

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**FELIPE VARELA DE AFFONSECA E SILVA**

**DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA PARA FABRICAÇÃO DE ENCAIXES EM  
TUBOS DE SEÇÃO TRANSVERSAL CIRCULAR UTILIZADOS NA MANUFATURA DO  
CHASSI DE UM VEÍCULO BAJA SAE**

**LONDRINA**

**2023**

**FELIPE VARELA DE AFFONSECA E SILVA**

**DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA PARA FABRICAÇÃO DE ENCAIXES EM  
TUBOS DE SEÇÃO TRANSVERSAL CIRCULAR UTILIZADOS NA MANUFATURA DO  
CHASSI DE UM VEÍCULO BAJA SAE**

**Development of a tool for manufacturing fittings in circular cross-section tubes  
used in the manufacture of the chassis of a baja SAE vehicle**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado  
como requisito para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Janaína Fracaro de Souza Gonçalves

**LONDRINA**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**FELIPE VARELA DE AFFONSECA E SILVA**

**DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA PARA FABRICAÇÃO DE ENCAIXES EM  
TUBOS DE SEÇÃO TRANSVERSAL CIRCULAR UTILIZADOS NA MANUFATURA DO  
CHASSI DE UM VEÍCULO BAJA SAE**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado  
como requisito para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Janaína Fracaro de Souza  
Gonçalves

Data de aprovação: 13 / Junho / 2023

---

Janaina Fracaro de Souza Gonçalves  
Doutora em Engenharia Mecânica Aeronáutica  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Émillyn Ferreira Trevisani Olivio  
Doutora em Engenharia Mecânica  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Roger Nabeyama Michels  
Doutor em Agronomia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**LONDRINA**

**2023**

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus amados pais, avós e irmãos. A vocês devo todas as oportunidades que tive e o apoio incondicional que sempre me proporcionaram.

À minha querida avó Marta, que descanse em paz, só me sobra a lembrança de toda a empolgação ao me ouvir falar sobre o curso.

À minha namorada Fabiana Yamamoto, sou imensamente grato por todas as forças extras que me concedeu, além de compartilhar os ótimos momentos durante a essa etapa de formação pessoal e profissional.

À minha orientadora professora Dra. Janaina Fracaro de Souza Gonçalves, por ter fundado e orientado o projeto de extensão, bem como prestado apoio para o desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica, pela minha formação.

E, por fim, todos aqueles envolvidos no projeto de extensão Londribaja e que, de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho e para minha formação, em especial: Esther Perri, Felipe Boim, João Pedro Bonilha, Leandro Leite, Matheus Leal, o professor Dr. Amadeu Lombardi Neto, a professora Dra. Émillyn Ferreira Trevisani Olivio e o professor Dr. Roger Nabeyama Michels.

“Se você vai ter que conviver com você mesmo até o fim, se você vai ter que se aguentar até o fim, se você vai ser espectador de você mesmo até o fim, é melhor que se encante com o que faz.”  
(BARROS, 2019)

## RESUMO

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é desenvolver um protótipo de ferramenta que realize os cortes necessários para fabricar encaixes em tubos de seção circular, conhecidos como “bocas de lobo”. Esses encaixes têm o propósito de aproximar os tubos o máximo possível, facilitando a união posterior por solda. O intuito é otimizar o tempo, aprimorar a qualidade e reduzir a dependência da habilidade do operador no processo de fabricação do chassi de um veículo baja SAE. Nas competições, cujo o propósito é testar o protótipo em relação a tração, resistência, dirigibilidade e conforto, o chassi desempenha um papel fundamental, proporcionando proteção ao piloto e suporte para todos os demais componentes do veículo. A confiabilidade do chassi depende diretamente da qualidade das uniões entre os elementos estruturais. O desenvolvimento do protótipo da ferramenta é fundamentado na metodologia de projetos de máquinas proposta por Norton, bem como no regulamento estabelecido pela SAE Brasil para a construção de um Baja. O processo inicia-se com a identificação do problema, a partir do qual são exploradas e analisadas diversas soluções possíveis. Em seguida, é selecionada a opção mais vantajosa, dando continuidade às etapas de projeto e prototipagem da ferramenta em questão.

**Palavras-chave:** bocas de lobo; baja SAE; projeto de máquinas; soldagem.

## ABSTRACT

The objective of this final course Project is to develop a prototype tool that performs the necessary cuts to create fittings on circular section pipes. These fittings are intended to bring the pipes as close together as possible, facilitating their subsequent welding. The intention is to optimize time, improve quality, and reduce the operator's skill dependence in the manufacturing process of a baja SAE Vehicle chassis. In competitions, which aim to test the proptotype in terms of traction, resistance maneuverability and Comfort, the chasis plays a fundamental role, providing protection to the driver and support for all Other Vehicle components, The realiability of the chassis depends directly on the quality of the joints between the structural elements. The development od the tool prototype is based on Norton's machine design methodology, as ell as the regulations established by SAE Brazil for the construction of a baja. The process begins with problem identification, from which various possible solutions are explored and analyzed. Then, the most advantageous option is selected, proceeding with the stages of design and prototyping of the tool.

**Keywords:** fittings; baja SAE; machine design; welding.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Membros da Gaiola de Proteção.....	12
Figura 2: Especificação dos ângulos para amostras soldadas.....	13
Figura 3: Amostra com corte para visualização de penetração da solda.....	13
Figura 4: Estrutura da ZTA de um aço de baixo carbono .....	17
Figura 5: Fluxograma das fases do projeto. ....	19
Figura 6: Encaixes de diferentes qualidades. ....	20
Figura 7: Comparação do comprimento da ZTA nos encaixes da Figura 6. ....	21
Figura 8: Croquí mancal com rolamento linear. ....	24
Figura 9: Rolamento linear em um eixo.....	24
Figura 10: Ferramenta para adaptação de furadeira manual para furadeira de bancada.....	25
Figura 11: Croquí do suporte do tubo guia reposicionado.....	26
Figura 12: Croquí morsa de fabricação própria.....	27
Figura 13: Morsa de bancada com base giratória 3".....	27
Figura 14: Croquí morsa modificada. ....	28
Figura 15: Base modificada. ....	29
Figura 16: Croquí mordente adaptado.....	30
Figura 17: Croquí do conceito selecionado. ....	30
Figura 18: Renderização do projeto no SolidWorks.....	31
Figura 19: Protótipo da Ferramenta. ....	32
Figura 20: Bocas de lobo pelo método tradicional 90°. ....	33
Figura 21: Bocas de lobo pelo método tradicional 30°. ....	33
Figura 22: Encaixe das bocas de lobo pelo método tradicional 90°. ....	34
Figura 23: Encaixe das bocas de lobo pelo método tradicional 30°. ....	34
Figura 24: Soldas dos encaixes feitos pelo método tradicional. (a) solda rea .....	35
Figura 25: Bocas de lobo utilizando a ferramenta 90°.....	37
Figura 26: Encaixe das bocas de lobo utilizando a ferramenta 90°. ....	37
Figura 27: Soldas dos encaixes feitos com a ferramenta.....	38
Figura 28: Visão superior da ferramenta preparada para corte em ângulo.....	40
Figura 29: Decomposição dos esforços de reação sobre a serra.....	40
Figura 30: Renderização da ferramenta com as modificações sugeridas.....	41



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1: Metodologia de projetos.....</b>	<b>14</b>
<b>Tabela 2: Respostas dos questionários sem utilização da ferramenta. ....</b>	<b>36</b>
<b>Tabela 3: Respostas do questionário com a utilização da ferramenta. ....</b>	<b>38</b>
<b>Tabela 4: Compilado das respostas do questionário.....</b>	<b>39</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

RATBSB	Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE Brasil
SAE.	Society of Automotive Engineers
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
ZTA	Zona Termicamente Afetada

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1</b>	<b>OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>10</b>
1.1.1	Objetivos Específicos .....	10
<b>1.2</b>	<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Chassi Baja SAE Brasil .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Projeto de Máquinas.....</b>	<b>14</b>
2.2.1	Metodologia de Projetos .....	14
<b>2.3</b>	<b>Metalurgia da Soldagem .....</b>	<b>15</b>
2.3.1	Caracterização da soldabilidade de aços baixo carbono.....	15
2.3.2	ZTA em Processos Soldagem .....	16
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1</b>	<b>Pré-Projeto .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2</b>	<b>Seleção de conceitos .....</b>	<b>23</b>
4.2.1	Mecanismo de aproximação da serra .....	23
4.2.2	Suporte dos Tubos .....	26
<b>4.3</b>	<b>Croqui de Engenharia .....</b>	<b>28</b>
<b>4.4</b>	<b>Projeto detalhado .....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
<b>5.1</b>	<b>Amostra pelo método tradicional.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2</b>	<b>Amostras utilizando a ferramenta .....</b>	<b>36</b>
<b>5.3</b>	<b>Comparação dos resultados.....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÕES .....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>
	<b>APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>46</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O cenário do automobilismo no Brasil cresceu rapidamente desde as primeiras corridas bem estruturadas realizadas nos circuitos de Itapeverica em São Paulo e São Gonçalo no Rio de Janeiro, nos anos de 1908 e 1909, antes desses eventos, as corridas eram apenas desafios entre os entusiastas, contavam com poucos competidores convidados e percursos pouco preparados. O crescimento do esporte teve influência pela criação de salas de projeção para a transmissão das provas com grande apelo midiático que buscava atrair a classe social mais alta para o mercado de carros importados (MELO, 2009).

Dentro do crescimento acelerado do automobilismo nacional, a Society of Automotive Engineers (SAE) International teve a iniciativa de fundar uma afiliada brasileira para abrir as fronteiras do conhecimento para profissionais da mobilidade. Assim, em 1991 foi criada a SAE Brasil que atualmente é responsável por dezenas de eventos no meio automobilístico e uma grande impulsionadora de pesquisas na área (SAE Brasil, 2022).

Um dos eventos realizados pela SAE Brasil é a competição relacionada ao projeto Baja, que teve início em 1976 antes das atividades da afiliada brasileira, mas em 1994 a SAE Brasil padronizou o projeto e passou a ser responsável pela organização. A primeira competição de alcance nacional foi realizada em 1995, mas as competições regionais acontecem desde o início do projeto. (SAE Brasil, 2022).

O projeto Baja é um desafio para os estudantes de engenharia com objetivo de colocar em prática os conceitos aprendidos durante o curso e complementar a preparação do aluno para o mercado de trabalho. O veículo construído é um protótipo off-road<sup>1</sup>, monoposto<sup>2</sup>, com motor padrão para todas as equipes, chassi tubular e todo projeto deve ser realizado pelos estudantes participantes com o auxílio de um professor orientador (SAE Brasil, 2022).

O projeto é dividido em diferentes setores, cada um é responsável por uma parte do veículo, cada equipe possui sua própria organização, porém, geralmente dividem-se em: i) Gestão: responsável por organizar os documentos para participação nas competições, bem como os cálculos financeiros e questões relacionadas aos membros;

---

<sup>1</sup> Diz-se de ou veículo que pode transitar facilmente em todo o tipo de terreno (PRIBERAM, 2021).

<sup>2</sup> Veículo que tem um só lugar (PRIBERAM, 2021).

ii) Suspensão: responsável por dimensionar os componentes e projetar a geometria de suspensão que proporciona conforto ao piloto e alívio do impacto que o chassi recebe devido ao terreno; iii) Transmissão: responsável por dimensionar e projetar o sistema de propulsão do veículo e buscar maior força e capacidade de transpor obstáculos; iv) Ergonomia: setor que estuda o conforto do piloto e é responsável pelos estudos antropomórficos para concepção do veículo; v) Freio: projeta e dimensiona o sistema que é responsável por garantir que o carro pare completamente quando o piloto desejar e; vi) Estrutura: responsável por projetar e construir o chassi tubular do veículo, o qual é o foco deste trabalho.

Sendo assim, um problema bastante presente dentro deste subsistema é a passagem de conhecimento entre membros antigos e recém-ingressados, uma vez que os processos manuais de fabricação consomem muito tempo para serem dominados e executados de forma a manter a qualidade do chassi dentro dos níveis esperados.

Para a construção da estrutura, os tubos são unidos por solda e a preparação prévia consiste em cortá-los no tamanho correto e fazer encaixes em sua extremidade utilizando a esmerilhadeira conforme o ângulo em que encontram outro tubo, esses encaixes são comumente chamados de “bocas de lobo” das quais as habilidades para a execução costumam ser as mais demoradas para aprendizado.

## **1.1. OBJETIVO GERAL**

Projetar uma ferramenta capaz de auxiliar na manufatura dos encaixes entre os tubos usados na construção do chassi de um Baja.

### **1.1.1 Objetivos Específicos**

Para que o objetivo geral seja alcançado, ele dependerá de três principais metas estabelecidas nesse trabalho, sendo elas:

- Elaborar um projeto para fabricação da ferramenta;
- Validar a ferramenta com a análise de diminuição do tempo de execução dos encaixes, assim como sua qualidade e a da solda final entre os tubos;
- Validar a ferramenta quanto a não necessidade de dependência da habilidade do operador.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

O tema deste Trabalho de Conclusão de Curso foi pensado após ser observado a inconsistência na qualidade dos encaixes entre os tubos, popularmente chamados de “bocas de lobo”, que compõem o chassi de um Baja.

Sendo esses encaixes de baixa qualidade e podem acarretar complicações durante o processo de soldagem da estrutura, principalmente devido a necessidade de preencher espaços, o tempo em que o tubo é aquecido pela solda é maior e, conseqüentemente, a Zona Termicamente Afetada aumenta, conseqüentemente, a zona de crescimento de grãos também cresce o que pode facilitar o surgimento de trincas.

Atualmente, o processo de fabricação manual utilizado não garante a padronização das bocas de lobo e depende diretamente de quem é o responsável pelo serviço e, mesmo que seja um indivíduo com a habilidade bem desenvolvida, pode haver divergências entre um encaixe e outro. Em alguns casos, o tubo precisa ser descartado por não estar mais com as medidas dentro da tolerância esperada devido a uma má execução das bocas de lobo, sendo necessária a remanufatura do elemento e um aumento do tempo total para manufatura do chassi.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

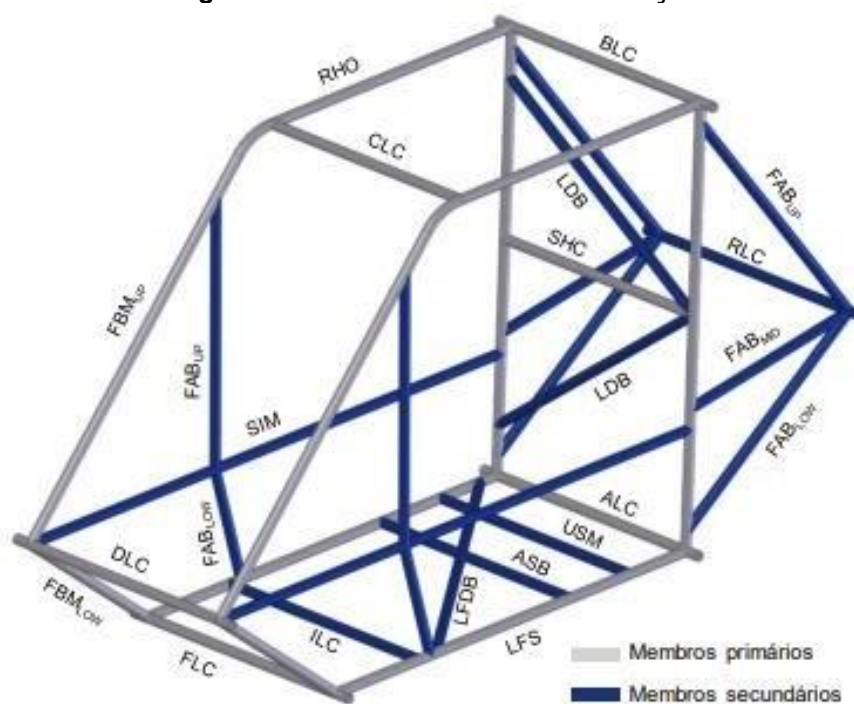
Nesta seção serão apresentadas bibliografias que embasam as justificativas para a execução da ferramenta proposta neste trabalho.

### 2.1. Chassi Baja SAE Brasil

Segundo o Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE Brasil (RATBSB) (SAE Brasil, 2021), a gaiola de proteção tem como objetivo proteger o piloto em caso de colisões e manter um espaço mínimo ao redor do piloto sem qualquer falha de sua integridade.

Para um membro estrutural ser considerado parte da gaiola, ele deve ser fabricado em uma estrutura tubular de aço com composição mínima de 0,18% de carbono e estar em conformidade quanto aos travamentos e posições estabelecidas na Figura 1 e na seção B6 (Gaiola de Proteção) do RATBSB (2021).

**Figura 1: Membros da Gaiola de Proteção.**

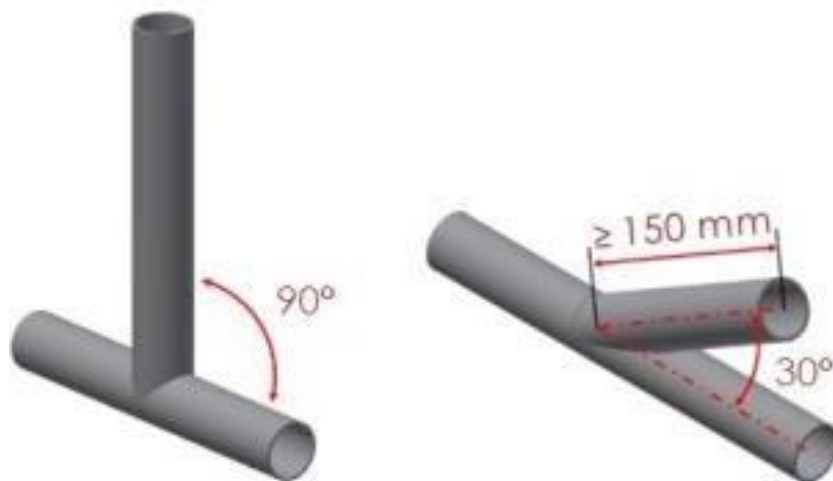


**Fonte: Baja SAE Brasil RATBSB (2021)**

Os tubos que compõem a Gaiola de proteção devem seguir parâmetros específicos para sua fabricação e montagem, assim como o método utilizado para união dos elementos do qual é exigido que cada pessoa a unir um ou mais membros por meio

de soldagem, faça corpos de prova conforme indicado no regulamento e demonstrado nas Figuras 2 e 3 abaixo:

**Figura 2: Especificação dos ângulos para amostras soldadas.**



**Fonte: Baja SAE Brasil RATBSB 2021.**

**Figura 3: Amostra com corte para visualização de penetração da solda.**



**Fonte: Baja SAE Brasil RATBSB (2021).**

Tais amostras possibilitam comprovar a qualidade das uniões soldadas de toda gaiola do veículo. Na Figura 2 é possível visualizar que a união dos tubos é feita com encaixes que possibilitam maior proximidade dos elementos em todo contorno dos tubos.



## 2.2. Projeto de Máquinas

O projeto de máquinas trata-se de um aspecto do projeto de engenharia, em que o foco principal é a criação de uma máquina que seja segura, confiável e realize a função de maneira satisfatória, uma vez que máquina pode ser dita como um dispositivo de unidades inter-relacionadas, conhecidas como elementos de máquina, que modificam força ou movimento (NORTON, 2013).

### 2.2.1. Metodologia de Projetos

Norton (2013) define uma das muitas metodologias de projeto conforme a Tabela 1 abaixo:

<b>Tabela 1: Metodologia de projetos.</b>	
<b>Metodologia de Projetos</b>	
1	Identificação da necessidade
2	Pesquisa de suporte
3	Definição de objetivos
4	Especificações de tarefas
5	Síntese
6	Análise
7	Seleção
8	Projeto detalhado
9	Protótipo e teste
10	Produção

Fonte: Adaptado Norton (2013), p.6.

As etapas 1 a 6 são realizadas com os gestores e todos os participantes do projeto e são definidas abaixo:

- *Etapa 1* – Identificar uma necessidade e definir o problema a ser trabalhado, geralmente se obtém uma exposição vaga do problema.
- *Etapa 2* – A pesquisa de suporte ajuda a ter uma visão mais clara do problema e definição no que se trabalhar.
- *Etapa 3* – O objetivo consiste em encontrar as possíveis formas de

solucionar o problema definido nas etapas anteriores.

- *Etapa 4* – São específicas as tarefas a serem realizadas com objetivo de fechar o problema e limitar seu alcance.
- *Etapa 5* – A síntese também é a chamada de concepção, é a etapa que se busca todas as alternativas para solução do problema, sem considerar seu custo, possibilidade de fabricação e nenhuma outra dificuldade.

As etapas 6 e 7 são onde os conceitos sugeridos são analisados buscando os resultados que seriam mais satisfatórios para solução do problema destacado nas etapas anteriores (BEZERRA, 2018).

A oitava etapa consiste em finalizar as decisões de projeto, definir material, métodos para fabricação, tolerâncias e a concepção de modelos que unem em materializam de forma técnica as decisões tomadas na etapa anterior (BEZERRA, 2018).

Após a realização da oitava etapa, é possível a construção de um protótipo para realização dos testes e validação da máquina. Após a aprovação do protótipo, é possível passar para a etapa 10, onde a máquina é produzida em larga escala para comercialização (HAYASHI, 2021).

### **2.3. Metalurgia da Soldagem**

Nesta seção é abordado as características dos aços baixo carbono, bem como sua soldabilidade e as regiões presentes na Zona Termicamente Afetada.

#### **2.3.1. Caracterização da soldabilidade de aços baixo carbono.**

São considerados aços baixo carbono, geralmente, aqueles que possuem em sua composição uma porcentagem abaixo de 0,25% de carbono, esses aços são amplamente utilizados devido sua boa conformabilidade, ductibilidade e tenacidade, tornando-os adequados para aplicações que exigem alta deformabilidade, como fabricação de tubos e chapas, tais características são resultantes da formação de uma microestrutura refinada durante o processamento por meio de deformação plástica (MONDENESI, 2012).

Segundo Barra, da Silva e Santos (2021) o baixo teor de carbono reduz a susceptibilidade à fragilização causada pela formação de fases indesejáveis, como martensita, durante o processo de soldagem, dessa forma é possível considerar que aços baixo carbono possuem boa soldabilidade.

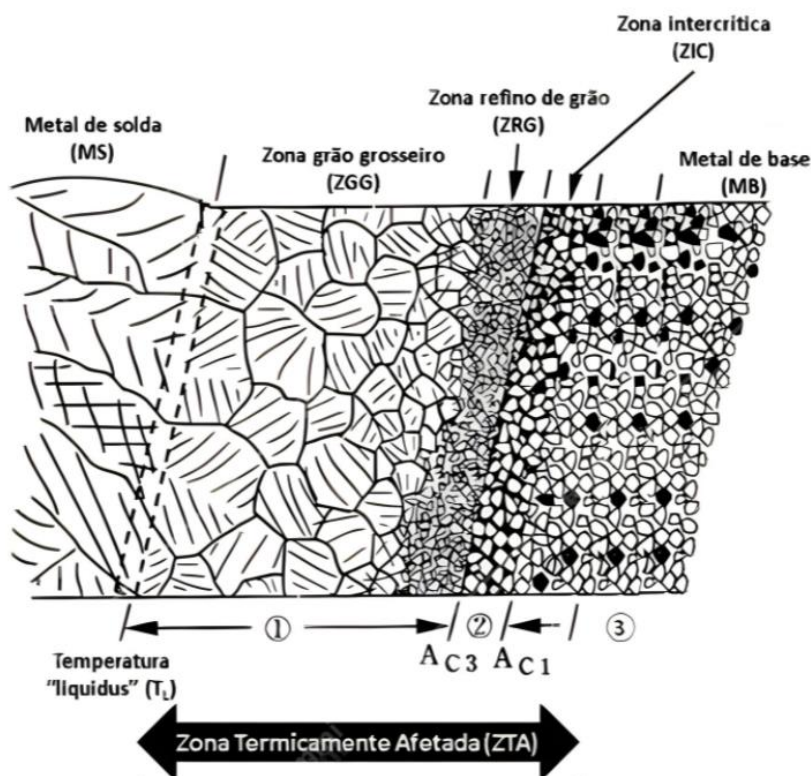
A soldabilidade refere-se à capacidade de um material ser submetido ao processo de soldagem, como união, revestimento ou recuperação, tendo como resultado uma estrutura conforme especificada em projeto e atender satisfatoriamente às condições de atuação (American Welding Society, 2007).

### 2.3.2. ZTA em Processos Soldagem

Segundo Rocha (2018), as Zonas Termicamente Afetadas são definidas como a região não fundida da peça soldada, mas que teve suas propriedades alteradas pelo ciclo térmico do processo. As temperaturas máximas nessa região são inferiores a temperatura de fusão e superior à temperatura crítica do material (temperatura mínima para ocorrer alteração significativa da microestrutura). Em aços-carbono, esta região pode apresentar diversas características dependendo do processo utilizado.

É possível subdividir a ZTA em 3 regiões: i) Região de Grãos Grosseiros, a região mais próxima à interface da solda; ii) Região de refino de grão, que apresentam grãos mais refinados que o metal base e iii) Região de Grãos Intercrítica, apresenta microestrutura próxima a do metal base (BARRA, DA SILVA, SANTOS, 2021). Tais regiões podem ser visualizadas na Figura 4 abaixo.

Figura 4: Estrutura da ZTA de um aço de baixo carbono



Fonte: E-book Materiais Metálicos: composição, fabricação propriedades e desempenho (2022), p.18.

Segundo o estudo feito por Sérgio Rodrigues Barra, Erijanio Nonato da Silva e Anderson Douglas Simão dos Santos (2021) em “Carbono Equivalente como Parâmetro de Avaliação da Soldabilidade dos Aços”, devido a morfologia resultante ser composta de ferrita em placas com a presença de bainita e em alguns casos, dependendo das condições de soldagem, pode apresentar uma estrutura martensítica, a região de grãos grosseiros, geralmente, é a mais problemática da ZTA em aços carbono, uma vez que tende a possuir baixa tenacidade, podendo facilitar a formação de trincas. Já a região de refino de grão não é considerada problemática, uma vez que sua morfologia resultante consiste em uma estrutura fina de ferrita e perlita, por fim, a região intercrítica, geralmente, não é muito preocupante, devido sua microestrutura ser próxima à da peça original, grande parte de suas propriedades são mantidas.

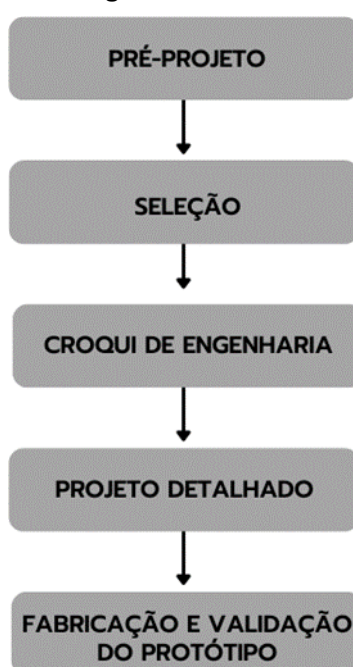
Através da análise de corpos de prova no estudo feito por Paula, Mondenesi e Trindade (2018), foi constatado que o aumento do aporte térmico influencia diretamente na microestrutura formada após o processo de soldagem, quanto maior o aporte térmico, maior será ZTA na junta.

O aumento do aporte térmico, geralmente está relacionado aos parâmetros utilizados no processo de soldagem, como a energia e a velocidade de soldagem.

### 3. METODOLOGIA

Para a realização do trabalho, foi seguida a metodologia de projeto explorada anteriormente, entretanto, não foi executada a etapa 10, pois a ferramenta não será produzida para comercialização, as etapas de 1 a 7 podem ser consideradas como uma etapa de pré-projeto e foram estabelecidas em conjunto com a equipe de Baja SAE da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - campus Londrina, tais definições serão exploradas abaixo, após o fluxograma da Figura 5 que indicam as fases que foram realizadas.

Figura 5: Fluxograma das fases do projeto.



Fonte: Autoria própria (2022).

Na etapa de pré-projeto, o problema principal apontado pela equipe foi a ineficácia sobre a produção dos encaixes e preparação dos tubos para solda, devido à ausência de uma ferramenta capaz de garantir um padrão, atualmente os encaixes são feitos por tentativa e erro utilizando uma esmerilhadeira com discos de corte e desbaste, a qualidade do processo depende diretamente de quem executa a tarefa e influencia em toda a construção do chassi. A importância de se obter bons encaixes é facilitar o processo de soldagem, assim como melhorar a qualidade final da estrutura como um todo.

Por meio de análises visuais foi constatado que tubos com bocas de lobo ruins, podem possuir uma qualidade de solda inferior com o aumento da região de crescimento de grãos da Zona Termicamente Afetada devido a necessidade de permanecer mais tempo com a tocha no local da solda fazendo com que mais calor seja conduzido pelo material.

Na Figura 6, observa-se da esquerda para direita, um encaixe considerado com boa qualidade, feito por um membro do projeto com mais experiência e um encaixe ruim feito por um membro iniciante, também é possível analisar o nível de dependência da habilidade do executor na construção do chassi, a Figura 7 mostra a diferença de tamanho da ZTA em ambos os casos.

**Figura 6: Encaixes de diferentes qualidades.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

**Figura 7: Comparação do comprimento da ZTA nos encaixes da Figura 6.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

Duas ideias foram levantadas para solucionar o problema, a primeira era melhorar o processo de fabricação dos encaixes, já a segunda possibilidade seria automatizar e padronizar o processo de soldagem. Fazendo uma análise mais detalhada do que seria necessário para colocar em prática cada uma das propostas, foram identificados diversos problemas para automatizar o processo de soldagem, tais questões estão descritas abaixo:

i) O equipamento de solda pertence à instituição e não à equipe, isso traz dificuldades quanto a possibilidade de modifica-lo; ii) a complexidade da máquina necessária para o processo e as posições de soldagem, visto que o chassi geralmente possui ângulos complicados e manipulá-lo para realizar a solda exigiria um esforço excessivo dos membros da equipe ou um equipamento ainda mais complexo.

Em relação a padronização, não é possível controlar completamente o ambiente de soldagem dentro da universidade, impossibilitando o controle da velocidade de resfriamento em um patamar satisfatório. Com base nessas hipóteses, a solução identificada como mais viável foi a criação de uma ferramenta que auxilie na fabricação das bocas de lobo de forma mais precisa.

Conforme as decisões prévias, foram concebidos alguns conceitos de um equipamento onde uma furadeira com serra-copo do tamanho necessário é adaptada a



uma escala para angulação e um dispositivo que faz a aproximação da serra ao tubo de maneira controlada. Os requisitos tomados para a ferramenta foram: usabilidade intuitiva, constância na execução do processo, robustez, baixo custo e que seja razoavelmente portátil, visto que a equipe precisa leva-la para as competições em outras cidades.

Com base nos conceitos desenvolvidos, um deles foi aprofundado a nível de se fazer um protótipo da ferramenta e fazer testes para a validação.

Assim, a validação da ferramenta foi feita por meio da repetição do processo nos ângulos exigidos pelo regulamento baja SAE (90° e 30°) e com diferentes operadores que responderam o questionário de avaliação do equipamento disponível no apêndice A. Os participantes voluntários são membros ativos da equipe Londribaja e selecionados conforme os critérios abaixo:

- *1º Grupo:* Pessoas que já participaram diretamente na fabricação de 3 ou mais chassis.
- *2º Grupo:* Pessoas que já participaram diretamente da fabricação de 1 ou 2 chassis.
- *3º Grupo:* Pessoas que ainda não tiveram participação direta na fabricação de algum chassi.

No questionário é feita a comparação com o método de fabricação utilizando a esmerilhadeira e a avaliação é feita seguindo os requisitos de tempo para realização, qualidade do encaixe, facilidade de aprender o processo e comprimento da ZTA.

## **4. DESENVOLVIMENTO**

Esta seção aborda todas as necessidades levantadas na etapa de pré-projeto e o detalhamento de como a ferramenta foi desenvolvida.

### **4.1. Pré-Projeto**

Os principais motivos de atraso na fabricação de um novo chassi apontados pela equipe Londribaja, durante o levantamento feito em uma reunião de projeto são: i) Tempo de aprendizado dos membros novos é relativamente elevado; ii) Dificuldade em fazer bocas de lobo de forma precisa sem gabaritos ou medidas exatas; iii) Retrabalho em tubos fora da medida correta que ocasionam uma geometria final infiel ao projeto do chassi e iv) Tempo total para preparar todos os encaixes muito elevado.

Com os problemas destacados e visando uma abordagem de baixo custo, foi decidido focar em melhorar o método de fabricação das bocas de lobo.

### **4.2. Seleção de conceitos**

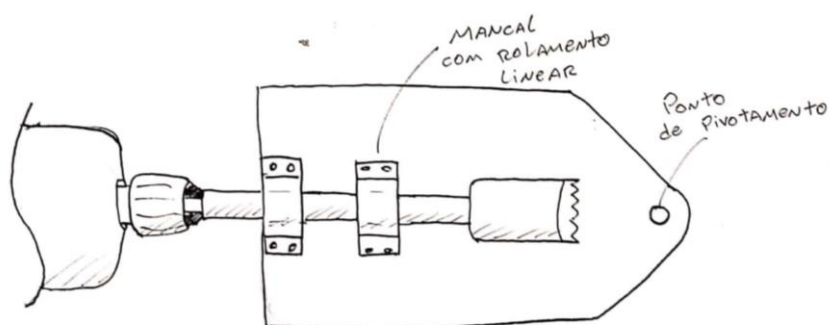
Com as funcionalidades já estabelecidas, a ferramenta foi dividida em duas principais partes: i) Mecanismo de aproximação da serra e ii) Suporte dos tubos.

#### **4.2.1 Mecanismo de aproximação da serra**

A princípio, foi definido que o mecanismo deveria proporcionar conforto e segurança ao operador, fornecendo o maior controle possível da velocidade de avanço da serra ao tubo com movimento suave e retorno rápido a posição inicial.

O croqui mostrado na Figura 8 mostra o primeiro conceito desenvolvido para o mecanismo.

**Figura 8: Croquí mancal com rolamento linear.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

A ideia consiste em um eixo, apoiado em mancais com rolamentos lineares (Figura 9), o qual o mandril da furadeira é acoplado em uma extremidade e a serra copo na outra. A principal vantagem desse sistema é a suavidade do movimento, em contraponto, os rolamentos sofrem desgaste e sua troca gera custos constantes á equipe, além da massa total da ferramenta aumentar com a presença do eixo e dos mancais.

**Figura 9: Rolamento linear em um eixo.**



**Fonte: ATR Rolamentos (2020).**

O segundo conceito pensado para realizar a aproximação foi baseado no adaptador de furadeira de manual para furadeira de bancada que se encontrava em desuso na oficina do projeto, a ferramenta permite ao usuário o pleno controle da velocidade de avanço da serra e possui o retorno por mola.

Na Figura 10 que mostra a ferramenta, é possível observar que o dispositivo realiza o movimento vertical e isso poderia dificultar a execução das bocas de lobo em ângulos diferentes de 90°, uma vez que os tubos maiores teriam que ser inclinados com relação a serra.

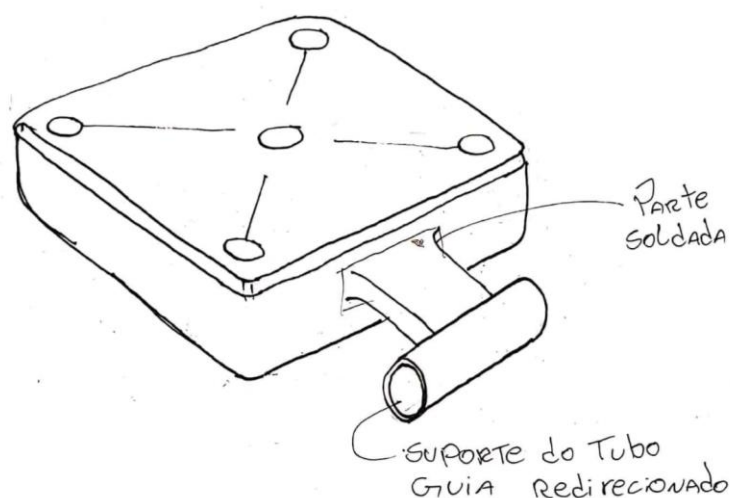
**Figura 10: Ferramenta para adaptação de furadeira manual para furadeira de bancada.**



**Fonte: Somar (2010).**

Buscando modificar a direção do movimento a proposta foi reposicionar o tubo guia do dispositivo 90° em relação a disposição original, ilustrado no croqui da Figura 11.

Figura 11: Croquí do suporte do tubo guia reposicionado.



Fonte: Autoria própria (2023).

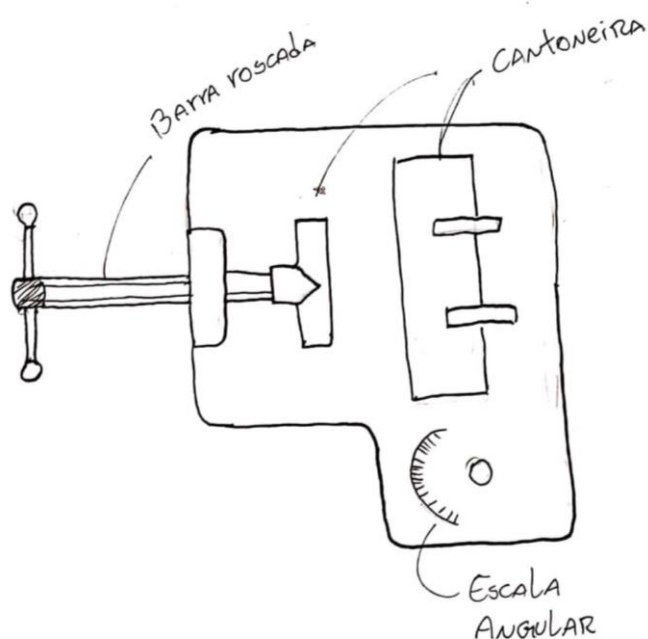
Pensando no custo de fabricação da ferramenta, a massa final e levando em consideração a opinião unânime do setor de manufatura da equipe, foi selecionado o segundo conceito para o mecanismo de aproximação da serra copo.

#### 4.2.2 Suporte dos Tubos

Os suportes que prendem os tubos devem garantir que não haja deslocamento da peça durante o corte além de conter a escala dos ângulos em relação a serra.

Primeiramente foi considerado a fabricação própria desse suporte, utilizando cantoneiras, uma barra roscada e uma chapa metálica com um ponto de pivotamento ligado a base da ferramenta, conforme demonstrado na Figura 12.

**Figura 12: Croqui morsa de fabricação própria.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Apesar do custo do sistema ser baixo e sua fabricação simples, a distância que o tubo ficaria da serra iria variar conforme o ângulo da boca de lobo, o que pode ser problema em peças curtas com ângulos agudos (considerados ângulos agudos aqueles inferiores a  $45^\circ$ ).

Outro conceito desenvolvido foi de utilizar uma morsa de bancada comercial de 3 polegadas, que já possuía base giratória (Figura 13).

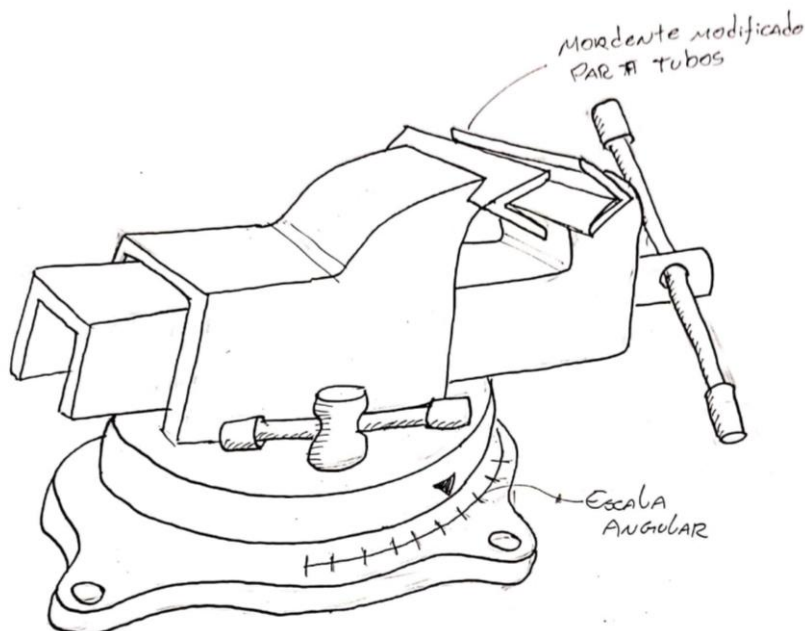
**Figura 13: Morsa de bancada com base giratória 3".**



**Fonte: REDLINE (2023).**

Neste conceito é necessário modificar a morsa para receber uma escala e alterar o mordente para que restringisse completamente o movimento do tubo, conforme ilustrado no croqui da Figura 14.

**Figura 14: Croqui morsa modificada.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Para a seleção do melhor conceito, foi analisado o chassi em uso da equipe buscando verificar se existem tubos curtos com ângulos agudos dos encaixes. O elemento lateral de proteção da cabeça do piloto, que, além de possuir uma dobra, o que dificulta mais sua fixação, é curto e possui bocas de lobo agudas. Dessa forma, observou-se que o primeiro conceito apresentado não atenderia a fabricação desta peça, portanto, o segundo conceito que utiliza a morsa foi selecionado.

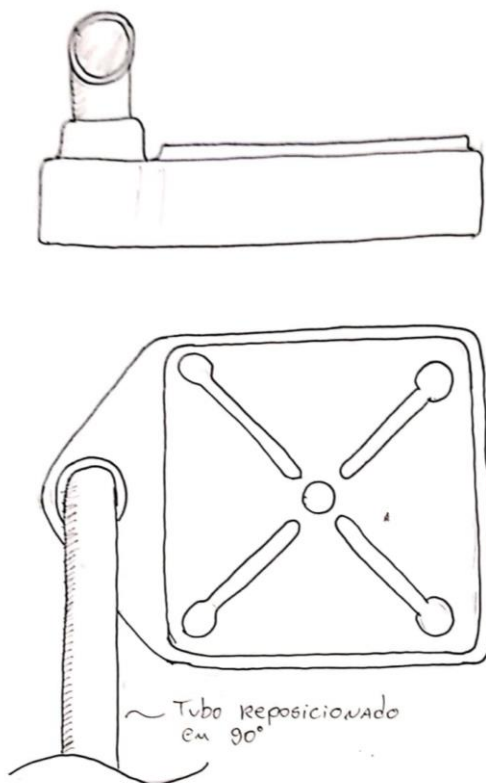
O método de fabricação selecionado para a escala foi a impressão 3D devido a praticidade e os custos de material e processo.

### **4.3. Croqui de Engenharia**

Nesta etapa, são realizados os desenhos iniciais do projeto, já contendo as especificações dos mecanismos, materiais e métodos definidos nas etapas anteriores.

Devido a base do mecanismo de aproximação ser de ferro fundido, o qual pode gerar trincas ao ser soldado, optou-se por fazer o reposicionamento no próprio tubo guia que é feito de aço carbono comum, conforme ilustrado na Figura 15.

**Figura 15: Base modificada.**

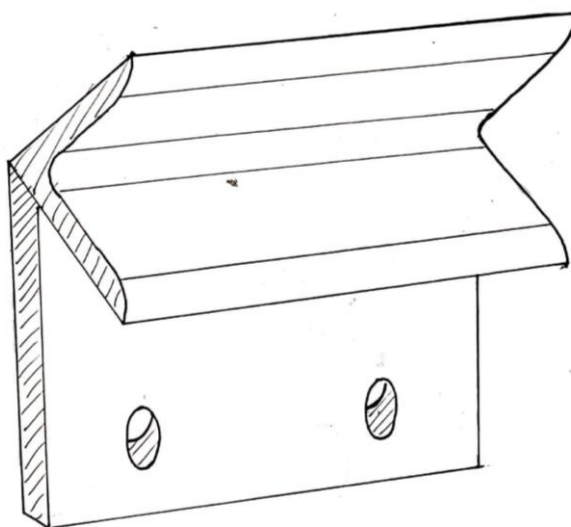


**Fonte: Autoria própria (2023).**

Ao fazer o reposicionamento do tubo guia em um plano horizontal diferente do plano da base, o centro do tubo não estaria alinhado horizontalmente ao centro da serra copo, fazendo as bocas de lobo na posição incorreta, para realinhar os centros o mordente, que já iria ser alterado, foi pensado de forma a elevar o centro do tubo conforme a Figura 16.



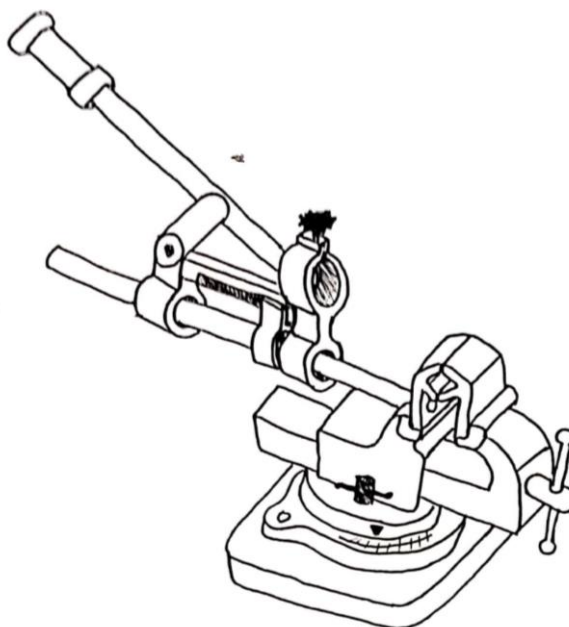
**Figura 16: Croquí mordente adaptado.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Unindo o mecanismo de aproximação e a morsa com mordente alterado em um único desenho (Figura 17) que contém a forma de fixação da morsa bem como a escala dos ângulos.

**Figura 17: Croquí do conceito selecionado.**

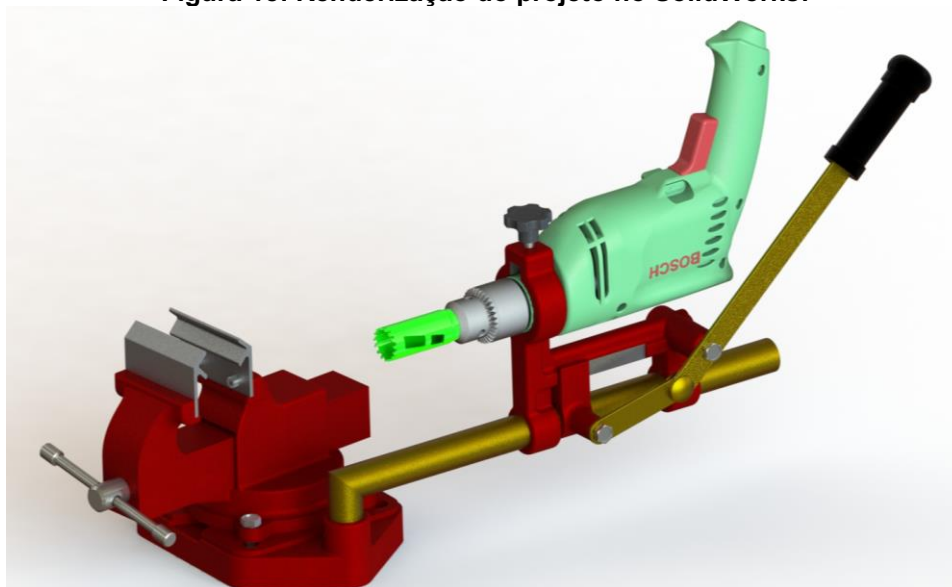


**Fonte: Autoria própria (2023).**

#### 4.4. Projeto detalhado

Para o projeto detalhado em 3D da Figura 18 foi desenvolvido utilizando o software SolidWorks, bem como as pranchas para fabricação (Apêndice B).

Figura 18: Renderização do projeto no SolidWorks.



Fonte: Autoria própria (2023).

## 5. RESULTADOS

Como já apresentado, a ferramenta foi projetada seguindo as decisões tomadas na etapa de desenvolvimento e em conjunto com as preferências da equipe. Utilizando o software de desenho foram feitas as pranchas técnicas (apêndice B), buscando auxiliar durante a fabricação da ferramenta e especificar as medidas e as peças necessárias.

Após a concepção do projeto, foi possível manufaturar a ferramenta e fazer as alterações necessárias nas peças comerciais para que se adequassem ao projeto. A ferramenta montada é mostrada na Figura 19 abaixo:

**Figura 19: Protótipo da Ferramenta.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Após o fim da fabricação da ferramenta, foram necessários três voluntários participantes da equipe Londribaja para realizar os testes de validação, um com mais experiência de fabricação, um com nível intermediário e um sem experiência alguma denominados, respectivamente, V1, V2 e V3 e selecionados seguindo os critérios mencionados na metodologia.

### 5.1. Amostra pelo método tradicional

A princípio, os voluntários fizeram as bocas de lobo pelo método tradicional, utilizando a esmerilhadeira, esquadro e o goniômetro, os ângulos escolhidos para os

testes foram baseados no regulamento da competição Nacional Baja SAE de 2021, sendo 30° e 90°. As Figuras 20, 21, 22 e 23 mostram as bocas de lobo feitas usando este método.

**Figura 20: Bocas de lobo pelo método tradicional 90°.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

**Figura 21: Bocas de lobo pelo método tradicional 30°.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Figura 22: Encaixe das bocas de lobo pelo método tradicional 90°.



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 23: Encaixe das bocas de lobo pelo método tradicional 30°.



Fonte: Autoria própria (2023).

Após o processo de soldagem de cada amostra, é possível verificar o comprimento da ZTA em cada peça, conforme mostrado na Figura 24 abaixo.



**Figura 24: Soldas dos encaixes feitos pelo método tradicional. (a) solda rea**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Buscando ter meios para comparação entre os métodos de fabricação para confirmar se a ferramenta verdadeiramente melhora o processo de fabricação das bocas de lobo o questionário do apêndice A foi respondido por cada um dos voluntários, usando como base os requisitos de tempo para realização, qualidade do encaixe e facilidade de aprender o processo além do comprimento da ZTA.

As respostas referentes as bocas de lobo feitas pelo método tradicional foram compiladas na tabela 2 abaixo.

**Tabela 2: Respostas dos questionários sem utilização da ferramenta.**

Resultados utilizando o método tradicional						
Parâmetro	V1		V2		V3	
	90°	30°	90°	30°	90°	30°
Tempo (min:s)	2:11	4:07	4:56	8:27	6:48	10:23
Facilidade (0-10)	9	6	8	5	8	3
Qualidade (0-10)	8	8	8	6	5	3
ZTA (mm)	11	26	14	31	12	34
Aprendizado (0-10)	5	5	5	5	5	1

Fonte: Autoria própria (2023).

Analisando os dados da tabela e os encaixes mostrados anteriormente, é possível observar que a experiência é um fator importante no tempo de fabricação e na qualidade final do chassi como um todo.

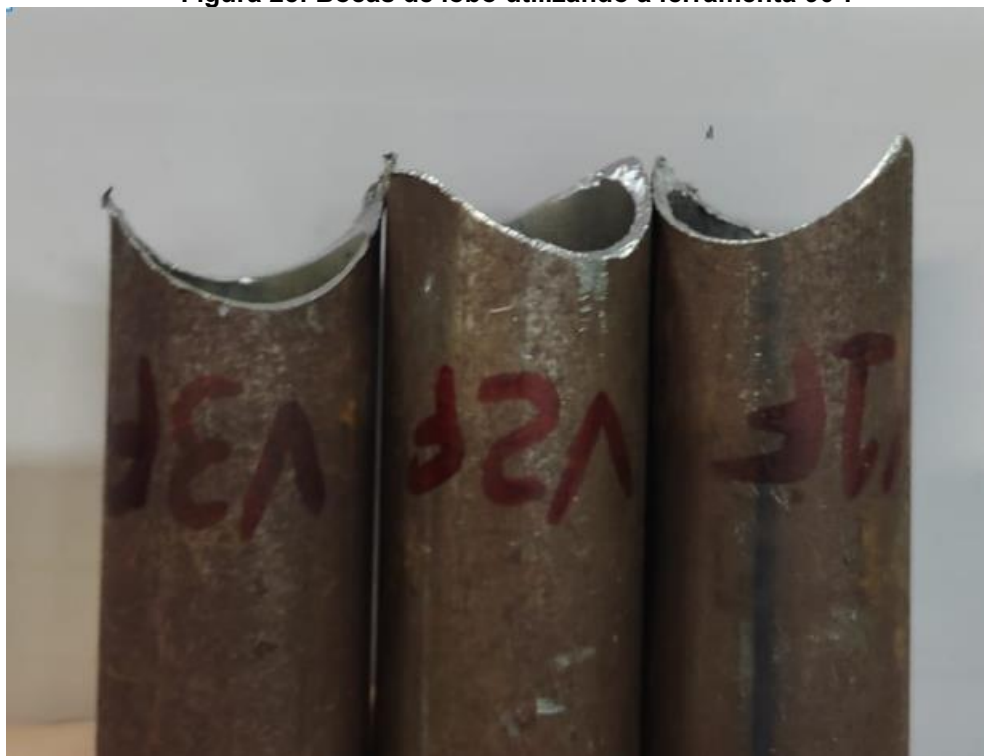
## 5.2. Amostras utilizando a ferramenta

A segunda parte da validação consiste em os voluntários fazerem novas bocas de lobo que na amostra anterior, mas utilizando a ferramenta sem instrução de uso prévia e preencherem a segunda metade do questionário.

Conforme a utilização da ferramenta foram identificados problemas devido aos esforços excessivos no eixo e nos rolamentos da furadeira e a falta de estabilidade no movimento de corte durante a fabricação dos encaixes no ângulo de 30°, impossibilitando a sua realização.

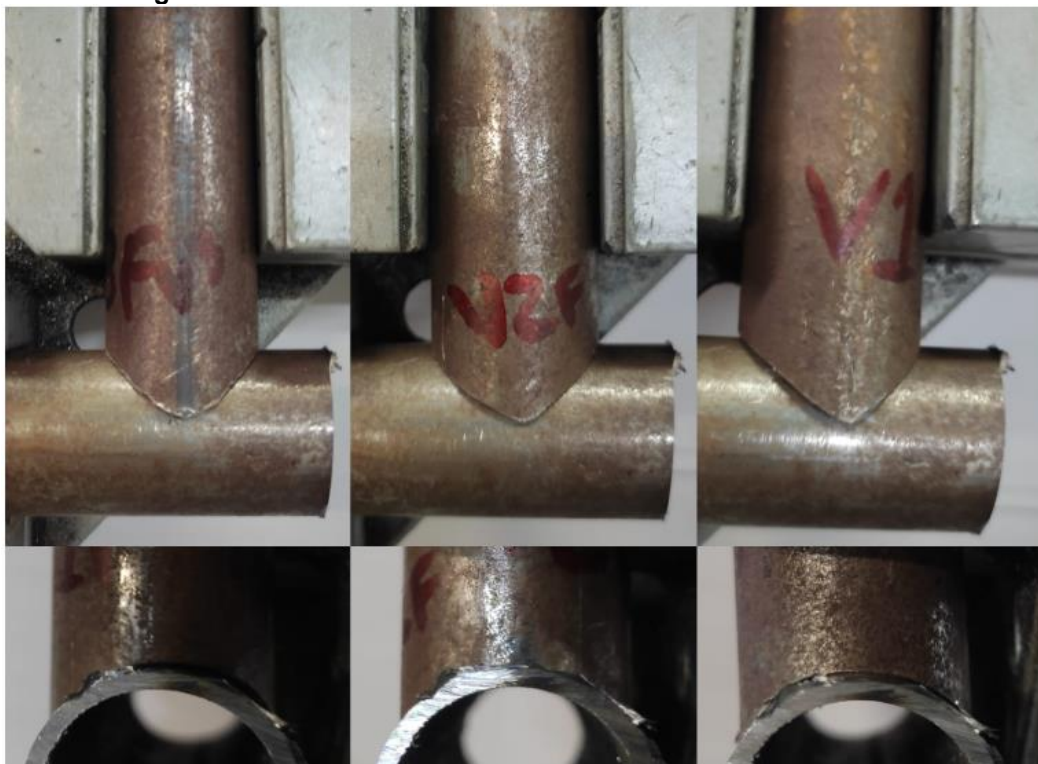
As bocas de lobo de 90° foram realizadas com facilidade pelo equipamento, conforme as Figuras 25 e 26 expõem.

Figura 25: Bocas de lobo utilizando a ferramenta 90°.



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 26: Encaixe das bocas de lobo utilizando a ferramenta 90°.



Fonte: Autoria própria (2023).



Após a solda as peças demonstradas na Figura 27 abaixo.

**Figura 27: Soldas dos encaixes feitos com a ferramenta.**



Fonte: Autoria própria (2023).

Os resultados do questionário, novamente foram compilados em tabela para melhor interpretação (tabela 3).

**Tabela 3: Respostas do questionário com a utilização da ferramenta.**

Resultados utilizando a ferramenta proposta						
Parâmetro	V1		V2		V3	
	90°	30°	90°	30°	90°	30°
Tempo (min)	0:51		0:43		1:05	
Facilidade (0-10)	9		9		8	
Qualidade (0-10)	9		9		9	
ZTA (mm)	4		5		4	
Aprendizado (0-10)	10		9		9	

Fonte: Autoria própria (2023).

Apesar da não realização dos encaixes em 30°, os resultados obtidos já demonstram que a ferramenta tende a diminuir a dependência de experiência entre cada indivíduo e a equilibrar a qualidade geral das bocas de lobo.

### 5.3. Comparação dos resultados

Para facilitar a análise e comparação dos resultados, foi construída a tabela 4 unindo as tabelas anteriores.

**Tabela 4: Compilado das respostas do questionário.**

Resultados utilizando o método tradicional						
Parâmetro	V1		V2		V3	
	90°	30°	90°	30°	90°	30°
Tempo (min)	2:11	4:07	4:56	8:27	6:48	10:23
Facilidade (0-10)	9	6	8	5	8	3
Qualidade (0-10)	8	8	8	6	5	3
ZTA (mm)	11	26	14	31	12	34
Aprendizado (0-10)	5	5	5	5	5	1
Resultados utilizando a ferramenta proposta						
Parâmetro	V1		V2		V3	
	90°	30°	90°	30°	90°	30°
Tempo (min)	0:51		0:43		1:05	
Facilidade (0-10)	9		9		8	
Qualidade (0-10)	9		9		9	
Z TA (mm)	4		5		4	
Aprendizado (0-10)	10		9		9	

Fonte: Autoria própria (2023).

Analisando os resultados, mesmo com a ferramenta falhando ao fazer ângulos mais agudos, é possível observar que sua utilização pode reduzir o tempo necessário para a fabricação do chassi, não apenas pelo tempo empregado em cada peça, mas também por aumentar a quantidade de membros da equipe que podem realizar a fabricação, eliminando a dependência dos integrantes mais experientes estarem disponíveis.

## 6. DISCUSSÕES

Conforme exposto na seção de resultados, a ferramenta não foi capaz de realizar bocas de lobo em ângulo, isso ocorre devido a componente da força no sentido axial do eixo da furadeira, causando desvio da direção em que a serra deveria seguir e, conseqüentemente, má execução dos encaixes.

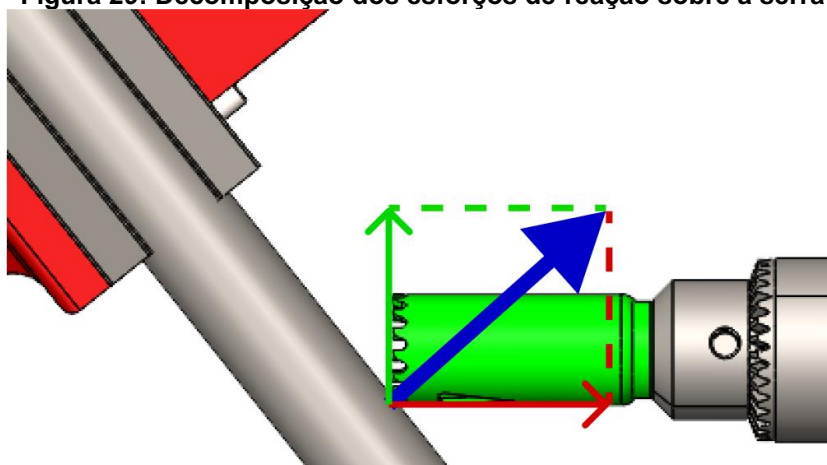
A Figura 28 abaixo mostra a disposição da ferramenta para corte em ângulo, em seguida, a Figura 29 mostra a decomposição simplificada da reação durante o primeiro contato entre o tubo e a serra

Figura 28: Visão superior da ferramenta preparada para corte em ângulo



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 29: Decomposição dos esforços de reação sobre a serra



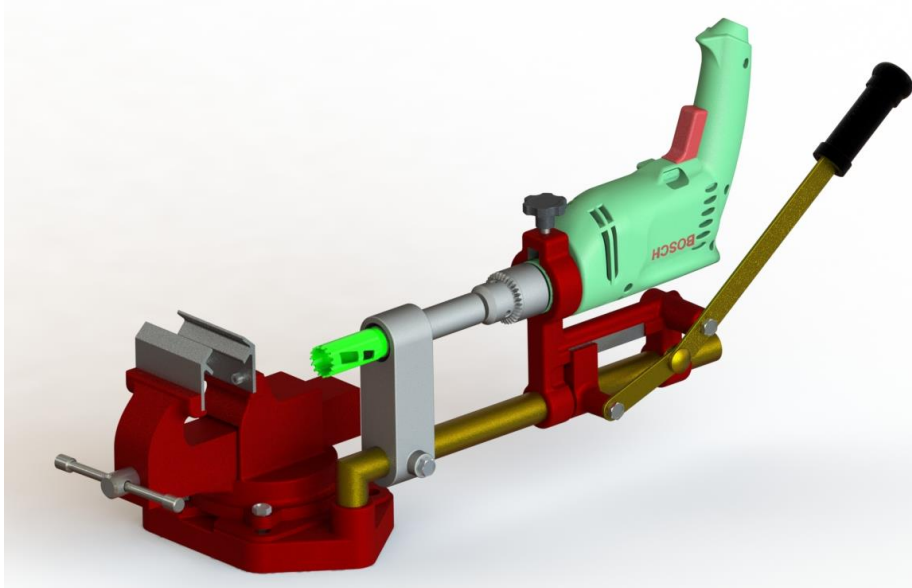
Fonte: Autoria própria (2023).

É possível observar que o vetor representado em verde é um esforço radial, o qual a furadeira não foi projetada para suportar em magnitudes elevadas.

Como forma de solucionar o problema, foi sugerido à equipe adicionar um eixo entre a furadeira e a serra apoiado em um mancal com buchas de bronze que permita o deslizamento do mesmo para aproximação da serra ao tubo. A modificação forneceria o apoio necessário ao eixo da furadeira e poderia ser adaptada no projeto sem grandes alterações e com baixo custo de implementação, uma vez que o mancal poderia ser usinado na universidade e as buchas são facilmente encontradas por um baixo preço.

O projeto modificado (Figura 30) foi fornecido a equipe juntamente com a prancha técnica para fabricação do mancal que se encontra no apêndice C deste trabalho.

**Figura 30: Renderização da ferramenta com as modificações sugeridas**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Ao que se diz respeito a qualidade das soldas realizadas nas bocas de lobo que foram feitas com o auxílio da ferramenta, conforme demonstrados na tabela de resultados (Tabela 4), o dispositivo cumpre o que se é proposto em diminuir o comprimento da Zona Termicamente Afetada e, conseqüentemente, diminui a região fragilizada ocasionada pelo processo de soldagem.

## 7. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos com os testes descritos anteriormente, a ferramenta projetada tem potencial de melhorar o processo de realização das bocas de lobo realizadas peça equipe, além de reduzir o tempo total necessário para fabricação de cada encaixe, o que irá refletir no tempo necessário para fabricação do chassi como um todo.

Outro ponto abordado foi a inconstância entre a qualidade da boca de lobo realizada por diferentes membros da equipe, foi demonstrado que a ferramenta tem a capacidade de reduzir significativamente a relação entre qualidade do encaixe e quem realiza a fabricação.

Ainda que ainda seja preciso alterações para que atenda todas as necessidades da equipe durante a fabricação do chassi, os resultados obtidos.

Ao realizar a comparação entre as Zonas Termicamente Afetadas resultantes após o processo de soldagem, as amostras com bocas de lobo feitas utilizando o protótipo obtiveram resultados significativamente melhores em relação ao comprimento da ZTA, ainda que possa ser necessário uma análise laboratorial para quantificação precisa da melhoria.

No que se diz respeito ao projeto de máquinas, a adoção de um processo iterativo permitiu a identificação da necessidade de aprimorar o equipamento conforme os problemas e falhas foram sendo identificados, a maior vantagem desse método é realizar quantas iterações forem necessárias para obtenção de um projeto que atenda todos os requisitos. As modificações e melhorias do projeto serão realizadas pela equipe conforme necessárias.

## REFERÊNCIAS

MERRIAM; WEBSTER. **Merriam-Webster Dictionary**: Encyclopædia Britannica, 2022. Disponível em: <https://www.merriam-webster.com/>. Acesso em: 01 out. 2022.

SAE BRASIL (Society of Automotive Engineers). **RATBSB Emenda 4**:

Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE Brasil, 2021. Disponível em: [http://saebrasil1.hospedagemdesites.ws/RATBSB\\_emenda\\_04.pdf](http://saebrasil1.hospedagemdesites.ws/RATBSB_emenda_04.pdf). Acesso em: 02 out. 2022.

NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas**: uma abordagem integrada. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582600238/pageid/2>.

Acesso em: 12 out. 2022.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem**: fundamentos e tecnologia. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. Disponível em:

[https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595156067/epubcfi/6/6\[%3Bvnd.vst.idref%3Dcopyright.xhtml\]!/4/2/24/2](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595156067/epubcfi/6/6[%3Bvnd.vst.idref%3Dcopyright.xhtml]!/4/2/24/2). Acesso em: 17 out. 2022.

MELO, V. A. **Antes de Fittipaldi, Piquet e Senna**: o automobilismo no Brasil (1908-1954). Revista de Educação Física. Unesp, Rio Claro, v. 15, n. 1, p.104-115, Janeiro 2009. Trimestral. Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio%201/Downloads/2116-Article%20Text-11021-1-10-20090423.pdf>. Acesso em: 17 out. 2022

“*off-road*”, em **Dicionário Priberam da Língua Portuguesa**, 2008 - 2021. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org>. Acesso em: 23 out. 2022.

“monoposto“, em **Dicionário Priberam da Língua Portuguesa**, 2008 - 2021. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org>. Acesso em: 23 out. 2022.

PAULA, M. P. M.; MODENESI, P. J.; TRINDADE, V. B. Análise da influência de parâmetros de soldagem em características microestruturais e mecânicas de juntas soldadas de um tubo de aço API X70Q para aplicação sour servisse. *Soldagem e Inspeção*, São Paulo, v. 2, n. 23, p. 180-190, abril. 2018. Associação Brasileira de Soldagem. Disponível em: <https://doi.org>. Acesso em: 31 mai. 2023.

ROCHA, R. M. A. Estudo da Zona Termicamente Afetada de Soldagem de Revestimento de aço 9%Ni com Superliga de Ni625 Empregando o Processo GTAW. 2018. f.47. Projeto de Graduação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: [pantheon.ufrj.br](http://pantheon.ufrj.br). Acesso em: 31 mai. 2023.

BARRA, S. R.; DA SILVA, E. N.; SANTOS, A. D. S., Carbono equivalente como parâmetro de avaliação da soldabilidade dos aços: Uma revisão da literatura. *In: BARRA, Sérgio R.; PINTAUDE, Giuseppe. **Materiais metálicos Composição, fabricação, propriedades e desempenho**. Natal – RN: Rede BDI mat. 2022. p. 14 – 36. Disponível em: <http://www.redepdimat/engbrasil2021>. Acesso em: 31 mai. 2023.*

AWS (American Welding Society). AWS B4.0:2007 An American National Standard: Standard methods for mechanical testing of welds. 7. ed. 2007. Disponível em: [https://webstore.ansi.org/standards/aws/awsb42007?gclid=EAlaIQobChMI2\\_yx7MKq\\_wlVZZhMCh1KDgrxEAAAYASAAEgJEAPD\\_BwE](https://webstore.ansi.org/standards/aws/awsb42007?gclid=EAlaIQobChMI2_yx7MKq_wlVZZhMCh1KDgrxEAAAYASAAEgJEAPD_BwE). Acesso em: 04 jun. 2023.

MODENESI, P.J.; MARQUES, P.V. Introdução aos Processos de Soldagem. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Metalúrgica de Materiais, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012. Disponível em: <https://portalidea.com.br/cursos/auxiliar-de-servicos-gerais-metalurgicos-apostila04.pdf>. Acesso em: 04. jun. 2023.

BEZERRA, W. J. L. **DESENVOLVIMENTO DE UM CUBO DE RODA PARA UM PROTÓTIPO OFF-ROAD**. 2018. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia

Mecânica, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró - RN, 2019. Disponível em: [https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3668/2/WilliamJLB\\_MONO.pdf](https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3668/2/WilliamJLB_MONO.pdf). Acesso em: 04 jun. 2023.

HAYASHI, T. E. **PROTÓTIPO DE UM COLETOR DE AMOSTRAS PARA BAGAÇO DE CANA**. 2021. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina - PR, 2021. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/27202/1/prototipocoletoramostriasbagaco.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2023.



## APÊNDICE A - Questionário

**PARTICIPANTE:** \_\_\_\_\_

**QUANTIDADE DE CHASSIS EM QUE TEVE PARTICIPAÇÃO DIRETA:** \_\_\_\_\_

### MÉTODO TRADICIONAL:

1 – Tempo para fabricação dos encaixes (min):

90°: \_\_\_\_\_ 30°: \_\_\_\_\_

2 – Facilidade de fabricação (0 a 10):

90°: \_\_\_\_\_ 30°: \_\_\_\_\_

3 – Qualidade do encaixe (0 a 10, por inspeção visual):

90°: \_\_\_\_\_ 30°: \_\_\_\_\_

4 – Tamanho da ZTA (mm):

90°: \_\_\_\_\_ 30°: \_\_\_\_\_

5 – Facilidade de aprendizado (0 a 10):

90°: \_\_\_\_\_ 30°: \_\_\_\_\_

### UTILIZANDO A FERRAMENTA:

1 – Tempo para fabricação dos encaixes (min):

90°: \_\_\_\_\_ 30°: \_\_\_\_\_

2 – Facilidade de fabricação (0 a 10):

90°: \_\_\_\_\_ 30°: \_\_\_\_\_

3 – Qualidade do encaixe (0 a 10, por inspeção visual):

90°: \_\_\_\_\_ 30°: \_\_\_\_\_

4 – Tamanho da ZTA (mm):

90°: \_\_\_\_\_ 30°: \_\_\_\_\_

5 – Facilidade de aprendizado (0 a 10):

90°: \_\_\_\_\_ 30°: \_\_\_\_\_