

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
LUCAS RAFAEL BATISTA

ALTERAÇÃO NA FABRICAÇÃO DE PORTINHOLAS DE ÔNIBUS RODOVIÁRIOS

CASCABEL - PR
2020

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
LUCAS RAFAEL BATISTA

ALTERAÇÃO NA FABRICAÇÃO DE PORTINHOLAS DE ÔNIBUS RODOVIÁRIOS

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador: Rogerio Luiz Ludegero

CASCABEL - PR
2020

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
LUCAS RAFAEL BATISTA

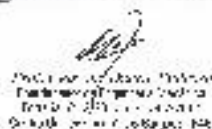
ALTERAÇÃO NA FABRICAÇÃO DE PORTINHOLAS DE ÔNIBUS
RODOVIÁRIOS

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Rogerio Luiz Ludegero

BANCA EXAMINADORA



Professor Msc. Carlos Breda
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico


Prof. Esp. Geovane Pinheiro
Engenheiro de Controle e Automação
Centro Universitário Assis Gurgacz

Professor Esp. Geovane Pinheiro
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro de Controle e Automação

Cascavel, 01 de dezembro de 2020.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais,
pois não mediram esforços para realização do meu sonho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao Alfa e o Ômega, o Principio e o Fim (Deus), por me conceder o privilégio de viver.

Ao meu orientador Rogerio Luiz Ludegero, que dedicou parte do seu tempo para orientação deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de me auxiliaram neste trabalho, Rafael Ferreira, Nicolas Vinicius, Valdecir Mensor e Vinícius Figueiró.

Aos meus colegas acadêmicos, e também amigos, Carlos Piveta e Nilson Santine, grato pelos momentos de companheirismo.

A minha namorada Emanueli, por me auxiliar diretamente na execução desta pesquisa.

A todos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente na construção deste estudo, muito obrigado.

RESUMO

BATISTA, Lucas Rafael. **Alteração na fabricação de portinholas de ônibus rodoviários**. 2020. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Mecânica) - Centro Universitário Assis Gurgacz, 2020.

A pesquisa tem como objetivo central reduzir o desperdício ou sucata advinda do processo de dobras, durante a fabricação de portinholas de ônibus rodoviários, substituindo o mesmo pelo processo de soldagem TIG, comparando os resultados relacionado ao desperdício de ambos. Os desperdícios, por sua vez, foram obtidos pelo acompanhamento em linha de produção e coleta dos dados de cada processo, tendo como principais ferramentas o SolidWorks e AutoCad na realização dos projetos. Em seguida foram comparados os dados dos processos de soldagem e dobra na fabricação das portinholas e verificado a viabilidade de exclusão de um dos procedimentos de fabricação. Ao final do estudo foi constatado, diante das comparações, que o processo de soldagem TIG obtém mais vantagem, tendo menor desperdício e custo de fabricação.

Palavras-chaves: Alteração. Processo de dobras. Soldagem TIG.

ABSTRACT

BATISTA, Lucas Rafael. **Change in the manufacture of hatches for road buses**. 2020. 42 f. Undergraduate thesis (Mechanical Engineering Course) – Assis Gurgacz University Center, Cascavel, PR, 2020.

The main objective of the research is to reduce waste or scrap resulting from the folding process, during the manufacture of hatches for road buses, replacing it with the TIG welding process, comparing the results related to the waste of both. The waste, in turn, was obtained by monitoring the production line and collecting data for each process, using SolidWorks and AutoCad as the main tools in carrying out the projects. Then the data from the welding and bending processes in the manufacture of the hatches were compared and the feasibility of excluding one of the manufacturing procedures was verified. At the end of the study, it was found, given the comparisons, that the TIG welding process obtains more advantage, having less waste and manufacturing cost.

Keywords: Change. Folding process. TIG welding.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Soldagem TIG (esquemática)	20
Figura 2: Esquema simplificado dos equipamentos necessários para o processo TIG.....	21
Figura 3: Dobramento de chapa de metal com deformações de compressão e tração.....	22
Figura 4: Componente portinhola montada na carroceria.....	24
Figura 5: Portinhola do compartimento do radiador.....	24
Figura 6: Representação perfil alumínio da estrutura da portinhola.....	25
Figura 7: Dobradeira CNC de perfis e tubos.	25
Figura 8: Desenho representativo das dobras do perfil de alumínio.	26
Figura 9: Sobras de dobras, sobras maiores e sobras menores.....	28
Figura 10: Classificação dos desperdícios meses de outubro e novembro em (%).	30
Figura 11: Peça A substituta da dobra	34
Figura 12: Representação da vista frontal da estrutura que será soldada.....	34
Figura 13: Fabricação peça A.....	35
Figura 14: Gabarito e estruturas de portinholas	36
Figura 15: Estrutura portinhola antes e depois da alteração.	38
Figura 16: Comparação de desperdício entre os processos de dobras e soldagem.....	39
Figura 17: Custo economizado com a alteração do processo dobras para soldagem.	40

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Classificação dos desperdícios dos perfis de alumínio no processo de dobras...	30
TABELA 2 - Relação percentual entre peças fabricadas e desperdício.....	31
TABELA 3 - Relação de custo e percentual entre peças fabricadas e desperdício.....	37
TABELA 4 - Relação percentual entre peças desperdiçadas e fabricadas.....	38

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 - Comprimento do perfil descartado na dobra.....	27
EQUAÇÃO 2 - Massa total de sobras de perfil gerada no processo de dobras.....	28
EQUAÇÃO 3 - Comprimento total de sobras de perfil gerada no processo de dobras [m].....	29
EQUAÇÃO 4 - Custo total das sobras de perfil [R\$].....	29
EQUAÇÃO 5 – Comprimento total de perfil comprado.....	31
EQUAÇÃO 6 – Percentual de desperdício e de peças fabricadas.....	31
EQUAÇÃO 7 – Percentagem média de desperdício entre os meses de outubro e novembro..	32
EQUAÇÃO 8 – Custo que foi economizado no processo de soldagem [R\$].....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANTT	-	Agência Nacional de Transportes Terrestres
ASME	-	American Society of Mechanical Engineers
AWS	-	American Welding Society
CAD	-	Computer Aided Design
g/cm³	-	gramas por centímetros cúbicos
GTAW	-	Gas Tungsten Arc Welding
Kg	-	quilograma
MEF	-	Método dos Elementos Finitos
m	-	metros
mm	-	milímetros
STP	-	Sistema Toyota de Produção
TIG	-	Tungsten Inert Gas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 OBJETIVO GERAL	13
1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	14
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	14
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 ÔNIBUS RODOVIÁRIO	15
2.2 DESPERDÍCIOS EM PROCESSOS DE PRODUÇÃO	15
2.4 CONCEITUANDO PROJETOS	17
2.4.1 Software AutoCAD	17
2.4.2 Software SolidWorks	18
2.5 CONCEITUANDO PROCESSO	18
2.6 PROCESSO DE SOLDAGEM	19
2.6.1 Soldagem TIG	19
2.6.2 Equipamentos	20
2.6.3 Variáveis do processo	21
2.7 DOBRAMENTO	22
2.7.1 Operações de Dobramento	22
3 METODOLOGIA	23
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	23
3.2 FABRICAÇÃO DE PORTINHOLA POR PROCESSO DE DOBRAS	25
3.2.1 Sucata resultante do processo de dobras	26
3.2.2 Sucata resultante da baixa qualidade da estrutura	27
3.2.3 Coleta da sucata resultante do processo de dobras e equacionamento	28

3.2.4 Cálculo da sucata gerada no processo de dobras	29
3.3 ALTERAÇÃO DE PROCESSO DE DOBRAS PARA SOLDAGEM TIG	33
3.3.1 Projeto da peça que substitui as dobras	33
3.3.1 Projeto da estrutura pelo processo de soldagem	34
3.3.1 Acompanhamento da fabricação da peça A.....	35
3.3.2 Acompanhamento de montagem da estrutura pelo processo de soldagem TIG	36
3.3.3 Desperdício advindo do processo de soldagem TIG	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

Com o constante crescimento na competitividade do mercado de trabalho, dia após dia, é possível realizar pesquisas e estudos científicos direcionados a indústria, comprovando melhorias nos processos e evidenciando possíveis erros que podem ser prevenidos no decorrer dos trabalhos, isso porque o acesso a informação tem se tornado fácil e prático, o que não ocorria antes do surgimento da internet.

Seguindo os conceitos ditos anteriormente a pesquisa analisou dois processos de fabricação, usados nas portinholas dos ônibus rodoviários de uma empresa privada, avaliando cada um dos procedimentos e comparando as diferenças que um tem com relação ao outro.

Em virtude do que foi mencionado, a proposta da pesquisa obteve a finalidade de analisar dois processos, sendo eles, dobras de perfil e soldagem *Tungsten Inert Gas* (TIG), demonstrando características de ambos os processos.

Para obter o propósito do trabalho foi necessário o cumprimento de procedimentos, guiados por um objetivo geral o qual foca na alteração do processo de fabricação das portinholas de dobras para soldagem, com a necessidade de detalhar, fazendo uso de software *Solidworks* e *AutoCad*, após o desenvolvimento do projeto foi acompanhado os processos de fabricação na linha de montagem. Sendo assim, houve a comparação dos resultados virtuais e práticos, gerando maior certeza nos dados coletados.

A finalização da pesquisa comparou ambos os procedimentos de fabricação se constatou que o processo de soldagem possui relevância em relação ao processo de dobras quanto ao desperdício de matéria prima.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Reduzir a quantidade de sucata gerada na fabricação da estrutura de portinhola de ônibus, modelo rodoviário, comparando dois tipos de processos dobras e soldagem.

1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Apontar os resultados através do acompanhamento do processo de dobras na fabricação de portinholas de ônibus rodoviários.

Alterar o processo de dobras para processo de soldagem na construção de portinholas de ônibus rodoviários.

Avaliar os resultados obtidos do processo de soldagem na fabricação de portinholas de ônibus rodoviários.

Comparar os resultados entre o processo de dobras e processo de soldagem.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os projetos, processos e melhorias de hoje são de grande importância, pois interferem no tempo e custo de fabricação do produto, as empresas buscam reduzir os custos de seus produtos através de diversas alternativas, trazendo maior competitividade e qualidade no mercado.

Segundo Scartezini (2009), além da constante busca por clientes para sobrevivência das organizações, existem outros fatores que determinarão o seu fracasso ou sucesso, tendo os principais a satisfação total dos clientes, gerencia participativa, desenvolvimento humano, constância de propósitos, melhoria continua, gestão de processo, gestão de informação e comunicação, garantia da qualidade e busca da excelência.

O trabalho tem como intenção verificar qual dos processos de soldagem ou dobras possui menos tempo de mão de obra, sucata e custo na fabricação da estrutura de portinholas de ônibus rodoviário comparando os resultados obtidos de ambos processos.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Como reduzir a quantidade de sucata na fabricação de portinholas de ônibus rodoviários de uma empresa privada de Cascavel?

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada em uma empresa privada de ônibus da região, localizada na cidade de Cascavel no estado do Paraná, onde pôde-se realizar estudos no setor de engenharia do produto. A pesquisa levou cerca seis meses e após esse período foi avaliado os dados dos processos de fabricação por dobras e soldagem TIG.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ÔNIBUS RODOVIÁRIO

De acordo com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (2018), veículo rodoviário é aquele destinado ao transporte público regulamentado de passageiros e serviços de transporte privado, com maior parte de deslocamento através de rodovias ou estradas.

Para a ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres) (2018), veículo rodoviário interestadual para operar a grandes distâncias com passageiros é aquele que transporta com uma distância mínima de 75 quilômetros, realizada de maneira remunerada.

2.2 DESPERDÍCIOS EM PROCESSOS DE PRODUÇÃO

Os desperdícios ou perdas são compostas por 7 classes: 1 desperdício por superprodução (quantitativa e por antecipação); 2 desperdício por espera; 3 desperdício por fabricação de itens com defeitos; 4 desperdício por transporte; 5 desperdício por deslocamento; 6 desperdício durante o processamento em si; 7 desperdício por estoque (OLMO E SHINGO, 1994).

Para Paulo Ghinato, a garantia da qualidade, dentro do contexto do STP (Sistema Toyota de Produção), pode ser dita como a garantia de um fluxo contínuo de produtos livres de defeitos em todos os processos de fabricação, ou seja, a garantia da eliminação total de qualquer desperdício pela fabricação de produtos com defeitos. Este é o resultado direto e significativo da aplicação da automação, uma vez que os operários e as máquinas estão preparados para a interrupção do processamento ao primeiro sinal de anormalidade.

2.3 PROPRIEDADES MECÂNICAS DO ALUMÍNIO

De acordo com Smith (1998), o alumínio é o metal mais abundante na crosta terrestre, porém aparece sempre combinado com outros elementos em sua estrutura, como o silício, oxigênio e o ferro. Devido sua baixa densidade o alumínio é muito útil nos projetos de engenharia sendo cada vez mais utilizado em produtos de transporte, e por não ser tóxico é utilizado em embalagens para alimentos.

Askeland e Phulé (2006), esclarecem que, de modo geral, os metais possuem boa condutividade elétrica e térmica, tanto os metais quanto as ligas possuem resistência mecânica considerada elevada comparada a outros materiais, ductilidade ou conformabilidade, resistência a choques mecânicos e alta rigidez.

O alumínio e suas ligas, possuem densidade relativamente baixa comparada ao aço (2,7 g/cm³ para o alumínio e 7,9 g/cm³ para o aço), alta resistência a corrosão em alguns ambientes, incluindo a atmosfera, muitos tipos de ligas de alumínio podem ser conformados com facilidade devido sua alta ductilidades (CALLISTER, 2000).

No quadro 1, encontram-se algumas das propriedades da liga de alumínio 3003 (METALTHAGA, 2017), material utilizado nesta pesquisa.

Quadro 1 – Propriedades básicas do material utilizado na pesquisa.

Propriedades mecânicas liga de alumínio 3003			
Resistência a tração		Limite de escoamento	
σ tração (MPa)	σ tração (MPa)	σ tração (MPa)	σ tração (MPa)
Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
95	130	35	-

(Fonte: METALTHAGA, 2017)

No quadro acima foi representado as principais características da liga de alumínio 3003, resistência a tração e limite de escoamento, recozido e recristalizado, tratamento com menor resistência mecânica e maior ductilidade.

2.4 CONCEITUANDO PROJETOS

O início de um projeto parte de uma necessidade de mercado ou uma nova ideia, e ao final se espera a especificação completa de um produto que atenda determinado objetivo ou corporifica a ideia. É importante definir a necessidade com exatidão, muitas das vezes é necessário um dispositivo para auxiliar na execução da tarefa (ASHBY, 2012).

Segundo Ribeiro (2016), atualmente o gerenciamento de projetos se inovou e várias empresas chegam ao sucesso através da utilização e implantação do conceito. Existem diversos modelos disponíveis no mercado, o mais comum propõe um gerenciamento feito por profissionais habilitados e qualificados, reunindo toda a equipe assegurando a comunicação eficaz do projeto. Assim, o trabalho se torna mais assertivo dentro da empresa.

De acordo com a guia PMBOOK (2012), o gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos.

2.4.1 Software AutoCAD

Gianaccini (2012), define o significado da sigla CAD (*Computer Aided Design*), que traduzido para o português: (desenho auxiliado por computador), desenvolvido e lançado pela Autodesk em 1982, trazendo inovação para o desenho técnico, tendo em vista que antes deste, os desenhos eram desenvolvidos em papéis em cima de pranchetas. Os desenhistas utilizavam alguns acessórios para criação dos desenhos, como caneta, borracha, régua, esquadros, compasso e outros.

A Autodesk (2019), afirma que o software AutoCAD foi desenvolvido para atender engenheiros e arquitetos e profissionais da construção, podendo ser criado desenhos 2D e 3D com precisão. Atualmente, o software possui recursos que atendem projetos de diversas áreas específicas como engenharia mecânica, arquitetura, projetos elétricos e outros.

Para Netto e Tavares (2006), a utilização de softwares é indispensável para as organizações, pois são desenvolvidas afim de aperfeiçoar informações, gerar e agregar conhecimentos. Todos os softwares, em específico o AutoCAD, oferecem aos seus usuários subsídios para melhoria contínua no desenvolvimento de projetos.

2.4.2 Software SolidWorks

SolidWorks é um software de desenho 3D do grupo Dassault Systemes SA, empresa que desenvolve e comercializa programas de projetos mecânicos. Foi fundada em 1993, possui seu produto disponível em mais de 70 países (SOLIDWORKS, 1995).

Filho (2010), afirma que o SolidWorks também pode ser utilizado como software de CAE (*Computed-Aided Engineering*), em conjunto com programas de simulação, sendo alguns deles o SolidWorks Flow Simulation e SolidWorks Simulation. O SolidWorks Simulation é uma ferramenta capaz de analisar as tensões nas peças projetadas, o programa funciona com base no método dos elementos finitos (MEF), que responde a aplicação virtual de forças aplicada no componente. Já o SolidWorks Flow Simulation é uma ferramenta de análise de escoamento, que se baseia no método numérico dos volumes finitos. O software permite uma aproximação virtual próxima ao projeto em condições reais, permitindo maior performance do projetista em sua análise.

2.5 CONCEITUANDO PROCESSO

Para Scartezini (2009), processo é um procedimento com etapas onde o objetivo é chegar num produto final, durante o processo ocorre transformações que seguem etapas necessárias para obtenção do produto final, de valor agregado. Em outra definição, processo seria diversas tarefas interligadas logicamente, que usam recursos da organização para gerar os resultados requeridos, de forma a apoiar os seus resultados esperados. Teoricamente, a mudança que nele ocorre deve somar valor e criar um resultado que seja mais útil e eficaz ao recebedor acima ou abaixo da cadeia produtiva.

De acordo com Holl (2019), Processo é o resultado da interação entre humanos, equipamentos e instalações. Também, pode passar por vários setores dentro de uma única empresa, como o setor de montagem, depois o setor de vendas e então o setor de atendimento ao cliente, tendo desde atividades simples a complexas.

2.6 PROCESSO DE SOLDAGEM

Para Brandi (1992), soldagem é o processo de união entre duas partes metálicas, através de uma fonte de calor, com ou sem aplicação de pressão. A solda se resulta desse processo. Os processos de soldagem são usados para fabricação de produtos e estruturas metálicas, veículos espaciais e aviões, locomotivas, navios, veículos rodoviários e ferroviários, prédios, pontes, gasodutos, oleodutos, trocadores de calor e outros.

Segundo Marques, Modenesi e Bracarense (2009), esclarecem que existe uma grande quantidade de processos que são denominados “soldagem” e podem ser usados para fabricação e recuperação de equipamentos, peças, conjuntos e estruturas. É comum dizer que a soldagem é um processo de união, porém, existem processos de revestimento com características especiais ou então para realizar cortes em componentes metálicos, que também são semelhantes à soldagem.

Processo de união de metais por fusão: embora não somente metais são soldáveis e, ao mesmo tempo, pode haver outros processos de soldagem além da solda por fusão; operação que visa obter a união de duas ou mais peças, assegurando na junta a continuidade das propriedades físicas e químicas: nessa definição, é utilizado o termo “continuidade” com significado semelhante ao utilizado nos meios matemáticos, ou seja, embora as propriedades ao longo da junta soldada possam variar, não ocorre quebras drásticas como, por exemplo, na união por rebite; processo de união de materiais, usado para obter a coalescência (união) localizada de metais e não-metais, produzida por aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a utilização de pressão e/ou material de adição: essa é a definição adotada pela Associação Americana de Soldagem (American Welding Society - AWS), contudo, ela não contribui com aspecto conceitual, sendo somente operacional; - processo de união de materiais baseado no estabelecimento de forças de ligação química de natureza similar às atuantes no interior dos próprios materiais, na região de ligação entre os materiais que estão sendo unidos: uma última definição, que se baseia pelo tipo de forças responsáveis pela união das peças, sendo uma definição mais técnica, que pode englobar também a brasagem, que neste contexto, pode ser considerada como um processo de soldagem. (MARQUES, MODENESI e BRACARENSE, 2009, p. 18).

2.6.1 Soldagem TIG

Soldagem a arco com eletrodo de tungstênio e proteção gasosa (Gas Tungsten Arc Welding – GTAW), também conhecida como TIG (Tungsten Inert Gas), defendida por Marques, Modenesi e Bracarense (2009), é um processo no qual ocorre a união das peças metálicas realizado pelo aquecimento e fusão destas através de um arco elétrico decorrente entre um eletrodo de tungstênio, não consumível, e as peças que se deseja unir. A proteção do arco elétrico e poça de fusão contra a contaminação da atmosfera é feita por uma mistura de gases

inertes no local a ser soldado. A soldagem pode ser feita com ou sem metal de adição e quando usada é realizada sobre a poça de fusão.

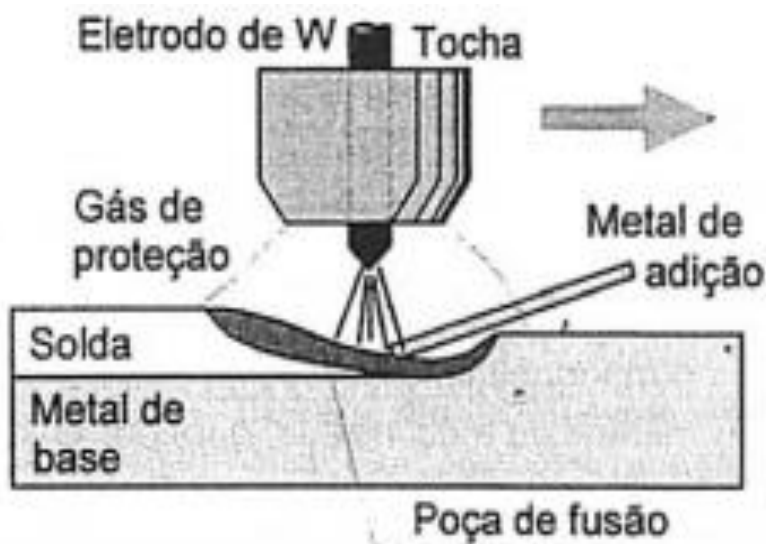


Figura 1: Soldagem TIG (esquemática)

(Fonte: MARQUES, MODENESI E BRACARENSE, 2009).

2.6.2 Equipamentos

Para Wainer, Brandi e Mello (2004), os equipamentos básicos de soldagem TIG manual são definidos abaixo.

Fonte de energia: trabalha sempre com corrente constante, também pode atuar como um gerador, retificador ou transformador de acordo com o metal que será soldado. Quando a soldagem for feita manualmente a fonte é acompanhada de um pedal que controla a corrente de soldagem, sendo este pedal controlado pelo soldador. Com esse recurso de regulação, o rechupe que é formado na cratera ao final do cordão de solda. Dependendo do tipo de aplicação, a fonte de energia pode ser aprimorada, utilizando arco pulsado em corrente contínua.

Unidade de alta frequência: é fundamental quando se utiliza corrente alternada na soldagem, a unidade deve possuir controle de pré e pós-vazão do gás inerte e regulação de intensidade, quando não inclusas na fonte de energia.

Sistema de refrigeração: é utilizado água, quando usada fonte de energia e tocha. Normalmente a água utilizada para refrigeração circula em um circuito fechado.

Reservatório de gás para soldagem: normalmente são cilíndricos, tendo regulação de vazão e pressão de saída do gás.

Tocha TIG: é o equipamento que fixa o eletrodo de tungstênio, transfere a corrente elétrica e a proteção gasosa necessária a região de ação do arco elétrico com a poça de fusão. A tocha TIG pode ser refrigerada por água ou ar, dependendo da corrente da corrente elétrica utilizada.

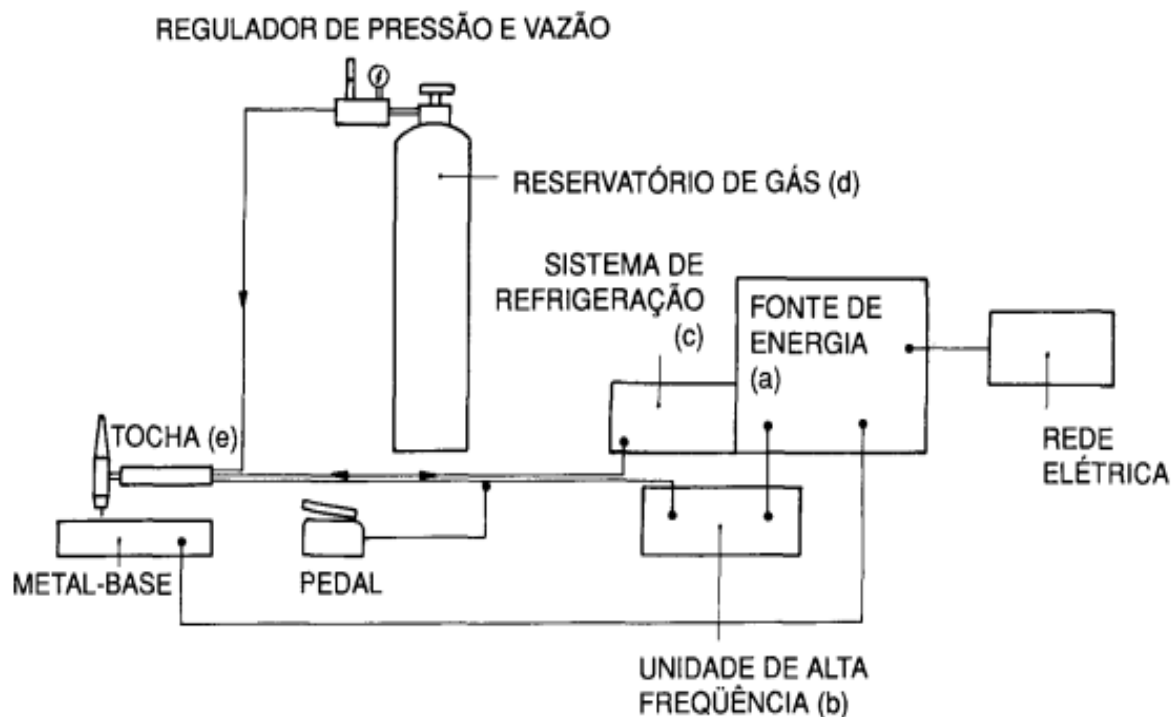


Figura 2: Esquema simplificado dos equipamentos necessários para o processo TIG

(Fonte: WAINER, BRANDI E MELLO, 2004).

2.6.3 Variáveis do processo

As variáveis para qualificação do processo de soldagem TIG, de acordo com a norma ASME (*American Society of Mechanical Engineers*), são: metal-base; metal de adição; preaquecimento; tipo de gás de proteção, tipo de junta, posições de soldagem, características elétricas e técnicas de soldagem. Sendo que as quatro primeiras são essenciais.

Ainda de acordo com a ASME, para qualificação do soldador é necessário conhecimento em: tipo de junta, metal-base e de adição, posição de soldagem, tipo de gás de proteção e características elétricas (WAINER, BRANDI E MELLO, 2004).

2.7 DOBRAMENTO

De acordo com Secco, Filho e Oliveira, dobramento é a aplicação que é feita pela realização de dobra no material. Dobra é a parte plana do material que é forçada sobre uma base de apoio o dobramento pode ser feito manualmente ou com gabaritos e ferramentas, na operação realizada a máquina usa-se as conhecidas dobradeiras ou prensas dobradeiras, a escolha do processo de dobra depende das necessidades de produção. O processo de dobragem é feito muitas das vezes a frio, mas também pode ser realizado a quente, em casos especiais.

2.7.1 Operações de Dobramento

O dobramento em chapas metálicas é uma operação em que ocorre a deformação do material em torno do seu eixo reto, como mostrado na figura 3, durante a operação, o material na parte interna da linha neutra está comprimido, enquanto a parte externa está tracionada. O material é deformado plasticamente de modo que depois da aplicação de tensão que causou a deformação o material não retorna ao seu estado inicial, o dobramento quando feito em chapas de metal provoca nenhuma ou pequenas variações na espessura do material (GROOVER MIKELL P., 2014).

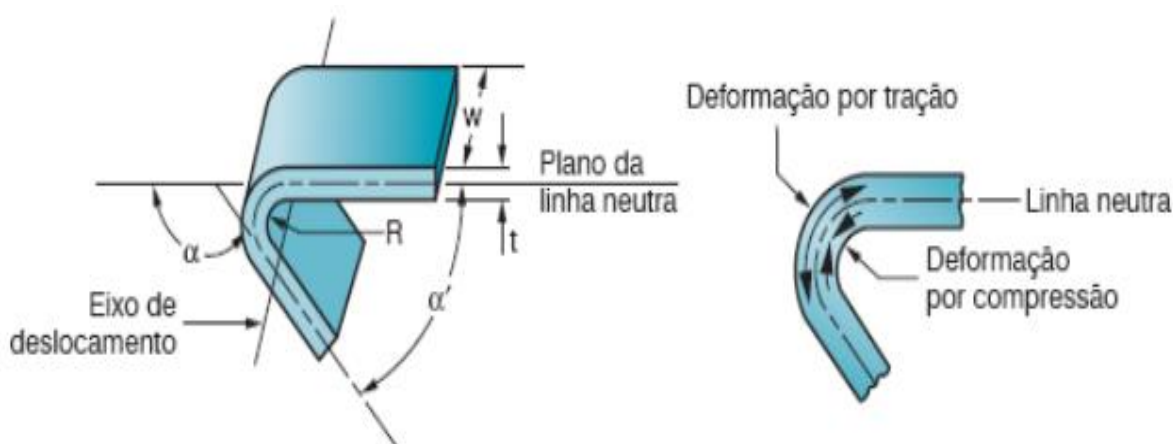


Figura 3: Dobramento de chapa de metal com deformações de compressão e tração.

(Fonte: GROOVER MIKELL P., 2014).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho ampara-se em uma pesquisa exploratória, para realização da mesma utilizou-se os softwares AutoCAD e Solidworks para modelagem do projeto com suas peças e conjuntos, também para análise das principais características dos componentes do projeto.

Os dados utilizados para pesquisa foram obtidos de fontes primárias, sendo essas informações retiradas do acompanhamento em linha de montagem, e de softwares AutoCAD e Solidworks para realização do novo projeto proposto.

O tempo de pesquisa foi de seis meses, sendo esse necessário para coleta de dados dos dois processos, de dobras e soldagem, relacionados a fabricação da estrutura da portinhola.

O referencial teórico da pesquisa foi utilizado como fonte secundária com informações referente aos processos de dobras e soldagem, através da pesquisa bibliográfica.

A pesquisa de campo também foi utilizada como metodologia, de cunho transversal com o acompanhamento presencial dos processos de fabricação por dobra e soldagem da estrutura da portinhola dos ônibus rodoviários.

Além do autor da pesquisa outros participantes dos setores de engenharia da empresa contribuíram para coleta de dados, projetos e acompanhamento em campo.

O estudo descritivo exige do pesquisador, para que tenha validade científica, uma precisa delimitação de técnicas modelos, métodos e teorias que orientarão a coleta e interpretação dos dados (TRIVIÑOS, 1987).

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A portinhola tem o objetivo de possibilitar o acesso ao bagageiro do ônibus rodoviário que comporta mochilas e malas dos passageiros.

A figura 4 representa a portinhola de um ônibus durante a montagem em dois momentos, no primeiro instante aberta e no segundo fechada.

O intuito da pesquisa foi comparar dois processos de fabricação de portinhola, onde a diferença entre ambos é que um dos modelos é realizado pelo processo de dobras que é o processo utilizado antes da alteração e o outro por processo de soldagem TIG que foi desenvolvido durante o estudo.



Figura 4: Componente portinhola montada na carroceria

(Fonte: O autor, 2020)

Para realizar o processo de dobras também é necessário utilizar soldagem para fixação dos componentes adicionais da estrutura da portinhola, já no processo de soldagem não necessita de dobras na estrutura sendo assim descartado o uso da dobradeira, a figura 5 mostra a estrutura da portinhola com o chapeamento pronta para ser montada na carroceria.



Figura 5: Portinhola do compartimento do radiador

(Fonte: O autor, 2020)

3.2 FABRICAÇÃO DE PORTINHOLA POR PROCESSO DE DOBRAS

O perfil de alumínio representado na figura 6 é o principal componente da portinhola, cujo objetivo é sustentar o chapeamento e os demais itens que movimentam a portinhola na sua abertura e fechamento, dentre eles o puxador, dobradiça e a borracha de vedação.

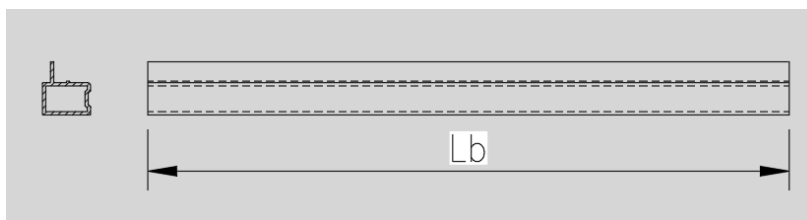


Figura 6: Representação perfil alumínio da estrutura da portinhola

(Fonte: O autor, 2020)

Tendo em vista que o perfil de alumínio vem em forma de barras retas com comprimento L_b (comprimento do perfil) de 4600mm foi realizado o processo de dobras numa dobradeira CNC de polia cujo o raio é fixo, conforme figura 7.



Figura 7: Dobradeira CNC de perfis e tubos.

(Fonte: O autor, 2020)

A dobradeira utilizada para realizar o processo de dobra no perfil de alumínio é a mesma usada para dobrar tubos circulares metálicos de outros componentes da carroceria, deste modo o raio de dobramento é sempre o mesmo independente do item que será dobrado.

Tendo em vista as considerações anteriores, o projetista ficou limitado ao raio fixo da dobradeira conforme representado no exemplo da figura 8.

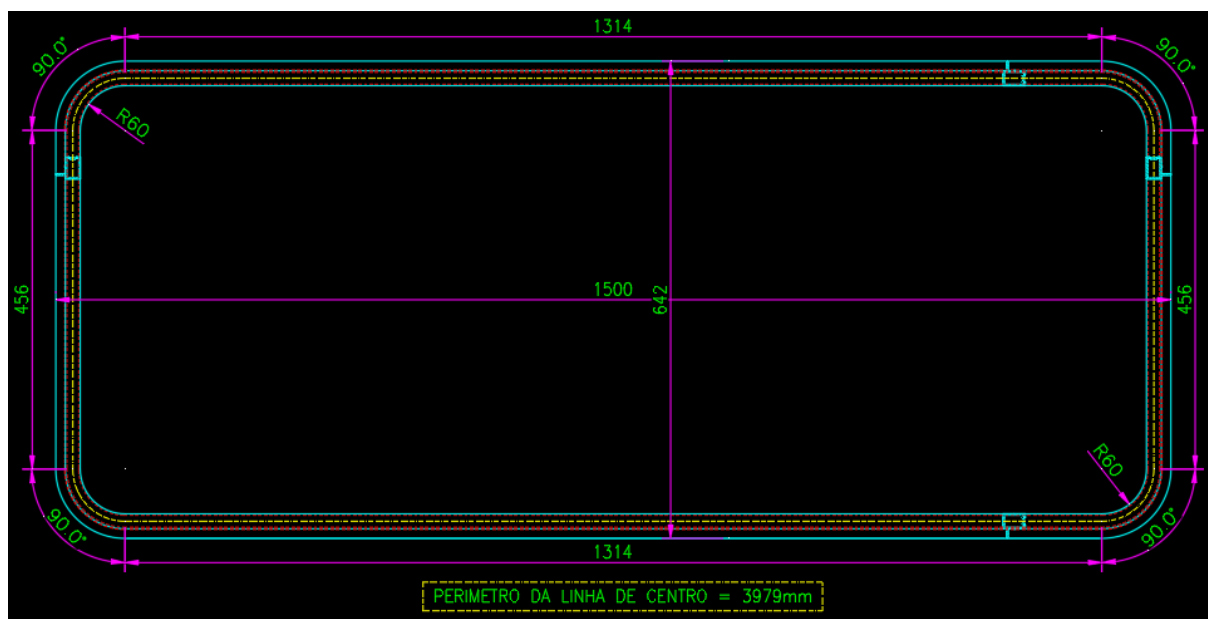


Figura 8: Desenho representativo das dobras do perfil de alumínio.

(Fonte: O autor, 2020)

3.2.1 Sucata resultante do processo de dobras

Com o projeto em mãos, foi realizado o acompanhamento do processo na linha de produção, já na primeira etapa onde é dobrado o perfil, foi evidenciado que em quase todos os processos de dobramento houve desperdício de matéria prima, isso ocorre porque os perfis de alumínio são recebidos em barras com comprimento de 4600mm, esse perfil é dobrado e após o dobramento da peça o que sobra é descartado.

Levando em consideração o que foi dito anteriormente e o desenho representado na figura 8, pôde-se definir a quantidade de material que foi descartado após a dobra, de acordo com a Equação 1:

$$L_{dd} = L_b - L_p \quad (1)$$

onde:

L_{dd} = comprimento do perfil descartado na dobra [mm];

L_b = comprimento da barra do perfil (4600mm) [mm];

L_p = comprimento do desenvolvido ou perímetro da peça [mm].

A quantidade de material desperdiçada foi mensurada durante o desenvolvimento do projeto, sendo que sofre variações de acordo com a dimensão da portinhola que será fabricada, em alguns casos é necessário utilizar dois perfis de 4600mm, isso ocorre quando a portinhola possui comprimento maior do que 3200mm. Tomando como exemplo a figura 8, o comprimento do perfil necessário para produzir a peça é de 3979mm, sendo que o tamanho das barras são de 4600mm. Substituindo-se os valores das variáveis da equação 1, temos:

$$L_d = 4600mm - 3979mm$$

$$L_d = 621mm$$

3.2.2 Sucata resultante da baixa qualidade da estrutura

Algumas variáveis são responsáveis pela baixa qualidade do perfil após a operação de dobramento, que quando evidenciada a estrutura é descartada, são elas:

- a) A dobradeira utilizada no processo não garante o grau correto da dobra, sendo reprovada na avaliação da qualidade.
- b) Matéria prima do perfil de alumínio com divergência em suas propriedades mecânicas, que interferem na deformação do material e consequentemente no dobramento do perfil.
- c) Após a dobramento, algumas das estruturas ao serem soldadas sofrem deformações, o material tem distorções ao receber calor da fonte de soldagem.

3.2.3 Coleta da sucata resultante do processo de dobras e equacionamento

Para facilitar a coleta das sucatas, o desperdício do perfil da estrutura foi classificado e separado de três formas conforme descritas abaixo.

Sobras: sucatas com dimensões menores (dimensões menores que 500mm).

Sobras maiores: que foi realizado um estudo com a finalidade de reaproveitar esses desperdícios (sobras maiores que 500mm)

Dobras: estruturas que ficaram fora das dimensões no processo de dobras.

A coleta dos desperdícios gerados no processo de dobras foi realizada durante dois meses, outubro e novembro de 2019. A figura 9 representa os desperdícios do mês de novembro.



Figura 9: Sobras de dobras, sobras maiores e sobras menores.

(Fonte: O autor, 2020)

Sabendo a massa de sobras perfil de alumínio, pôde-se calcular a massa total de sucata pela equação 2:

$$m_{td} = m_s + m_{sm} + m_d \quad (2)$$

onde:

m_{ts} = massa total de sobras de perfil gerada no processo de dobras [Kg];

m_s = massa de sobras menores que 500mm [Kg];

m_{sm} = massa de sobras maiores de 500mm [Kg];

m_d = massa de sobras com dimensões divergentes do projeto [Kg].

Sabendo que cada metro linear do perfil de alumínio possui massa de 0,588 Kg, pôde-se calcular a quantidade mássica em metros linear, multiplicando o valor da massa total de sucata por 0,588 conforme a equação 3.

$$L_{td} = m_{ts} * 0,588 \quad (3)$$

onde:

L_{td} = comprimento total de sobras de perfil gerada no processo de dobras [m];

m_{ts} = massa total de sucata de perfil gerada no processo de dobras [m].

Por fim, foi calculado o custo total das sobras do processo de dobras levando em consideração o custo médio por metro linear do perfil durante a pesquisa que é R\$: 7,49. Então obteve-se o custo de desperdícios através da equação 4:

$$C_{td} = L_{td} * 7,49 \quad (4)$$

onde:

C_{td} = custo total das sobras de perfil [R\$];

L_{td} = comprimento total de sobras de perfil gerada no processo de dobras [m].

3.2.4 Cálculo da sucata gerada no processo de dobras

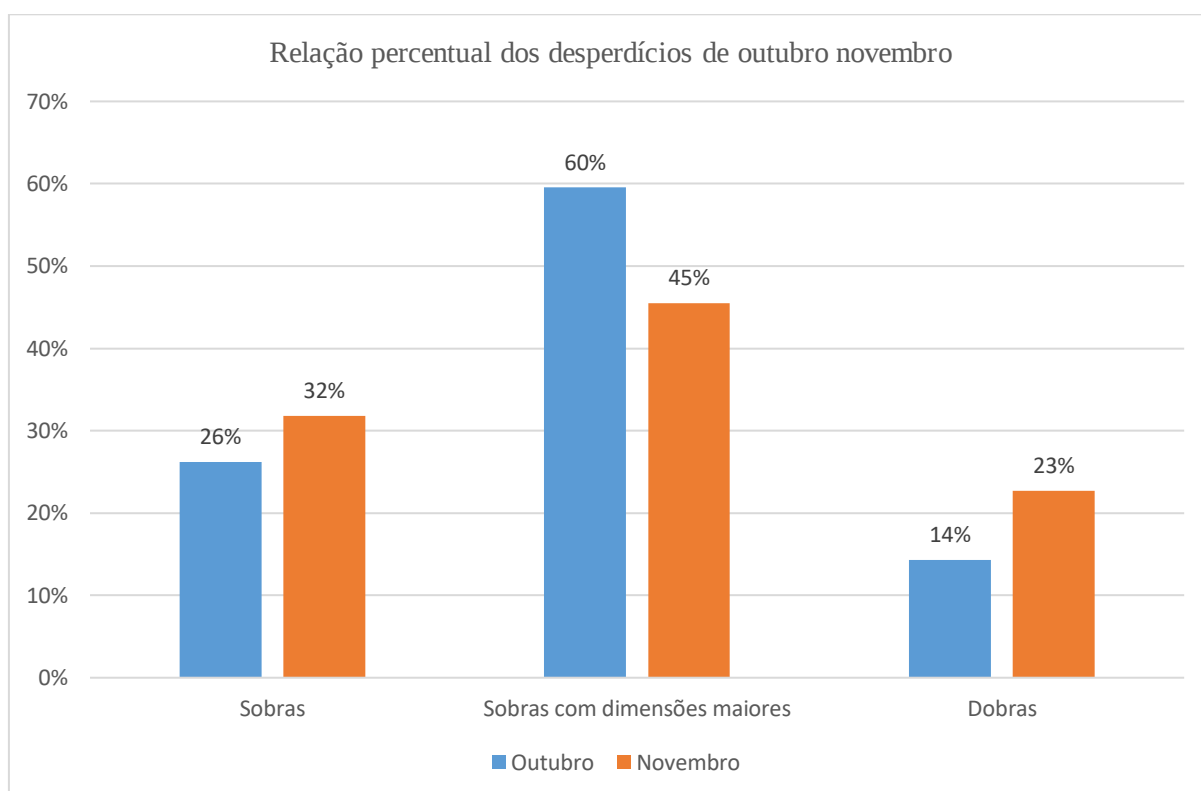
Utilizando as equações 2, 3 e 4 foi incluído os valores das variáveis relacionados aos meses de outubro e novembro conforme calculado na tabela 1.

Que também pode ser representado graficamente, temos a porcentagem referente ao desperdício de cada classificação, conforme a figura 10.

Tabela 1: Classificação dos desperdícios dos perfis de alumínio no processo de dobras.

Classificação dos Desperdícios perfil	Outubro			Novembro		
	Massa (Kg)	Comprimento (m)	Custo (R\$)	Massa (Kg)	Comprimento (m)	Custo (R\$)
Sobras	220	374,15	2802,38	140	238,10	1783,33
Sobras com dimensões maiores	500	850,34	6369,05	200	340,14	2547,62
Dobras	120	204,08	1528,57	100	170,07	1273,81
Total	840	1428,57	10700,00	440	748,30	5604,76

(Fonte: O autor, 2020)

**Figura 10:** Classificação dos desperdícios meses de outubro e novembro em (%).

(Fonte: O autor, 2020)

3.2.5 Relação entre peças fabricadas e desperdício total do perfil de alumínio

Sabendo que a quantidade total de perfil desperdiçado foi de 1428,57m no mês de outubro e 748,30m em novembro, para descobrir a quantidade de perfil fabricado ou de peças produzidas foi somado o comprimento de todos os perfis estruturados nos projetos de dobras, cujos valores são 1250m em outubro e 1295m em novembro, sabendo os valores dessas duas variáveis pôde-se definir a quantidade total de perfil comprado pela empresa pela equação 5.

$$L_{TP} = L_D + L_p \quad (5)$$

onde:

L_{TP} = comprimento total de perfil comprado [m];

L_D = comprimento de perfil desperdiçado [m];

L_p = comprimento de peças produzidas [m].

Para saber a relação percentual entre desperdiçado e produzido utilizou-se a equação 6:

$$\% = \frac{L_D}{L_{TP}} \text{ ou } \frac{L_p}{L_{TP}} \quad (6)$$

onde:

% = percentual de desperdício ou de peças fabricadas [%];

L_{TP} = comprimento total de perfil comprado [m];

L_D = comprimento de perfil desperdiçado [m];

L_p = comprimento de peças produzidas [m].

Incluindo os dados de outubro e novembro e baseados nas equações 5 e 6, foi encontrado a percentagem de desperdícios e fabricados dos meses de outubro e novembro conforme representado na tabela 2.

Tabela 2: Relação percentual entre peças fabricadas e desperdício.

Relação entre desperdícios x fabricados	Outubro		Novembro	
	Comprimento (m)	%	Comprimento (m)	%
Fabricados	1250	47%	1295	63%
Desperdícios	1428	53%	748	37%
Total	2678	100%	2043	100%

(Fonte: O autor, 2020)

Com base na tabela observamos que no mês de outubro o percentual de peças desperdiçadas foi maior que de fabricadas, já no mês de novembro obteve-se mais peças fabricadas do que desperdiçadas, essa diferença significativa entre os dois meses ocorre pois as dimensões das portinholas variam, tornando o resultado das coletas de dados variáveis, isso relacionado ao processo de dobras.

3.2.6 Percentual médio de desperdícios no processo de dobramento

Considerando que o foco do trabalho foi a redução de desperdício ou sucata, foi calculado a média de desperdício entre os meses de outubro e novembro para ser comparado com a média de sucata coletada no processo de soldagem TIG. A média de desperdício foi calculada conforme a equação 7.

$$\%_{MD} = \frac{L_{TD}}{L_{TON}} \quad (7)$$

onde:

$\%_{MD}$ = percentagem média de desperdício entre os meses de outubro e novembro [%];

L_{TD} = comprimento total de perfil desperdiçados nos meses de outubro e novembro [m];

L_{TON} = comprimento total de perfil comprado nos meses de outubro e novembro [m];

Substituindo os valores obtidos na tabela 2, temos:

$$\%_{MD} = \frac{(1428 + 748)m}{(2678 + 2043)m}$$

$$\%_{MD} = 46\%$$

Ou seja, 46% do total de perfis comprados pela empresa nos meses de outubro e novembro foi desperdiçado e 54% transformado em produtos ou em estruturas de portinholas.

3.3 ALTERAÇÃO DE PROCESSO DE DOBRAS PARA SOLDAGEM TIG

Para sanar o grande problema relacionado ao desperdício foi estudado um novo projeto e processo a fim de reduzir a sucata na fabricação das portinholas, tendo em vista que a maior parte da sucata estava relacionada as sobras com dimensões maiores foi desenvolvido um projeto que possibilita a reutilização destas. O segundo maior problema estava ligado a falta de qualidade nas estruturas das portinholas, relacionadas ao ângulo de dobramento e outros aspectos que foi consequência do processo de dobras.

Levando em consideração as informações anteriores foi então desenvolvido um novo projeto que utiliza da soldagem TIG, que elimina o processo de dobras e também permite reaproveitar parte das sobras com dimensões maiores e que através de gabaritos pôde-se garantir uma maior qualidade com relação ao processo de dobras.

O processo de fabricação da portinhola por soldagem TIG é realizado em apenas um local do setor, não precisando deslocar a portinhola para fabricação, ou seja, se inicia e termina a montagem da estrutura da portinhola em um mesmo ambiente tendo menor tempo de montagem comparado ao processo de dobras além de não gerar grande quantidade de sucata o qual é um dos motivos principais para alteração do processo de fabricação.

3.3.1 Projeto da peça que substitui as dobras

Para substituir as dobras foi necessário desenvolver uma peça que exerce-se a mesma função da dobra, pois em todo o contorno da estrutura da portinhola é fixado a borracha de vedação de água e poeira, além de garantir as características mecânicas da dobra. Com auxílio da ferramenta SolidWorks foi desenvolvido o item que chamaremos de peça A, protótipo que substitui a dobra, conforme representado na figura 11.

A composição da peça é liga de alumínio 3003, a confecção das primeiras peças teste foi feita manualmente no decorrer do processo a peça A sofreu pequenas alterações e passou a ser produzida por conformação mecânica.

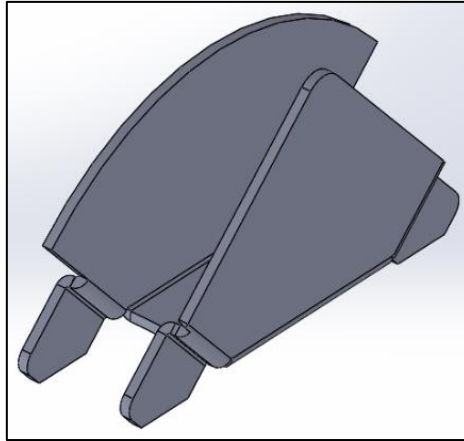


Figura 11: Peça A substituta da dobra

(Fonte: O autor, 2020)

3.3.1 Projeto da estrutura pelo processo de soldagem

Após o projeto da peça foi então projetado o arco da estrutura, os demais subconjuntos da estrutura não sofreram alterações sendo mudado então apenas as laterais, onde foi fixado 4 peças no lugar das dobras conforme a figura 12.

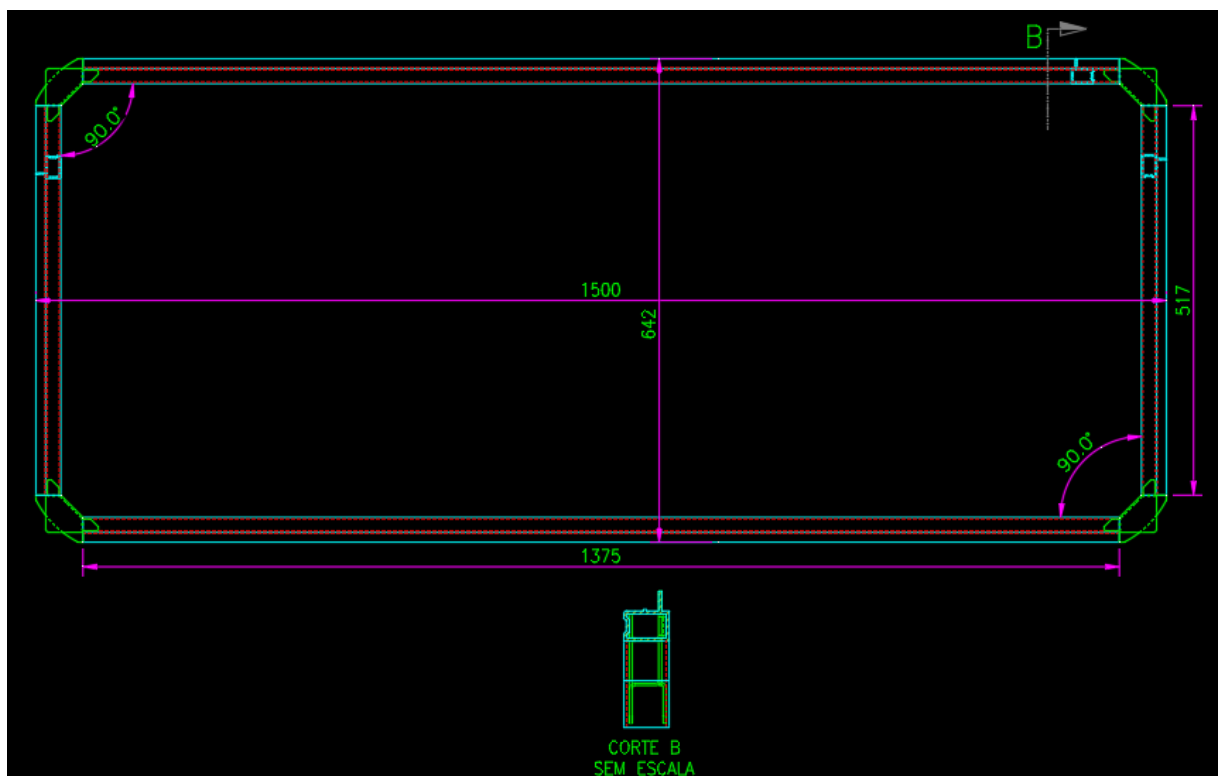


Figura 12: Representação da vista frontal da estrutura que será soldada.

(Fonte: O autor, 2020)

Se compararmos as figuras 8 e 12 pode-se observar que as dimensões de altura e largura da estrutura são as mesmas, outro detalhe é que no processo de dobras a sobra de perfil de alumínio calculado pela equação 1 resultando em 621mm, este mesmo, foi reutilizado na fabricação do arco representado na figura 12, sendo recortado com 517mm.

3.3.1 Acompanhamento da fabricação da peça A

Durante o acompanhamento do processo foi necessário fazer algumas alterações na peça A por questões de viabilidade de fabricação e encaixe entre os componentes. Após a fabricação do protótipo e aprovação do mesmo o processo foi alterado definitivamente e a peça A passou a ser fabricada pelo processo de conformação mecânica, foi desenvolvido 5 matrizes e alocadas em uma prensa já existente na empresa, conforme representado na figura 13.



Figura 13: Fabricação peça A

(Fonte: O autor, 2020)

3.3.2 Acompanhamento de montagem da estrutura pelo processo de soldagem TIG

O processo de fabricação da estrutura por soldagem TIG foi bem sucedido sem maiores problemas durante a confecção do protótipo, após a validação da estrutura foi desenvolvido gabaritos que facilitam o processo de solda e garantem o ângulo de 90° especificado em projeto, sendo úteis para todos os tamanhos de estruturas de portinholas, atentando também para a ergonomia do soldador. A figura 14 representa o gabarito e diversos tamanhos de estruturas de portinholas em processo de fabricação.



Figura 14: Gabarito e estruturas de portinholas

(Fonte: O autor, 2020)

3.3.3 Desperdício advindo do processo de soldagem TIG

Diferente dos três tipos de desperdícios que foram gerados pelo processo de dobras, quando utilizado o processo de soldagem TIG na fabricação da portinhola foi computado apenas um tipo de desperdício, sendo que esses perfis de alumínio na sua grande maioria eram com

tamanhos inferiores a 400mm o que impossibilitava a sua reutilização ou eram parcialmente reaproveitados em estruturas de portinholas pequenas em casos raros.

A coleta de dados referente ao processo de soldagem TIG foi realizado nos meses de fevereiro e março do ano de 2021, foi possível realizar a coleta continua dos dois meses em um mesmo local, sendo que no processo de dobras o mesmo não ocorreu pois possuía uma quantidade grande de perfil e ocupava muito espaço sendo então feito a coleta separada nos dois meses e calculado a média entre ambos.

Reunindo o desperdício de perfil dos meses de fevereiro e março foi coletado aproximadamente 950m, sendo que o total estruturado em projeto ou de produtos fabricados foi de 3720m. Com base nessas duas informações pôde-se calcular a quantidade total de perfil comprado pela empresa pela equação 5.

$$L_{TP} = 950m + 3720m$$

$$L_{TP} = 4670m$$

Sabendo da quantidade total de perfil comprado e que o preço médio por metro do perfil durante o estudo foi de R\$: 7,49 na representação da tabela 3 foi obtido uma relação aproximada do percentual entre custo do desperdício e do que foi transformado em produto, referente ao processo de soldagem.

Tabela 3: Relação de custo e percentual entre peças fabricadas e desperdício.

Classificação do desperdício x fabricado	Meses de fevereiro e março			
	Massa (Kg)	Comprimento (m)	Custo (R\$)	%
Desperdício	559	950	7116	20%
Fabricado	2187	3720	27863	80%
Total	2746	4670	34978	100%

(Fonte: O autor, 2020)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 15 representa a estrutura antes e depois alteração da portinhola, sendo o antes fabricado pelo processo de dobras e o depois realizado pelo processo de soldagem TIG.

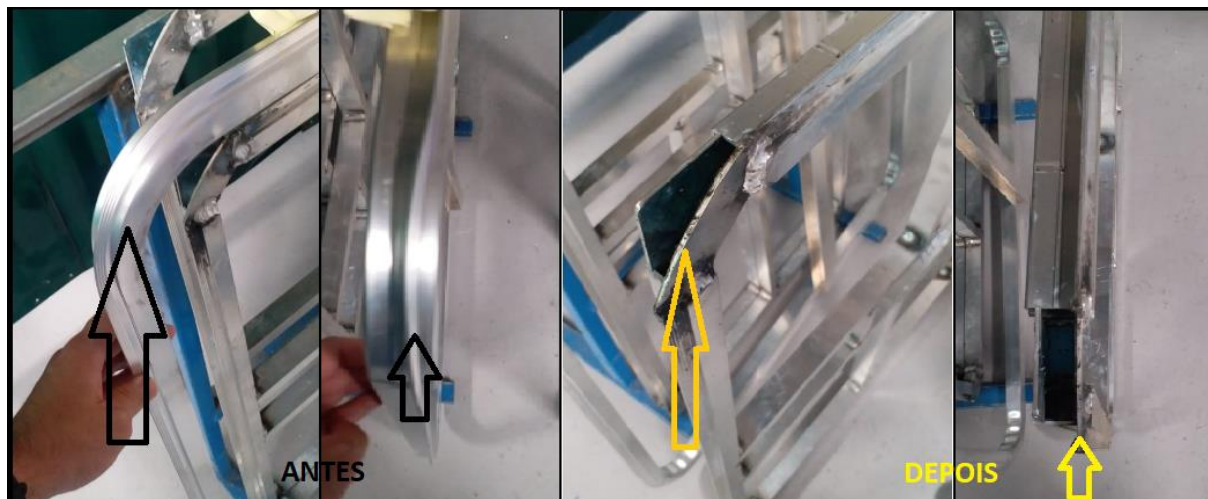


Figura 15: Estrutura portinhola antes e depois da alteração.

(Fonte: O autor, 2020)

Para comparar os desperdícios entre o processo de dobras e processo de soldagem foi retirado as informações obtidas nas tabelas 2, 3 e da equação 7, que relacionam a percentagem de desperdícios de ambos processos. Obteve-se os dados das comparações conforme descrito na tabela 4.

Tabela 4: Relação percentual entre peças desperdiçadas e fabricadas.

Relação entre desperdiçados x fabricados	Processo de dobras		Processo de soldagem	
	Comprimento (m)	%	Comprimento (m)	%
Peças fabricadas	2545	54%	3720	80%
Desperdiçados	2176	46%	950	20%
Total	4721	100%	4670	100%

(Fonte: O autor, 2020)

Para efeito de análise entre os dois processos de fabricação foi comparado a o custo entre ambos, com os dados obtidos da equação 7 e da tabela 3, pôde-se definir o quanto foi economizado em termos de custo. Sabendo que o custo de desperdício no processo de soldagem foi de R\$: 7116,00 o quanto de custo economizado após a alteração de projeto foi calculado pela equação 8.

$$C_{EC} = \frac{C_{DS} * \%_D}{\%_S} - C_{DS} \quad (8)$$

onde:

C_{ES} = custo que foi economizado no processo de soldagem [R\$];

C_{DS} = custo total de desperdício que foi coletado do processo de soldagem [R\$];

$\%_D$ = percentagem média de desperdício entre os meses de outubro e novembro [%];

$\%_S$ = percentagem média de desperdício entre os meses de fevereiro e março [%].

Substituindo os valores das variáveis, temos:

$$C_{EC} = \frac{7116,00 * 46}{20} - 7116,00$$

$$C_{EC} = R\$ 9250,80$$

Por fim, conclui-se que com a alteração de processo de dobras para soldagem a empresa obteve nos meses de fevereiro e março uma economia de R\$: 9250,80 e que o desperdício gerado no processo de soldagem é 2,3 vezes menor que o de dobras. Pode-se observar o percentual dos processos graficamente, conforme representado na figura 16.

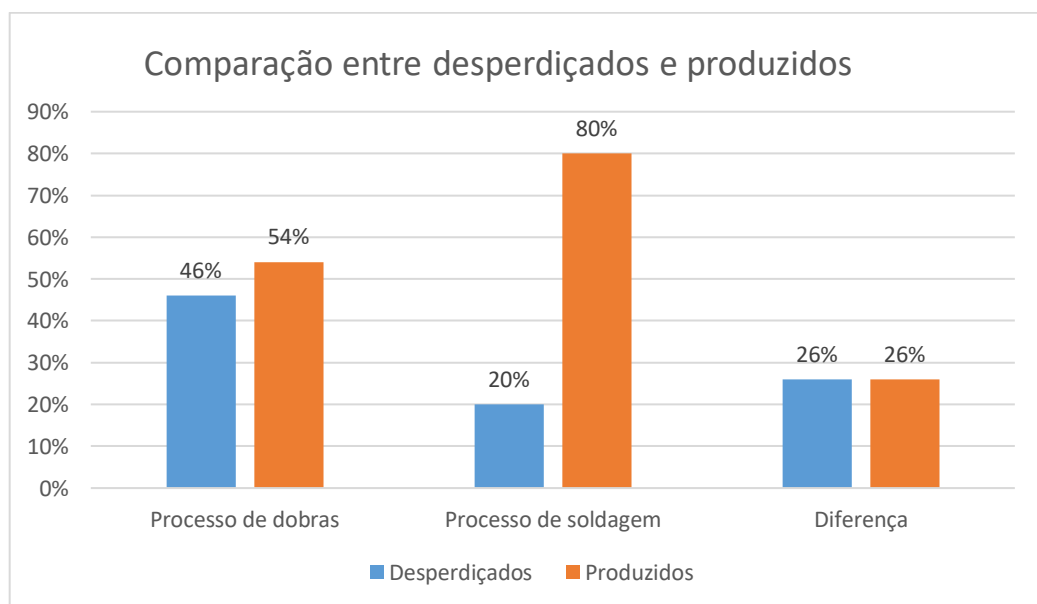


Figura 16: Comparação de desperdício entre os processos de dobras e soldagem.

(Fonte: O autor, 2020)

Pode-se também representar qual custo monetário economizado nos meses de fevereiro e março no processo de soldagem comparado ao processo de dobras, conforme a figura 17.

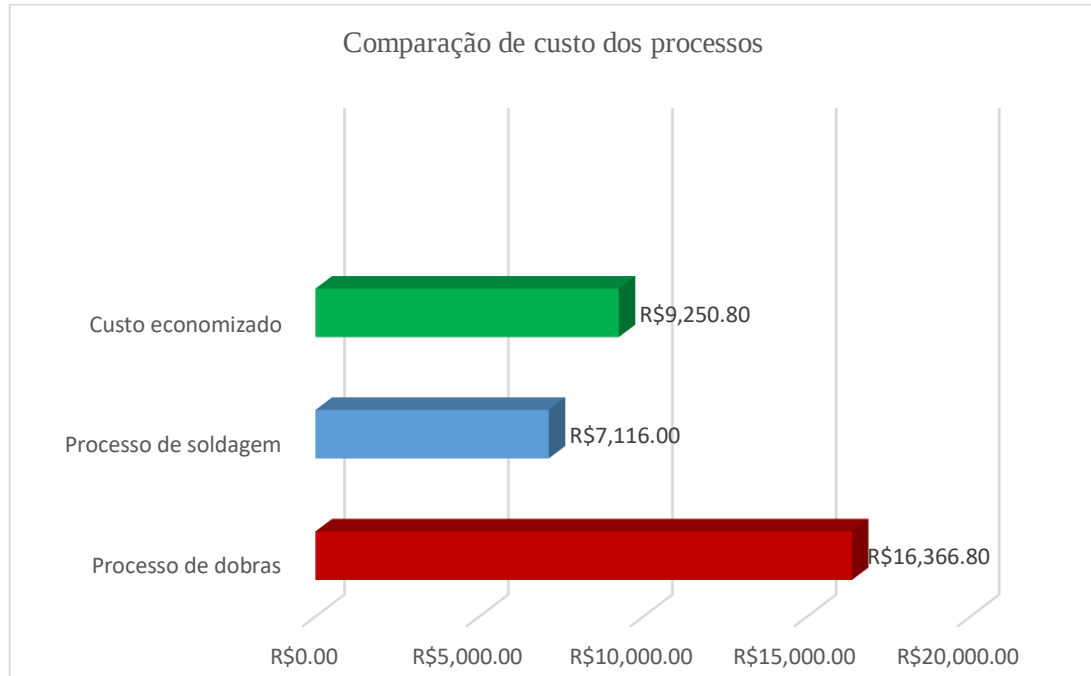


Figura 17: Custo economizado com a alteração do processo dobras para soldagem.

(Fonte: O autor, 2020)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscando reduzir desperdícios e custos, para que a empresa onde a pesquisa foi realizada possa competir no meio em que atua, há necessidade de novas pesquisas com melhorias constantes. Levando em consideração a alta competitividade no mercado onde a mesma está inserida qualquer ganho relacionado ao produto pode estar diretamente ligado na satisfação dos clientes e consequentemente na expansão dos produtos e da empresa.

Tendo em vista os resultados nas comparações dos processos, que apresentou desperdícios de 46% para dobras e 20% em soldagem, afirma-se que a alteração do processo de dobras para soldagem é válida. Sendo assim o processo de soldagem é padronizado eliminando o processo de dobras na fabricação de estruturas de portinholas.

Apesar dos processos de fabricação levarem ao mesmo resultado, o ganho monetário está relacionado ao reaproveitamento de parte do desperdício quando utilizado o processo de soldagem.

Com essa pesquisa, compreende-se que a redução de desperdícios é sempre positiva independentemente do local, podendo ser aplicado não só na engenharia mas em indústrias, pequenas empresas e até no dia-dia da sociedade.

O estudo pode ser referência para outras melhorias relacionado a desperdício na fabricação de ônibus, bem como em outros produtos de empresas de diferentes áreas de atuação no mercado desde que agregue qualidade e satisfação do cliente ao produto beneficiado.

Enfatiza-se também, que a presente pesquisa impulsiona o conhecimento e pode ser discutido em outras melhorias relacionadas a desperdícios uma vez que esse estudo pode ser explorado em cursos de Graduação ou Pós-Graduação.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base no banco de dados que se iniciou com este estudo, sugere-se:

- a) reaproveitar os desperdícios em outros processos de fabricação do ônibus;
- b) fazer a relação de custo total de todas as etapas relacionadas aos processos de dobras e soldagem TIG;
- c) utilizar outro processo de soldagem na fabricação das estruturas de portinholas do ônibus.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 15320. **Acessibilidade em veículos de categoria M3 com características rodoviárias para o transporte coletivo de passageiros — Parâmetros e critérios técnicos.** 2018. Disponível em:

<http://ti.matinhos.pr.gov.br:8888/licitacao/ABNT%20NBR%2015320%20%2000%20%20ABNT%20NBR%2015320_2018.pdf>. Acesso em: 21 abril 2020.

ANTT. **Manual de fiscalização do transporte rodoviário regular interestadual de longa distância de passageiros.** 2018. Disponível em:

<http://www.antt.gov.br/backend/galeria/arquivos/2019/05/15/manual_de_fiscalizacao_do_tr transporte_rodoviario_regular_interestadual_de_longa_distancia_de_passageiros.pdf>. Acesso em: 21 abril 2020.

ASHBY, M. F. **Seleção de Materiais no Projeto Mecânico.** 4. Ed. Rio de Janeiro: Editora: Elsevier, 2012.

ASKELAND, D. R.; PHULÉ P. P. **Ciência e Engenharia de Materiais.** 1. Ed., São Paulo: Editora: Cengage Learning Edições, 2008.

BRANDI, S. D.; WAINER, E.; MELLO, F. D. H. **Soldagem: processos e metalurgia.** São Paulo: Editora Edgar Blucher, 1992.

CALLISTER, WILLIAM. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução.** 5. Ed., Rio de Janeiro: LTC, 2002.

GIANACCINI, THIAGO. **O Surgimento do AutoCAD e sua importância para a indústria,** Disponível em: <<https://cad.cursosguru.com.br/como-surgiu-autocad-qual-sua-importancia/>>. Acesso em: 9 out. 2020.

GROOVER MIKELL P. **Introdução aos Processos de Fabricação.** 1. ed. Rio de Janeiro: Editora da LTC, 2014.

GUIA PMBOK. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos.** 2008. Disponível em: ><https://essel.com.br/cursos/material/01/ProcessosFabricacao/75proc.pdf>>. Acesso em: 21 abril 2020.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem: fundamentos e tecnologia.** 3. ed. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2009.

METALTHAGA. **Propriedades mecânicas ligas de alumínio laminadas.** 2017. Disponível em: ><https://metalthaga.com.br/wp-content/uploads/2017/12/5-Propriedades-Mecanicas-Ligas-de-Aluminio-Laminadas.pdf>>. Acesso em: 9 outubro 2020.

MUNHATO, S. A; OLIVEIRA, S. L. M; FERNANDES, T. W. **Dobramento e curvamento**. Disponível em: <<http://siseb.sp.gov.br/arqs/GE%20B%20-%20An%C3%A1lise-e-Melhoria-de-Processos.pdf>>. Acesso em: 21 abril 2020.

NETTO, A. A. de O.; TAVARES, W.R. **Introdução a Engenharia de Produção**. Florianópolis: Visual Books, 2006.

OLMO E SHINGO. **Sistema Toyota de Produção: Mais do Que Simplesmente Just-in-Time**. 1994. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/prod/v5n2/v5n2a04.pdf>>. Acesso em: 31 outubro 2020.

SCARTEZINI, L. M. B. **Análise e melhoria de processos**. 2009. Disponível em: <<http://siseb.sp.gov.br/arqs/GE%20B%20-%20An%C3%A1lise-e-Melhoria-de-Processos.pdf>>. Acesso em: 21 abril 2020.

SMITH, W. F. **Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais**. 3. ed. Portugal: Editora McGRAW-HILL, 1998.

SOLIDWORKS. **Conceitos do software SolidWorks**. 2020. Disponível em: <<https://www.solidworks.com/pt-br>>. Acesso em: 15 outubro 2020.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

VOISINET, D. D. **CADD- Projeto de desenho auxiliados por computador**. 1. ed. São Paulo: Editora McGRAW-HILL, 1988.