser realizada a análise de *benchmark*, onde permite que a equipe de desenvolvimento realize uma avaliação nas concorrentes de mercado (BAXTER, 2011).

#### 2.4.3 Estabelecimento de Necessidades

O desenvolvimento de um produto é devido as necessidades, este normalmente associado a uma pesquisa de mercado. Para que o produto tenha a aceitação de mercado este deve atingir as necessidades do usuário final, isto é, o consumidor do produto. Para isso deve-se ter claramente as reais necessidades do usuário, com isso pode-se utilizar ferramentas como o QFD (*Quality Function Deployment*) que facilitem o entendimento de tais necessidades traduzindo-as para requisitos de projeto (ROMEIRO FILHO, 2010).

#### 2.4.4 Especificação Técnica

A viabilidade técnica, está relacionada aos parâmetros necessários para a fabricação e utilização do produto, Kaminski (2000) relata que as características específicas técnicas do projeto de produto é um conjunto de requisitos sendo eles, funcionais, operacionais e construtivos a serem atingidos para o produto.

Há aspectos importantes quais o consumidor final não percebe com relação ao produto final, como é o caso de requisitos de manutenção, distribuição e manutenção. Esses ficam ocultos ao consumidor, porém são significativos para a especificação de cada projeto (BAXTER, 2011).

## 2.5 PROJETO BÁSICO

Descrita por Kaminski (2000) como a fase responsável por estabelecer a linha base para as próximas etapas do projeto, executivo e fabricação, esta se situa nas primeiras linhas da espiral de projetos.

### 2.5.1 Seleção da Melhor Alternativa

A escolha das melhores alternativas de projeto nem sempre são de fácil determinação Baxter (2011) mostra a necessidade de criação de uma matriz de avaliação onde os principais critérios de seleção do mercado são caracterizados com pesos diferentes. Com o auxílio de números cada característica recebe uma nota diferenciada.

Para Baxter (2011) os pesos refletem a relevância do quesito na tomada de decisão, onde pesos maiores representam uma maior importância dentro da avaliação.

Com o uso dessa ferramenta diferentes tipos de oportunidades de produtos podem ser comparados entre si, e ao fim selecionados os melhores referentes ao projeto em específico (BAXTER, 2011). A Figura 4 demonstra a utilização da ferramenta.

Figura 4 - Exemplo de Matriz de decisão

Nome do Profissional da Área:							
Local / Data da Avaliação:		São Paulo ___/___/___					
QUESITOS DE AVALIAÇÃO	PESO	MODELO N° 1		MODELO N°2		MODELO N° 3	
		NOTA	TOTAL	NOTA	TOTAL	NOTA	TOTAL
E S T E T I C A	Combinação de formas e/ou forma	1.0					
	Cores	2.5					
	Materiais	1.0					
	Textura	1.0					
	Acabamento	2.0					
	Integração com o mobiliário de escritório	2.5					
U S A B I L I D A D E	Facilidade de manuseio (Direcionamento do difusor)	4.0					
	Operação do dispositivo (Controles do mecanismo)	2.0					
	Facilidade de uso	2.5					
	Posição do dispositivo em relação ao usuário	1.5					
NÚMERO TOTAL DE PONTOS - NOTA DE CADA MODELO							
MAIOR NOTA							
MODELO ESCOLHIDO							

Fonte: Bezerra de Mello (2011).

### 2.5.2 Modelos a Serem Elaborados e Desenvolvido

O desenvolvimento de produto procede da criação de modelos quais tem por finalidade o auxílio e análise de comportamento ou visualização de determinados fenômenos. Dentro da criação Baxter (2011) determina que é necessário verificar se a configuração do produto atende aos objetivos propostos.

### 2.5.3 Análise de Compatibilidade

Segundo Pahl (2005) os requisitos de um equipamento, máquina ou conjunto devem ser coordenados em uma inter-relação geral objetivada para que as entradas do produto sejam corretamente correspondidas com as saídas. Dessa forma o projetista deve ter em mente restrições fictícias de suas ideias e concepções, para que haja a identificação de restrições reais para que possa considerar novos aspectos.

### 2.5.3.1 Funcional

A funcionalidade do produto é destinada ao consumidor, dessa forma as características funcionais do produto devem ser percebidas e avaliadas em função do usuário final. (BAXTER, 2011).

Kamiski (2000) aponta uma relação com a questão de funcionalidade de acordo com as entradas e saídas do produto, dessa forma a funcionalidade é correspondente a interação do produto ou processo com as suas entradas, onde ocorrendo uma interação eficaz, tem-se as saídas desejadas.

### 2.5.3.2 Material

Os materiais usados no produto podem ser classificados em famílias distintas com características comuns, bem como aplicações similares. Entretanto cada um possui propriedades específicas, o que pode mudar a aplicação de determinado produto (ROMEIRO FILHO, 2010).

A compatibilidade de um material com outro é afirmada por Kaminski (2000) como uma escolha a ser tomada para que não haja desgaste bem como degradação. Dessa forma a escolha de materiais utilizados no projeto devem passar por uma avaliação sobre as condições onde estes serão inseridos, garantindo o funcionamento e resistência do produto (KAMINSKI, 2000).

### 2.5.3.3 Dimensional

O dimensional da peça tem grande influência sobre as questões de montagem e fabricação, segundo Pahl (2005), o projetista deve ter o esclarecimento completo dos componentes pois influenciam diretamente no funcionamento, na qualidade, no custo final e principalmente na vida do produto.



#### 2.5.4 Planejamento do Consumo ou Utilização Do Produto

O produto desenvolvido deve atender as necessidades do usuário, entretanto algumas considerações sobre o funcionamento devem ser abordadas Pahl (2005) e Kaminski (2000) ressaltam a utilização de princípios de funcionamentos já conhecidos, e, associando a outros já existentes para que produto a ser desenvolvido atendam as necessidades.

##### 2.5.4.1 Facilidade de Manutenção

A manutenção do produto tem grande importância no seu correto funcionamento Pahl (2005) cita que um projeto baseado na manutenibilidade deve além atingir seus requisitos, favorecer a manutenção com facilidade, garantindo a substituição fácil de peças, diminuindo o tempo de desmontagem e montagem do produto.

##### 2.5.4.2 Segurança de Operação

De acordo com Pahl (2005) a simplicidade de um projeto deve ser seguida desde de que o produto atenda sua função técnica e garantindo a segurança do operador ou pessoas próximas ao produto. O projeto deve ser guiado em um dos três tipos de tecnologia de segurança: direta, indireta e preventiva.

A forma direta está relacionada a escolher a solução qual não ofereça nenhum tipo de periculosidade. Indireta somente em casos onde a forma direta não pode ser implementada, desse modo utiliza-se proteções.

A preventiva é a utilização de avisos para alertar os perigos potenciais do equipamento ou produto.

##### 2.5.4.3 Planejamento do Abandono do Produto

Todo produto tem um ciclo de vida que vai desde a entrada de matéria prima, a fabricação, distribuição, uso, indo até o descarte do produto. Segundo Baxter (2011),

o projetista deve estar ciente de como o produto se comportaria em todas as etapas do seu ciclo de vida.

Romeiro Filho (2010) separa o ciclo de vida do produto em dois, na perspectiva mercadológica e na perspectiva ambiental. Na perspectiva mercadológica a vida é estipulada pela demanda de mercado, este tem a capacidade de diminuir ou acabar com a produção. Do ponto de vista ambiental produtos tendem a causar menos impacto ambiental quando é praticado a logística reversa, onde no final da vida o produto é desmontado e volta ao local de origem.

## 2.6 PROJETO EXECUTIVO

Dada as configurações finais do produto, inicia-se o processo de fabricação, para isso é necessário a ocorrência de especificações de processos de fabricação. (BAXTER, 2011)

### 2.6.1 Planejamento da Produção/Execução

O planejamento de produção envolve a criação de desenhos detalhados, bem como a ordem de fabricação de elementos, ajustes, montagem, ferramentas e máquinas a serem utilizadas e por fim o método de inspeção do produto acabado. Baxter (2011) aborda a necessidade de criação de fluxogramas para as etapas para a realização das atividades.

## 2.7 QUADRO DE MODELO DE NEGÓCIOS – CANVAS

Um modelo de negócio é aplicado tanto para empresas que visam lucro quanto para empresas sem fins lucrativos. Essas são tratadas como modelo de empreendimento podendo ser implementada dentro ou fora de organizações. O quadro de modelo de negócio/empreendimento descreve numa linguagem simples estratégias adotadas durante o processo de criação do produto. Segundo Osterwalder

(2011) “um modelo de negócios descreve a lógica de criação, entrega e captura de valor por parte de uma organização” (OSTERWALDER, 2011).

O modelo básico de negócios cobre um quadro com nove componentes básicos, destilados de quatro áreas principais: clientes, ofertas, infraestrutura, viabilidade financeira. É uma ferramenta de gerenciamento de projeto que processa de forma estratégica modelos de negócios novos ou existentes, onde é possível avaliar as necessidades básicas de negócio.

Inclui a busca pelas atividades-chave para a execução do projeto ou negócio, os recursos principais, podendo ser humano, físicos, financeiros ou intelectuais, as parcerias necessárias para o crescimento e desenvolvimento da atividade, o segmento de cliente e o relacionamento dele com a empresa, onde se tem o público alvo e a ligação desses com a empresa.

Outras atividades são propostas dentro do modelo, como, estrutura de custo e fluxo de caixa qual relaciona as consequências monetárias da atividade e o rendimento da empresa de acordo com o fluxo de receita (OSTERWALDER, 2011).

O modelo de quadro referente aos nove componentes pode ser visto na Figura 5.

**Figura 5 - Modelo de quadro CANVAS**



Fonte: Adaptado de Osterwalder (2011).

A utilização do quadro aconselhada por Osterwalder (2011) é com o uso de papeis autoadesivos, onde o quadro de negócios é impresso e colado em uma parede, e a cada ideia a ser seguida é escrita nos papeis e colados no quadro de forma que seja possível a remoção, pois ideias que não serão seguidas não devem permanecer no quadro de negócios.

### 3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da máquina para a fabricação de encaixes em tubo, utilizou-se o procedimento descrito por Kaminski (2000) em Desenvolvimento de produtos com planejamento, criatividade e qualidade. Entretanto algumas etapas tiveram sua ordem de execução trocada ou suprimida, pois considerou-se desnecessário para o desenvolvimento deste produto pelo fato monetário, bem como pela inviabilidade de execução de alguns passos pelo custo de fabricação bem como pela capacidade de executá-los dentro do projeto UTForce e-racing. Essa capacidade foi discutida dentro do projeto e podem ser vistas no quadro adaptado.

O processo de desenvolvimento foi dividido em 6 etapas conforme mostra a Figura 6.

Figura 6 - Etapas da metodologia

- 1. -CANVAS**
  - 1.1. *-CANVAS adaptado*
- 2. -ESTUDO DA VIABILIDADE**
  - 2.1. *-Necessidades do Usuário*
  - 2.2. *-Benchmarking*
  - 2.3. *-Matriz De Decisão*
  - 2.4. *-Especificação Técnica*
- 3. -PROJETO BÁSICO**
  - 3.1. *-Modelagem*
  - 3.2. *-Seleção de Materiais*
- 4. -PROJETO EXECUTIVO**
  - 4.1. *-Seleção De Ferramentas e Máquinas*
  - 4.2. *-Construção, Montagem.*
- 5. -MEDIÇÃO**
  - 5.1. *-Análise de tempo*
  - 5.2. *-Comparação*

Fonte: Autoria própria.

### 3.1 CANVAS

Utilizou-se o modelo de negócio CANVAS como parte de coleta de dados para a descrição e melhor visualização do planejamento do processo criativo. O modelo original apresentado por Osterwalder (2011) foi adaptado para ser compatível com o tipo de desenvolvimento do produto, destacando que este tem como objetivo atender a requisitos básicos dentro do projeto de carros do tipo fórmula dentro da equipe UTForce e-racing.

As principais modificações ocorreram atendendo as necessidades básicas do projeto. O quadro foi montado com as seguintes características: parcerias principais, atividades chaves, recursos utilizados, compras, clientes internos, necessidades dos clientes, vantagens, restrições do projeto. O quadro adaptado pode ser visualizado na Figura 7.

**Figura 7 - Modelo de Negócio CANVAS Adaptado**

Parcerias Principais	Atividades chaves	Recursos utilizados	Compras
	Clientes internos	Vantagens	
Necessidades dos clientes		Restrições do projeto	

Fonte: Autoria própria.

O método de utilização do quadro de negócio adaptado continuou similar ao modelo apresentado por Osterwalder, onde adesivos autocolantes foram fixados conforme as etapas de projeto e aquisição de informação foram seguidas.

### 3.2 ESTUDO DE VIABILIDADE

Este estudo resultou em um processo de variadas etapas ao decorrer do desenvolvimento do produto, para definir se este projeto de produto era viável dentro da equipe de UTForce e-racing, qual ficou incumbida pelo processo de fabricação do equipamento.

Esta etapa reuniu critérios que vão desde as necessidades básicas com relação ao produto, passando pela análise de *benchmarking*, como pesquisa de produtos, onde foi possível buscar por ideias relacionada a mecanismos já existentes para a função, e avaliado a especificação técnica necessária do produto. As etapas detalhadas com relação ao estudo podem ser observadas na Figura 8.

**Figura 8 - Detalhamento da etapa de viabilidade**

- 2. -ESTUDO DA VIABILIDADE**
  - 2.1. -Necessidades do Usuário
    - 2.1.1. -*Conversa Informal*
    - 2.1.2. -*Pesquisa Através do Google Form*
  - 2.2. -Benchmarking
    - 2.2.1. -*Pesquisa de Equipamentos com Mesma Finalidade*
    - 2.2.2. -*Levantamento de Formas de Construção de Bocas de Lobo*
  - 2.3. -Matriz de Decisão
    - 2.3.1. -*Inserção de Quesitos Dentro da Matriz*
    - 2.3.2. -*Seleção e Decisão*
  - 2.4. -Especificação Técnica
    - 2.4.1. -*Procura por Elementos Existentes*
    - 2.4.2. -*Quesitos Operacionais*
    - 2.4.3. -*Quesitos de Manutenção*
    - 2.4.4. -*Quesitos Construtivos*

Fonte: Autoria própria.

### 3.2.1 Necessidade do Usuário

O início do estudo foi a determinação da necessidade do cliente com relação ao equipamento, o modo com o qual permitiu a obtenção de dados necessários para estabelecer requisitos do produto. Os métodos que foram utilizados para tal finalidade estão descritos abaixo.

#### 3.2.1.1 Conversa informal (questionário)

A conversa informal foi realizada com membros participantes do projeto Fórmula SAE da equipe UTForce e-racing no qual o assunto tratado era referente a estrutura tubular do carro, chassi. Onde algumas perguntas foram respondidas e anotadas em adesivos autocolantes com a inserção destes no quadro adaptado. O esquema de perguntas pode ser visto abaixo:

- Qual a necessidade de se ter encaixe como bocas de lobo?
- Qual a maior dificuldade em fazê-las?
- Qual a variação média de ângulo presente no chassi?
- Se uma máquina fosse capaz de fazer tal formato, qual os requisitos mínimos seriam desejáveis?

#### 3.2.1.2 Pesquisa através do Google Forms

Para maior número de requisitos, houve a necessidade de criação de um formulário via Google Forms. O intuito foi atingir um maior número de participantes da competição de Fórmula SAE, e, formalizar as necessidades dos denominados clientes internos. Para isso o formulário foi disponibilizado para os participantes via Facebook e abordou as seguintes questões:

- Qual a necessidade de se ter encaixe como bocas de lobo?
- Qual a maior dificuldade em fazê-las?
- Qual a variação média de ângulo presente no chassi?
- Qual a qualidade do processo utilizado atualmente pela equipe?



- Qual o maior problema enfrentado?
- Quanto tempo é gasto em média para a fabricação de uma única boca de lobo?
- Se uma máquina fosse capaz de fazer tal formato, qual os requisitos mínimos seriam desejáveis?

Da mesma forma que o questionário informal, as respostas foram transcritas em adesivos e coladas ao quadro.

### 3.2.2 *Benchmarking*

O uso do *benchmarking* como ferramenta de levantamento de dados do mercado externo teve como objetivo o levantamento de equipamentos com mesma finalidade e outras formas fabris que tem por finalidade o tipo de corte boca de lobo, bem como a comparação entre os processos.

#### 3.2.2.1 Pesquisa de equipamentos com a mesma finalidade

Teve por objetivo principal a determinação de equipamentos que desempenham a mesma função. Esta etapa levantou na forma de dados quais os tipos de componentes utilizados nas máquinas, ferramentaria de usinagem para corte, se há ou não a inserção de elementos comerciais, os tipos de mecanismos utilizados, manutenção do equipamento bem como restrições de uso e validação do equipamento com as necessidades inseridas pelos usuários finais.

#### 3.2.2.2 Levantamento de formas de construção de bocas de lobo

O levantamento de outras formas de construção teve como base a pesquisa de mecanismos diferenciados para finalidade em questão, como é o caso de: corte a laser, plasma, jato d'água. Onde coube determinar se haveria a possibilidade de inserção desse tipo de maquinário e equipamentos dentro da equipe UTForce e-racing.

### 3.2.3 Matriz de Decisão

A ferramenta de matriz foi utilizada para priorizar e agregar pesos a algumas formas de fabricação dando de forma numérica o critério de escolha. Foi utilizada essa ferramenta no início do processo para redução de tempo, dispensando a necessidade de procura de elementos existentes para outros modos de fabricação.

Primeiramente foi feita uma matriz com todos os meios de fabricação, sendo que cada um recebeu um peso indicando maior relevância na escolha.

O exemplo simplificado de matriz de decisão pode ser visto na Figura 9.

**Figura 9 - Matriz de decisão utilizada**

	Peso	Máquina de corte por cisalhamento	Desgaste por abrasão	Corte a plasma	Corte a laser	Corte a jato da água	Corte com geometria definida
Custo de Fabricação da máquina	10						
Possibilidade de fabricação na UTFPR	8						
Tempo de desenvolvimento do projeto	5						
Grande Variação de ângulos (10° a 90°)	9						
Custo de operação	7						
Tamanho total do equipamento	6						
	SOMA	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria.

#### 3.2.3.1 Inserção de quesitos dentro da matriz

Os quesitos principais para o projeto foram avaliados de acordo com as necessidades indicada na pesquisa. Dada as necessidades com relação ao projeto,

essas foram inseridas na coluna à esquerda da matriz. Com relação ao peso, esse foi discutido com a gerência do projeto Fórmula SAE na instituição, onde os membros são estudantes de engenharia dos cursos de engenharia mecânica, engenharia eletrônica e engenharia de produção, de forma a caracterizar e priorizar as principais necessidades de cada escolha. Os pesos foram divididos de 5 a 10 em ordem crescente de relevância.

### 3.2.3.2 Seleção e decisão

A seleção dos elementos inseridos no projeto, originou-se da multiplicação da nota inserida para cada elemento, com o peso do mesmo e seguiu-se da soma, na qual, as maiores notas representaram a escolha e utilização do elemento no projeto. A nota de cada elemento variou de 0 a 5 onde decorre a ordem crescente de priorização.

Para o quesito custo de fabricação os valores apresentam ordem inversa, onde 5 representa um custo baixo, quanto o valor 0 apresenta um alto. Para a possibilidade de fabricação na UTFPR o valor 5 representa a maior possibilidade de fabricação devido aos maquinários presentes. Para o tempo de desenvolvimento, devido as características operacionais e físicas dos conjuntos de funcionamento, o valor 5 apresenta um menor tempo de projeto.

Para as variações de ângulos, seguiu-se a ordem crescente, onde o valor 5 apresenta uma maior gama de possibilidades angulares. O custo de operação pode-se considerar o valor 5 como sendo valor mais baixo. O tamanho do equipamento representa o espaço físico ocupado, sendo o valor 0 para os maiores, e 5 para os de menores tamanhos.

### 3.2.4 Especificação Técnica

Consistiu na etapa já do desenvolvimento onde os dados técnicos do produto foram levantados de forma a atingir as necessidades expostas. A busca e o levantamento de dados recolhidos tiveram a utilização diretamente ligada ao quadro de negócio adaptado, no qual possibilitou uma maior visibilidade.

#### 3.2.4.1 Procura por elementos existentes

Consistiu na busca de componentes existentes com finalidades previstas para uso no equipamento em desenvolvimento. Para tal atividade, o uso de livros de elementos de máquinas, bem como pesquisa de catálogos foram a base da aquisição de informações sobre produtos com o qual não houve a necessidade de desenvolvimento, e quando houve, admitiu-se como base para o desenvolvimento o funcionamento do equipamento juntamente com seus componentes.

#### 3.2.4.2 Quesitos operacionais

Essa etapa conciliou o processo de operação com os elementos existentes pré-determinados, isto é, dada a determinação desses elementos esta foi responsável pelo funcionamento operacional do produto de forma a garantir o máximo rendimento e vida útil do equipamento.

#### 3.2.4.3 Quesitos de manutenção

De mesma forma que o operacional a manutenção do produto é viabilizada após a escolha dos elementos que o compõe. Para isso, dada a escolha dos elementos, foi relatado junto ao quadro de negócios adaptado onde averiguou se as manutenções previstas para cada peça estavam de acordo com as necessidades ou restrições do projeto.

#### 3.2.4.4 Quesitos construtivos

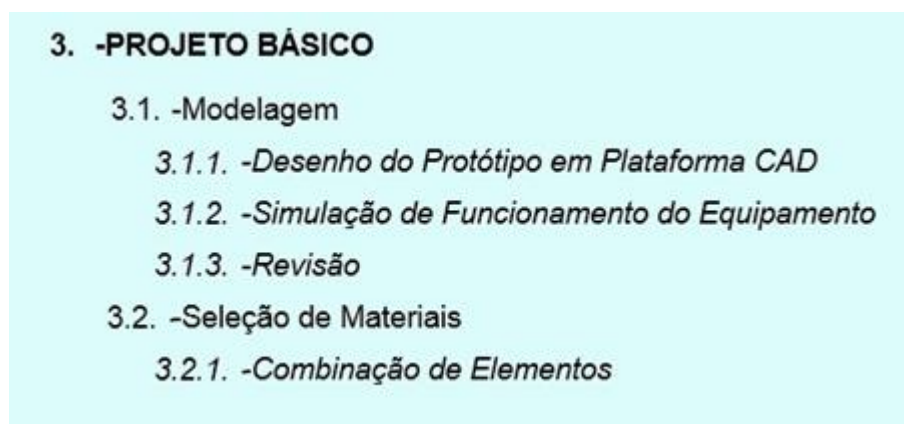
A associação dos elementos foi feita de modo que a construção garanta o funcionamento correto de cada componente inserido no projeto, com as necessidades relatadas dos usuários finais. Foi necessário verificar a possibilidade de construção dentro dos recursos disponíveis no projeto, para isso foi feita uma pesquisa simplificada dos equipamentos disponíveis para a construção do projeto, atendendo assim os três requisitos citados anteriormente.

### 3.3 PROJETO BÁSICO

Dada o término do estudo da viabilidade, teve-se o início da etapa de projeto básico onde questões de desenvolvimento e avaliação das melhores decisões foram tomadas para o desenvolvimento do projeto.

Dentro desta etapa foi detalhado e reunido maiores detalhes relacionados ao desenvolvimento, onde teve-se a escolha de elementos que atingem as necessidades do usuário. Modelagem do produto para a finalidade discutida e seleção de materiais para a fabricação, o esquema do projeto básico foi seguido e é mostrado na Figura 10.

**Figura 10 - Detalhamento do projeto básico**



**Fonte: Autoria própria.**

#### 3.3.1 Modelagem

Nesta etapa foi criado a partir de elementos selecionados as configurações e leiautes do equipamento.

##### 3.3.1.1 Desenho do protótipo em plataforma de desenho assistido por computador (CAD)

Com as características físicas definidas fez-se nessa etapa o desenho em CAD, onde através do *software* SolidWorks foi desenhado as peças que compõe o produto final. Os desenhos foram feitos componente por componente partindo do

esboço “peça” do programa, sendo seguido pelo comando “montagem” onde ocorreu a união de componentes presidida da montagem final dos componentes.

### 3.3.1.2 Simulação de funcionamento do equipamento

Etapa pela qual o desenho totalmente montado no *software*, passou por uma análise de colisão e movimentação dentro das ferramentas de avaliação. Nesta etapa os possíveis erros de montagem e desenhos foram avaliados, sendo, quando necessário, modificados e reavaliados.

A movimentação executada dentro do programa foi similar ao funcionamento do mecanismo do produto, onde foi possível avaliar de forma real as configurações dispostas pela máquina, bem como seu posicionamento.

### 3.3.1.3 Revisão

Consistiria na modificação e montagem dos desenhos quando houvesse necessidade, seria feita dentro do próprio *software* no mesmo arquivo do programa.

Como não houve modificações a serem feitas, a criação de modelos de detalhamento das peças foi iniciada. Onde foi utilizada a ferramenta de detalhamento do próprio programa em folhas A4 e A3, com o *template* de folha utilizado dentro do projeto UTForce e-racing.

### 3.3.2 Seleção de Materiais

A seleção de materiais e a modelagem tiveram como base o funcionamento adequado do projeto, para isso em cada etapa da criação de modelagem houve a necessidade de escolha de elementos compatíveis com o projeto, para isso teve-se a necessidade da combinação de materiais utilizados no projeto para o correto funcionamento do produto.

### 3.3.2.1 Combinação de elementos

Etapa na qual foi possível a seleção de materiais utilizados no projeto visando garantir requisitos básicos de funcionamento e de segurança, para escolha, adotou-se critérios de avaliação dos materiais como: custo, interferência, peso. Onde os principais materiais utilizados tenham para o projeto custo zero.

## 3.4 PROJETO EXECUTIVO

Etapa onde ocorreu a construção física do produto, foi necessária uma seleção de ferramentas e máquinas a serem utilizadas, bem como uma elaboração de construção e montagem. Os processos decorrentes da execução podem ser vistos na Figura 11.

Figura 11 - Detalhamento do projeto executivo

### **4. -PROJETO EXECUTIVO**

#### 4.1. -Seleção de Ferramentas e Máquinas

##### 4.1.1. -Disponibilização de Ferramentas e Máquinas

#### 4.2. -Construção, Montagem

##### 4.2.1. -Sequência de Construção

##### 4.2.2. -Sequência de Montagem

Fonte: Autoria própria.

### 3.4.1 Seleção de Ferramentas e Máquinas

A seleção de ferramentas e máquinas para a execução do projeto foi feita de acordo com os maquinários disponíveis dentro do projeto UTForce e-racing e laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e de acordo com os processos de fabricação quais o projeto do produto julgou-se necessário. Esses foram anotados em ordem sequencial de execução.

#### 3.4.1.1 Disponibilização de ferramentas e máquinas

A realização do projeto dentro da UTFPR com baixo custo, teve como necessidade a utilização de ferramentas presente nesse espaço, para isso verificou-se a disponibilização desse ferramental de construção com os professores responsáveis pelos equipamentos e, com autorização, realizado os procedimentos com hora marcada.

Equipamentos cujo a disponibilização não necessitava a ordem prévia, foram utilizados dentro da disponibilidade da equipe UTForce e-racing.

#### 3.4.2 Construção e Montagem

Com todas as ferramentas em mãos e máquinas disponibilizadas, teve-se a etapa responsável pela fabricação de peças e união de elementos, onde foi dividida em duas etapas sendo que a primeira representou a fabricação em si, seguida pela união de todos os elementos em um único corpo caracterizado de máquina.

##### 3.4.2.1 Sequência de construção

A sequência de construção foi elaborada visando os processos de fabricação, primeiramente todos os componentes foram separados por conjunto, passaram então pela usinagem, seguido de soldagem. A ordem de fabricação foi dada de baixo para cima, sendo feita primeiramente a base da máquina com termino nos elementos superiores.

##### 3.4.2.2 Sequência de montagem

Tendo os elementos concluídos, iniciou-se o processo de montagem, esse prosseguido da pré-montagem de conjuntos, ou seja, elementos compatíveis que tem dependência de funcionamento foram montados primeiro. Seguida dessa pré-montagem, ocorreu a inserção desses elementos de forma se obter uma única



máquina, seguindo a mesma ordem dada na construção, sendo essa iniciada pela base com termino do topo da máquina.

### 3.5 MEDIÇÃO

Dada a construção e finalização do produto, iniciou-se o processo de medição e análise qualitativa dos produtos processados pela máquina, afim de atingir os objetivos proposto. Essa análise foi feita com elementos de medição e visual, qual abordou critérios de avaliação. As etapas de avaliação e medição podem ser vistas na Figura 12.

**Figura 12 - Detalhamento da etapa de medição**

#### **5. -MEDIÇÃO**

##### 5.1. -Análise de tempo

*5.1.1. -Medição do tempo pelo processo convencional de caldeiraria*

*5.1.2. -Medição do tempo executado pela máquina desenvolvida*

##### 5.2. -Comparação

*5.2.1. -Comparação do tempo gasto com os dois métodos*

*5.2.2. -Comparação visual dos resultados obtidos pelos dois modos de corte do tubo*

**Fonte: Aatoria própria.**

#### 3.5.1 Análise de Tempo

Foi feita a avaliação dos resultados oferecidos pelo produto com relação aos objetivos abordados no trabalho, e instrumentos básicos de medição foram utilizados para esse fim.

##### 3.5.1.1 Medição do tempo pelo processo convencional de caldeiraria

Esse processo consistiu no desenvolvimento de 9 bocas de lobo em tubos de 25m de diâmetro com 1,2 mm de parede no método tradicional de caldeiraria, sendo

3 em cada ângulo de 60°, 45° e 30° graus, e o tempo de cada uma avaliada com um cronômetro do aparelho celular *Samsung J5*. Os processos utilizados nessa etapa estão descritos abaixo:

- Desenho do corte com utilização de *software* online (blocklayer.com)
- Colagem do mesmo em um tubo de 25 mm
- Corte
- Ajuste

As etapas foram cronometradas e guardadas em uma base de dados.

Utilizou-se o determinado *software* para os desenhos dos cortes após a verificação do resultado do desenho. Qual constatou-se que os traçados apresentados coincidiam com os cortes nas mesmas inclinações dos tubos.

#### 3.5.1.2 Medição de tempo executado pela máquina desenvolvida

Esse processo consistiu no desenvolvimento de bocas de lobo sendo essas executadas pela máquina e essas avaliadas com o mesmo cronômetro, tendo a quantidade dos tubos e os cortes as mesmas características do processo de caldeiraria citado anteriormente. Os processos utilizados nessa etapa estão descritos abaixo:

- *Setup* da máquina (escolha da angulação e posicionamento do tubo)
- Corte

Outros 9 tubos foram cortados na máquina com as mesmas características dos anteriores, mas desconsiderando a avaliação do tempo de *setup*. As etapas foram cronometradas e guardadas em uma base de dados.

#### 3.5.2 Comparação

Fase do comparativo entre os resultados obtidos de maneira tradicional, com os resultados obtidos pelo produto desenvolvido.

### 3.5.2.1 Comparação de tempo gasto com os dois métodos

Com a base de dados com relação ao tempo de execução nos dois métodos, foi criada uma tabela comparativa com os resultados, onde foi possível avaliar a eficiência do método tradicional com relação ao método novo.

### 3.5.2.2 Comparação visual dos resultados obtidos pelos dois modos de corte de tubo

A comparação visual foi feita de maneira a avaliar: o encaixe do tubo nas mesmas inclinações, rebarbas nos tubos e frestas. A avaliação consistiu de uma nota 0 ou 1 para cada critério, onde obrigatoriamente não é possível uma mesma nota para ambos os processos dentro do mesmo critério.

Para a atribuição da nota, comparou-se os resultados dos processos e aquele que demonstrou melhor condição de encaixe do tubo nas mesmas inclinações, menores níveis de rebarbas, menor incidência de frestas recebeu a nota 1, e o outro nota 0.

As notas por fim foram somadas para encontrar o melhor método.

## 4 RESULTADOS E DISCUÇÕES

### 4.1 CANVAS

O resultado obtido através do modelo de negócio adaptado teve grande influência nas decisões tomadas durante o processo de desenvolvimento do produto bem como nas etapas de construção. A modificação resultou em uma forma visual clara das principais características desejadas pelos clientes, bem como as atividades a serem realizadas. O fato de sempre estar visível facilitou as tomadas de decisões, já que uma vez exposto, havia uma maior facilidade de diálogo com os membros do projeto UTForce com relação as necessidades principais desejadas pela equipe para se ter o encaixe necessário nos tubos, bem como outras demandas físicas com relação ao equipamento desenvolvido. O resultado do modelo de negócios adaptado para projeto pode ser visto na Figura 13.

Figura 13-Quadro de negócios adaptado e preenchido com os quesitos avaliados no projeto

<b>Parcerias Principais</b>  FERRO EXTRA  UTFPR	<b>Atividades chaves</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Patrocínio de material</li> <li>• Formulário Google</li> <li>• Desenvolvimento CAD</li> <li>• Liberação de labs.</li> </ul>	<b>Recursos utilizados</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corte Laser</li> <li>• Ferramentas Lab. Usinagem</li> <li>• Máq. Lab. Soldagem</li> </ul>	<b>Compras</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aços 1020 (Retalhos)</li> <li>• Chapa de Aço (ver espessura)</li> <li>• Serra Copo 25mm</li> <li>• Parafusos</li> <li>• Óleo</li> <li>• Retalhos de Latão</li> </ul>
	<b>Clientes internos</b>  Estrutura (chassis)	<b>Vantagens</b>  Baixo Custo de operação	
<b>Necessidades dos clientes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil Fixação do tubo</li> <li>• Escala mín. 2° graus</li> <li>• Praticidade no processo de corte</li> <li>• Facilidade de Setup</li> <li>• Alta durabilidade</li> <li>• Baixo custo</li> <li>• Variação de ângulos (10° até 90°)</li> </ul>		<b>Restrições do projeto</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo Custo</li> <li>• Pequenas Dimensões</li> <li>• Manutenção 1 vez ao ano</li> <li>• Gasto máximo de R\$50,00</li> <li>• Apenas Utilização de Labs. Da UTFPR</li> </ul>	

Fonte: Autoria própria.

## 4.2 ESTUDO DA VIABILIDADE

Os resultados obtidos referentes a conversa informal com os integrantes da Equipe UTForce e-racing para requisitos mínimos do equipamento, bem como aspectos de necessidade do mesmo respondendo as questões levantadas anteriormente, de forma geral as respostas foram:

- Qual a necessidade de se ter encaixe como bocas de lobo?

Resposta: A facilidade no encaixe dos tubos ao chassi, respeitando as dimensões do projeto bem como facilitação do processo de soldagem.

- Qual a maior dificuldade em faze-las?

Resposta: Respeitar as angulações de projeto sem deixar buracos entre os encaixes.

- Qual a variação média de ângulo presente no chassi?

Resposta: O primeiro protótipo possui variação de ângulo de 17,93° graus até 90° graus, entretanto ângulos de até 15° graus podem ser utilizados em projetos futuros.

- Se uma máquina fosse capaz de fazer tal formato, qual os requisitos mínimos seriam desejáveis?

Resposta: Facilidade no processo de fixação dos tubos, possibilidade de atender de 15° até 90° graus, escala de 2° graus, tamanho reduzido, baixo custo de fabricação, alta durabilidade, facilidade de *setup* da máquina.

A pesquisa externa para comprovação da necessidade do equipamento bem como a necessidade de obtenção de mais requisitos está presente no Apêndice A.

Desse levantamento de dados a fim de obter mais necessidades dos usuários do projeto denominada necessidade dos clientes, foram transcritas de forma simplificada e inseridas no modelo de negócios adaptado para projeto.

#### 4.2.1 *Benchmarking*

A etapa de *benchmarking* foi utilizada somente com a intenção de procura externa de equipamentos, sem comparações de valores ou outras características.

##### 4.2.1.1 Pesquisa de equipamentos com mesma finalidade

Dentre das máquinas encontradas para fazer bocas de lobo destacaram-se as hidráulicas com acionamento elétrico, e as totalmente elétricas ambas com corte por cisalhamento de material. Esses modelos de equipamentos fazem os cortes apenas para tubos onde tem encaixe de 90° graus, alguns apresentam variação na ferramenta de cisalhamento sendo possível o corte de tubos de diversos tamanhos. Na Figura 14 esta representada esses tipos de máquinas onde é possível fazer apenas o encaixe de 90° graus.

**Figura 14- Máquinas por corte de cisalhamento para a fabricação de boca de lobo em tubos**



Fonte: Huneycutt (2015), Piranha, Hech Industries inc.

Outros tipos de máquinas utilizam a abrasão como forma de fabricação para o formato das bocas de lobo. Tendo como princípio de funcionamento uma lixa de cinta qual retira material do tubo, formando assim o encaixe. Algumas encontradas apresentam variação na angulação de 80° a 100° graus, o que significa uma variação de 10° graus em torno do ângulo perpendicular de 90° graus, outras apenas angulação fixa de 90° graus. A Figura 15 demonstra esse tipo de equipamento.

**Figura 15- Máquinas para a fabricação de bocas de lobo que utilizam usinagem por geometria não definida.**



**Fonte: Machineryhouse, Rusche (2003).**

Outro sistema de fabricação é a utilização de ferramentas de corte com geometria definida. Utilizam-se de serras copo e ferramentas de fresa, sendo possível fazer a substituição da ferramenta caso haja necessidade de troca de diâmetro do tubo ou por desgaste. Para o funcionamento do equipamento é necessário a seleção o ângulo qual se deseja obter o corte.

Para isso há em alguns equipamentos escalas angulares que permitem essa seleção, em outros equipamentos ocorre o uso de instrumentos de medição que permitem ajustar a inclinação para a ocorrência do corte. Sendo possível ver em Figura 16 esses mecanismos.

**Figura 16- Máquinas para a fabricação de encaixes tipo boca de lobo utilizando usinagem por geometria definida.**



**Fonte: Medford Tools and Supply Inc., Awill4x4 (2011), CurleyRacecars (2008).**

### 3.2.2.2 Levantamento de formas de construção de bocas de lobo

Outras formas de construção para bocas de lobo são oferecidas por empresas com máquinas de comando numérico computadorizado (CNC). No caso existem a possibilidade de fabricação em corte a laser, plasma, e a jato d'água. Por utilizar o CNC são capazes de realizar cortes que representam a angulação desejada para o encaixe dos tubos, com configuração de 5° até 90° graus de corte. A Figura 17 mostra esses tipos de fabricação.

**Figura 17- Fabricação de bocas de lobo utilizando máquinas CNC com corte térmico**



**Fonte: Direct Industry, JGSturbo (2012), SOCO.**

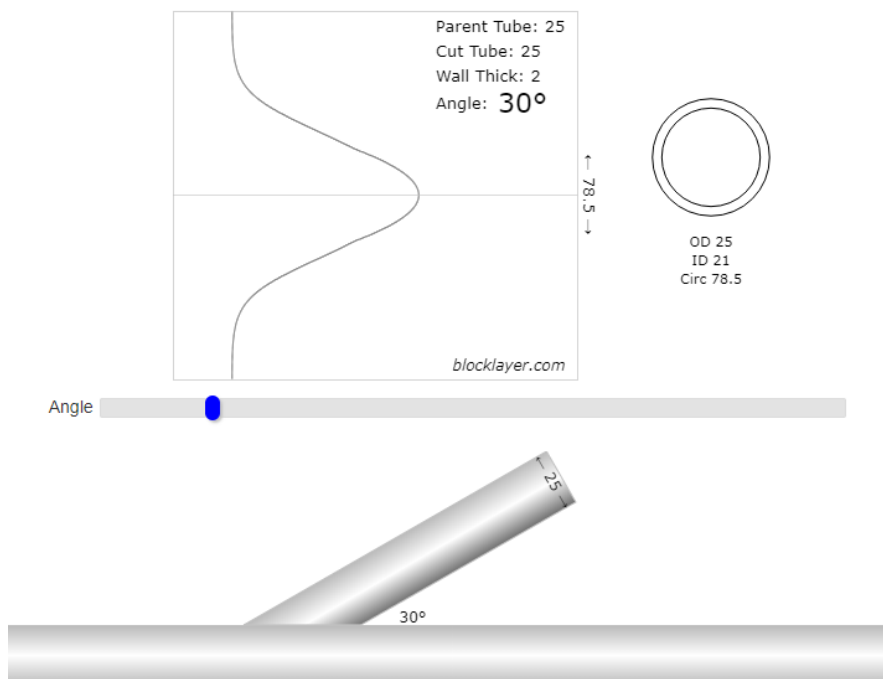
Um processo utilizado na confecção de bocas de lobo para projetos de Fórmula SAE é o método de caldeiraria. Consistindo esse em utilizar um *software* de desenho qual se insere o diâmetro do tubo bem como a angulação desejada para este onde o esse prossegue com o desenho.

Faz-se necessário impressão dos traços seguido da colagem do papel no tubo, prosseguindo com o corte do tubo com ferramentas manuais ou elétricas de corte como a serra manual ou a esmerilhadeira. Por fim utiliza-se de discos de desbastes associados as ferramentas, que guiadas pelas linhas de desenho dão formato de boca de lobo. Por fim, com o auxílio de limas, faz-se a ajustagem garantindo a inclinação e o encaixe.

Esse modo disponível no site [www.blocklayer.com](http://www.blocklayer.com), permite a confecção de encaixes de 20° a 90° graus. A Figura 18 mostra um traçado de caldeiraria.



Figura 18- Modelo de traçado de caldeiraria em tubo de 25 mm de diâmetro com parede de 2 mm



Fonte: Blocklayer (2017).

#### 4.2.2 Matriz de decisão

Foram inseridos os tipos de máquinas e modelos de construção pesquisados anteriormente juntamente com quesitos atribuídos na pesquisa relacionada aos clientes.

A escolha foi pelo modo de usinagem com ferramentas de geometria definida pois teve valor de 195, que foi a maior soma da matriz na Figura 19.

**Figura 19- Matriz de decisão para escolha do projeto de fabricação viável dentro do Projeto UTForce e-racing**

	<b>Peso</b>	Máquina de corte por cisalhamento	Desgaste por abrasão	Corte a plasma	Corte a laser	Corte a jato de água	Corte com geometria definida
Custo de Fabricação da máquina	10	1	2	1	1	1	4
Possibilidade de fabricação na UTFPR	8	1	2	1	1	1	5
Tempo de desenvolvimento do projeto	5	1	3	1	1	1	4
Grande Variação de ângulos (10° a 90°)	9	1	2	4	5	4	4
Custo de operação	7	3	4	1	1	1	5
Tamanho total do equipamento	6	5	4	1	1	1	4
	<b>SOMA</b>	83	121	72	81	72	195

**Fonte: Autoria própria.**

A escolha do modo de fabricação das bocas de lobo para qual produto seria desenvolvido facilitou os processos subsequentes pois diminui o tempo de procura por elementos não necessários para tal projeto.

Embora ocorra a existência de máquinas que utilizam ferramentas de geometria definida para a fabricação de encaixes em tubo algumas características destas inviabilizaram a compra como exemplo: o preço superior a R\$800,00 reais; máquinas com variações pequenas de ângulos (30° a 90°), visto que é possível maiores variações e estas sendo necessárias dentro do chassis; regulagem de ângulos feitas no eixo de rotação, o que poderia apresentar vibrações devida a baixa sustentação ou perda da referência de angulação; posicionamento do tubo com necessidade de instrumentos de medição; incrementos de ângulos maiores que 5° graus.

Dada essas características houve uma real necessidade de desenvolvimento de um produto para a realização de bocas de lobo em tubos de 25 mm.

### 3.2.3 Especificações técnicas

#### 3.2.3.1 Procura por elementos existentes

Com resultado da matriz, a pesquisa por elementos existentes seguiu direcionada a elementos onde possam ser utilizados em uma máquina com componentes e ferramentas de corte com geometria definida. Dessa forma elementos utilizados em máquinas com lixas ou com corte por cisalhamento foram descartados.

Entre os elementos encontrados, alguns de grande relevância foram os mecanismos para a fixação de tubos, mostrados na Figura 20.

**Figura 20- Elementos fixadores de tubos para execução de corte**



**Fonte: Ferramentas Kennedy, Clube das Ferramentas, JD Squared Inc., Thorlabs.**

Com relação as ferramentas para o corte dos tubos, o resultado da pesquisa foi em três tipos, sendo com brocas do tamanho dos tubos, serras copo e ferramentas de fresa. A Figura 21 demonstra cada tipo de elemento de corte encontrado.

Figura 21- Elementos de usinagem de geometria definida para fabricação de furos de 25 mm

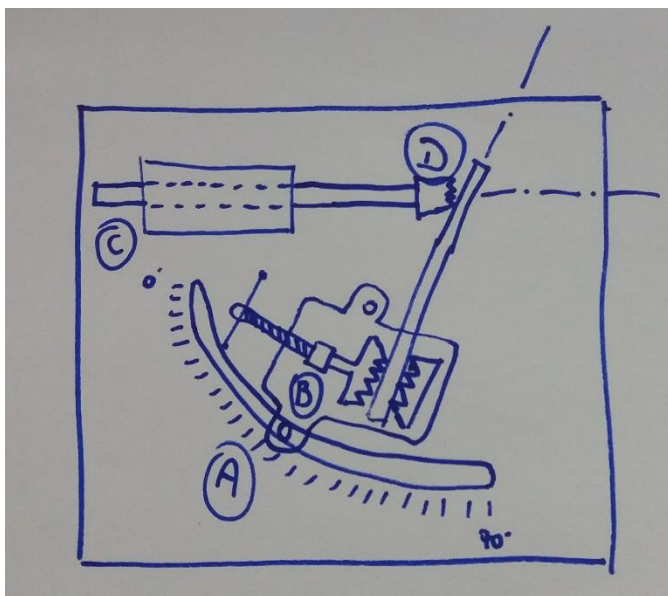


Fonte: Autoria própria.

#### 4.2.2.1 Quesitos operacionais

Na Figura 22 apresenta-se o croqui utilizado para a análise do processo de união dos elementos da máquina e o seu princípio de funcionamento. Identificou-se onde ficaria cada componente para a execução de suas operações.

Figura 22- Croqui demonstrativo de associação de elementos para criação de máquina para a fabricação de bocas de lobo



Fonte: Autoria própria.

O princípio de operação consiste na regulagem da inclinação do tubo vista em A. Em B tem-se o posicionamento do tubo, em C é um eixo semi deslizante e em D a ferramenta de corte.

#### 4.2.2.2 Quesitos de manutenção

Os quesitos levantados pelos pesquisados para a manutenção do equipamento foram a alta durabilidade e fácil manutenção. Entende-se como alta durabilidade a utilização do equipamento durante um ciclo de projeto sem que ocorra quebra ou desgaste excessivo de peças a ponto de inutiliza-lo, e fácil manutenção um equipamento que não necessite de desmontagem e montagem para lubrificação a cada uso.

#### 4.2.2.3 Quesitos construtivos

Os recursos utilizados para a construção estão diretamente ligados ao projeto UTForce e-racing bem como aos laboratórios dispostos dentro da UTFPR e aos materiais quais o projeto tem acesso. Sendo assim o levantamento de dados de parcerias importantes, compras a serem feitas, recursos utilizados, atividades chaves bem como as necessidades dos clientes internos quais foram responsáveis pela fabricação da máquina foram implementados no modelo de negócio.

### 4.3 PROJETO BÁSICO

#### 4.3.1 Modelagem

A modelagem de todo o projeto aconteceu em partes, onde foi definido uma sequência de desenho do projeto da máquina. De forma que a maioria dos componentes foi desenhada para ser fabricada dentro da UTFPR Campus PG.

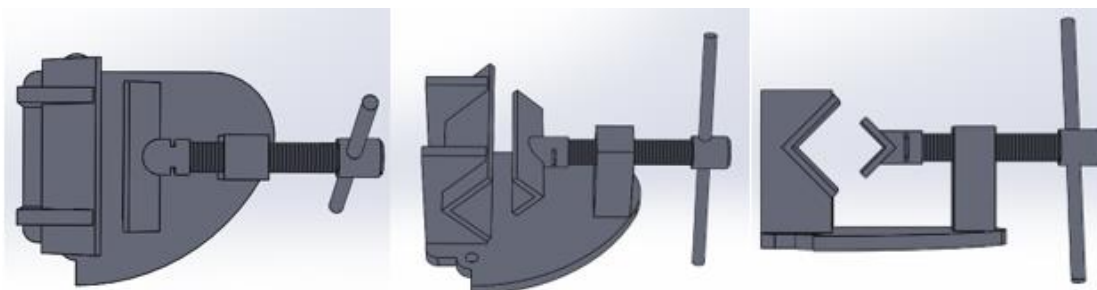
##### 4.3.1.1 Desenho do protótipo em plataforma CAD

O desenho da máquina em questão foi feito em partes, onde a primeira parte a ser desenhada e foi a peça a qual será fixado o tubo para ser realizado o corte.

Com resultado da procura por elementos preexistentes utilizou-se o conceito do torno de bancada associado a um fixador de tubos, onde ocorreu uma modificação nos seus mordentes para a fixação de tubos.

Utilizou-se esse conceito pela facilidade de montagem dos tubos na posição e garantindo 4 linhas de contato entre o mordente e o tubo para fixação sem escorregamento. Essa modificação foi feita de forma que tubos de outros diâmetros possam ser presos garantindo a mesma coincidência da linha de centro da ferramenta de corte com a do tubo. A Figura 23 mostra a peça desenhada e modificada.

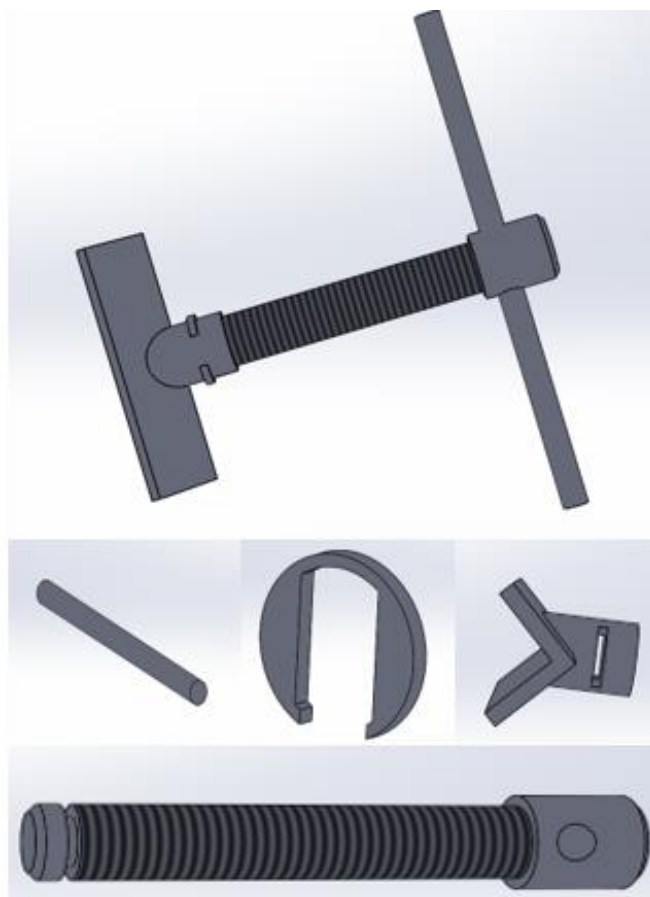
**Figura 23- Desenho CAD de morsa modificada para a fixação de tubos de variados diâmetros**



**Fonte: Autoria própria.**

A morsa modificada é composta por 5 peças. Uma delas um mordente móvel, presa em um fuso regulador, tem a função de aperto do tubo no sistema. Esse fuso é composto por um braço de alavanca qual permite com maior facilidade o giro do fuso, e uma trava que garante a fixação do mordente ao fuso. Esses componentes podem ser vistos na Figura 24.

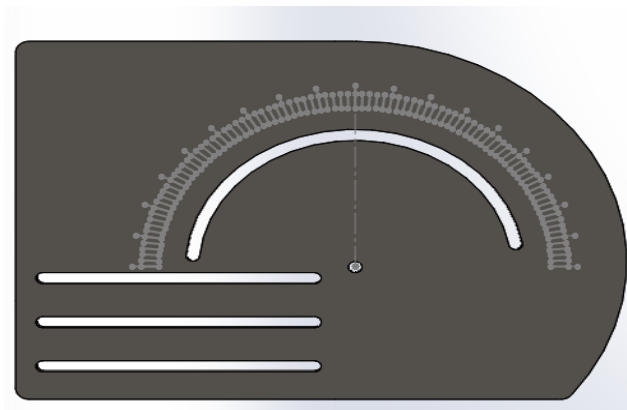
Figura 24- Desenho CAD de Mordente móvel de morsa para a fixação de tubos



Fonte: Autoria própria.

Foi desenhada a base da máquina, peça na qual suportar todos os componentes e tem os trilhos onde as regulagens e escolha de ângulo se encontram com marcação de angulação de 0° graus a 180° graus com escala gradual de 2° graus. A Figura 25 apresenta a base denominada placa.

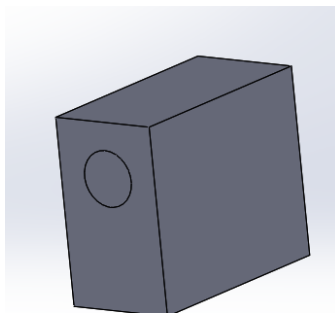
Figura 25- Desenho CAD da Placa de sustentação de componentes com escala graduada



Fonte: Autoria própria.

Seguiu-se pelo desenho foi feita a peça responsável por manter o eixo rotativo deslizante na posição correta, denominada suporte, Figura 26, onde é fixada na placa com 4 parafusos.

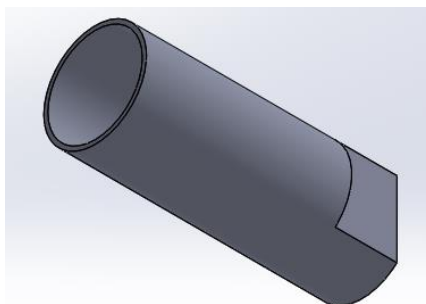
**Figura 26- Desenho CAD do suporte do eixo rotativo para execução de atividade de corte**



**Fonte: Autoria própria.**

A ferramenta de corte foi desenhada com dimensões similares à original, utilizando como base o diâmetro externo da ferramenta, seu comprimento e suas dimensões de furo para a fixação. A Figura 27 representa a serra copo.

**Figura 27- Desenho CAD de serra copo sem os dentes de corte**

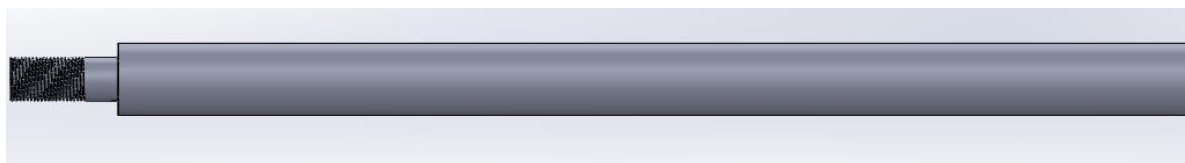


**Fonte: Autoria própria.**

O eixo é uma peça responsável por ligar a ferramenta de corte ao motor qual dará o acionamento elétrico da máquina, o eixo pode ser visto na Figura 28.



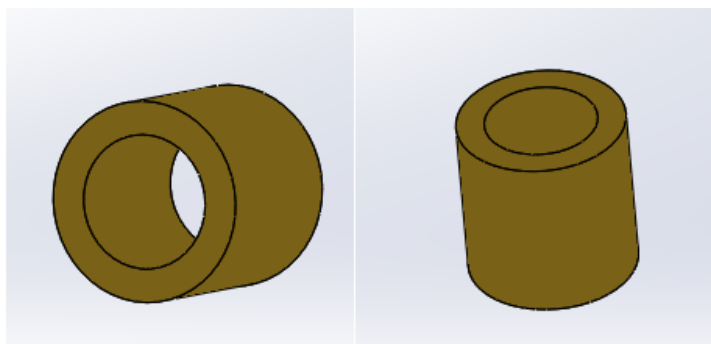
**Figura 28- Desenho CAD do Eixo rotativo com rosca para fixação da ferramenta de corte**



**Fonte: Autoria própria.**

Com o eixo girante, existe a necessidade de mancais deslizantes, denominados buchas. Essas diminuem o atrito entre o eixo e o seu suporte, garantindo maior vida útil ao equipamento. O desenho dos mancais está na Figura 29.

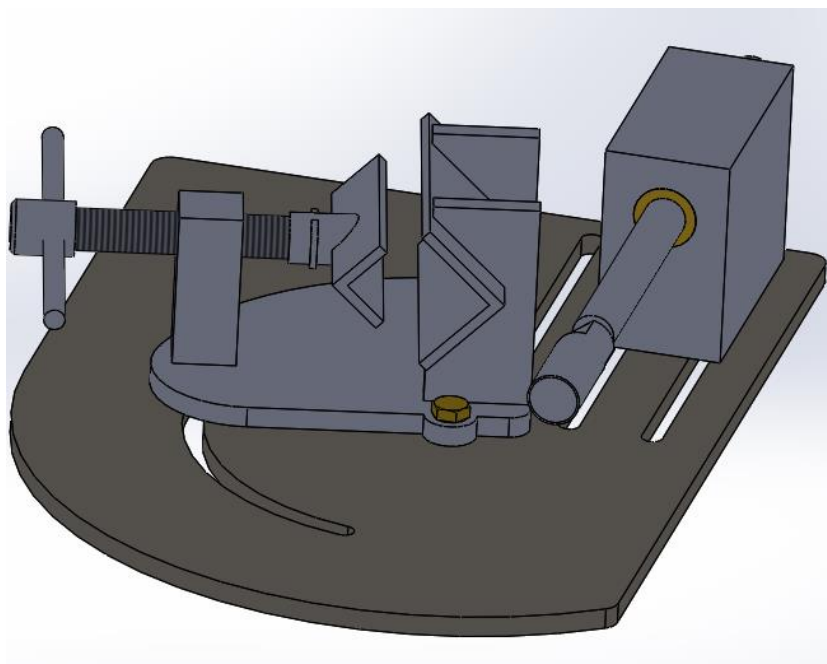
**Figura 29- Desenho CAD de Buchas para alívio de atrito com o eixo rotativo**



**Fonte: Autoria própria.**

A produto final pode ser visto na Figura 30. Onde a montagem consiste em todos os componentes inseridos em seus respectivos lugares dando a visão completa do equipamento.

Figura 30- Desenho CAD completo de Máquina de fabricação de bocas de lobo



Fonte: Autoria própria.

#### 4.3.1.2 Simulação de funcionamento do equipamento

Na simulação feita dentro do próprio *software* não foi encontrado nenhuma interferência do sistema, no caso colisão. Para fazer a simulação utilizou-se a distância de regulagem inicial de 10° graus, com incrementos de 10° graus até o valor de 120° graus. Em todas as situações foi possível a realização de corte e não foram encontradas interferências.

#### 4.3.1.3 Revisão

O processo anterior não demonstrou erros durante a simulação, dessa forma não houve a necessidade de fazer revisões nas peças. Essas foram detalhadas em folhas A4 e A3 em *template* do projeto UTForce e-racing.

#### 4.3.2 Seleção de Materiais

A seleção de materiais foi feita de forma a utilizar o custo zero, tendo esse princípio como base foi requerido ao patrocinador do projeto quais materiais seriam passíveis de patrocínio, obtendo a seguinte resposta: chapa de aço 1020 3/8”, tarugos de aço 1020 e cantoneiras de diversos tamanhos, esses considerados descartes pela fábrica, pedaços de latão e nylon de variados tamanhos, também considerados descartes do processo de produção da fábrica.

##### 4.3.2.1 Combinação de elementos

A seleção de elementos foi feita com base nos materiais disponíveis no patrocinador. A maioria dos materiais utilizados foi aço 1020. Entretanto como esta presente um eixo rotativo deslizando a interação de mesmo material não é aconselhável. Dessa forma as peças denominadas buchas foram feitas em bronze, dispensando o nylon devido à baixa eficiência desse elemento em altas temperaturas. Sendo assim dispensado o uso de matriz de decisão para a escolha de materiais.

#### 4.4 PROJETO EXECUTIVO

##### 4.4.1 Seleção de Ferramentas e Máquinas

Em conversa com o patrocinador foi determinado que algumas das peças poderiam passar por processo de corte a laser antes de serem entregues, diminuindo a necessidade de maiores processos de fabricação. Entretanto ainda será necessário a utilização do processo de soldagem, usinagem para o término do projeto. Para isso foi determinada uma lista com as principais máquinas seguida das ferramentas necessárias.

- Usinagem
  - Torno: broca de centro, brocas 4,6,8,10,12,16,18 mm, bitz de aço rápido, bedâme de aço rápido, suporte para as ferramentas.
  - Fresa: broca de centro, brocas 4,6,8,8.5,10,12,16,18, 20, 22, 24, 25 mm, ferramenta de fresa para desbaste de topo.
  - Ferramenta de rosca interna: desandador e macho de rosca M10x1.25 mm
- Soldagem
  - MIG/MAG: arame 1,0 mm, gás argônio com 25% de dióxido de carbono.

#### 4.4.1.1 Disponibilização de ferramentas e máquinas

Os equipamentos em questão utilizados fazem parte do laboratório de usinagem e soldagem da UTFPR, necessitando de autorização prévia do professor responsável pelo laboratório, dessa forma o laboratório foi utilizado com autorização verbal durante o período o qual este se encontrava na instituição.

#### 4.4.2 Construção e Montagem

##### 4.4.2.1 Sequência de construção

Iniciou-se pela placa da máquina a qual necessitava de escarear os furos para a inserção de parafusos de cabeça cônica, com isso utilizando a fresa e uma broca de 20 mm esse procedimento foi realizado. O resultado desse processo pode ser visto na Figura 31.

**Figura 31- Base denominada Placa cortada a laser e escareada para uso de parafusos de cabeça chata**



**Fonte: Autoria própria.**

O segundo procedimento a ser feito por usinagem foi o fresamento do furo no suporte do eixo. Utilizou-se a fresa com ferramenta de topo e depois o uso de brocas, desde a de centro até a de 25 mm, seguindo a sequência de brocas citadas anteriormente. Utilizou-se a broca de centro juntamente com as brocas de 4,6,8 e 8.5 mm para fabricação dos furos de fixação e com a ferramenta de rosca interna fez-se 4 roscas M10x1.25 utilizadas para fixar e regular a peça na placa. A Figura 32 demonstra o resultado desse procedimento.

**Figura 32- Suporte do Eixo rotativo fresado e furado para a inserção de buchas de latão**



**Fonte: Autoria própria.**

Por torneamento fez-se as buchas de bronze em usinagem externa, com o uso do bitz em aço rápido com afiação em esmeril, com diâmetro de modo que a bucha entre com interferência dentro do furo do suporte, indicando uma tolerância J entre os elementos. A fabricação do furo interno realizou-se inicialmente com a broca de centro, passando para a de 4 mm e variando em 2 mm até a broca de 18 mm, com finalização do furo com bitz de aço rápido até o diâmetro de 20 mm, com ajuste H para eixo deslizante. Para o corte das peças utilizou-se o bedâme. As buchas podem ser vistas na Figura 33.

**Figura 33- Buchas de Latão usinadas a partir de barra sextava**



**Fonte: Autoria própria.**

Ainda por torneamento, com o bitz de aço rápido foi reduzido as dimensões do eixo do fuso de prensagem do tubo, qual posteriormente foi usinado em forma de rosca, o resultado final é demonstrado na Figura 34.

**Figura 34- Fuso usinado para utilização na morsa de tubos**



**Fonte: Autoria própria.**

O suporte do fuso foi usinado com a placa de 4 castanhas, sendo esse furado inicialmente com broca de centro, seguido das brocas de 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 mm, e

com o bitz, após afiado de forma a fazer roscas, usinado a rosca interna dentro da peça em questão. A Figura 35 mostra o resultado dessa usinagem.

**Figura 35- Rosca interna usinada em placa de quatro castanhas**



**Fonte: Autoria própria.**

O torno de bancada modificado necessitou ser fabricado com peças soldadas para minimizar e facilitar o processo de produção, para isso as partes do torno foram modificadas em formato de chapa e cortados a laser pelo patrocinador do projeto UTForce e-racing, e soldados no laboratório de soldagem da própria universidade, o resultado final pode ser visto na Figura 36.

**Figura 36- Morsa de tubos com partes soldadas por MIG/MAG Argônio com 25% de Gás carbônico**



**Fonte: Autoria própria.**

Outra peça que necessitou soldagem foi o mordente móvel, qual utilizou-se um tubo soldado a cantoneiras de metal já cortadas, tendo seu resultado mostrado na Figura 37.

**Figura 37- Mordente móvel soldado utilizado para fixação de tubos de 25 mm para execução de cortes**



**Fonte: A autoria própria.**

A alavanca de torque, Figura 38, utilizada para rosquear e fixar tubos na morsa foi doada por um membro do projeto.

**Figura 38- Alavanca de torque utilizada para rosquear e fixar tubos na morsa modificada**



**Fonte: A autoria própria.**

Outra peça que não necessitou ser fabricada foi o eixo rotativo, este foi utilizado de uma haste de amortecedor encontrada no próprio laboratório do projeto UTForce e-racing. Essa haste possuía mesmo diâmetro do projeto, com acabamento na peça visualmente superior ao conseguido por usinagem na própria universidade e



com rosca na ponta com mesmo passo da ferramenta serra copo. Devido a essas características optou-se por não fabricar essa peça, o eixo utilizado é representado na Figura 39.

**Figura 39- Haste de amortecer de veículo utilizada como eixo rotativo e fixador da ferramenta de corte**

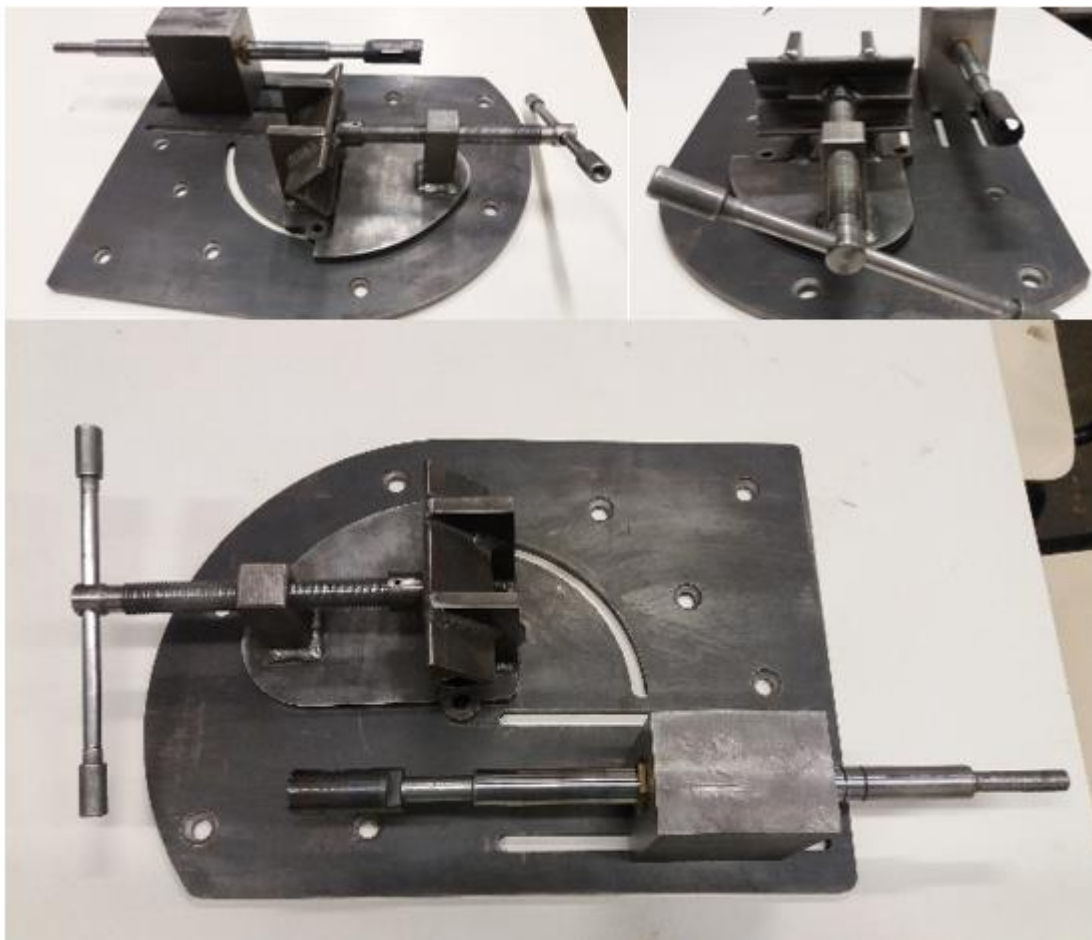


**Fonte: Autoria própria.**

#### 4.4.2.2 Sequência de montagem

A sequência de montagem foi feita primeiramente com o conjunto eixo, buchas e suporte do eixo, onde seguiu-se a montagem do torno de mordentes modificados. Por fim conclui-se o processo de montagem inserindo esses dois componentes na placa. A Figura 40 demonstra o resultado da montagem.

**Figura 40- Máquina de fabricação de bocas de bocas de lobo montada com todos os seus conjuntos de peças**



**Fonte: Aatoria própria.**

## 4.5 MEDIÇÃO

### 4.5.1 Medição do Tempo pelo Processo Convencional de Caldeiraria

Para o processo convencional de caldeiraria não foram contabilizados os tempos de preparo das máquinas visto que normalmente estas já estão com seus respectivos componentes de corte ou desgaste. Sendo assim, o tempo gasto em cada processo de fabricação das bocas de lobo considerando o desenho, colagem, corte, desbaste e ajustagem pode ser visto na Tabela 1.

**Tabela 1- Medição de tempo realizado durante a fabricação de bocas de lobo por caldeiraria**

Angulação do tubo	Desenho	Colagem	Corte	Desbaste	Ajustagem	Tempo Total	Média de Tempo
60°	63,15s	104,40s	38,01s	85,38s	222,09s	512,94s	517,63s
	61,09s	102,13s	39,97s	89,19s	220,91s	523,17s	
	59,72s	108,92s	39,21s	80,38s	228,55s	516,78s	
45°	65,43s	104,18s	29,95s	88,30s	206,12s	491,98s	505,08s
	60,12s	99,14s	32,33s	88,68s	224,52s	504,79s	
	57,90s	98,90s	37,12s	94,31s	230,24s	518,47s	
30°	58,38s	98,72s	38,27s	89,32s	319,37s	602,06s	618,49s
	57,53s	99,89s	37,78s	93,77s	331,02s	619,99s	
	62,21s	101,02s	37,12s	99,32s	333,76s	633,43s	

Fonte: Autoria própria.

#### 4.5.2 Medição de tempo executado pela máquina desenvolvida

O tempo total gasto no processo de fabricação dos encaixes de bocas de lobos feitos pela máquina desenvolvida, levando em conta *setup* (seleção de ângulo), posicionamento de tubo e corte, obtiveram resultados dispostos na Tabela 2.

**Tabela 2- Tempo de duração de execução de corte do tipo boca de lobo através da máquina desenvolvida**

Angulação do tubo	Tempo total de fabricação	Média de Tempo
60°	124,63s	125,23s
	120,94s	
	130,12s	
45°	145,32s	147,11s
	147,99s	
	148,03s	
30°	175,39s	171,96s
	168,61s	
	171,89s	

Fonte: Autoria própria.

Da mesma forma que o método anterior pode-se considerar que após o *setup* da máquina estar pronto, é possível fazer outros tubos diminuindo o tempo, pois não é necessário realizar esta etapa e apenas repeti-la, logo outros 9 tubos com as mesmas características sofreram o corte com medição de tempo, porém, desconsiderando o de *setup*. O resultado é mostrado na Tabela 3.

**Tabela 3- Tempo de fabricação de bocas de lobo desconsiderando o *setup* da máquina desenvolvida**

Angulação do tubo	Tempo de fabricação	Média de Tempo
60°	70,79s	70,97s
	72,23s	
	69,89s	
45°	85,72s	85,24s
	83,66s	
	86,34s	
30°	93,23s	98,62s
	102,49s	
	100,13s	

**Fonte: Autoria própria.**

Em ambas as medições o tempo de inserção da ferramenta de corte e da ferramenta elétrica, furadeira, não foi contabilizado, pois teve-se como base que esses componentes fazem parte da máquina. Entretanto o tempo de inserção desses componentes foi de aproximadamente 60 segundos.

O resultado final apresentou rebarbas nos tubos, havendo a necessidade de uma etapa de acabamento, com o único intuito de retirá-las, sem interferir nas medidas dos ângulos. Assim essa etapa demandou mais tempo no processo de fabricação de cada boca de lobo, o tempo dessa etapa pode ser vista na Tabela 4. Para essa etapa utilizou-se uma ferramenta elétrica rotativa denominada de esmerilhadeira com disco flap com lixa 120.

Tabela 4- Tempo de retirada de rebarbas externas em tubos de 25 mm

Angulação do tubo	Tempo de retirada de rebarbas	Média de Tempo
60°	24,34s	24,86s
	24,52s	
	25,71s	
45°	24,10s	24,02s
	24,73s	
	23,24s	
30°	29,89s	30,38s
	31,22s	
	30,04s	

Fonte: Autoria Própria.

### 4.5.3 Comparação

#### 4.5.3.1 Comparação de tempo

Os resultados a comparação entre os dois métodos demonstram que o tempo de fabricação dos encaixes do modo tradicional é maior que o obtido pela máquina. Observa-se que mesmo com a retirada das rebarbas o tempo de fabricação é menor.

Ocorre ainda uma diminuição maior do tempo quando não há a necessidade de *setup* da máquina, o que torna o processo mais eficiente. Os resultados podem ser vistos no Tabela 5.

**Tabela 5- Comparação de tempo entre o processo de caldeiraria e o processo executado pela máquina**

Angulação do tubo	Processo convencional de caldeiraria	Processo através da máquina		
		Com <i>setup</i> e sem retirada de rebarbas	Com <i>setup</i> e com retirada de rebarbas	Sem <i>setup</i> e com retirada de rebarbas
60°	512,94s	124,63s	148,97s	94,89s
	523,17s	120,94s	145,46s	96,94s
	516,78s	130,12s	155,83s	95,88s
45°	491,98s	145,32s	169,42s	111,02s
	504,79s	147,99s	172,72s	109,77s
	518,47s	148,03s	171,27s	110,24s
30°	602,06s	175,39s	205,28s	124,03s
	619,99s	168,61s	199,83s	134,11s
	633,43s	171,89s	201,93s	130,44s

Fonte: Autoria própria.

Com os resultados, determinou-se a diferença média de tempo entre os dois modos de fabricação para cada angulação de corte avaliada, bem como a eficiência. Para o cálculo da eficiência utilizou-se a ideia de tubos acabados e prontos para soldagem, ou seja, considerado o tempo de retirada de rebarbas dos tubos. Onde o tempo da máquina desenvolvida se mostrou menor em até três vezes ao tempo de execução pelo método de traçado de caldeiraria. Na Tabela 6 é possível ver esses resultados.

**Tabela 6- Média de tempo de execução dos processos de fabricação com coeficiente de eficiência**

Angulação do tubo	Processo convencional de caldeiraria*	Processo através da máquina			Coef. de Eficiência $\left(\frac{*}{**}\right)$
		Com <i>setup</i> e sem retirada de rebarbas	Com <i>setup</i> e com retirada de rebarbas **	Sem <i>setup</i> e com retirada de rebarbas	
60°	517,63s	125,23s	150,08s	95,90s	3,45
45°	505,08s	147,11s	171,13s	110,34s	2,95
30°	618,49s	171,96s	205,68s	129,52s	3,01

Fonte: Autoria Própria.

#### 4.5.3.2 Comparação visual

O procedimento realizado de maneira tradicional demanda mais tempo em relação ao realizado pela máquina desenvolvida, ainda mais se forem comparados os resultados onde não é feita a retirada das rebarbas nos tubos. Existe diferença em quantidade e tamanho de rebarbas deixadas pelos dois processos.

Porém depois processo de retirada das rebarbas nos tubos ficaram com um aspecto visual melhor do que antes deste procedimento, a Figura 41 apresenta a diferença entre do antes e depois dos tubos.

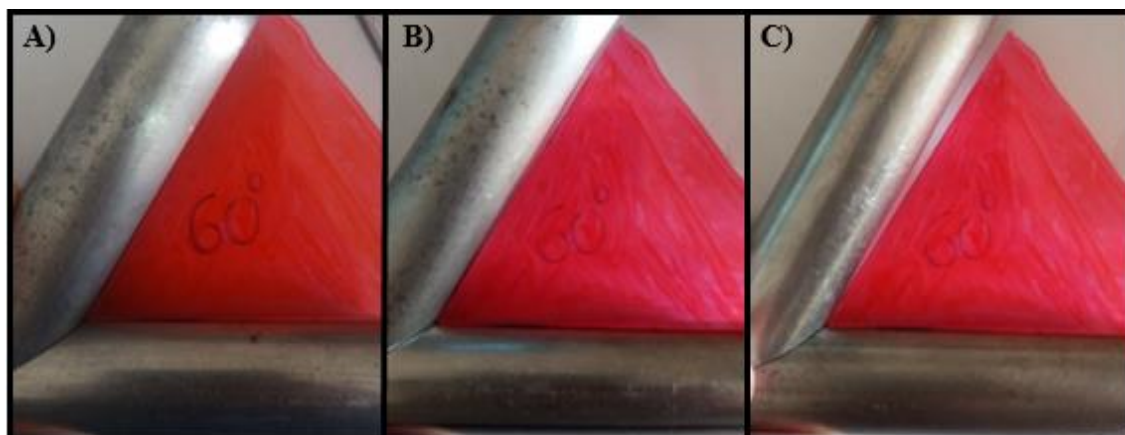
**Figura 41- Comparativo do corte em forma de bocas de lobo antes (A) e depois (B) do processo de retirada de rebarbas dos tubos de 25 mm**



**Fonte: Autoria própria.**

Com a visualização dos ângulos utilizando régua de desenho notou-se que utilizando os ângulos de 30°, 45° e 60° graus o processo utilizando a máquina manteve maior “precisão” quanto a respeitar a angulação desejada. Observa-se na Figura 42 o resultado de alguns tubos com corte de 60° graus utilizando esse método de verificação. Sendo que em A o corte foi feito com a máquina desenvolvida sem a retirada de rebarbas, em B com a retirada de rebarbas e em C pelo método de caldeiraria.

Figura 42- Avaliação visual de encaixe utilizando instrumento de desenho em ângulo de 60° graus



Fonte: Autoria Própria.

O uso de régua de desenho para verificar se os cortes estavam fora da medida desejada, também constatou uma pequena divergência quando utilizado o traçado de caldeiraria para ângulos de 30° graus. É visto na Figura 43 essa pequena divergência onde em D tem-se o corte pela máquina, em E o tubo cortado pela mesma, porém sendo retirada suas rebarbas e em F o corte pelo traçado de caldeiraria.

Figura 43- Avaliação visual de encaixe utilizando instrumento de desenho em ângulo de 30° graus

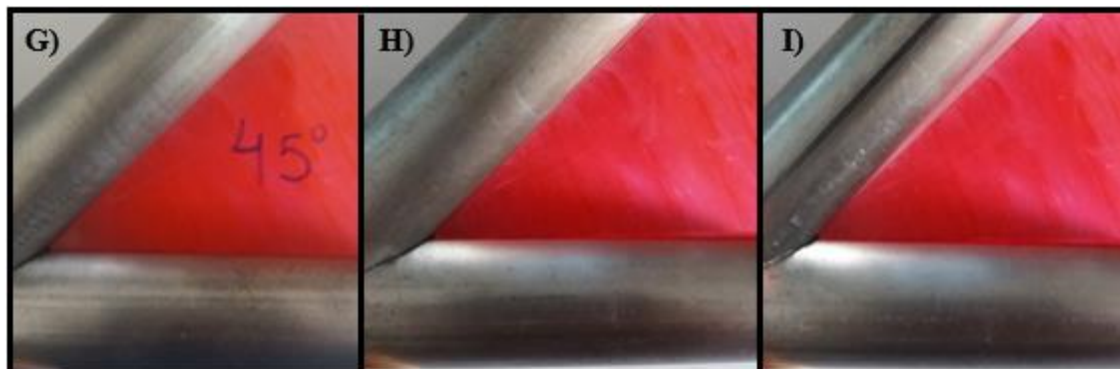


Fonte: Autoria Própria.

Para os cortes em 45° graus houve a mesma análise visual do encaixe, onde seguiu-se os mesmos critérios dos encaixes em 60° e 30° sendo possível notar essa mesma diferença para o processo tradicional. Tendo em G, H e I na Figura 44 as mesmas disposições de processos adotados na da Figura 44.



Figura 44- Avaliação visual de encaixe utilizando instrumento de desenho em ângulo de 45° graus



Fonte: Autoria Própria.

E para uma melhor avaliação utilizou-se instrumentos de medição de ângulos com escala de 1° grau para confirmar a diferença de valores com relação ao desejado, a Tabela 7 apresenta o resultado da média de 3 medições.

Tabela 7- Comparação de variação de ângulo ao redor do ângulo requerido nos processos de caldeiraria e pela máquina desenvolvida

Angulação do tubo	Variação de ângulo no processo através da máquina		Variação de ângulo no processo convencional de caldeiraria
	Sem retirada de rebarbas	Com retirada de rebarbas	
30°	0°	0°	-1°
	0°	0°	1°
	0°	0°	2°
45°	0°	0°	2°
	0°	0°	3°
	0°	0°	-1°
60°	0°	0°	2°
	0°	0°	-2°
	0°	1°	0°

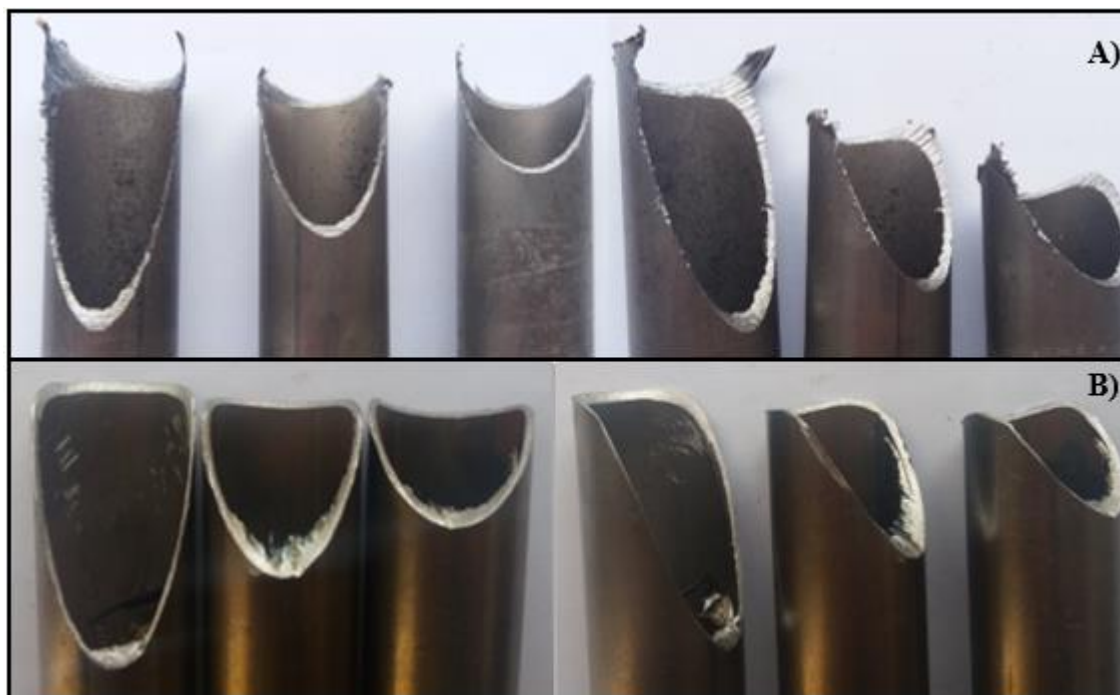
Fonte: Autoria própria.

Logo foi possível constatar que os ângulos dos cortes feitos pelo método de traçado apresentam uma maior divergência em torno do valor requerido do que pelo produto desenvolvido, assim a avaliação para a máquina foi superior.

Essa superioridade pode ser atribuída ao fato de como os tubos são presos de forma fixa, tem-se uma espécie de gabarito qual permite uma padronização dos cortes no mesmo ângulo, respeitando a inclinação desejada.

Outro critério avaliado foram as rebarbas externas, esse demonstra que o corte pela máquina, com serra copo, apresenta uma maior quantidade do que o método convencional. Na Figura 45 é possível ver a comparação.

**Figura 45- Comparativo de rebarbas externas deixadas entre a máquina desenvolvida (A) com o método de traçado de caldeiraria (B).**



**Fonte: Autoria própria.**

Com relação as frestas, nota-se que ambos os processos apresentam algumas, entretanto sendo essas praticamente inexistentes no processo de corte através da máquina desenvolvida.

Já no processo convencional a quantidade aparente de frestas está diretamente ligada a habilidade do operador no manuseio das ferramentas. Dessa forma avaliou-se o processo pela máquina como sendo superior já este que apresenta

menores números e tamanhos de frestas e estas não estão ligadas a habilidade do operador.

O resultado da comparação visual, levando em conta os critérios adotados anteriormente juntamente com a soma final dos valores, determinaram que os resultados apresentados pela máquina são superiores ao pelo método tradicional. esses resultados podem serem vistos na Tabela 8.

**Tabela 8- Resultado da comparação entre o processo de caldeiraria e pela máquina desenvolvida**

Método de Fabricação	Critérios			Nota Final
	Rebarbas externas	Frestas	Angulação	
Máquina desenvolvida	0	1	1	2
Traçado de Caldeiraria	1	0	0	1

**Fonte: Aatoria própria.**

## 5 CONCLUSÃO

No que diz respeito ao desenvolvimento de produto, a adoção de um método simplificado tendo como base o custo do equipamento como dado de entrada, permitiu uma redução ou até mesmo uma exclusão de etapas associadas ao desenvolvimento, e este método de desenvolvimento mostrou satisfatório, sendo que ao final de todas as etapas teve-se um produto desenvolvido e funcional.

O modelo de negócios adaptado, com o auxílio de adesivos autocolantes, pode ser utilizado como ferramenta para a pesquisa e desenvolvimento de algumas atividades dentro de um produto ou projeto a ser desenvolvido.

No processo de produção dos elementos de encaixe pela máquina desenvolvida, ocorreu que não é possível utilizar os tubos somente com o corte sem acabamento final, pois o resultado do processo faz com que ocorram muitas rebarbas externas que podem interferir no processo de soldagem ocorrendo a fragilização da união. Mesmo com o processo de retirada de rebarbas, não ocorre variação da angulação do corte, já que esta somente retira material externo ao encaixe.

Os resultados dos cortes com a máquina desenvolvida mostraram-se satisfatório para a redução de tempo, nota-se uma diferença podendo ser maior de três vezes de redução ao tempo de fabricação por caldeiraria.

O desenvolvimento do produto permitiu que os elementos cortados possam serem feitos sem a necessidade de grandes habilidades com ferramentas de desbaste, onde o processo de caldeiraria já se tornava limitado, tendo que a habilidade do operador interferia diretamente no produto final.

O projeto final pode ser utilizado dentro do projeto UTForce e-racing para a fabricação estrutural do chassi tubular, com redução de tempo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AWILL4X4. **Welding Desing & Fabrication: Tube Coping On a Mill**. 2011. Fórum. 1 Figura, color. Disponível em: <<http://weldingweb.com/showthread.php?63547-Tube-coping-on-a-mill>>. Acesso em: 21 set. 2017.

BAXTER, M. **Projeto de Produto**. 3º ed. São Paulo: Blucher, 2011.

CLARK, K.B. FUGIMOTO, T. **Product Development Performance**. Boston, 1991.

COSTIN, M. PHIPPS, D. **Racing and Sports Car: Chassis Design**. London: B.T. Batsford LTD, 1965.

CLUBE DA FERRAMENTA. **Morsa de Bancada 4 pol.-STANLEY**. 1 Figura, color. Disponível em: <<http://www.clubedaferramentas.com.br/produto/83446/11/158/morsa-de-bancada-4-pol---stanley-83-066-stanley-83-066>>. Acesso em: 25 set. 2017.

CURLEYSRACECARS. **Yellowbutton.com: How do You Notch Tube?**. 2008. Fórum. 1 Figura, color. Site de vendas. Disponível em: <<http://www.yellowbullet.com/forum/showthread.php?p=1217899#post1217899>>. Acesso em 22 set. 2017.

DIRECT INDUSTRY. **Sistema de Corte Para Metais / Com Jato de Água Abrasivo / de Tubos / de Comando Manual**. 1 Figura, color. Disponível em: <<http://www.directindustry.com/pt/prod/jet-edge/product-11866-1734547.html>>. Acesso em: 21 set. 2017.

FERRAMENTAS KENNEDY, **Torno de Bancada para Encanador p/ Tubos até 3” 10.015 Somar**. 1 Figura, color. Site de vendas. Disponível em: <<https://www.ferramentaskennedy.com.br/103344/torno-de-bancada-para-encanador-p-tubos-ate-3-10015-somar>>. Acesso em: 23 set. 2017.

HECK INDUSTRIES INC. **Pipe and Tubing Notchers**. 1 Fotografia, color. Disponível em: <<http://www.heckind.net/product/producttube-pipe-notcher/>>. Acesso em 26 set. 2017.

HEIBING, B. ERSOY, M. **Chassis Handbook**. Berlin: Vieweg+Teubner, 2011.

HUNEYCUTT, JEFF. **Tailored: Tips for Stronger and Safe Roll Bars**. 2015. 1 Fotografia, color. Disponível em: <<http://www.onedirt.com/tech/chassis-suspension/tailored-fit-tips-for-stronger-and-safer-roll-bars/>>. Acesso em: 25 set. 2017.

JD SQUARED INC. **Notch Master**. 1 Figura, color. Disponível em: <<https://www.jd2.com/notch-master>>. Acesso em 22 set. 2017.

JUNKY, TUBING. JGSturbo. **Pirate4x4.Com: CNC Tube Cutting Machine**. 2012. 1 Fotografia, color. Fórum. Disponível em: <<http://www.pirate4x4.com/forum/shop-tools/1085522-cnc-tube-cutting-machine.html>>. Acesso em: 24 set. 2017.

KAMINSKI, P.C. **Desenvolvimento de produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

MACHINERYHOUSE. **SR-483 - Select-A-Rad Pedestal Belt Grinder / Notcher - Series 2**. 1 Fotografia, color. Disponível em: <<https://www.machineryhouse.com.au/L099>>. Acesso em: 22 set. 2017.

MEDFORD TOOLS AND SUPPLY INC. **Notchmaster Tube Notching**. 2013. 1 Figura, color. Disponível em: <<http://tube-notching.blogspot.com/>>. Acesso em: 23 set. 2017.

OSTERWALDER, A. PIGNEUR, Y. **Business Model Generation**. Rio de Janeiro: Alta, 2011.

OSTERWALDER, A. **THE BUSINESS MODEL ONTOLOGY A PROPOSITION IN A DESIGN SCIENCE APPROACH**. Dissertação (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Informática e organização da Universidade de Lausanne. 2005.

PAHL, G. et al. **Projeto na Engenharia**. 6° ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2004.

PIRANHA. **Pipe/Tube Notching Attachment**. 1 Fotografia, color. Disponível em: <<https://piranhafab.com/piranha-ironworker-attachments/>>. Acesso em 25 set. 2017.

PRIES, K.H. QUILGLEY, J.M. **Scrum Project Management**. Nova Iorque: SCR Press, 2011.

ROMEIRO FILHO, E. et al. **Projeto do Produto**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2010.

RUSCH, CRIS. HOLMES, ED. **Notching Tube and Pipe**. 2003. 1 Figura, color. Disponível em: <<https://www.thefabricator.com/article/tubepipefabrication/notching-tube-and-pipe>>. Acesso em: 28 set. 2017.

SAE Brasil. Disponível em: <http://portal.saebrasil.org.br/Portals/0/PE/Baja%20nacional%202017/Resultados%20Equipes%20-%20Mini%20Baja%201995.pdf>>. Acesso em: 20 março. 2017.

SAE Brasil. Disponível em: <<http://portal.saebrasil.org.br/Portals/0/PE/Resultados%20baja%20nacional/Pontua%C3%A7%C3%A3o%20Baja%202016%20-%20Rev.%201.pdf>>. Acesso em: 20 março. 2017.

SAE Internacional. Disponível em: <<http://www.fsaeonline.com/content/2017-18%20FSAE%20Rules%209.2.16a.pdf>>. Acesso em: 20 março. 2017.

SCHWABER, K. SUTHERLAND, J. **The Scrum Guide**. 2016. Disponível em: <<http://www.scrumguides.org>>. Acesso em: 25 maio. 2017.

SCHWABER, K. **Agile Project Management with Scrum**. Microsoft Press, 2004.

SENAI. **Caldeiraria: Traçados de Caldeiraria**. Vitória, 2005.

SOCO. **Tube Lasers**. 1 Figura, color. Disponível em: <[https://www.soco.com.tw/products\\_en.php](https://www.soco.com.tw/products_en.php)>. Acesso em: 20 set. 2017.

THORLABS. **Slip Rings and Clamps**. 1 Figura, color. Disponível em: <[https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup\\_ID=9623](https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_ID=9623)>. Acesso em 24 set. 2017.

TIDD, J.; BESANT, J.; PAVITT, K. **Managing innovation**. Chichester: John Willey & Sons Ltd., 2005.

TOLEDO, J. C. **Gestão da mudança da qualidade de produto**. Gestão & Produção, v. 1, n. 2, ago. 1994.



**APÊNDICE A- RESULTADO DA PESQUISA REALIZADA ATRAVÉS DA FERRAMENTA DE FORMULÁRIO DO GOOGLE.**

## Pesquisa sobre Confecção de bocas de lobo

Pesquisa destinada a coleta de informações sobre a fabricação de bocas de lobo/boquinhos em tubos de aço para chassi tubular em veículos de Fórmula SAE

- Qual a necessidade de se ter encaixe como bocas de lobo?

Melhoria da qualidade de estruturas metálicas tubulares

---

- Qual a maior dificuldade em fazê-las?

Acertar a angulação correta

---

- Qual a variação média de ângulo presente no chassi?

De 5° até 90°

---

- Qual a qualidade do processo utilizado atualmente pela equipe?

Mediano

---

- Qual o maior problema enfrentado?

Acertar o encaixe de acordo com o ângulo

---

- Quanto tempo é gasto em média para a fabricação de uma única boca de lobo?

Sem o auxílio de uma máquina específica 25~30min

---

- Se uma máquina fosse capaz de fazer tal formato, qual os requisitos mínimos seriam desejáveis?

Alta durabilidade, praticidade e alta produtividade

---

## Pesquisa sobre Confecção de bocas de lobo

Pesquisa destinada a coleta de informações sobre a fabricação de bocas de lobo/boquinhas em tubos de aço para chassi tubular em veículos de Fórmula SAE

- Qual a necessidade de se ter encaixe como bocas de lobo?

Facilita na montagem

---

- Qual a maior dificuldade em fazê-las?

Sem equipamento específico é muito difícil.

---

- Qual a variação média de ângulo presente no chassi?

Não sei.

---

- Qual a qualidade do processo utilizado atualmente pela equipe?

Boa

---

- Qual o maior problema enfrentado?

O material.

---

- Quanto tempo é gasto em média para a fabricação de uma única boca de lobo?

5 min

---

- Se uma máquina fosse capaz de fazer tal formato, qual os requisitos mínimos seriam desejáveis?

Ângulo preciso e ampla adaptação ao tamanho dos tubos e variação abrangente de ângulos

---

## Pesquisa sobre Confecção de bocas de lobo

Pesquisa destinada a coleta de informações sobre a fabricação de bocas de lobo/boquinhos em tubos de aço para chassi tubular em veículos de Fórmula SAE

- Qual a necessidade de se ter encaixe como bocas de lobo?

Necessário

---

- Qual a maior dificuldade em fazê-las?

Não possui ferramenta (chanfradora de boca de lobos)

---

- Qual a variação média de ângulo presente no chassi?
- 

- Qual a qualidade do processo utilizado atualmente pela equipe?

Gabaritos de madeira, feitos com corte a laser e gabarito de boca impresso em papel e enrolado no tubo

---

- Qual o maior problema enfrentado?

Dar o acabamento na lima

---

- Quanto tempo é gasto em média para a fabricação de uma única boca de lobo?

Varia de acordo com a angulação da mesma e com o numero de tubos no nó. Um valor médio seria de 40 a 60 minutos

---

## Pesquisa sobre Confecção de bocas de lobo

Pesquisa destinada a coleta de informações sobre a fabricação de bocas de lobo/boquinhos em tubos de aço para chassi tubular em veículos de Fórmula SAE

- **Qual a necessidade de se ter encaixe como bocas de lobo?**

1- garantir um encaixe sem folgas para soldagem 2- Garantie o posicionamento das peças na soldagem (ajuda a gabaritar)

---

- **Qual a maior dificuldade em fazê-las?**

ferramenta adequada

---

- **Qual a variação média de ângulo presente no chassi?**

nao entendi bem. se for pelo que entendi uns 60 graus

---

- **Qual a qualidade do processo utilizado atualmente pela equipe?**

de 1 a 10, eu diria 6

---

- **Qual o maior problema enfrentado?**

garantir desenhos complexos, mesmo com gabaritos

---

- **Quanto tempo é gasto em média para a fabricação de uma única boca de lobo?**

8+4, depende muito da complexidade

---

## Pesquisa sobre Confecção de bocas de lobo

Pesquisa destinada a coleta de informações sobre a fabricação de bocas de lobo/boquinhos em tubos de aço para chassi tubular em veículos de Fórmula SAE

- **Qual a necessidade de se ter encaixe como bocas de lobo?**

Facilita na montagem dos tubos e conseqüentemente na soldagem.

---

- **Qual a maior dificuldade em fazê-las?**

Acertar os ângulos de corte de acordo com o especificado.

---

- **Qual a variação média de ângulo presente no chassi?**

Variam em uma faixa de 70° mais ou menos (tem tubos soldados com 90°, outros com valores próximos de 20°, entre outros).

---

- **Qual a qualidade do processo utilizado atualmente pela equipe?**

Acredito que o processo foi muito bem feito.

---

- **Qual o maior problema enfrentado?**

Soldar a parte frontal em X.

---

- **Quanto tempo é gasto em média para a fabricação de uma única boca de lobo?**

Algo entre 30 s e 1 min.

---

## Pesquisa sobre Confecção de bocas de lobo

Pesquisa destinada a coleta de informações sobre a fabricação de bocas de lobo/boquinhas em tubos de aço para chassi tubular em veículos de Fórmula SAE

- Qual a necessidade de se ter encaixe como bocas de lobo?

Alta

---

- Qual a maior dificuldade em fazê-las?

Um equipamento adequado, tal como a precisão da mesm

---

- Qual a variação média de ângulo presente no chassi?

??

---

- Qual a qualidade do processo utilizado atualmente pela equipe?
- 

- Qual o maior problema enfrentado?

Alta

---

- Quanto tempo é gasto em média para a fabricação de uma única boca de lobo?
- 

- Se uma máquina fosse capaz de fazer tal formato, qual os requisitos mínimos seriam desejáveis?

Todos os ângulos, além de vários diâmetros

---

## Pesquisa sobre Confeção de bocas de lobo

Pesquisa destinada a coleta de informações sobre a fabricação de bocas de lobo/boquinhos em tubos de aço para chassi tubular em veículos de Fórmula SAE

- **Qual a necessidade de se ter encaixe como bocas de lobo?**

Para facilitar a fabricação de chassis tubulares, esses encaixes permitem a confecção da geometria necessária no chassi de um carro fórmula

---

- **Qual a maior dificuldade em fazê-las?**

A precisão dos contornos, que são prejudicados ao serem feitos a mão

---

- **Qual a variação média de ângulo presente no chassi?**

45°~100°

---

- **Qual a qualidade do processo utilizado atualmente pela equipe?**

Mediana, os tubos são feitos a mão, mas os adesivos são impressos em papéis adesivos mesmo, o proporciona o mínimo de precisão no encaixe

---

- **Qual o maior problema enfrentado?**

Realização do processo a mão, prejudica alguns encaixes

---

- **Quanto tempo é gasto em média para a fabricação de uma única boca de lobo?**

Em média 20 minutos

---



## Pesquisa sobre Confecção de bocas de lobo

Pesquisa destinada a coleta de informações sobre a fabricação de bocas de lobo/boquinhas em tubos de aço para chassi tubular em veículos de Fórmula SAE

- Qual a necessidade de se ter encaixe como bocas de lobo?

Permitir uma boa conexão incluindo soldagem entre tubos

---

- Qual a maior dificuldade em fazê-las?

Fazer bocas com corte em mais de um plano

---

- Qual a variação média de ângulo presente no chassi?

45°

---

- Qual a qualidade do processo utilizado atualmente pela equipe?

Razoável

---

- Qual o maior problema enfrentado?

Fazer bocas com esmerilhadeira

---

- Quanto tempo é gasto em média para a fabricação de uma única boca de lobo?

6 minutos

---

- Se uma máquina fosse capaz de fazer tal formato, qual os requisitos mínimos seriam desejáveis?

Possibilitar cortes em diversos ângulos

---

## Pesquisa sobre Confecção de bocas de lobo

Pesquisa destinada a coleta de informações sobre a fabricação de bocas de lobo/boquinhos em tubos de aço para chassi tubular em veículos de Fórmula SAE

- **Qual a necessidade de se ter encaixe como bocas de lobo?**

Permitir o encaixe dos tubos de forma que facilite o processo de soldagem, ao mesmo tempo que permita uma triangulação node-to-node apropriada.

---

- **Qual a maior dificuldade em fazê-las?**

Curvas distorcidas, inclinadas nos planos vertical, horizontal e transversal

---

- **Qual a variação média de ângulo presente no chassi?**

30 - 100 °

---

- **Qual a qualidade do processo utilizado atualmente pela equipe?**

Mediano

---

- **Qual o maior problema enfrentado?**

Corte excessivo, deixando o tubo incapaz de ser soldado e, conseqüentemente, inútil.

---

- **Quanto tempo é gasto em média para a fabricação de uma única boca de lobo?**

20 min

---