



**FACULDADE SATC  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO DO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA NA ÁREA  
DE FABRICAÇÃO INDUSTRIAL**

Mateus de Campos Scarsi

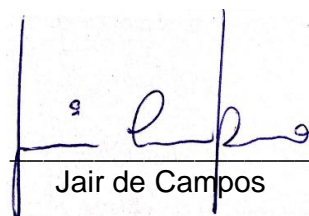
Criciúma,  
Julho, 2020



Mateus de Campos Scarsi

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO DO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA NA ÁREA DE FABRICAÇÃO INDUSTRIAL

Relatório de Estágio apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade SATC, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Mecânico.



Jair de Campos



Luciano Dagostin Bilessimo, Dr. Eng.

Criciúma,  
Julho, 2020

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente quero agradecer aos meus pais, Maria José de Campos Scarsi e Alésio Scarsi, por todo o incentivo, apoio e conselhos que me ajudaram nas minhas decisões.

Quero agradecer também à Faculdade SATC, aos professores e meus colegas de curso.

Por último, deixo um agradecimento especial ao meu supervisor Jair de Campos pela complacência, confiança e tempo dedicado a este estágio.

## RESUMO

No presente trabalho foram realizadas análises de projeto para fabricação de equipamentos na área de caldeiraria, como também, acompanhamento na montagem de materiais e peças metálicas. O objetivo principal foi organizar os processos de fabricação de um estribo para braço tipo L através dos métodos de PERT e CPM. Através dos mesmos foi possível gerenciar as tarefas executadas, estimar o tempo necessário e os caminhos críticos durante a fabricação da peça. A análise mostrou que as etapas de desenvolvimento 6 e 7 poderiam ser unificadas em um único processo, assim sendo, foi construída uma nova matriz que abrigasse a execução de ambas as tarefas para otimizar o tempo. Utilizando este novo fluxo foi reduzido em 8 segundos a montagem de cada estribo. Também como meio para gestão projetos foi construída uma planilha para que a empresa visualizasse os serviços por ela executados.

Palavras-chave: Caldeiraria; Fabricação; Gestão; Projeto.

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 – Cones de Proteção	8
Figura 2 – Empresa	9
Figura 3 – Estribo para braço tipo L	10
Figura 4 – Desenho estribo para braço tipo L	11
Figura 5 – Chapas cortadas a laser	12
Figura 6 – Corte da haste do estribo	12
Figura 7 – Desbaste extremidade da haste	13
Figura 8 – Formar haste na matriz	13
Figura 9 – Dobra da haste pelo pistão	14
Figura 10 – Marcação de nome e data na chapa	15
Figura 11 – Estampagem da chapa	11
Figura 12 – Gabarito de montagem para pontos de solda	16
Figura 13 – Soldagem completa para unificar haste e chapa	16
Figura 14 – Acabamento completo do estribo	17
Figura 15 – Material galvanizado	17
Figura 16 – CPM	18
Figura 17 – Diagrama de Gantt para fabricação do Estribo	19
Figura 18 – Matriz para haste	20
Figura 19 – Válvula	21
Figura 20 – Caçamba com suporte para rolete	21

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Caminho de processo	18
Tabela 2 – Planilha controle de projetos	22

## LISTA DE ABREVIações

### SIGLAS

PERT – Program Evaluation and Review Technique;

CPM – Critical Path Method.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>3</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	<b>4</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>5</b>
<b>LISTA DE ABREVIÇÕES</b> .....	<b>6</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>1.2 A EMPRESA</b> .....	<b>9</b>
<b>2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS</b> .....	<b>10</b>
<b>3. CONCLUSÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>24</b>



## 1. INTRODUÇÃO

A fabricação de peças de metal necessita que diversos processos sejam cumpridos. Todos os processos exigem especificações e controle de materiais e equipamentos. Dentre eles, podem ser citados como um dos mais importantes, a caldeiraria.

A caldeiraria é uma atividade metalúrgica fundamental dentro de uma indústria, pois é responsável pela fabricação de equipamentos que poderão servir para variadas aplicações. Esse fator proporciona que demasiados segmentos na indústria sejam atendidos com seus produtos em diversos usos.

O planejamento da fabricação de peças de caldeiraria necessita de bons conhecimentos e muita experiência na área devido às propriedades mecânicas dos materiais, tornando-se muitas vezes as tarefas trabalhosas e com possibilidades de erros. Observa-se na Fig. 1 um equipamento aparentemente simples, mas que envolve grande conhecimento técnico para fabricação.



Figura 1 – Cones de Proteção (MMC, 2020).

A fabricação de materiais voltada para a caldeiraria requer planejamento, pois envolve necessidade de planificação, sobremetal para contração, chanfros adequados em emendas, planejar praticidade de solda para operadores, etc.

Claro que existem tecnologias para tudo isso, porém muitas micros e pequenas empresas não usufruem disso devido ao custo-benefício, porém, este não é o aspecto fundamental para a fabricação de um equipamento. Como grande parte dos quesitos, a experiência profissional dentro da industrial é fator fundamental para a resolução de problemas na montagem de materiais.

## 1.2 A Empresa

A empresa Jair de Campos foi aberta em 16 de julho de 2015 com o propósito de oferecer mão-de-obra especializada para a área de caldeiraria, sendo responsável pela montagem de equipamentos que são aplicados em diversos setores de atuação como, para indústrias do agronegócio (helicoides, cones), empresas de cerâmica, construção civil, mineradoras (caçambas) e corporações de energia elétrica (estribos).

Conta com um quadro de colaborador com conhecimento em soldagem para realizar diferentes tipos de solda, desde união de materiais metálicos como também para revestimentos em peças resistentes ao desgaste.

Atualmente a mesma encontra-se localizada na cidade de Forquilha-SC, anexa ao complexo industrial da MMC Metalúrgica aonde trabalham em parceria na criação, desenvolvimento e fabricação de equipamentos.



Figura 2 – Empresa (Autor, 2020).

## 2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Primeiramente o setor de projeto da empresa MMC entrega um desenho para orçamento dos serviços de caldeiraria a serem devolvidos para montagem dos equipamentos. Assim que o orçamento é aprovado, recebe-se um pedido de compra com o número de projeto para início dos trabalhos, conforme exemplo no Anexo A.

Segundamente inicia-se o estudo do projeto que será fabricado. É de suma importância ter conhecimento em simbologia de desenho técnico para entendimento e planejamento dos processos a serem realizados.

O desenho abaixo na Fig. 3 refere-se a um estribo para braço tipo L que tem como aplicação a fixação de cabos e suporte por um modelo rápido e prático em redes compactas de energia elétrica. Esse material permite que espaçadores losangulares sejam instalados quando utilizados de braço antibalanço.

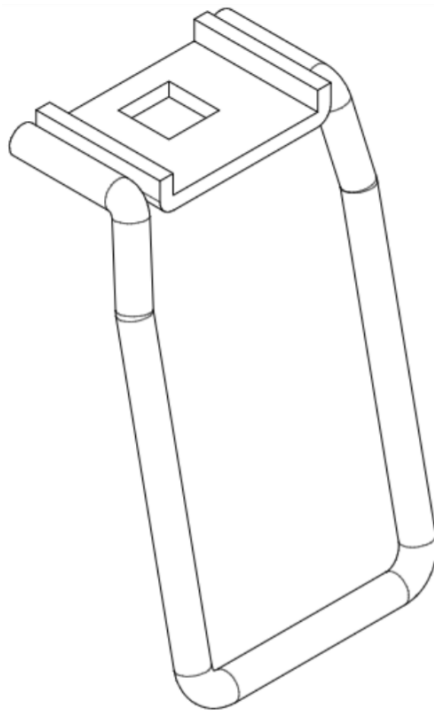


Figura 3 – Estribo para braço tipo L (Autor, 2020).

Como o estribo é utilizado para suporte, é através da galvanização à fogo para ter durabilidade e resistência. Isto garante a proteção e suspensão segura dos

cabos de energia. Todas as orientações para a fabricação do material são indicadas no desenho de projeto conforme a Fig. 4.

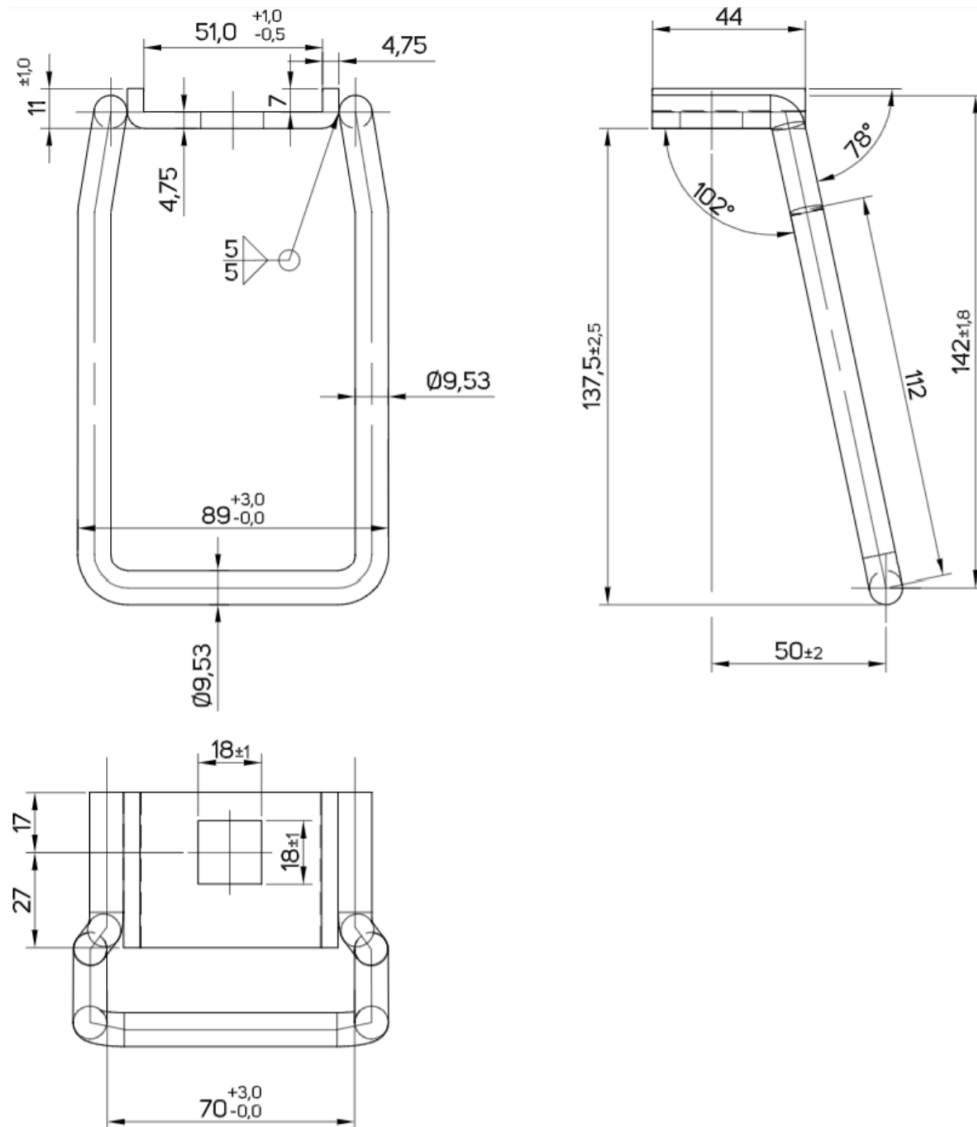


Figura 4 – Desenho estribo para braço tipo L (Autor, 2020).

Como podemos observar, trata-se de uma peça simples, porém que envolve vários processos de fabricação para chegar na modelagem correta conforme solicitação do cliente. Isto porque o material possui ângulos e curvaturas mais complexas.

O material de composição do estribo é de aço ABNT 1020 laminado. A escolha do material é devido o mesmo possuir boa relação custo-benefício como também excelente propriedades de soldabilidade e plasticidade.

Portanto, para iniciar os trabalhos foram organizados os processos para fabricação de 4.000 unidades de estribos. Serão detalhas abaixo todas as etapas:

Etapa 1 – Recebimento das chapas de base: as mesmas foram enviadas para uma empresa terceirizada para corte a laser conforme medidas de projeto. Na Fig. 5 podemos observa-las após o processo de corte.



Figura 5 – Chapas cortadas a laser (Autor, 2020).

Etapa 2: Corte da haste do estribo: com a utilização de uma serra elétrica policorte são cortadas as barras que servirão como haste no estribo.

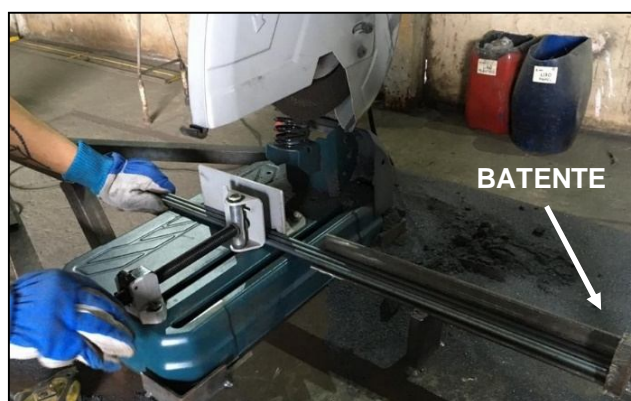


Figura 6 – Corte da haste do estribo (Autor, 2020).

O batente é ajustado para que a haste saia na medida correta sem a necessidade do operador medir. Este formato facilita o trabalho e diminuiu o tempo de processamento.

Etapa 3 – Desbaste extremidade da haste: após o corte da haste, as extremidades ficam com rebarbas.



Figura 7 – Desbaste extremidade da haste (Autor, 2020).

Estas, se não removidas, podem interferir nos processos seguintes e ocasionar divergência de medidas. Utiliza-se então um moto esmeril de bancada para limpar as rebarbas.

Etapa 4 – Formar haste na matriz: conforme pode-se observar na Fig. 8, é instalada a matriz em uma prensa hidráulica para dar formato a haste do estribo.



Figura 8 – Formar haste na matriz (Autor, 2020).

A prensa hidráulica é ajustada para desempenhar somente a força suficiente para moldar a barra na matriz. Quando exercida força excessiva sobre a barra, partes da mesma podem sofrer deformações plásticas indesejadas e que comprometem a construção da peça. O ajuste da força ocorre com barras de teste, pois a empresa não dispõe de um dinamômetro para medir a intensidade. Fator este que, de momento, não interfere na qualidade do material.

Etapa 5 – Dobra da haste: assim que o primeiro ângulo da barra é feita na matriz, o segundo ângulo para formar as pernas são realizados em uma matriz acoplada a um pistão hidráulico.

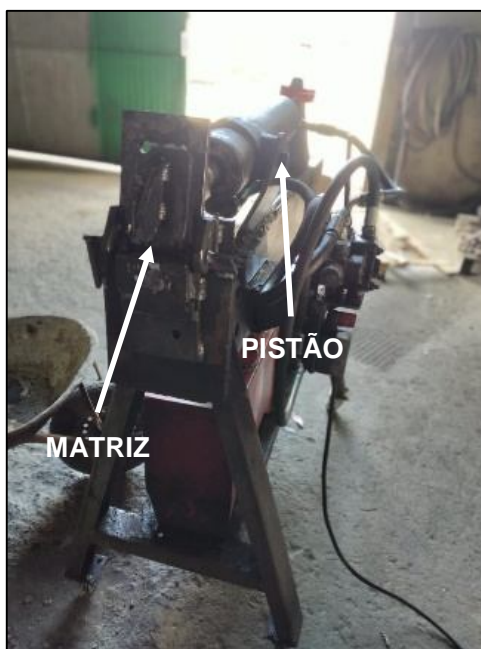


Figura 9 – Dobra da haste pelo pistão (Autor, 2020).

O pistão então, realiza a força contra a barra apoiada. O processo ocorre de maneira sucintamente rápida devido a propriedade de plasticidade do material.

A remoção da rebarba também é essencial para que as etapas de moldagem ocorram simetricamente e de forma ágil.

Etapa 6 – Marcação de nome e data na chapa: devido a uma exigência da empresa contratante, necessita-se aplicar no material o nome da empresa fabricante como também a data de fabricação do material para controle e registro.

Sendo assim, é montada uma matriz com marcadores também em prensa hidráulica para aplicação de nome e data conforme Fig. 10.



Figura 10 – Marcação de nome e data na chapa (Autor, 2020).

Etapa 7 – Estampagem da chapa: como observa-se no desenho, a chapa de base de dobras nas extremidades com altura de 11 mm. Para isso, necessita utilizar outra matriz. Então o pistão pressiona a chapa contra um rebaixo que a molda conforme especificação do desenho.



Figura 11 – Estampagem da chapa (Autor, 2020).



Etapa 8 – Gabarito de montagem: após o tratamento da chapa de base e também da haste, é colocado as mesmas num gabarito para pré-montagem do estribo aplicando pontos de solda.



Figura 12 – Gabarito de montagem para pontos de solda (Autor, 2020).

Este processo é sumamente importante antes que ocorre a soldagem completa, pois deve haver o posicionamento dos componentes. Caso fosse realizada a soldagem completa, sem os pontos de solda, o material poderia ficar deformado devido a concentração rápida de temperatura focal.

Etapa 9 – Soldagem completa: nesta etapa o soldador finalizar os cordões de solda em para unificar integralmente a haste com a chapa de base.



Figura 13 – Soldagem completa para unificar haste e chapa (Autor, 2020).

Etapa 10 – Acabamento completo: nesta última etapa realiza-se o processo de revisão de cada estribo fabricado.



Figura 14 – Acabamento completo do estribo (Autor, 2020).

São removidos os respingos de solda e alguns sobremetais indesejáveis. Verifica-se também se houve imperfeições na solda, como poros, pois os mesmos podem prejudicar a peça durante a galvanização. Como o aço está exposto ao ambiente, o mesmo pode ser seriamente deteriorado devido aos fatores ambientais. Por consequência disso, realiza-se o processo de galvanização.



Figura 15 – Material galvanizado (Autor, 2020).

Esta solução serve para proteção contra a corrosão e ajuda na longevidade do material proporcionando maior resistência. Como o estribo será utilizado para sustentação de cabos, é fundamental dar segurança e proteção aos mesmos.

Para planejamento dos processos a serem desenvolvidos, foram utilizados os métodos de PERT e CPM como também o Diagrama de Gantt para cálculo de organização do tempo que levaria cada processo. Isto é necessário, pois é possível visualizar pontos que podem ser melhorados para otimizar o tempo de fabricação da peça.

Tabela 1 – Caminho de processo.

ITEM	TAREFA
A	Corte a laser das chapas de base
B	Corte da haste do estribo
C	Desbaste extremidade da haste
D	Formar haste na matriz
E	Dobra das haste pelo pistão
F	Marcação de nome e data na chapa
G	Estampagem da chapa
H	Gabarito de montagem para pontos de solda
I	Soldagem completa para unificar haste e chapa
J	Acabamento completo do estribo

Com base na tabela, cria-se a rede para planejar e visualizar a coordenação de tarefas referentes ao projeto. Assim identifica-se o caminho crítico da sequência de atividades.

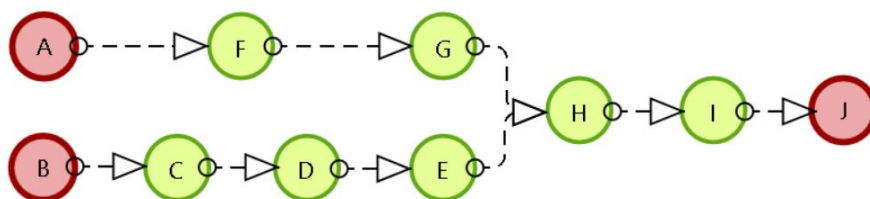


Figura 16 – CPM (Autor, 2020).

Nota-se que qualquer atraso na conclusão das tarefas G ou E, ou seja, o término dos dois componentes principais, impactam na finalização do material.

Na sequência, observa-se o Diagrama de Gantt, conforme a Fig. 17.

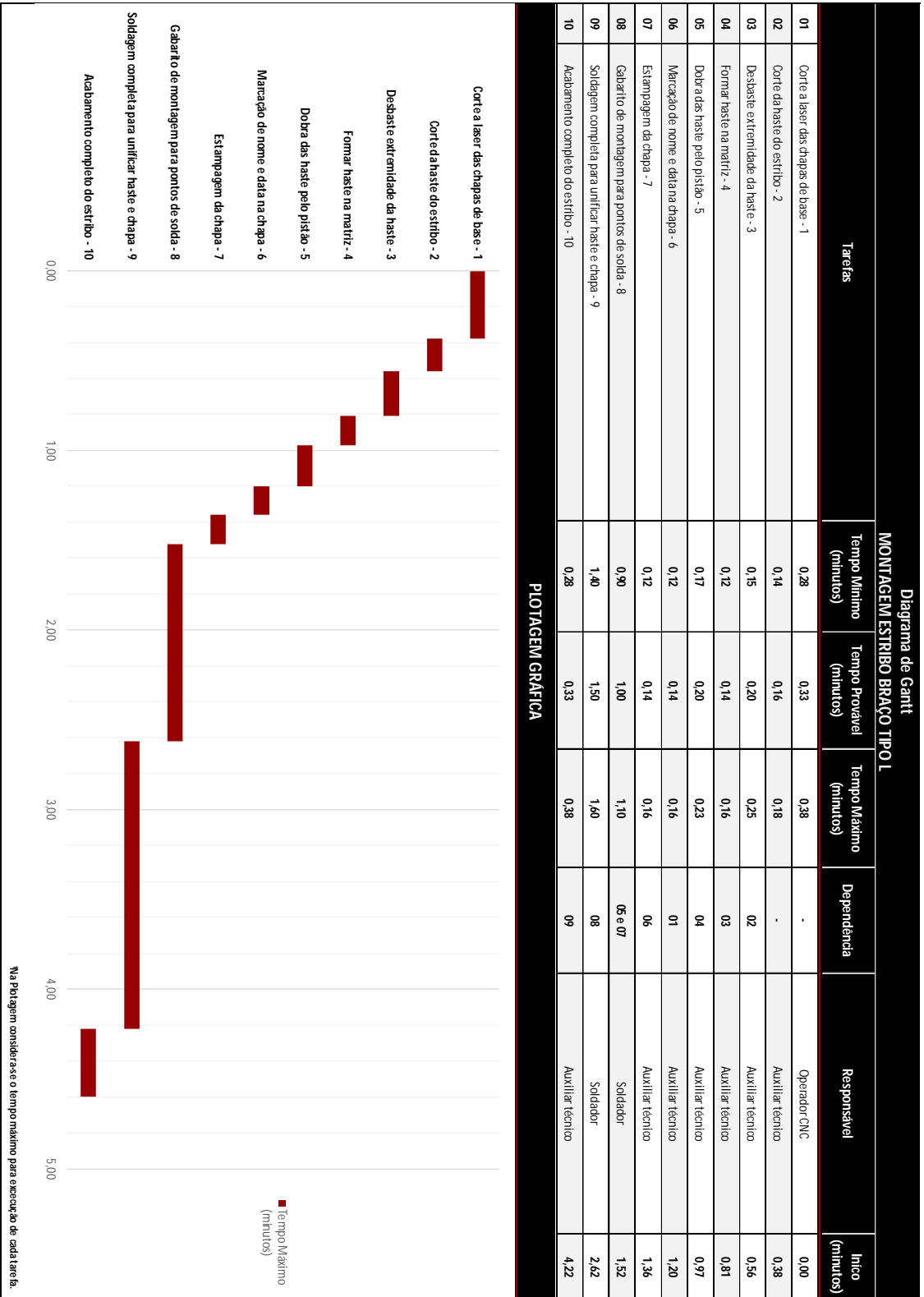


Figura 17 – Diagrama de Gantt para fabricação do Estribo (Autor, 2020).

Portanto, definiu-se que as tarefas 6 e 7 poderiam ser realizadas na mesma matriz, ou seja, a marcação do nome da empresa, data de fabricação e estampagem da chapa de base seriam realizadas em um único processo.

Com este objetivo, foi construída uma nova matriz. Por este novo modelo, foi possível reduzir o tempo de fabricação do estribo em aproximadamente 8 segundos por peça.

Outro ponto melhorado foi a matriz para dar formato a haste. Notou-se que a matriz antiga sem guia deixava uma quantidade maior barras com imperfeições e retorcidas, pois não estava bem centrada na prensa.

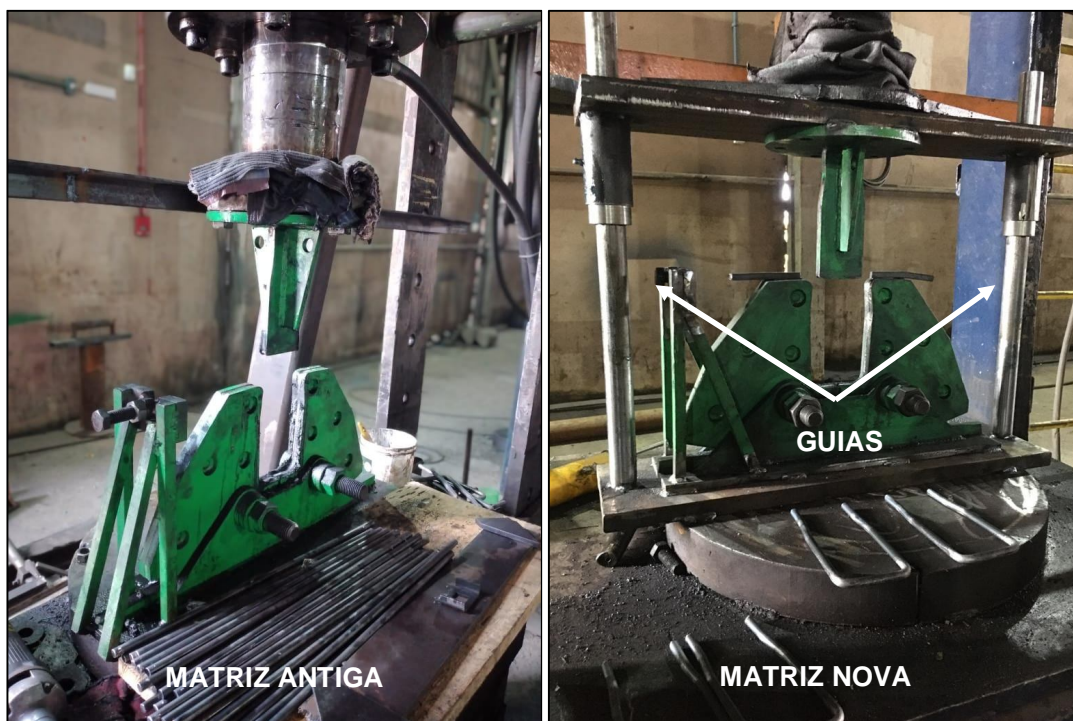


Figura 18 – Matriz para haste.

A inclusão dos guias melhorou a centragem da matriz na prensa como também melhor distribuição da força exercida do pistão para o molde.

Foram também fabricados outros equipamentos que podem ser observados na Fig 19 e Fig. 20. Os mesmos são seriados conforme o estribo, mas que demandam também organização de processo para fabricação e cuidados especiais durante a montagem.



Figura 19 – Válvula.



Figura 20 – Caçamba com suporte para rolete.

Afim de manter controle de todos os serviços executados, também foi construída uma planilha para gerenciamento de todos os projetos fabricados.

Tabela 2 – Planilha controle de projetos (Autor, 2020).

PROJETO	DESCRIÇÃO	ORÇAMENTO	STATUS 1	PEDIDO DE COMPRA	DATA PEDIDO	STATUS 2
16692	Rotor - Serviço de caldeiraria		APROVADO	2290	05/06/2020	SERV. CONCLUÍDO
16925	Caçamba - Serviço de caldeiraria		APROVADO	2291	05/06/2020	SERV. CONCLUÍDO
16692	Rotor - Serviço de caldeiraria		APROVADO	2316	09/06/2020	SERV. CONCLUÍDO
17073	Estribo - Serviço de caldeiraria		APROVADO	2440	16/06/2020	EM SERVIÇO
16882	Proteção - Serviço de caldeiraria		APROVADO	2481	19/06/2020	EM SERVIÇO
17057	Válvula - Serviço de caldeiraria		APROVADO	2515	23/06/2020	SERV. CONCLUÍDO

Desta forma, facilitando e melhorando a consulta de forma organizada.

### 3. CONCLUSÃO

Entende-se que, durante a graduação, o aluno recebe noção de planificação para desenvolvimento de um projeto, porém na prática isto ocorre com uma responsabilidade muito maior. Fator este que interfere na confiança de clientes e que erros não previstos possam pesar no bolso da empresa. Conteúdo específicos nas matérias de gestão de qualidade, projetos mecânicos e desenho técnicos foram essenciais para realização do estágio.

Em vista de todos argumentos apresentados, pode-se concluir, a partir da execução das tarefas, análises de projeto e finalização na fabricação de equipamentos, a utilização de métodos que auxiliam no planejamento e gestão como, PERT e CPM são fundamentais para que tudo ocorra de forma concisa e estruturada.

Baseando-se na pesquisa por parâmetros mais ideais, é imprescindível que se ponderem técnicas para priorizar uma melhor otimização dos processos durante a montagem de materiais e equipamentos. Como mostrado no relatório, identificar gargalos e caminhos críticos para que, assim melhora-los, são de suma importância para mitigar tempo de produção. Outro ponto importante é o conhecimento técnico necessário na área de caldeiraria que envolve processos de corte, dobragem e soldagem de materiais metálicos em diversas formas e tamanhos.



#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - NBR ISO 15992. Redes de distribuição aérea de energia elétrica com cabos cobertos fixados em espaçadores. Rio de Janeiro, RJ, 2013.

COELHO, Reginaldo. Desenvolvimento de aplicativo para auxiliar em processo de fabricação em produtos de caldeiraria, fev. 2004. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18135/tde-01022016-162903/publico/tese\\_Prado\\_Victor.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18135/tde-01022016-162903/publico/tese_Prado_Victor.pdf)>. Acesso em: 7 junho de 2020.

MMC Metalúrgica. Setores de atuação. Disponível em: <<https://mmcmetalurgica.com.br/#setores>>. Acesso em: 7 junho de 2020.