



**RUI FILIPE DE  
SOUSA SOUTO**

**Laser Tubo: Otimização e Desenvolvimento de  
Equipamentos**



**RUI FILIPE DE  
SOUSA SOUTO**

## **Laser Tubo: Otimização e Desenvolvimento de Equipamentos**

Relatório apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizado sob a orientação científica do Doutor Pedro Alexandre de Almeida do Vale Antunes, Professor Auxiliar Convidado, e com a coorientação científica do Doutor Joaquim Alexandre Mendes de Pinho da Cruz, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

Este relatório de estágio teve o apoio dos projetos:

UID/EMS/00481/2019-FCT - FCT -  
Fundação para a Ciência e a Tecnologia;  
CENTRO-01-0145-FEDER-022083 -  
Programa Operacional Regional do  
Centro (Centro2020), através do Portugal  
2020 e do Fundo Europeu de  
Desenvolvimento Regional.

Dedico este trabalho à minha mãe e ao meu pai, assim como eles dedicaram a sua vida a trabalhar para me proporcionar as melhores condições.

## **o júri**

presidente

**Professor Doutor Victor Fernando Santos Neto**

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

**Professor Doutor Luís Filipe Pires Borrego**

Professor Coordenador do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Professor Doutor Pedro Alexandre de Almeida do Vale Antunes**

Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

À minha família por todo o apoio, a todos os níveis. Ao Engenheiro André Quinta Nova, por todo o auxílio dado na Empresa. Um agradecimento especial ao Engenheiro Paulo Costa que, diariamente, esteve sempre presente acompanhando o meu processo e foi o principal responsável pela minha aprendizagem neste Estágio, sem dúvida, que foi graças a ele que desenvolvi as minhas competências a nível de projeto mecânico, mas também a nível de autonomia. Quero também deixar um agradecimento especial a todo o gabinete técnico por me ter recebido da melhor forma e à Administração da Empresa Motofil Group pela oportunidade. Para terminar, e não menos importante, queria deixar um agradecimento aos Professores Pedro Alexandre de Almeida do Vale Antunes, e Joaquim Alexandre Mendes de Pinho da Cruz, pela disponibilidade e auxílio na elaboração do relatório.

**palavras-chave**

Projeto Mecânico, MFL Tube, Motofil, Bucha Principal, Chassi, Cabeçal de Corte, Estrutura Soldada, Ligação aparafusada

**resumo**

O presente relatório tem como principal objetivo apresentar o trabalho realizado, bem como todos os conhecimentos adquiridos durante o estágio curricular realizado na empresa Motofil, no âmbito da sub-área científica de Projeto Mecânico no desenvolvimento e otimização de equipamentos, nomeadamente, do equipamento MFL tube, máquina de corte a laser.

Este relatório é constituído, inicialmente, por uma introdução e um plano de tarefas que ilustram os trabalhos realizados durante o estágio. Seguidamente será apresentada a história da empresa Motofil, bem como o portefólio de equipamentos desenvolvidos pelo gabinete de corte da Motofil. No terceiro capítulo, será abordado o estado da arte, onde se apresentam alguns dos equipamentos já existentes no mercado com características semelhantes à MFL Tube. De seguida, no quarto capítulo realizar-se-á uma apresentação dos componentes da MFL Tube, bem como a distribuição dos mesmos em ambiente fabril, *layout*. Seguidamente, serão apresentados os trabalhos realizados durante o estágio, iniciando-se com os trabalhos de menor dificuldade e de menores dimensões até à realização de projetos mais elaborados. Para terminar, no capítulo seis, serão apresentadas as conclusões finais, bem como uma reflexão relativamente aos cinco anos do Mestrado em Engenharia Mecânica e ao estágio curricular na empresa Motofil.

**keywords**

Mechanical Project, MFL TUBE, Motofil, Frame, Main Bush, Cutting Head, Welded Structure, Screw Connection

**abstract**

The main objective of the present report is to present all the acquired knowledge during the curricular internship at the Motofil Company in the scope of Mechanical Design in regarding equipment's development and optimization, namely a laser cutting machine, the MFL Tube equipment.

This report starts with an introduction and a task plan that illustrates all the work performed during the internship. Following is the history of the company as well as all the developed equipment by the cutting office of Motofil. In the third chapter the state of art chapter will be presented. Some of the researched equipments present similar characteristics to the Motofil's MFL Tube equipment. The fourth chapter presents the MFL Tube, it's components and their distribution in the manufacturing environment, it is called *layout*. Afterwards, all the work done during the internship are presented, starting with the less complex and smaller dimension ones, and posteriorly are presented, in more detail the most elaborated projects.

To finish, in chapter six the final conclusions are presented, as well as a reflection regarding the integrated master course in Mechanical Engineering and the Motofil's internship.





# Índice

<b>Capítulo I - Introdução e motivação</b> .....	<b>3</b>
I.1- Introdução.....	3
I.2- Plano de Tarefas.....	4
<b>Capítulo II - Empresa de Acolhimento</b> .....	<b>5</b>
II.1- História da Motofil Group .....	5
II.2- História da Motofil Cutting .....	10
<b>Capítulo III - Estado da arte</b> .....	<b>23</b>
<b>Capítulo IV - A MFL Tube</b> .....	<b>31</b>
IV.1- Descrição dos Componentes da MFL Tube.....	31
IV.2- <i>Layout</i> MFL Tube.....	42
<b>Capítulo V - Trabalhos desenvolvidos durante o estágio curricular</b> .....	<b>47</b>
V.1- Introdução ao Software SolidWorks .....	47
V.2- Tarefas desenvolvidas durante o estágio curricular .....	48
<b>Capítulo VI - Conclusão</b> .....	<b>89</b>
<b>Capítulo VII</b> .....	<b>91</b>
VII.1- Referências .....	91
VII.2- Bibliografia .....	92



# Capítulo I

## I.1- Introdução

O presente relatório tem como principal objetivo descrever as tarefas realizadas no Estágio Curricular, no âmbito do projeto mecânico, realizado na Empresa Motofil durante o segundo semestre do quinto ano do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Este estágio teve a orientação do Professor Doutor Pedro Alexandre de Almeida do Vale Antunes, e coorientação do Professor Doutor Joaquim Alexandre Mendes de Pinho da Cruz, no que diz respeito a entidades pertencentes à Universidade de Aveiro. No que concerne a entidades pertencentes à empresa, a orientação e supervisão foi dos Engenheiros André Quinta Nova e Paulo Costa.

O Estágio tinha como principal objetivo o desenvolvimento/otimização do equipamento Laser Tubo, um equipamento de Corte de Tubo que utiliza a tecnologia de corte a *laser* fibra.

O estágio teve uma duração de 560 horas e foi realizado no período compreendido entre os dias 11 de Fevereiro de 2019 e 31 de Maio de 2019, sendo que foi cumprido o horário de trabalho fixado para o gabinete de corte da empresa Motofil.

Chegada a data de escolha das opções de Dissertação, Projeto ou Estágio, a decisão incidiu sobre a escolha da opção de estágio, pois pensava que seria uma mais-valia para o futuro na medida em que, através do estágio, é possível adquirir conhecimentos de como é realmente trabalhar numa indústria, de modo a que quando integrasse o primeiro emprego já pudesse ter alguma experiência. Sabia que não ia ser uma adaptação fácil, visto nunca ter lidado com uma situação semelhante antes, mas esse facto ainda me motivou mais a tomar a decisão de ingressar no estágio. Um dos factos que também me chamou à atenção foi o de ser um tema de estágio no ramo do projeto mecânico que é um dos ramos da Engenharia Mecânica ao qual dou especial atenção.

A divisão deste documento encontra-se feita em seis capítulos. Num primeiro capítulo está inserida esta introdução, onde é explicada a motivação para a escolha do tema, e também, o plano de trabalhos realizado durante o estágio. O segundo capítulo contém uma apresentação da Empresa de acolhimento onde será abordada a História da Empresa Motofil, bem como uma apresentação do gabinete técnico de corte, no qual me integrei. Em seguida, no terceiro capítulo, será abordado o Estado da arte, onde irão ser apresentadas equipamentos semelhantes ao *Laser* Tubo, bem como as diferentes tecnologias de Corte por *Laser*. Irá ainda ser feita uma breve apresentação da *Laser* Tubo desenvolvida na Motofil para melhor perceção das semelhanças com os restantes equipamentos. No quarto capítulo será feita uma abordagem mais pormenorizada de toda a máquina *Laser* Tubo, onde irão ser especificados todos os seus componentes e funcionamento dos mesmos. Seguidamente, num quinto capítulo serão apresentados, os trabalhos desenvolvidos durante o estágio na empresa, em que o principal objetivo é o desenvolvimento/otimização do equipamento. Por fim, uma conclusão que irá fazer parte do sexto e último capítulo, onde será feita uma abordagem a todo o trabalho realizado

durante este estágio, bem como uma reflexão no que diz respeito à evolução pessoal, durante o estágio bem como no decorrer dos cinco anos do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica.

## I.2- Plano de Tarefas

Neste segmento do Capítulo I irá ser abordado, de forma breve, o plano de tarefas que foi proposto para o Estágio.

Como já foi referido anteriormente, o objetivo principal deste estágio vai ao encontro das necessidades que a empresa Motofil tem no que diz respeito à melhoria de produto, isto é, desenvolvimento de novos produtos e otimização de produtos já existentes. Neste contexto, este estágio enquadra-se no âmbito da Engenharia de Produto e do desenvolvimento de equipamentos no âmbito do Projeto Mecânico, cujo principal objetivo consiste, integrando as equipas de Engenharia de Produto, no desenvolvimento, no âmbito de um projeto da Motofil, relativo a equipamentos na área de negócio de tecnologia de corte, na melhoria/ otimização de equipamentos existente e/ou desenvolvimento de novos produtos, nomeadamente do equipamento *Laser Tubo*.

O Plano de tarefas a realizar durante o estágio encontra-se dividido em seis principais tarefas, sendo elas:

- 1- Estudos de dimensionamento estático e dinâmico de componentes mecânicos dos produtos;
- 2 - Estudos 3D e 2D de componentes e máquinas;
- 3 - Modelação e desenvolvimento de novos componentes;
- 4 - Participação no desenvolvimento de novos produtos;
- 5 - Melhoria de produto;
- 6 - Escrita do relatório.

É importante referir que as tarefas acima expostas encontram-se por ordem cronológica de realização. Contudo, a tarefa 1, que corresponde ao estudo de dimensionamento estático e dinâmico de componentes mecânicos dos produtos, não foi realizada, visto que este tipo de estudos é elaborado numa fase inicial de protótipo do equipamento, sendo que não é feita uma análise individual a cada componente da *Laser Tubo*, mas sim a um primeiro protótipo, onde se asseguram todos os parâmetros essenciais para que o equipamento possa realizar as suas funções sem provocar qualquer tipo de problemas. Contudo, é imprescindível ressaltar que, para além das restantes tarefas em cima mencionadas, foram realizados outro tipo de trabalhos que não constam neste plano, como por exemplo, integração noutros projetos e compreensão do funcionamento de outros equipamentos de corte, o que foi muito gratificante, pelo facto de me proporcionar a sensação de utilidade perante todos os colaboradores do departamento técnico de corte da Motofil.

# Capítulo II

## Empresa de Acolhimento

A Motofil Group é uma empresa de referência no mercado a nível de Automação e Robótica Industrial, Soldadura, Corte Térmico, Aeronáutica e Fio de Soldadura. Encontra-se sediada em Ílhavo, Portugal, num parque Industrial com aproximadamente 260.000 m<sup>2</sup>, no qual foi possível a criação de estruturas e empresas, de modo a responder às necessidades, criando um fluxo produtivo independente e otimizado. A Motofil *Group* conta com aproximadamente 300 colaboradores especializados nas diversas áreas. [1]

A empresa conta com um percurso de 38 anos que a posiciona na liderança do mercado na área da robótica e automação, principalmente. A estratégia de crescimento da Motofil *Group* assenta na investigação e desenvolvimento, melhoria contínua dos seus processos e dos produtos finais, de acordo com as necessidades e requisitos de cada cliente em particular. [1]

Com o decorrer do tempo, a empresa apostou na internacionalização, exportando regularmente para países como a vizinha Espanha, Inglaterra, França, Alemanha, Rússia, Eslováquia, República Checa, Roménia, Polónia, Turquia, China, EUA, México, Peru, Chile e Brasil, encontrando-se em expansão para outros mercados. [1]

De forma a ser mais perceptível o extenso currículo que a empresa apresenta, em seguida, serão apresentadas as maiores conquistas da Motofil, ordenadas cronologicamente.

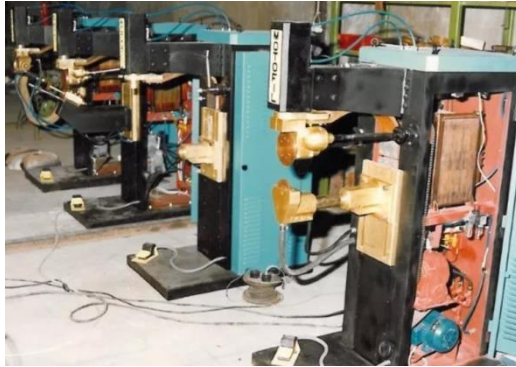
### II.1- História da Motofil *Group*

- 1981
  - A Motofil inicia a sua atividade com a fabricação de Motores Elétricos e Fio de Cobre Esmaltado.



**Figura 2.1- Primeira Unidade Industrial Motofil Group.**  
Fonte: Motofil Group.

- 1985
  - A Motofil inicia a sua participação em Feiras de produtos Industriais.
- 1988
  - Produção das primeiras Máquinas de Soldadura Manual e por Resistência.



**Figura 2.2- Primeira Máquina de Soldadura Manual por Resistência.**  
**Fonte: Motofil Group.**

- 1992
  - Departamento de investigação e Desenvolvimento em Robótica Industrial inicia a sua atividade.



**Figura 2.3- Primeiro Departamento de investigação e Robótica Industrial.**  
**Fonte: Motofil Group.**

- 1996
  - Criação da delegação da Motofil em Espanha.
- 1999
  - Surgimento da Empresa ACN para produção de Máquinas de grande porte, com as de soldadura por arco submerso.

- Aquisição da Empresa Niveldois – sociedade de empreendimentos Imobiliários, LDA.



**Figura 2.4- Primeira Máquina de Soldadura por arco submerso.  
Fonte: Motofil Group.**

- 2004
  - A Motofil transfere-se para um novo grande Parque Industrial de 260.000 m<sup>2</sup>.



**Figura 2.5- Instalações atuais Do Group Motofil.  
Fonte: Motofil Group.**

- 2007
  - A Motomig, o único fabricante Ibérico de fio de soldadura, inicia a sua produção.



**Figura 2.6- Início da produção de fio de soldadura.**  
**Fonte: Motofil Group.**

- 2009
  - Constituição da Motofil Serviços, com o objetivo de realizar Serviços de Maquinação e Serralharia para a construção de Máquinas Industriais.



**Figura 2.7- Surgimento da Motofil Serviços.**  
**Fonte: Motofil Group.**

- 2010
  - Surge a Motofil Cutting com as primeiras Máquinas de Corte por Plasma e Oxicorte.
  - Motofil reforça a capacidade produtiva em soldadura por resistência.
  - Criação de Uma Filial da Motofil no Brasil.





**Figura 2.8- Primeira máquina de corte por Plasma e Oxicorte.**  
Fonte: Motofil Group.

- 2011
  - Criação de um centro de Formação de soldadura e Robótica.
- 2012
  - A Motofil começa a estender a sua área de influência para os mercados Francês e Belga.
  - Nascimento da Motofil Aeronáutica para o desenvolvimento de Moldes e Linhas de Montagem para o sector Aeronáutico.
- 2013
  - Lançamento da primeira máquina de corte de *Laser Fibra 2D*: MFL 315.



**Figura 2.9- Primeira Máquina de Corte Laser 2D MFL 315.**  
Fonte: Motofil Group.

- 2014
  - A Motofil expande-se para América do Norte com abertura da sua delegação no México.

- 2015
  - A Motomig muda-se para uma nova Unidade Industrial na zona Industrial das Ervasas.
  - A Motofil recebe a visita do Ministro Português da Economia António Pires de Lima e do Presidente da República, Aníbal Cavaco Silva.
  
- 2016
  - A Motofil expande-se para o Mercado Colombiano.
  
- 2018
  - Participação na 14.<sup>a</sup> Feira Industrial de Steelfab, marcando assim o início da exploração do Mercado Asiático.

Como é possível observar, a Motofil *Group* apresenta um currículo bastante preenchido, contudo, apesar de todos os momentos mencionados, que foram marcantes para a Motofil, esta apresenta ainda mais conquistas. Visto ter sido integrado no departamento de Corte, estou habilitado para expor e abordar de forma breve todos os equipamentos de Corte desenvolvidos pela Motofil Cutting desde o ano da sua existência até à atualidade.

## II.2- História da Motofil Cutting

Como já foi referido anteriormente, no ano de 2010 nasceu a Motofil *Cutting*, o departamento da Motofil responsável pela criação de soluções inovadoras no que diz respeito a tecnologias inovadoras de corte.

Seguidamente, irá ser apresentada a história desta fração da Motofil *Group*, expondo e descrevendo todas as soluções desenvolvidas no que concerne ao corte.

A Motofil *Cutting* iniciou a sua atividade com o desenvolvimento de soluções de processamento de chapa com recurso a plasma, oxicorte e furação mecânica.

Antes de apresentar os equipamentos desenvolvidos torna-se relevante expor uma breve definição destes dois conceitos, oxicorte e plasma.

Oxicorte consiste num processo de separação de metais usando calor e uma reação de oxidação com oxigénio puro. O metal é aquecido até atingir o seu ponto de ignição, e, depois, aplica-se um jacto de oxigénio puro nesta área, provocando a formação de óxidos líquidos do metal. Trata-se de uma reação extremamente exotérmica, gerando calor que posteriormente será utilizado para dar seguimento ao processo. A velocidade mecânica do jacto de oxigénio puro promove a remoção do metal líquido separando assim a base metálica em duas partes. Por se tratar de um processo que tem por base a oxidação com oxigénio, metais com baixa reatividade ao oxigénio, como por exemplo, cobre, latão alumínio e aço inoxidável não podem ser manipulados através deste processo, Ao invés, este processo é aplicável a materiais como aços em toda a sua gama. Os equipamentos

aplicados ao oxicorte dividem-se em duas categorias, os que controlam a pressão, reguladores de pressão, e os de mistura, maçaricos e bicos de corte. É possível efetuar cortes em aços de alta, média e baixa liga com espessuras entre os 3 mm e os 1.800 mm. [2]

O corte a plasma é um processo que utiliza um bico com um orifício para contrair o gás ionizado em alta temperatura até que possa ser utilizado para cortar secções de metais, como o aço carbono, aço inoxidável, o alumínio e outros metais eletricamente condutores. Existem dois tipos de corte por plasma, os manuais que se encontram munidos de um sistema de jacto coaxial de ar, que contraí ainda mais o plasma, permitindo um corte mais rápido e com menos ângulo e os mecanizados que são utilizados maioritariamente em manipuladores com três eixos, XYZ, comandados por controlo numérico. O funcionamento do corte a plasma consiste, primeiramente, em posicionar a peça a cortar e, seguidamente, numa direção vertical a esta, posicionar o bico da tocha que irá ser responsável pelo corte. Para a realização de cortes no meio de peças ou realização de furos, a técnica mais apropriada consiste em iniciar o corte com bico inclinado. Para a realização deste processo de corte são necessários os seguintes equipamentos: uma fonte geradora de energia, gás que posteriormente será ionizado e utilizado como meio condutor do arco elétrico, uma tocha plasma e uma ligação Terra que irá encerrar o circuito elétrico. A principal vantagem deste sistema em relação ao oxicorte é a redução do risco de deformação por causa da propagação térmica na zona de corte e a sua grande velocidade de corte. Contudo, é importante referir que não é aconselhável utilizar o corte por plasma para peças de reduzidas dimensões, visto a sua temperatura ser tão elevada que, nesses casos, a peça de trabalho pode se deformar. [3]

Depois da exposição da definição teórica dos dois tipos de corte, torna-se pertinente expor os diferentes modelos de equipamentos desenvolvidos pela Motofil *Cutting*, são eles a *FELINE*, *DRAGOm*, *DRAGOm Multiprocesso* e *TAURUS*.

Começando pela *FELINE*, é uma solução rápida, compacta, intuitiva, de fácil instalação que utiliza a tecnologia de plasma para a realização de corte. Existem três tipos de modelos desta máquina *FELINE 1530*, *FELINE 2040*, e *FELINE 2060*, onde as variantes são as respetivas dimensões totais e consequente área de trabalho do equipamento. Sendo que a *FELINE* apresenta uma área de trabalho de 3.000x1.500 mm<sup>2</sup> e dimensões totais 5.000x2.890 mm<sup>2</sup>, a *FELINE 2040* tem uma área de trabalho de 4.000x2.000 mm<sup>2</sup> e dimensões totais 6.000x2.890 mm<sup>2</sup>, e, por fim, o modelo 2060 apresenta uma área de trabalho de 6.000x2.000 mm<sup>2</sup> e dimensões totais 8.000x2.890 mm<sup>2</sup>, sendo assim o modelo com maior área de trabalho. [4]

A *FELINE* é composta por uma mesa de corte e um pórtico sobre carris que se encontram integrados numa estrutura compacta, permitindo assim a sua rápida instalação e entrada em funcionamento. É um equipamento que se adequa facilmente a espaços fabris limitados, visto apresentar uma estrutura com dimensões reduzidas. Para finalizar, é caracterizada pelo seu elevado desempenho equiparável aos das máquinas de corte de maiores dimensões, conseguindo ser tão ou mais rápida e segura, executando cortes de elevada precisão. [4]

Na figura 2.10 encontra-se representado o equipamento *FELINE*, no seu estado normal, bem como a quando da realização do processo de corte.



**Figura 2.10- FELINE.**

**Fonte: Catálogo Gama de produtos de Corte Motofil Group.**

Outra solução para o processamento de chapa é a *DRAGOM*, equipamento robusto, ajustável e de alta produtividade, desenhada para o corte de chapa metálica. Este equipamento encontra-se munido das duas tecnologias de corte, plasma e oxicorte. Este modelo está disponível nas versões 25, 30, 35, 40 e 45 e as Especiais, estes valores caracterizam a largura do equipamento que pode ir desde os 2.500 mm no caso da *DRAGOM* 25 até aos > 4.500 mm no caso das *DRAGOM* Especiais. Os valores de comprimento também são variáveis entre 6.000 mm e 30.000 mm. A espessura máxima de corte encontra-se estimada entre 3 mm - 100 mm para o plasma e 3 mm - 200 mm para oxicorte. A *DRAGOM* tem capacidade até duas tochas plasma e seis tochas de oxicorte. Algumas das características deste equipamento são a sua estrutura robusta que permite reduzir as vibrações decorrentes dos processos de corte, o facto de ter uma área útil de corte que pode ser aumentada conforme as necessidades produtivas do cliente. Para além disso, esta máquina oferece várias opções de configuração como a integração de uma unidade de furação e ainda corte em chanfro com oxicorte e plasma e marcação plasma. As mesas de corte incorporam um mecanismo de fácil extração das escórias de modo a efetuar uma rápida limpeza dos desperdícios resultantes do processo de corte. [4]



**Figura 2.11- DRAGOM.**

**Fonte: Catálogo Gama de produtos de Corte Motofil Group.**

Na figura 2.11 apresenta-se a *DRAGOM*, este modelo é ainda constituído por uma configuração Multiprocesso que oferece a oportunidade de equipar a *DRAGOM* com diversos opcionais de modo a aumentar o número de funcionalidades do equipamento. [4]

Existem duas configurações possíveis de Chanfro, através de oxicorte ou Plasma. O Chanfro Oxicorte pode ser automático, o processo ocorre continuamente sem enrolamento da cablagem, dado que o sistema permite efetuar rotações infinitas, ou

manual em que o processo ocorre com a intervenção de um operador e a rotação é até 180°. Esta configuração proporciona um ângulo máximo de 60°, 2 a 3 tochas, tipos de chanfro em I, K, V, X e Y e uma rotação de 360° no modo automático e 180° no modo manual. [4]

O Chanfro Plasma permite produzir cortes em chanfro, com contornos de 360° de forma contínua, entre ângulos de 0° a  $\pm 45^\circ$ , incrementando automaticamente a inclinação pretendida de forma direta ou gradual. Proporciona chanfros em I, V, X e Y. [4]

Nas figuras 2.12 e 2.13 encontram-se representados as configurações Multiprocesso, para tochas com tecnologia de oxicorte e plasma respetivamente.



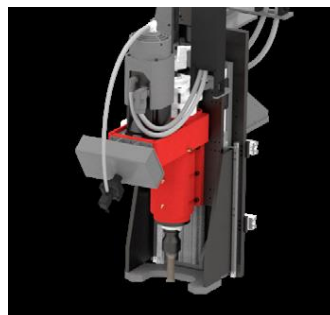
**Figura 2.12- DRAGOm Multiprocesso oxicorte**  
Fonte: Catálogo Gama de produtos de Corte Motofil Group.



**Figura 2.13- DRAGOm Multiprocesso Plasma.**  
Fonte: Catálogo Gama de produtos de Corte Motofil Group.

Outra configuração possível para a *DRAGOm Multiprocesso* é a furação mecânica, representada na figura 2.14, através de uma unidade servo-controlada com capacidade de furação até 64 mm de espessura e 32 mm de diâmetro. Comporta um número máximo de cinco ferramentas alojadas, capacidade de realização de furos com diâmetro máximo de 32 mm, para chapas com espessuras mínima de 6 mm e máxima de 64 mm. [4]

Algumas das características que distinguem este modelo são a flexibilidade produtiva numa só instalação e a economia de tempos de ciclos, pois não necessita de mudar o setup para utilizar outros processos. [4]

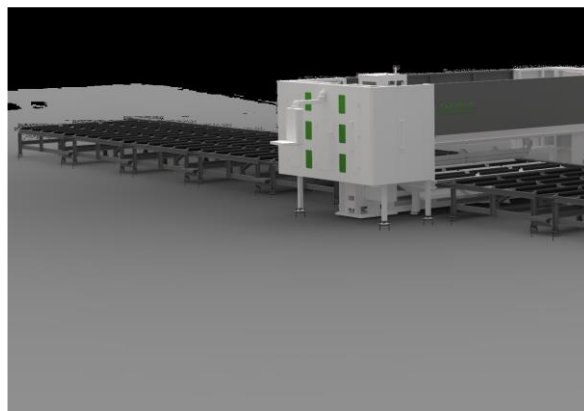


**Figura 2.14- DRAGOm Multiprocesso furação mecânica.**  
Fonte: Catálogo Gama de produtos de Corte Motofil Group.

Apresenta-se ainda na figura 2.15, a *TAURUS* que consiste numa mesa de corte dinâmica, ideal para grandes produções de corte térmico, furação, roscagem e marcação. [4]

A *TAURUS* apresenta uma área máxima e mínima de corte de 12.000x3.000 mm<sup>2</sup> e 200x100 mm<sup>2</sup>, respetivamente. A possibilidade de corte de chapas com espessura máxima até 200 mm com oxicorte e 50 mm com plasma. Tem uma velocidade de posicionamento de 40 m/min e suporta chapas com peso até 10.600 kg. Proporciona roscagem desde M6 até M40 e capacidade de armazenamento até dez ferramentas. [4]

As suas características diferenciadoras são o facto de ter uma estrutura robusta e de grandes dimensões que facilita a manipulação do material a cortar garantido uma maior eficiência do processo e ainda o facto de ser uma máquina composta por dois servomotores que garantem a precisão e velocidade do corte, eliminando vibrações que possam ser prejudiciais à máquina. [4]



**Figura 2.15- TAURUS.**

**Fonte: Catálogo Gama de produtos de Corte Motofil Group.**

Para além das tecnologias de oxicorte e plasma, posteriormente foram desenvolvidas soluções de corte térmico através da tecnologia *laser* de fibra, para aplicação em chapas planas, tubos ou perfis. Neste panorama surgem assim três equipamentos, *MFL* que é uma máquina de corte *laser* de fibra 2D para chapa fina, *MFL Tube* que é uma máquina corte *laser* de fibra para tubos e perfis com capacidade máxima de 90 kg/m. Para além disso, a *MFL Tube* é o equipamento no qual se vai centrar este Relatório de Estágio, visto o trabalho desenvolvido ser aplicado a esta máquina, e ainda a *MFL Tube Smart* que é uma máquina de corte *laser* de fibra para tubos e perfis com capacidade máxima de 20 kg/m. [4]

Antes de apresentar os modelos individualmente, torna-se imprescindível, mais uma vez, a apresentação e explicação de alguns termos teóricos como o corte por *laser*.

O processo de corte por *laser* utiliza um raio *laser* forte e centrado, produzido por um díodo de *laser*. O raio de alta energia aquece a superfície do material e derrete rapidamente um capilar, cujo diâmetro corresponde ao diâmetro do *laser* utilizado. Devido ao foco estreito do raio *laser*, a largura do corte (largura do entalhe) é muito pequena se comparada aos outros processos de corte térmico. Uma quantidade mínima do material é derretida e a energia do *laser* é usada de forma muito eficiente. Esta tecnologia de corte é usada nas áreas mais diversas, mais precisamente sempre que é



necessária alta precisão na geometria do componente e na borda do corte. O *laser* é recomendado para chapas de aço com espessura de até 20 mm e sob certas circunstâncias até 25 mm. O funcionamento deste processo consiste num feixe que é concentrado no material por meio do furo no bico. Isso aquece e derrete o material. Durante o processo de corte, o gás auxiliar que flui de maneira coaxial, através do bico, é usado para remover o material derretido a partir do corte. Como resultado, a qualidade e velocidade do corte é muito alta em comparação com outras tecnologias de corte. [5]

Dentro do corte a *laser* existem, principalmente, dois tipos de *laser*, *laser* de CO<sub>2</sub> e *laser* de fibra. Na Motofil *Cutting* todos os equipamentos munidos desta tecnologia de corte são baseados no *laser* de fibra.

O *laser* de CO<sub>2</sub> é um *laser* de gás, baseado numa mistura gasosa de dióxido de carbono, o qual é estimulado eletricamente. Com um comprimento de onda de 10,6 µm, é principalmente adequada para trabalhar em materiais não metálicos e na maior parte dos plásticos. *Lasers* de CO<sub>2</sub> têm uma relativa alta eficiência e possuem uma boa qualidade do eixo. São utilizados para materiais como madeira, acrílico, vidro, papel, têxteis, plásticos, chapas e películas, couro, pedra. [6]

O *laser* de fibra pertence ao grupo do *laser* de estado sólido, gera um eixo de *laser* por meio do chamado *laser* semente e amplifica-o em fibras de vidro, as quais são fornecidas com energia por meio de díodos de bomba. Com um comprimento de onda de 1,064 µm, os *lasers* de fibra produzem um diâmetro focal extremamente pequeno; o resultado da sua intensidade é até 100 vezes mais elevada do que os *lasers* de CO<sub>2</sub> com a mesma potência média emitida. [7]

*Lasers* de fibra são perfeitamente adaptados para a marcação por meio de tratamento térmico de metais, para gravação em metal, e em alto contraste de marcações plásticas. Os *lasers* de fibra são geralmente livres de manutenção e apresentam uma longa vida útil de pelo menos 25.000 horas de trabalho a *laser*. Este tipo de *laser* é adequado para materiais como metais, metais revestidos e plásticos. [7]

As características diferenciadoras destes dois tipos de *laser* são o facto de o *laser* fibra ser considerado menos dispendioso, tendo em consideração que atinge maiores níveis de precisão e não requer refrigeração de turbina. Não obstante, este tipo de *laser* também se destaca pela reduzida manutenção e, conseqüentemente, reduzidos custos. Estes fatores permitem que a máquina de *laser* fibra ótica tenha a capacidade de obter um consumo de energia extremamente baixo comparativamente à máquina de *laser* CO<sub>2</sub>, e, por isto, é que a Motofil *Cutting* centra-se sobretudo no desenvolvimento de equipamentos munidos com *laser* de fibra. [8]

O primeiro equipamento desenvolvido foi a *MFL*, representada pela figura 2.16, desenhada para responder às necessidades das atividades industriais relacionadas com o corte de aço-carbono, aço inoxidável, latão, alumínio e cobre. Esta máquina conta com cinco modelos distintos, *MFL* 315, 420, 620, 625, 820 em que as áreas de trabalho variam

entre 3.000x1.500 mm<sup>2</sup> no caso do modelo 315 até 8.000x2.000 mm<sup>2</sup> no caso do modelo 820. Quanto a fontes de alimentação o modelo 315 requisita geradores com 2 kW de potência, o modelo 420 com 3 kW, os modelos 620 e 625 com 4 kW e o modelo 820 com 6 kW. [4]

No que diz respeito à máxima espessura dos materiais sujeitos a corte, será, em seguida, exposta uma tabela com os mesmos valores, de modo a que tenha uma percepção mais fácil por parte do leitor. [4]

Material \ Modelo	MFL315 [mm]	MFL420 [mm]	MFL620/625 [mm]	MFL820 [mm]
Aço Carbono	15	20	20	25
Aço Inoxidável	8	12	12	15
Alumínio	8	12	12	10
Cobre	2	2	2	2
Latão	6	6	6	6

**Tabela 1 - Valores de espessura máxima de corte em mm.**

**Fonte: Catálogo Gama de produtos de Corte Motofil Group.**

Este equipamento é diferenciado pelas suas características, tais como, o facto de possuir uma estrutura-berço mecano-soldada que permite reduzir as vibrações decorrentes das operações de corte; o sistema de troca de mesas permite que uma chapa possa estar disponível, enquanto a outra se desloca para a zona de carga/descarga, diminuindo assim as paragens e ciclos de trabalho; a tecnologia *frog-jump* permite otimizar o deslocamento do cabeçal de corte, alcançando assim uma maior eficiência produtiva. [4]



**Figura 2.16- MFL 315.**

**Fonte: Catálogo Gama de produtos de Corte Motofil Group.**

Devido ao facto de este equipamento proporcionar manipulações em chapas de grandes dimensões e pesos, tornou-se necessário desenvolver um mecanismo de carga e descarga automática, apresentando-se assim, na figura 2.17 o carregador automático, que torna o processo de carga e descarga mais rápidos. Este sistema é constituído por ventosas e garfos que serão os responsáveis pelo deslocamento das peças. Enquanto as ventosas



carregam as chapas de metal para a paleta de corte, o sistema de garfos descarrega as peças cortadas em simultâneo.

No que diz respeito ao formato máximo da peça para a função de carga e descarga, as dimensões são equivalentes,  $3.000 \times 1.500 \text{ mm}^2$ , no que concerne à espessura máxima de chapa, peso máximo da peça e altura máxima da pilha, os valores também são iguais para as funções de carga e descarga, sendo eles 25 mm, 900 kg e 170 mm, respetivamente. No que toca ao formato mínimo da peça, as dimensões diferem consoante a função de carga ou descarga, sendo que, para a primeira os valores mínimos são  $1.000 \times 1.000 \text{ mm}^2$  e para a função de descarga  $150 \times 150 \text{ mm}^2$ . [4]



**Figura 2.17- Carregador.**  
**Fonte: Catálogo Gama de produtos de Corte Motofil Group.**

Outra opção de carregador que surgiu posteriormente, é o carregador radical representado pela figura 2.18, que consiste num sistema de carga de chapas que serve como unidade de alimentação automática de matéria-prima para a máquina de corte *laser* de fibra. Através dos copos de sucção, este sistema carrega as chapas metálicas para a mesa da máquina de corte. O modelo deste carregador tem o nome *CR620*, sendo o formato mínimo e máximo da peça a transportar  $6.000 \times 2.000 \text{ mm}^2$  e  $1.000 \times 1.000 \text{ mm}^2$  respetivamente, espessura máxima 25 mm e um peso máximo de 900 kg. [4]



**Figura 2.18- Carregador Radial.**  
**Fonte: Catálogo Gama de produtos de Corte Motofil Group.**

Seguidamente ao surgimento da *MFL*, a *Motofil Cutting* deu um passo em frente e evoluiu para um projeto de um equipamento capaz de realizar corte em tubos a três dimensões, surgindo assim a *MFL Tube*, que é o equipamento que está no âmbito deste estágio e faz-se representar pela figura 2.19.

A *MFL Tube* é a solução intuitiva e compacta para o corte de tubos e perfis com uma capacidade até 90 kg/m. A *MFL Tube*, também designada por *Laser Tube*, suporta peças para manipulação com diâmetro máximo de 300 mm, peso máximo de 90 kg/m de tubo, comprimento máximo de carga de peças até 7 m e descarga de peças até 2 m. A fonte de alimentação de fibra pode ter entre 2 e 3 kW e está habilitada a manipular materiais como: Latão, Alumínio, Cobre, Aço Inoxidável e Aço Carbono. [4]

A *Laser Tube* é diferenciadora em relação à concorrência visto que é uma solução que permite o corte eficaz de tubos de grandes cargas e compostos por diversos tipos de materiais; o facto de utilizar *Laser* fibra em comparação ao CO<sub>2</sub>, reduz substancialmente o consumo elétrico da solução e ainda oferece a possibilidade de integração de soluções de automação, como o carregador automático, que permite aumentar a eficiência produtiva. [4]



**Figura 2.19- *MFL Tube*.**  
**Fonte: Catálogo Gama de produtos de**  
**Corte Motofil Group.**

Posteriormente ao nascimento da *Laser Tube*, houve a necessidade de projetar uma máquina que fosse mais económica que realizasse corte de tubos e perfis com um peso máximo de 20 kg/m, ou seja, um equipamento com dimensões menores e capaz de realizar as mesmas funções que a *MFL Tube*, em peças de menores dimensões, surgindo a *MFL Tube Smart*, exposta na figura 2.20. Visto que os tubos a manipular são de dimensões menores, este equipamento não necessita de um carregador automático para carga das peças, tornando-a uma solução mais económica e com dimensões totais menores, sem comprometer o bom funcionamento do equipamento.

A *Laser Tube Smart* admite peças com diâmetro máximo e mínimo de 140 mm e 15 mm respetivamente, um peso máximo de 20 kg/m de tubo, um comprimento máximo da peça, para carga, de 6 m e para descarga de 1 m. A fonte de alimentação de fibra é de 2 kW e está habilitada a manipular os mesmos materiais que a *MFL Tube*, Aço carbono, Aço inoxidável, Cobre, Alumínio, Latão. As principais vantagens deste equipamento são o facto de possuir uma interface intuitiva, de fácil utilização e desenhada para elevados

níveis de desempenho e ainda o facto de estar otimizado para aumentar o fluxo de produção, diminuindo o impacto na organização da produção. [4]



**Figura 2.20- Laser Tube Smart.**  
**Fonte: Catálogo Gama de produtos de Corte Motofil Group.**

No portefólio da Motofil *Cutting* ainda constam mais dois equipamentos no que diz respeito ao processamento de chapa e perfis, são eles o *Centro de Corte Robotizado*, representado na figura 5.21, e o *Centro de Corte e Furação*, ilustrado na figura 2.22. O primeiro é uma máquina para o corte e furação de chapa e perfis com capacidade de marcação, enquanto o *Centro de Corte Robotizado* é uma solução robotizada para o corte plasma e/ou oxicorte de perfis.

No que diz respeito ao *Centro de Corte e Furação*, existem dois modelos, o *ST3 1000* e o *ST3 1200*, responsáveis pela tarefa de furação, e dois modelos responsáveis pela tarefa de corte, o *PBR 550/1000* e *PBR 700/1300*.

O modelo *ST3 1000* tem uma capacidade de trabalho vertical de  $5 \times 455 \text{ mm}^2$ , enquanto o modelo *ST3 1200* tem capacidade  $5 \times 500 \text{ mm}^2$ . No que diz respeito à capacidade de trabalho horizontal, o *ST3 1000* tem capacidade de  $50 \times 1.040 \text{ mm}^2$  e o *ST3 1200*  $50 \times 1.200 \text{ mm}^2$ . Ambos os modelos têm o mesmo número de cabeças, três. Quanto à capacidade de furação máxima do modelo 1000 varia entre 5 mm e 40 mm enquanto o modelo 1200 varia entre 10 mm e 40 mm. A capacidade de roscagem da *ST3 1000* varia entre M6 e M30 enquanto no modelo *ST3 1200* a variação é entre M12 e M24. [4]

No que toca à tarefa de corte, os dois modelos estão habilitados a cortar a  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  e  $60^\circ$ . Sendo a capacidade de corte a  $0^\circ$  do modelo *PBR550/1000* de  $1.000 \times 520 \text{ mm}^2$ , para  $45^\circ$ , este modelo oferece capacidade de corte de  $650 \times 520 \text{ mm}^2$  e para  $60^\circ$ , dimensões de capacidade de  $425 \times 520 \text{ mm}^2$ . Este modelo é constituído por uma serra com dimensões de  $8.400 \times 54 \times 1,3 \text{ mm}^3$ , valores de comprimento altura e espessura, respetivamente. A capacidade de corte a  $0^\circ$  do modelo *PBR 700/1300* de  $1.300 \times 650 \text{ mm}^2$ , para  $45^\circ$  uma capacidade de corte de  $850 \times 650 \text{ mm}^2$  e para  $60^\circ$   $560 \times 650 \text{ mm}^2$ . Quanto à serra, tem dimensões de  $10.500 \times 53 \times 1,3 \text{ mm}^3$ . [4]

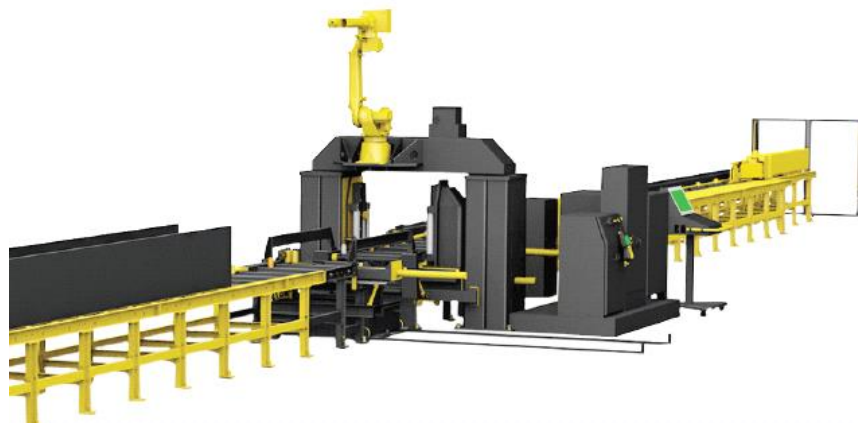
De entre as vantagens deste equipamento consta o facto de ele proporcionar um fluxo produtivo mais dinâmico e sem interrupções, devido à mesa de rolos, e consequentemente diminuição dos tempos de ciclo; maior duração do tempo útil de vida do material e manutenção da velocidade de corte, pois o sistema de furação lubrifica

diretamente a broca; possibilidade de realização de cortes angulares em ambos os sentidos com o máximo de rendimento.



**Figura 2.21- Serrote.**  
**Fonte: Catálogo Gama de produtos de Corte Motofil Group**

Por fim, apresenta-se de seguida o equipamento desenvolvido pelo departamento de corte da Motofil, o *Centro de Corte Robotizado* que consiste numa tecnologia de corte aliada à flexibilidade do robô, que permite o corte 3D de peças de estrutura mais complexa. Este equipamento oferece uma área útil de corte de 500x1.250 mm<sup>2</sup>, uma capacidade máxima de carga de 1.500 kg, uma velocidade de posicionamento no eixo do X de 42 m/min e possibilidade de corte por plasma e oxicorte. A estas características técnicas encontram-se aliadas vantagens tais como: o corte de peças de vários formatos, sem recorrer a outro tipo de processos; carga e descarga dos materiais, sem interromper a atividade da máquina, dado a extensa mesa de corte composta por rolos, aumentando a eficiência do processo; permite a marcação por plasma. [4]



**Figura 2.22- Centro de corte e furação.**  
**Fonte: Catálogo Gama de produtos de Corte Motofil Group.**

Para terminar este capítulo, é importante referir que os equipamentos apresentados são equipamentos *standard*, que podem ser customizados pelo cliente consoante as necessidades de cada um. Para além disso, já várias versões de cada equipamento foram

produzidas na Motofil, variando dimensões e equipamentos opcionais que podem equipar cada máquina.

Em suma o objetivo principal deste capítulo é dar a conhecer um pouco do portefólio do Grupo Motofil, destacando as soluções desenvolvidas na área da soldadura, aeronáutica, automação e corte.

Para terminar pode-se afirmar que o Grupo Motofil é uma empresa que apresenta variadas, e inovadoras, soluções, no que diz respeito ao corte de chapa e tubos, estando em grande destaque a nível Mundial.



## Capítulo III

- Estado da arte

Neste segmento será exposto o estado da arte, que consiste na apresentação e descrição de equipamentos com características semelhantes ao equipamento *MFL Tube*. Os equipamentos apresentados respeitam igualdade de especificações no que diz respeito ao número de eixos, ao tipo de laser utilizado, fibra, neste caso, e ao tipo de peça a ser manipulada, que é tubo. Importante ainda referir que toda a informação exposta foi obtida através das fontes *online* dos fabricantes de cada equipamento. Assim sendo, os equipamentos a serem expostos são: *Trumpf Laser Tube 5000 fiber*, *Prima Industrie Laser Next 2141*, *HKTL 7525 Tube Cutting Fiber Laser*, e *Trumpf Laser Tube 7000 Fiber*.

- **TRUMPF LASER TUBE 5000 FIBER**

A *TruLaser Tube 5000 fiber* é um equipamento desenvolvido pela *TRUMPF*, uma empresa familiar alemã com sede em *Ditzingen*, perto de *Stuttgart*. A *TRUMPF* é um dos maiores fornecedores mundiais de máquinas-ferramentas. Este equipamento, representado na figura 3.1, utiliza da melhor maneira as vantagens do *laser* de estado sólido, fibra. O principal objetivo do equipamento é conseguir conciliar tempos de processamento curtos para uma ampla gama de tubos e perfis possíveis.

Algumas das características que distinguem este equipamento são o facto de ser capaz de realizar cortes oblíquos, ou seja, cortes até 45° (cujo processo se encontra ilustrado na figura 3.4); possuir mandril com autocentralização, isto é, utiliza uma tecnologia de fixação autocentrante com monitorização permanente por sensor, adapta-se a qualquer geometria de tubo. Por fim tem, a capacidade de realização de cortes em tubos com perfis especiais, tal como se encontra representado na figura 3.2. [9]

No que concerne a especificações técnicas a *TruLaser Tube 5000 fiber*, tem capacidade de manipulação de tubos com perfis redondos com diâmetro máximo de 152 mm ou no caso de carregamento manual até 170 mm, com perfil retangular com comprimento lateral máximo e diâmetro envolvente de 152 mm e 170 mm, respetivamente. Relativamente ao comprimento máximo do material em bruto, pode receber tubos com comprimento de 6,5 m e 8 m de comprimento, com carregamento automático. Quando a peça terminada, existem quatro opções de configurações distintas de unidade de descarga, são elas de 3 m, proporcionando um comprimento de peça final de 3 m, unidade de descarga com 3 m +1,5 m, que proporciona a saída de peças com 4,5 m, unidade de descarga com 6,5 m, para evacuação de peças com 6,5 m, e unidades de saída com 6,5 m +1,5 m para peças com 8 m de comprimento. No que diz respeito ao peso máximo da peça, este equipamento suporta tubos com pesos até 20 kg/m. Uma das características peculiares deste fabricante, *Trumpf*, é que os *lasers* são produzidos internamente na empresa, sendo que para este equipamento estão disponíveis dois *lasers* distintos, o *Trudisk 2001* e o *Trudisk 3001*, com potências de 2 kW e 3 kW e valores de consumo de 8 kW e 9 kW respetivamente. Os valores de espessura de material a cortar varia consoante o material e ronda valores como 8 mm para Aço de Construção e 4 mm para o Latão. Este

equipamento está habilitado a cortar Latão, Alumínio, Cobre, Aço Inoxidável e Aço Carbono. [9]

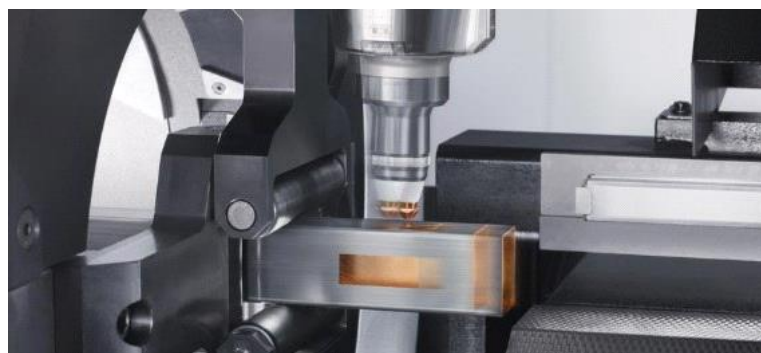
O *software* utilizado neste equipamento é também desenvolvido na *Trumpf*, sendo denominado *TruTops* e engloba todo o processo de fabrico. Através deste *software* é possível não só controlar de maneira simples e pontual o andamento operacional, bem como a gestão de pedidos do cliente e processos de compra e ainda toda a produção. [9] Apresenta ainda a configuração *RapidCut* para que seja possível realizar cortes simples a velocidades elevadas, tal como ilustra a figura 2.3.



**Figura 3.1- TRUMPF Laser Tube 5000 Fiber**  
**Fonte: TRUMPF.**

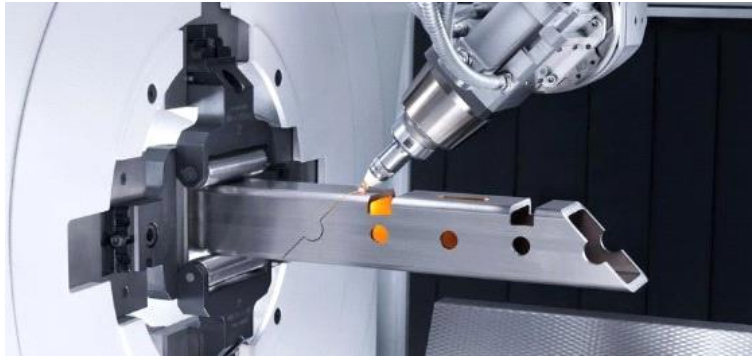


**Figura 3.2- Corte de Geometrias especiais.**  
**Fonte: TRUMPF.**



**Figura 3.3- Representativa do processo RapidCut.**  
**Fonte: TRUMPF.**





**Figura 3.4- Representativa do corte oblíquo.**  
**Fonte: TRUMPF.**

- ***Prima Industrie Laser Next 2141***

A *Laser Next 2141*, apresentada na figura 3.5, é um equipamento projetado e desenvolvido pela empresa *Prima Industrie*, fundada em 1977 e sediada em Itália. Esta máquina tem como principal objetivo satisfazer as necessidades dos fabricantes de peças metálicas estampadas nos mais diversos sectores industriais como oficinas, lojas de presas, sectores aeroespaciais, agrícola, automóvel, proporcionando flexibilidade em termos de processos e qualidade de execução de última geração. [10]

Algumas características diferenciadoras deste equipamento são o facto de possuir motores e transdutores diretos com escalas óticas nos eixos principais e na cabeça de foco; encontra-se equipada com uma mesa giratória de alta precisão com servo motor o que proporciona movimentos automáticos do mesmo. [10]

Esta máquina encontra-se disponível com diferentes configurações, possibilidade de mesas fixas que proporciona uma maior envolvente de trabalho para que seja possível manipular peças de maiores dimensões e facilitar o acesso a todos os pontos pertinentes. Configurações com a cabine dividida que faz com que o volume de trabalho seja separado por uma parede removível e um teto deslizante em duas metades, onde as peças são alternativamente processadas ou carregadas/descarregadas em total segurança. Desta forma, a produtividade da máquina é aumentada e, quando necessário, para peças maiores, a parede pode ser removida para restaurar todo o envelope de trabalho. Por fim, configuração com componentes automáticos que permite movimento rápido e automático de peças e acessórios fora da área de trabalho, pelas laterais ou pela frente da máquina. Esta é a solução para permitir que peças grandes e pesadas sejam manuseadas fora da área de trabalho e em caso de configuração complexa. [10]

No que diz respeito a especificações técnicas, este equipamento proporciona uma área de trabalho em 5 eixos, sendo que nos eixos de translação, X, Y e Z proporciona movimentos de 4.140 mm, 2.100 mm, 1.020 mm, respetivamente e nos eixos de rotação A, B 360° e 135°, respetivamente. No que concerne a velocidades de movimentação e no que diz respeito a translação, proporciona velocidade até 120 m/min e rotação de 1,5 rpm A fonte de *laser* é fibra e proporciona potências entre 3 kW 4 kW. A nível de automação, a

*Laser Next* encontra-se constituída por uma interface externa automática de carregamento e descarregamento. [10]



**Figura 3.5- Prima Industrie Laser Next 2141.**  
Fonte: Prima Industrie.

- **HK TL 7525 Tube Cutting Fiber Laser**

O equipamento *TL7525* é da autoria de uma empresa denominada *HK Laser & Systems*, esta empresa foi fundada em 1990, encontra-se sediada em *Lombard* nos EUA e conta com aproximadamente 500 colaboradores. Este equipamento encontra-se representado pela figura 3.6 e foi especialmente elaborada para realizar corte em tubo, de variados formatos, tanto circular como quadrado ou retangular. Esta máquina possui características semelhantes às apresentadas, são elas o facto de possuir sistema de carga e descarga de tubos automático, contudo apresenta outras características que a diferenciam, são elas o facto de possuir um sistema de medição de tubo automático, possuir duas configurações distintas de corte laser,  $CO_2$  ou fibra, sendo que cobre e latão apenas podem ser cortados com laser de fibra. As dimensões gerais da máquina são aproximadamente 14,5 m de comprimento e 5,5 m de altura. [11]

Apenas disponível para o *laser* de fibra, esta máquina possui a tecnologia *Smart cut*, em que o *laser* é constituído por uma cabeça de *zoom* e um bico supersónico, sendo assim possível um melhor controlo do feixe *laser* que irá variar consoante a espessura da peça a cortar. A função de *Smart cut* tem benefícios tais como: um melhoramento significativo da estabilidade devido ao uso de um bico supersónico, maximização da velocidade de corte, melhoramento da qualidade de corte. O facto de utilizar o *laser* de fibra também traz vantagens, são elas: possibilidade de medição de distância automática, função de deteção de arestas automática, posicionamento focal automático. [11]

Em termos de especificações, a *TL7525 Fiber* é capaz de processar peças em bruto com comprimentos até 7,5 m, diâmetro máximo de 250 mm, no caso de tubos com forma quadrada  $175 \times 175 \text{ mm}^2$  e para tubos com forma retangular uma diagonal máxima de 245 mm. O *laser* possui potência de 2 kW ou 3 kW. Os valores de espessura para capacidade de corte variam entre os 6,4 mm e 10 mm para aços de liga média, entre 4 mm e 6,4 mm para Alumínio, 5 mm para Latão e entre 3 mm e 5 mm para cobre. Existe ainda outra

versão disponível, *HK TL6015 Tube Cutting Fiber Laser* com características semelhantes apenas alteram as dimensões, no entanto as funções permanecem. [11]



**Figura 3.6- *HK TL 7525 Tube Cutting Fiber Laser.***  
**Fonte: *HK Laser & Systems.***

- ***BLM GROUP LT14 Fiber***

A *LT14 FIBER*, apresentada na figura 3.7, é um equipamento da autoria da *BLM Group*, este grupo foi fundado em 1960 e encontra-se sediado numa comunidade Italiana denominada *Cantú*. A grande função deste equipamento é cortar tubos de grandes diâmetros de modo rápido e preciso graças a uma arquitetura inovadora, tal como ilustra a figura 3.8. Pelo facto de não ser o tubo a movimentar-se, mas sim o cabeçal de corte, é possível obter geometrias de corte mais exatas e precisas, pois o tubo é bloqueado no início e, até ao momento da descarga, não há a possibilidade de deslocar-se de modo livre. Graças aos dois mandris passantes, que têm a dupla função de fazer escorrer e bloquear o tubo, de modo a que a barra nunca esteja completamente livre, e os resultados de corte sejam mais precisos. O cabeçal de corte passa automaticamente de uma parte para a outra dos mandris com base nas geometrias a realizar, aproveitando todo o comprimento da barra, sem produzir desperdício. É possível carregar e descarregar as peças sem desligar o *laser*, graças ao perfeito isolamento da área de corte constituído por duas divisórias. O carregamento é feito através de correntes, tal como mostra a figura 3.9, sendo desnecessária a intervenção manual. A dupla divisória de protecção da linha de trabalho permite preparar a barra sucessiva sem interromper o corte em curso, e por consequência, aumentar o rendimento de produtividade. [12]

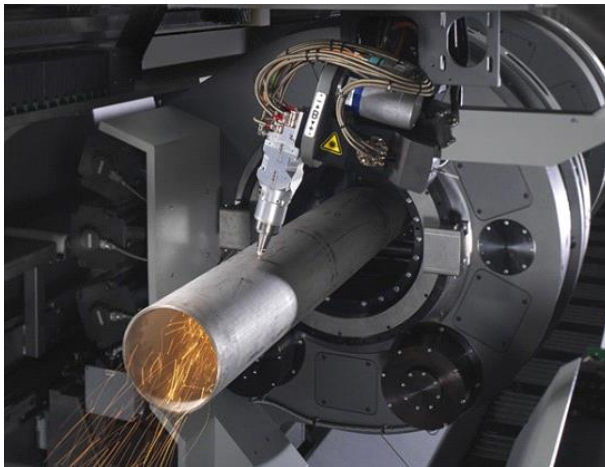
Quando aumentam as espessuras e os diâmetros, economizar poucos centímetros de material significa ganhar tempo, o que se traduz numa importante margem de ganho. *LT14 FIBER* é capaz de compactar as peças de modo dinâmico, ou seja, durante a carga mede a barra e define a melhor disposição do programa, com base no comprimento real da peça, sendo assim possível maximizar o aproveitamento da barra minimizando desperdícios. [12]

No que diz respeito a especificações técnicas, este equipamento de corte encontra-se fabricado para realizar cortes em tubos até 355 mm de diâmetro, com pesos até 100 kg/m de barra. É possível carregar e descarregar tubos com comprimentos até 18 m. É

possuidora de um laser com uma potência de 4 kW, e está habilitada a realizar cortes em latão, cobre, alumínio e aço inox. [12]



**Figura 3.7- BLM GROUP LT14 Fiber.**  
**Fonte: BLM Group.**



**Figura 3.8- Exemplificação do modo de corte e movimentação do Laser.**  
**Fonte: BLM Group.**



**Figura 3.9- Exemplificação do modo de Carga da peça em bruto.**  
**Fonte: BLM Group.**

De um modo geral, neste capítulo pretende-se expor alguns dos equipamentos com características semelhantes à MFL Tube, e que se encontram disponíveis no mercado. De todas as semelhanças entre eles destacam-se o facto de todos eles realizarem cortes em tubos, todos têm cinco eixos; a nível de potência todos eles rondam os 3 kW e os 4 kW; no que diz respeito a dimensões da peça a cortar também são bastante semelhantes rondando diâmetros máximos de 300 mm e comprimentos máximos entre os 6 m e os 7 m; todos eles estão habilitados a realizar cortes em latão, cobre, alumínio e aço inox.



## Capítulo IV

Neste capítulo será abordado de forma individual cada conjunto que constitui o equipamento e será seguida uma ordem sequencial, seguindo a sequência de operações que a peça sofre desde ser carregada até ao final do processamento, de modo a que seja o mais perceptível, não só a função de cada conjunto mas também todas as operações que o tubo sofre. Como a *MFL Tube* já foi apresentada anteriormente, em seguida será exposto cada conjunto de forma breve e individual para que seja perceptível da melhor forma o funcionamento de cada um.

### IV.1- Descrição dos componentes da *MFL TUBE*

- Carregador

Como é possível visualizar na figura 4.1, o carregador é constituído por umas cintas azuis, onde os tubos, em bruto, são carregados. Posteriormente acionam-se os motores que serão responsáveis pela rotação dos veios que irão enrolar estas cintas fazendo com que haja um movimento ascendente dos tubos. Estes tubos entram em contacto com uma barra que será a responsável por assegurar que apenas um tubo será carregado de cada vez, tal como é perceptível na figura 4.2. Em seguida, o tubo irá ser deslocado por meio de umas correntes. Tal como é visível na figura 4.3, quando o tubo chega ao fim do percurso embatem numa placa que possui um sensor e nesse ponto as correntes param. Nesse momento, o tubo encontra-se nos elevadores do carregador que irão ter um movimento ascendente de modo a elevar o tubo até às pinças dos braços. Esses braços têm movimento controlado por servomotores, em dois eixos, através dos patins que se deslocam sobre as guias. Depois de os braços “agarrarem” o tubo, estes tem a função de o transportar até à bucha principal, tal como é visível na figura 4.4. É nesta altura que a função do carregador terminou.



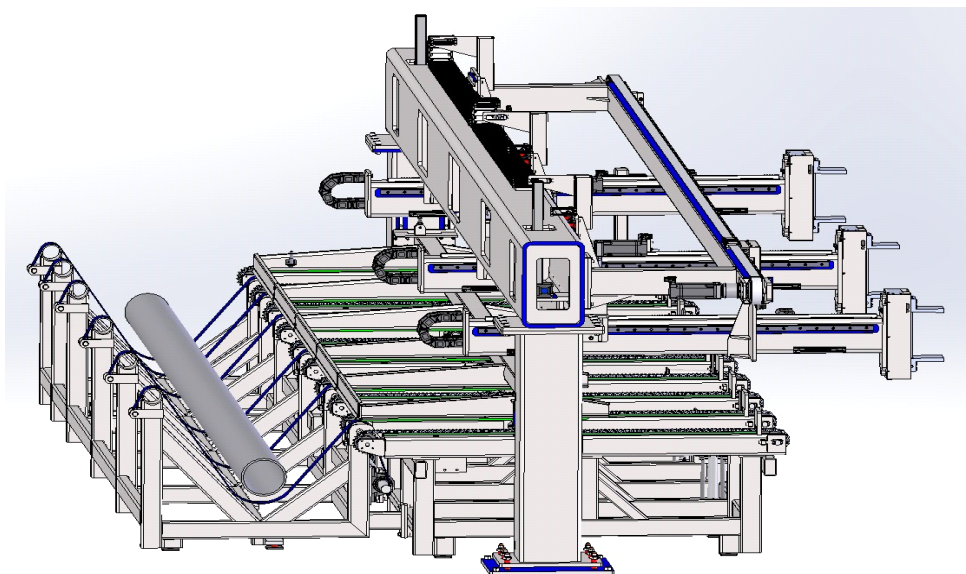


Figura 4.1- Carregador com tubo na posição inicial.  
Fonte: Motofil.

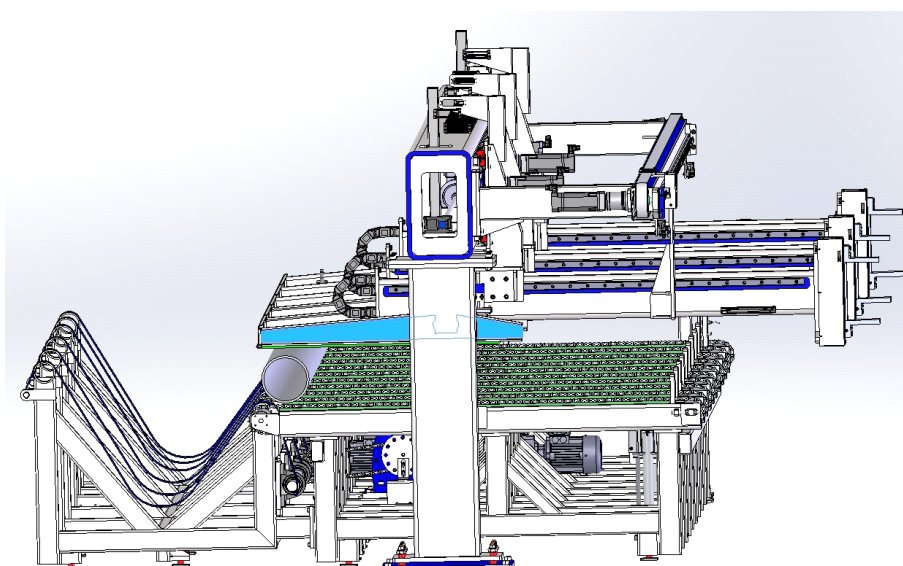


Figura 4.2- Carregador com tubo a deslizar sobre as correntes.  
Fonte: Motofil.



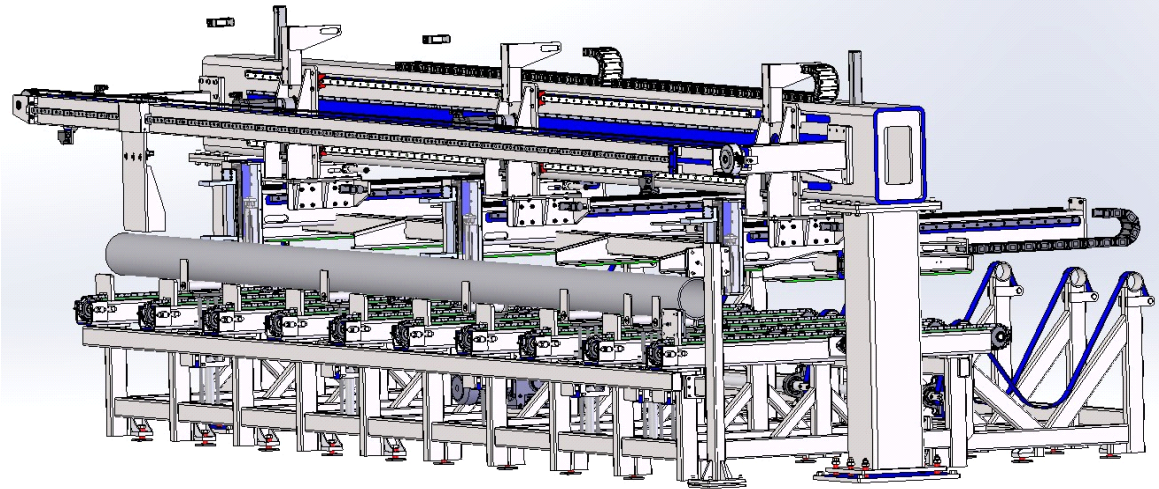


Figura 4.3- Carregador com tubo no momento em que o mesmo irá ascender nos elevadores.  
Fonte: Motofil.

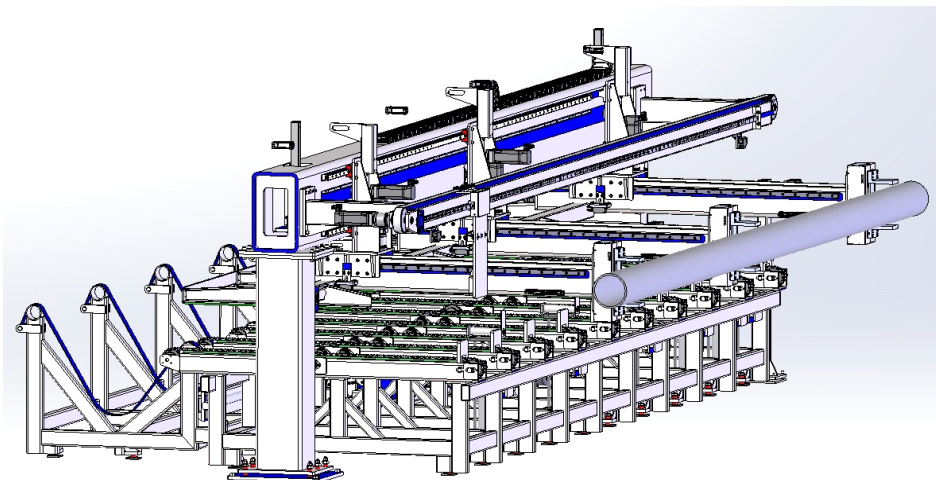


Figura 4.4- Carregador com tubo a ser transportado pelos braços do carregador.  
Fonte: Motofil.

○ *Chassi*

O *chassi*, que é representado na figura 4.5, é o conjunto que entra em contacto com os restantes conjuntos constituintes da *MFL Tube*. Tal como o nome indica, é um conjunto que, de certa forma, serve de suporte. A bucha principal desloca-se sobre ele graças às guias que o constituem, a bucha secundária, com movimento de translação reduzido, desliza, também sobre ele, através de patins. A mesa de saída, encontra-se acoplada a ele por meio de ligações aparafusadas. Através de ligações aparafusadas é também como os elevadores, cabeçal de corte e a cabine são posicionados no *chassi*. O cabeçal de corte estabelece contacto com o *chassi* através das zonas maquinadas laterais, enquanto os elevadores encontra-se no interior do *chassi*, quando na posição mínima de altura, e encontram-se aparafusados através das maquinações da face superior do *chassi*. Todas

estas conexões serão perceptíveis na figura apresentada do conjunto geral da *MFL Tube*. O *chassi* é constituído por calhas que irão acomodar todos os cabos e ainda por niveladores que irão estar em contacto com o solo. Este conjunto foi um dos que foi alvo de alterações.

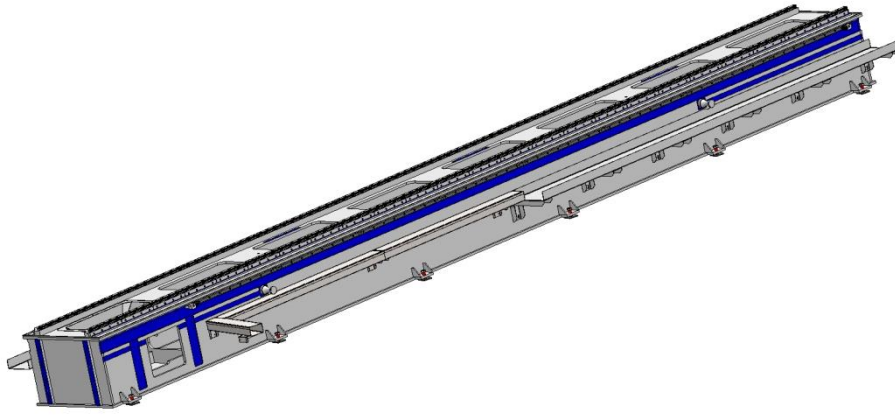
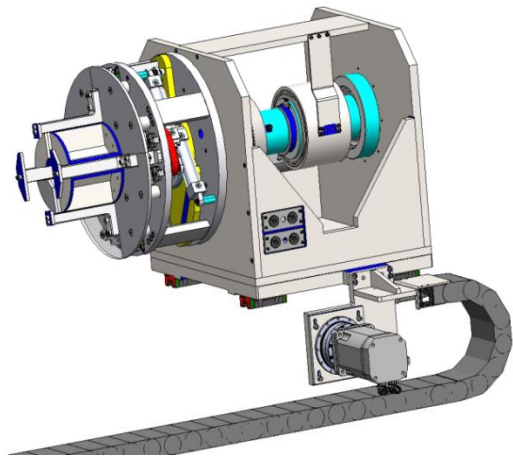


Figura 4.5- Conjunto *chassi*.  
Fonte: Motofil.

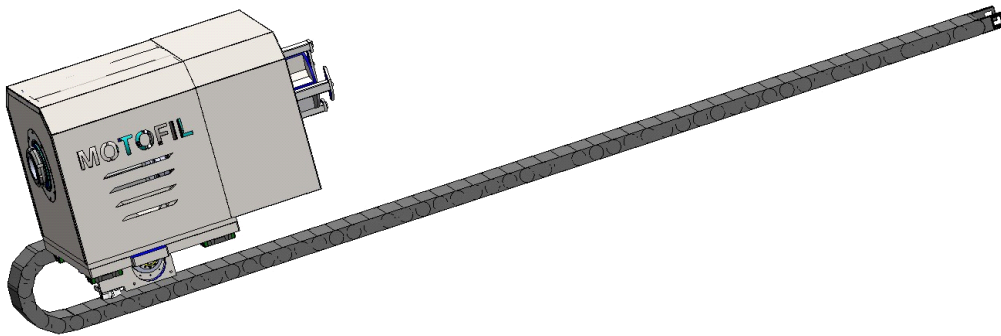
- Bucha Principal e Elevadores

Como é perceptível na figura 4.6, a bucha é constituída por uns maxilares, que com o auxílio dos elevadores, serão responsáveis pela acomodação do tubo na posição correta para que este possa ser cortado. Estes braços são movimentados consoante o diâmetro do tubo que terão de acomodar. Este movimento dos braços encontra-se assegurado pelo acionamento de cilindros. No que diz respeito ao movimento, tanto de translação como de rotação da bucha, são controlados por servomotores. A bucha tem movimento de translação num eixo, eixo X, assegurado pelo deslizamento de patins sobre guias e movimento de rotação para que seja possível rodar o tubo, este movimento é assegurado pelo conjunto pinhão engrenagem que transmite o movimento originado pelo servomotor.

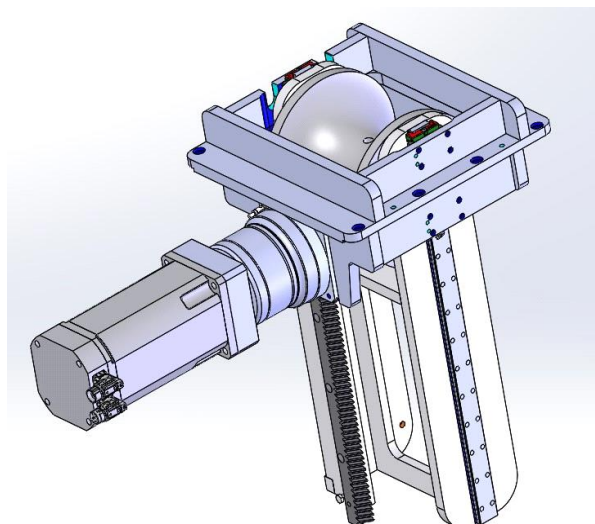
Os elevadores, representados pelas figuras 4.8 e 4.9, têm movimento ascendente e descendente, movimento este controlado por servomotores e desloca-se graças a patins que deslizam sobre as guias. Existem três elevadores que são integrados no *chassi* e são responsáveis por acomodar o tubo de modo a que este último possa deslizar sobre eles até à posição desejada.



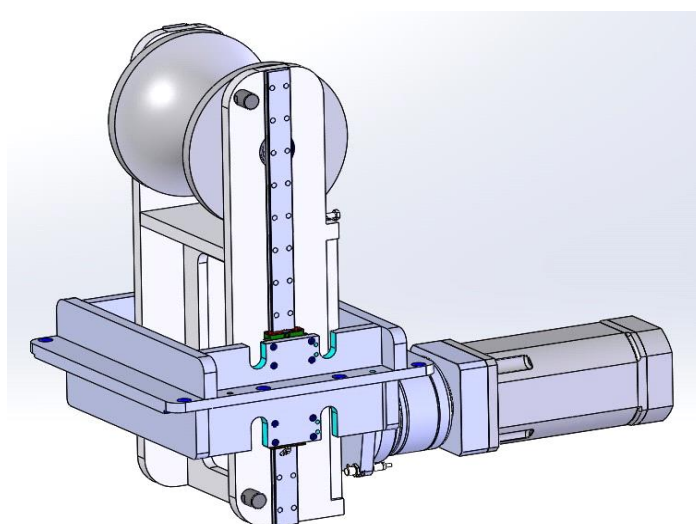
**Figura 4.6- Bucha principal sem carenagem protetora.**  
**Fonte: Motofil.**



**Figura 4.7- Bucha principal com carenagem protetora.**  
**Fonte: Motofil.**



**Figura 4.8- Elevador na posição de mínima altura.**  
**Fonte: Motofil.**



**Figura 4.9- Elevador na posição de máxima altura.**  
**Fonte: Motofil.**

Na figura 4.10 encontram-se representados todos os componentes, mencionados anteriormente, no devido local de montagem de modo a que o leitor possa ter uma melhor perceção do processo de montagem.

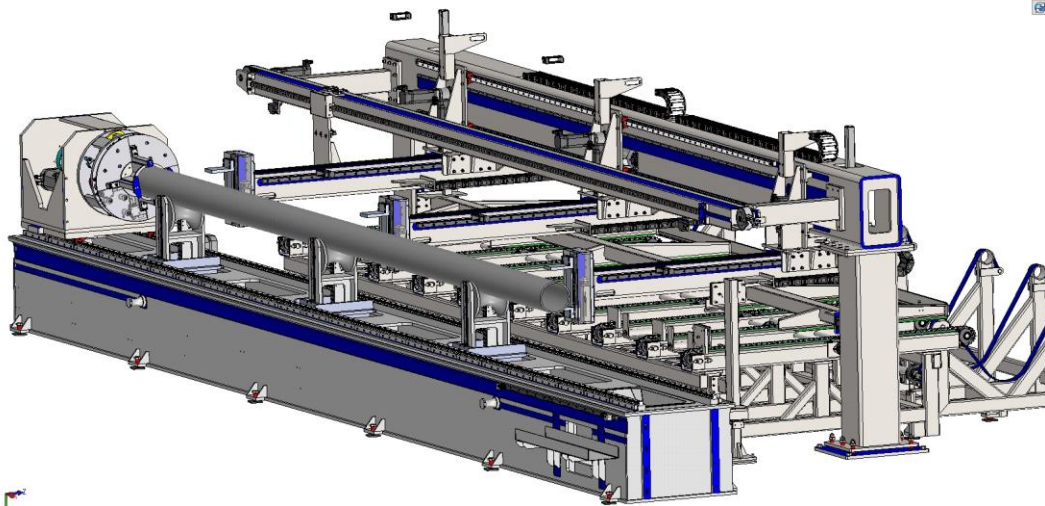


Figura 4.10- Representação do conjunto carregador, bucha principal, elevadores, *chassi* e tubo a cortar.

Fonte: Motofil.

- Bucha secundária

Esta bucha encontra-se posicionada próxima da cabeça de corte e estará próxima do local onde o tubo será cortado. Como é visível na figura 4.12, é constituída por uns rolos que permitem a translação do tubo, que é devida à movimentação da bucha principal. Ambas as buchas são coaxiais, ou seja, encontram-se centradas entre elas e com o centro do tubo. O movimento destes braços onde estão inseridos os rolos é graças aos patins que deslizam sobre as guias, como é visível na imagem, este movimento é útil para que seja possível acomodar tubos com vários diâmetros. Esta bucha, tal como a principal, tem movimento de rotação permitindo a rotação do tubo, este movimento rotacional é conferido pelo servomotor, transmitindo o movimento pelo conjunto pinhão engrenagem helicoidal. Embora seja de pouco curso, esta bucha apresenta, também, movimento de translação, de modo a acompanhar o movimento da cabeça do *laser*.

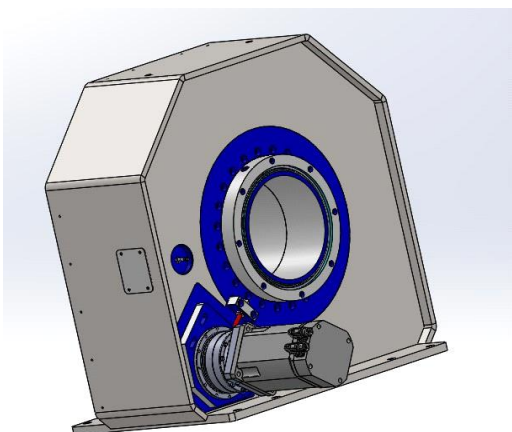


Figura 4.11- Bucha secundária.

Fonte: Motofil.



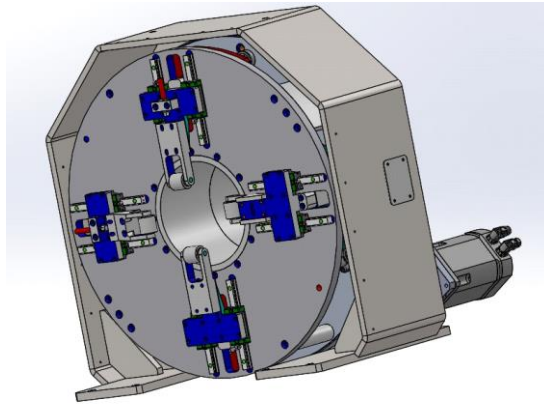


Figura 4.12- Buchha secundária.  
Fonte: Motofil.

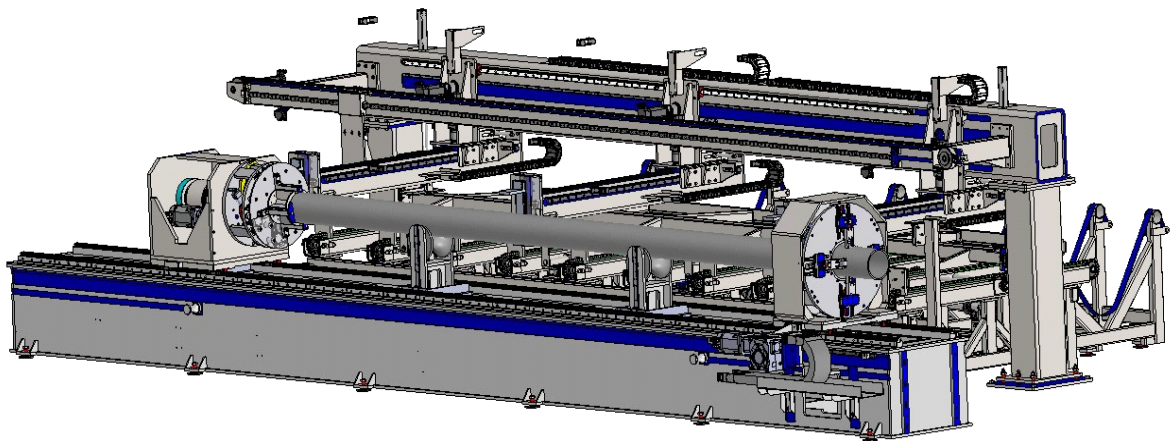


Figura 4.13- Representação do conjunto carregador, buchha principal, elevadores, chassi, buchha secundária e tubo a cortar.  
Fonte: Motofil.

#### ○ Cabeçal de Corte

O cabeçal de corte, representado pela figura 4.15, é constituído pela estrutura suporte do cabeçal, estrutura esta que é a que vai estabelecer o contacto através de ligações roscadas com o *chassi*. Sobre esta estrutura existem duas guias sobre as quais deslizam os patins que permitem o deslocamento do cabeçal. O cabeçal é constituído pelo *laser* e pelo conjunto de componentes responsáveis pelo movimento vertical do *laser*, possibilitando assim mais dois eixos ao conjunto geral do equipamento. Existe ainda outro grau liberdade que é conferido pela cabeça do *laser* o que permite realizar chanfros em tubos. Assim obtêm-se os 5 graus liberdade que constituem a máquina. Este conjunto do cabeçal de corte foi um dos conjuntos que sofreu alterações, durante o estágio. A estrutura que estabelece o contacto com o *chassi* foi totalmente projetada e redesenhada de modo a poder acomodar um novo cabeçal proveniente de outro equipamento desenvolvido na Motofil. Estas alterações, bem como o novo conjunto serão apresentados no Capítulo V onde serão, também, relatados os trabalhos desenvolvidos

durante o estágio, para já, neste capítulo o cabeçal de corte apresentado é o cabeçal antigo.

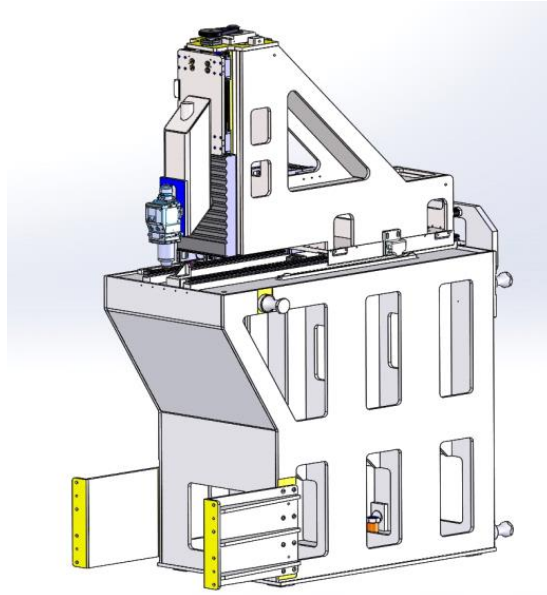


Figura 4.15- Cabeçal de corte.  
Fonte: Motofil.

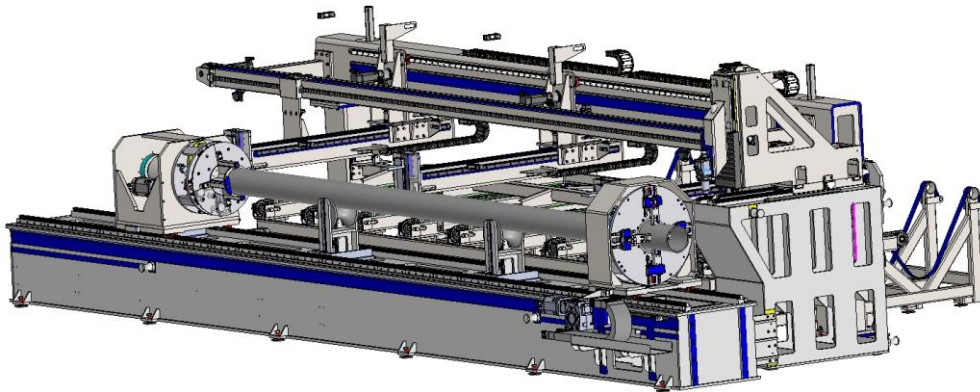


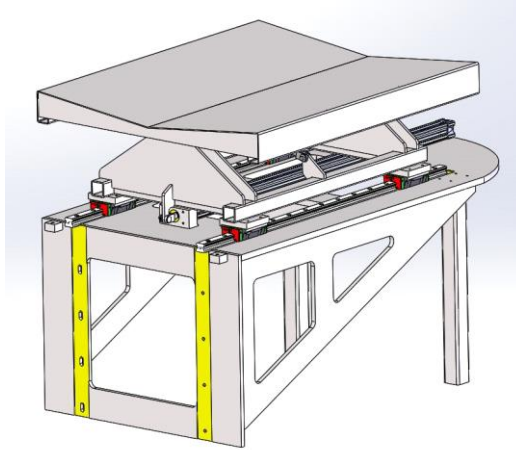
Figura 4.16- Representação do conjunto carregador, bucha principal, elevadores, *chassi*, bucha secundária, cabeçal de corte e tubo a cortar.  
Fonte: Motofil.

#### ○ Mesa de Saída

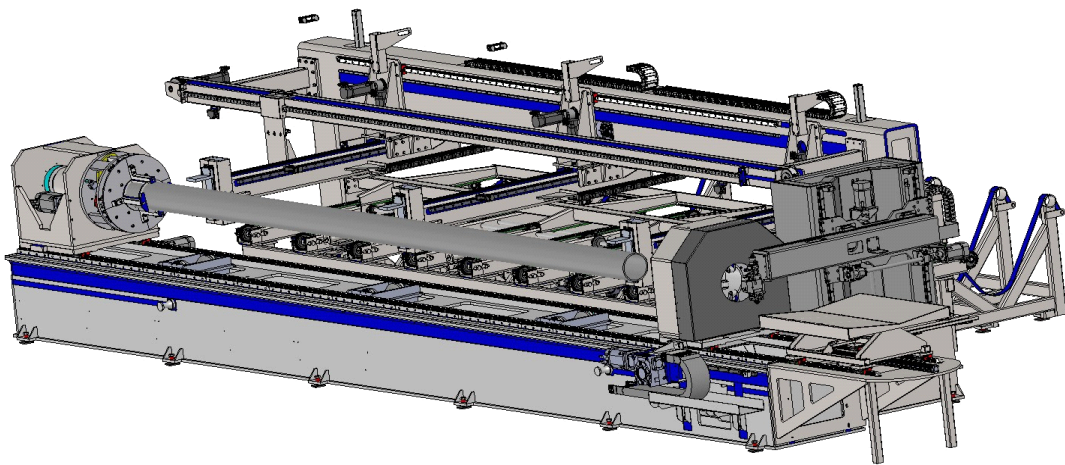
A mesa de saída estabelece ligação roscada ao *chassi* e o através dela que a peça final pode ser retirada. Tal como é visível através da figura 4.18, a mesa tem movimento de translação conferido por patins que se deslocam sobre guias. É, ainda, constituída por dois cilindros pneumáticos que irão fazer com que uma das extremidades da mesa tenha um movimento ascendente de modo a que a peça final possa escorregar até encontrar o tapete rolante que é componente da cabine e será responsável por colocar a peça no exterior. Este componente posteriormente irá sofrer alterações de modo a que possa ser

adaptado com as medidas pretendidas da peça na altura de extração da mesma. Estas medidas serão implementadas com base nas pretensões do cliente.

Apresenta-se ainda a figura 4.19 com todos os componentes, exceto a cabine, de modo a ser perceptível a disposição e localização dos mesmos, no conjunto geral do equipamento.



**Figura 4.18- Mesa de saída.**  
**Fonte: Motofil.**



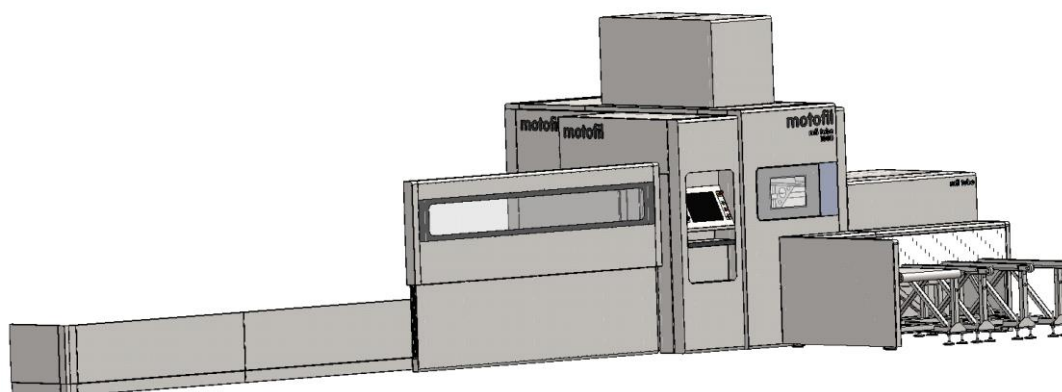
**Figura 4.19- Representação do conjunto carregador, bucha principal, elevadores, chassi, bucha secundária, cabeçal de corte, mesa de saída e tubo a cortar.**  
**Fonte: Motofil.**

#### ○ Cabine

A cabine é o componente que será mais visível em toda a máquina visto que servirá de cobertura a vários componentes. Assim, é conveniente que tenha um *design* apelativo e ao mesmo tempo seja capaz de conferir todas as funções do equipamento, garantindo liberdade de movimentação dos componentes para que os mesmos possam realizar as suas funções. A cabine é responsável pela proteção do operador. Tal como ilustra a figura 4.20, é constituída por uma viseira que mantém a segurança do operador e ao mesmo

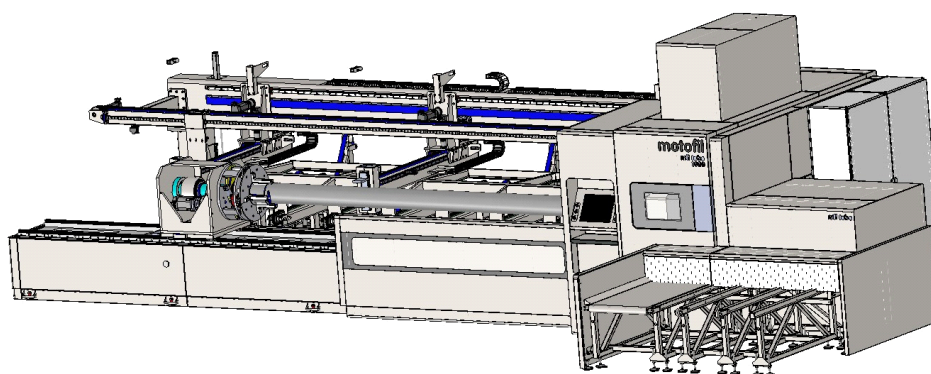


tempo possibilita o acompanhamento visual de todo o processo. É na cabine que se encontra integrado o painel, através do qual é possível controlar movimentos, ou realizar alguma paragem de emergência, caso seja necessário. Faz parte da cabine o mecanismo de extração da peça final, que é feita através de um tapete rolante que se encontra posicionado próximo da mesa de saída, possibilitando o movimento da peça desde esta última até ao tapete e desde este até ao exterior. Uma das próximas alterações consiste em modificar esta zona de saída, de modo a haver várias alternativas, consoante o tamanho da peça a extrair. É ainda na cabine que se encontra armazenado o quadro elétrico responsável pela componente elétrica, e é desde ali que todos os cabos saem até ao respetivo conjunto, percorrendo o seu trajeto através de calhas.



**Figura 4.20- Cabine.**  
**Fonte: Motofil.**

Para terminar a descrição de todos os componentes apresenta-se a imagem 4.21 que ilustra o conjunto geral do equipamentos com a cabine montada, sendo este o aspeto final do equipamento.



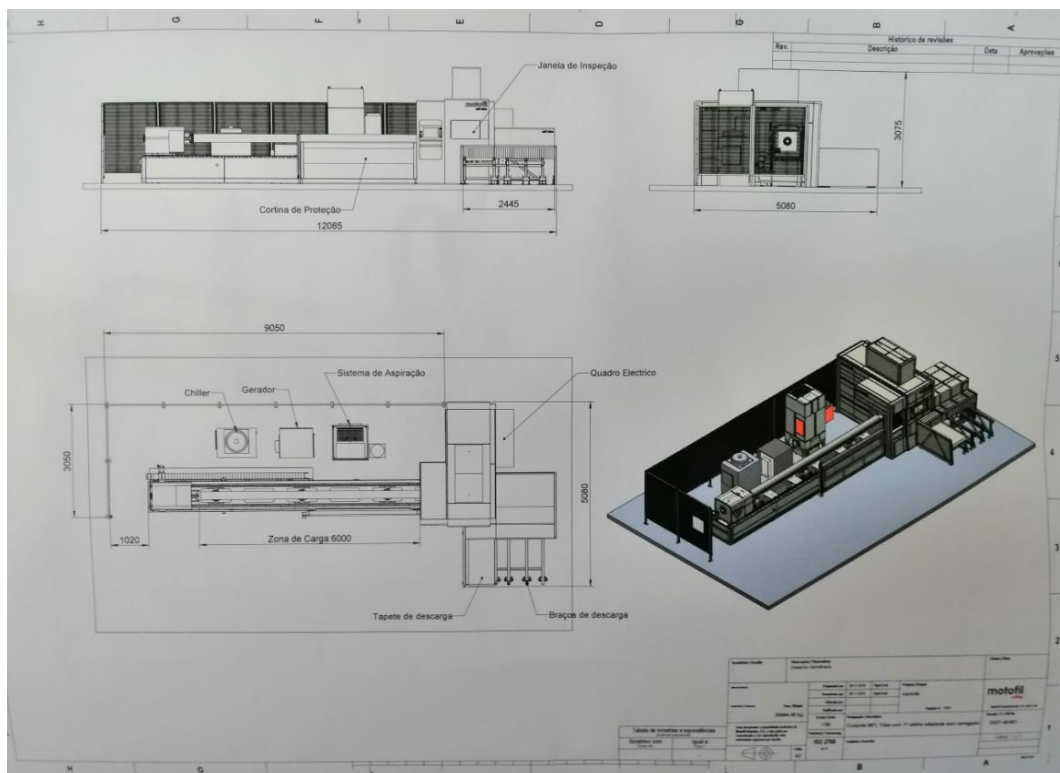
**Figura 4.21- Conjunto Geral com todos os componentes da MFL Tube.**  
**Fonte: Motofil.**

## IV.2- Layout MFL TUBE

### ○ Conceito de Layout

*Layout* é a técnica de administração de operações cujo objetivo é criar a interface homem-máquina, de modo a aumentar a eficiência do sistema de produção. Um fluxo bem estudado permite o rápido atravessamento do produto pelo sistema produtivo. Assim, conseqüentemente, menos tempo é perdido em cada recurso e ocorre a rápida transformação da matéria-prima em produto final, reduzindo o *lead time* da produção. O arranjo físico, *layout*, é muito importante para a produtividade, pois o fluxo dos processos pode ser otimizado ou prejudicado em função da distribuição física dos equipamentos. Deve, por isso, ser bem estudado porque as alterações futuras podem ser custosas ou mesmo não praticáveis.

Seguidamente, na figura 4.22, será exposto sob a forma de figura ilustrativa o *layout* correspondente à *MFL Tube*, onde será visível a distribuição de todos os conjuntos, que a constituem, anteriormente abordados, bem como outros equipamentos inerentes ao processo de corte cuja função será apresentada posteriormente.



**Figura 4.22- Layout MFL Tube.**  
**Fonte: Motofil.**

Como é visível na figura 4.22, representativa do *layout* da máquina, para além dos conjuntos que a constituem que já foram abordados anteriormente, encontram-se representados três equipamentos, que até então não tinham sido abordados, que são de

extrema importância para o funcionamento pleno da máquina. São eles o *chiller*, o gerador e o sistema de aspiração.

Em seguida será apresentada uma definição de cada um destes equipamentos bem como o papel que desempenham no funcionamento da *MFL Tube*.

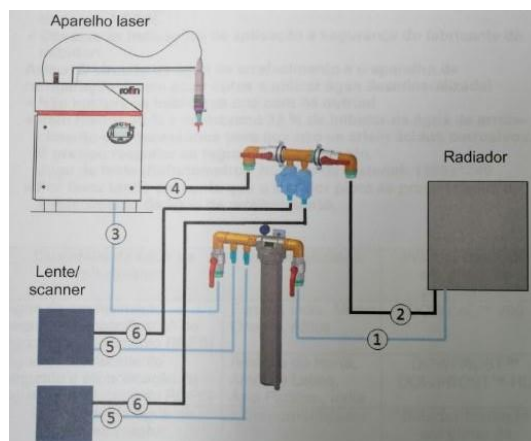
### ○ Gerador de Potência

Por definição, uma fonte de tensão ou gerador de tensão é qualquer dispositivo ou sistema que gere uma força eletromotriz entre os seus terminais ou origine uma tensão secundária de uma fonte primária de força eletromotriz. Uma fonte de tensão primária pode absorver energia a um circuito, enquanto uma fonte de tensão secundária dissipa energia de um circuito. Um exemplo de fonte primária é uma bateria, enquanto um exemplo de fonte secundária é um regulador de tensão. Os geradores podem-se distinguir em dois tipos com base na tensão. Gerador de tensão ideal que é aquele que gera tensão sempre constante, independentemente da corrente por ele fornecida ao circuito. Nesse caso, a impedância interna do gerador é nula. Outro tipo de gerador é o de tensão real, onde há desvios das características ideais, uma vez que os elementos que o formam apresentam diversos tipos de perdas, sendo a mais importante a perda por efeito Joule, calor [13]. Inicialmente a *MFL Tube* foi projetada para realizar cortes em chapas com espessuras a rondar os 8 mm para isso era necessários geradores com potências elevadas, na ordem dos 4 kW. Contudo, uma das alterações efetuadas, e que se tornou economicamente viável, foi a alteração do gerador para equipamentos com potência na ordem dos 2 kW a 3 kW, esta redução de potência foi proporcionada pela redução das espessuras de chapas que seriam cortadas pela máquina, havendo uma redução da espessura da chapa a cortar, passando dos 8 mm para um intervalo de 2 mm a 3 mm.

### ○ *Chiller*

O *chiller* consiste num mecanismo de arrefecimento do *laser* e do gerador, e é de extrema importância para elevar a eficiência de corte da *MFL Tube*. Devido às elevadas temperaturas a que a fibra está sujeita, o *chiller* é essencial pois será responsável pelo arrefecimento da cabeça de corte. Devido aos largos períodos de funcionamento e para evitar o sobreaquecimento do gerador de potência, será também o *chiller* responsável pela refrigeração do mesmo. De forma breve, este sistema de refrigeração, tal como o nome refere, tem o papel de arrefecer, removendo o calor de um líquido por meio de um ciclo de refrigeração por absorção ou compressão por vapor. A água gelada é usada para arrefecer e desumidificar o ar em instalações comerciais, industriais e institucionais de médio a grande porte. Os refrigeradores de água podem ser arrefecidos através de água, ar ou por evaporação. Sistemas refrigerados a água podem proporcionar vantagens de eficiência e impacto ambiental sobre sistemas refrigerados a ar. No caso da *MFL Tube* apresenta um *chiller* da marca *OMEGA*, este *chiller* é constituído por um líquido composto

por água destilada e uma mistura antialgas. Visto que a água destilada é isenta de minerais, a mistura antialgas será benéfica para proporcionar as devidas vantagens de arrefecimento mesmo após um período longo de paragem da máquina, que no caso de inexistência desta mistura a água destilada por si só poderia danificar os tubos do sistema de refrigeração. Este sistema de refrigeração é constituído por dois filtros, um dos filtros responsável pela filtragem da água que segue para o cabeçal de corte, e outro responsável pela filtragem daquela que segue para o gerador. No caso do arrefecimento do cabeçal de corte, o composto de água destilada e antialgas abandona o *chiller* a baixa temperatura passando pelo filtro com destino à cabeça do *laser*, percorrendo toda a cabeça e absorvendo o calor que a mesma liberta, arrefecendo-a, e retornando ao *chiller* dando entrada no mesmo a temperatura muito mais elevada e por um canal diferente da saída, onde será arrefecida e repetido o processo. No caso do gerador, o processo é semelhante, a mistura deixa o *chiller* a temperatura mais baixa, passa pelo filtro com destino ao gerador, percorrendo as duas serpentinas que o constituem e arrefecendo o mesmo, através da absorção de calor que o mesmo liberta e retorna novamente ao *chiller* por outra entrada. Os filtros tem a função de filtrar a água, retirando as impurezas, antes dela entrar tanto no laser como no gerador. Na figura 4.23 encontra-se representado o processo descrito, para melhor compreensão por parte do leitor.



**Figura 4.23- Esquema de circuito de arrefecimento.**  
**Fonte: Manual de Operador COHERENT.**

### ○ Sistema de Aspiração

O sistema de aspiração é responsável pela extração de fumos e poeiras provenientes do corte do tubo. Este sistema de aspiração encontra-se interligado por meio de um tubo até à bucha principal, onde irá ocorrer a aspiração de fumos e poeiras. Visto que esta bucha se encontra a uma distância relativamente elevada da zona de corte, todos os fumos gerados e poeiras, bem como lixos, irão percorrer todo o percurso pelo interior do tubo a cortar, desde a zona de corte até à bucha principal, na qual se encontra acoplada uma caixa de aspiração com uma gaveta na parte inferior e uma abertura para o cano de aspiração na parte superior. Os lixos irão cair na gaveta, devido ao peso dos mesmos, enquanto os fumos e poeiras serão aspirados através do cano onde é estabelecida a ligação ao tubo que os levará até ao sistema de aspiração. Este mecanismo será exposto

no Capítulo V, pois foi uma das alterações que foi efetuada, sendo que a caixa de aspiração foi totalmente projetada e desenhada pelo estagiário, com o apoio do Engenheiro Paulo Costa.

Para terminar, neste capítulo foram expostos todos os componentes constituintes da *MFL Tube*, bem como o funcionamento de cada um deles e todo o processo de corte desde o momento de carga, até à descarga do tubo final. Este equipamento foi o primeiro a ser desenvolvido pela Motofil utilizando a tecnologia de corte a *laser* por fibra ótica a três dimensões. É ainda feita referencia ao *layout* do equipamento, onde se pode observar a sua disposição em ambiente fabril, bem como, dimensões gerais do mesmo.

Respeitante aos componentes constituintes da *MFL Tube*, constata-se que existem inovações em relação a componentes de equipamentos, semelhantes, já existentes no mercado, o que a torna uma máquina bastante competitiva e atrativa no mercado Mundial.



# Capítulo V

## Trabalho desenvolvido durante o Estágio

Antes de dar início à exposição de todos os trabalhos desenvolvidos durante o estágio curricular na Motofil, é importante ressaltar o âmbito e principais objetivos do mesmo. Este Estágio enquadra-se no âmbito da Engenharia de produto e do desenvolvimento de equipamentos, cujo principal objetivo consiste, integrando as equipas de engenharia de produto, no desenvolvimento, no âmbito de um projeto da Motofil relativo a equipamentos na área de negócio de tecnologia de corte, na melhoria/ otimização de equipamentos existente e/ou desenvolvimento de novos produtos, nomeadamente do equipamento *Laser Tubo*. Para a realização das tarefas pretendidas, foi imprescindível o uso de uma ferramenta de desenho CAD 3D, neste caso o *software* utilizado foi o *SolidWorks*, visto ser o programa em uso pela empresa de acolhimento. Em seguida, irá ser feita uma breve apresentação deste *software* bem como das ferramentas que o constituem e que foram mais utilizadas.

### V.1- Introdução ao *SolidWorks*

O *SolidWorks* é um *software* de CAD 3D (Computer-Aided Design) desenvolvido inicialmente pela *SolidWorks Corporation* que funciona no sistema operativo *Windows*. A versão utilizada pela Motofil corresponde ao ano de 2017. O *SolidWorks* baseia-se em computação paramétrica, criando formas tridimensionais a partir de operações geométricas elementares. No ambiente do programa, a criação de um sólido ou superfície tipicamente começa com a definição de um desenho, definido como *sketch 2D*, que depois é transformado através de uma operação num modelo tridimensional através do uso de recursos, também definidos como *Features* no caso na modelação de sólidos. O *SolidWorks* dispõe de um amplo leque de funcionalidades, contudo as mais utilizadas no âmbito deste projeto foram funções específicas para chapa metálica, construção soldada, entre outras. A ferramenta de chapa metálica, ou *sheet metal*, é bastante útil pois contém todos os procedimentos de manufatura de chapa metálica para fabricação da peça. Este template pode ainda incluir informações personalizadas de custos, espessuras de material, valor monetário das operações de fabrico e do setup de fabricação o que se torna bastante útil. A ferramenta de construção soldada permite projetar uma estrutura soldada como uma única peça com múltiplos corpos, sem recorrer à ferramenta *assembly*. Para além da realização de peças, foi também necessária a criação de conjuntos e para isso utilizou-se a ferramenta de *assembly* que este *software* dispõe. Para além da realização de peças e conjuntos a três dimensões a partir de *sketches*, no contexto deste estágio o *SolidWorks* foi também utilizado para realização dos desenhos 2D de cada peça desenvolvida. Estes desenhos são de extrema importância pois são os mesmos que contêm toda a informação relevante para as entidades responsáveis pela execução do modelo físico da peça.

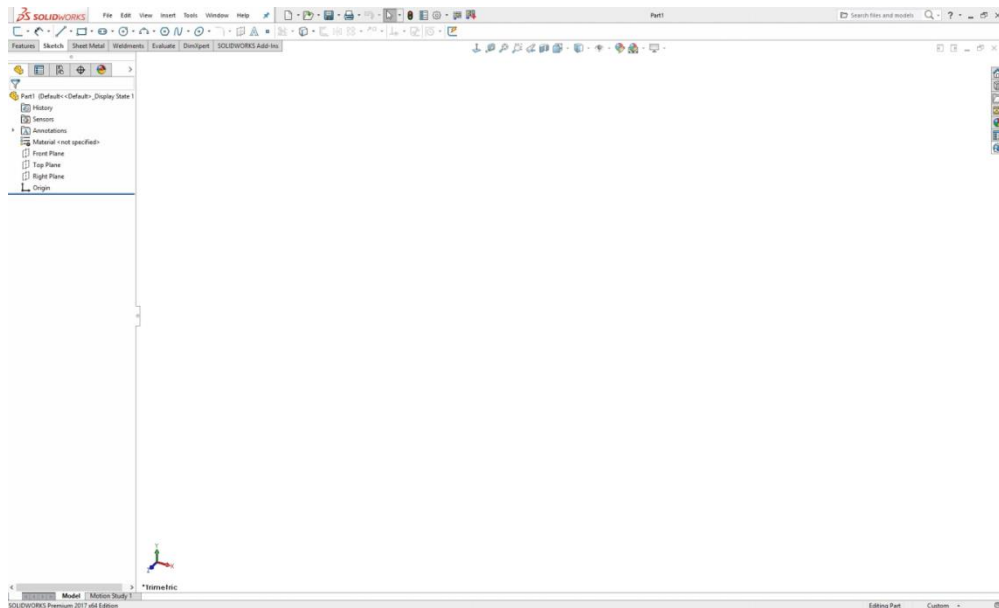


Figura 5.1- Ambiente de trabalho *SolidWorks*.  
Fonte: Motofil.

## V.2- Tarefas desenvolvidas na *MFL Tube* durante o Estágio Curricular

Neste segmento serão apresentados os trabalhos desenvolvidos durante o período de estágio. Devido à dificuldade no modo de exposição dos trabalhos, os mesmos serão expostos sobre a forma de imagem de captura de ecrã dos modelos CAD 3D, sendo que, sempre que possível, será exposto o modelo antes e depois da alteração, para que sejam perceptíveis as alterações. É pertinente referir que a dificuldade dos mesmos foi progressiva, sendo que inicialmente foi necessária uma familiarização com o *software* e com as ferramentas utilizadas, antes de iniciar o trabalho nos modelos de componentes de conjuntos respeitantes à *MFL Tube*. Todos os ficheiros de modelos CAD encontram-se inseridos numa plataforma partilhada por todos os equipamentos informáticos do departamento, de modo a que todos os colaboradores tenham fácil acesso aos mesmos. O primeiro contacto com a Empresa ocorreu no dia 23 de Janeiro de 2019, numa visita guiada pelo Engenheiro André Quinta Nova, visita esta que ocorreu posteriormente a uma reunião com os Recursos Humanos da empresa, para a realização de medidas burocráticas.

No dia 11 de Fevereiro de 2019 deu-se início ao estágio, sendo que foi nesse dia que integrei o departamento de Corte da Motofil, onde tinha à disposição um posto de trabalho habilitado com todas as ferramentas necessárias para a realização das tarefas diárias. Neste primeiro dia ainda não houve um contacto direto com o *software*. As tarefas realizadas neste dia consistiram numa pesquisa exaustiva sobre o Estado de Arte. Este estudo foi muito útil pois proporcionou uma melhor perceção do funcionamento da *MFL Tube*. Através deste estudo foi possível reunir informação que constitui o presente relatório.



Nos dias seguintes houve uma interação com o *software* que foi imprescindível para relembrar algumas das suas funcionalidades, que até ao dia já tinham sido utilizadas, e aprender outras que eram até então desconhecidas.

Nos seguintes dias, deu-se início à realização das primeiras alterações nos modelos CAD de componentes da *MFL Tube*, alterações estas simples que consistiram em alterar furações, alterar algumas formas geométricas de peças e na interação com os modelos CAD para que houvesse uma melhor perceção do funcionamento dos conjuntos constituintes da *MFL Tube*.

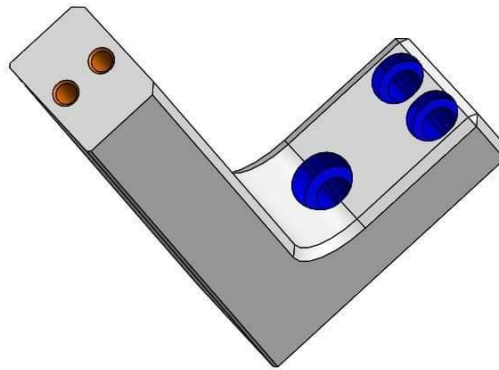
Seguidamente serão apresentadas, sob a forma de imagem legendada, algumas das alterações realizadas nesses primeiros dias.

#### ○ Pequenas Alterações em Componentes Variados

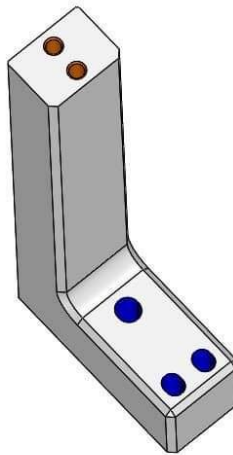
Na altura da montagem de componentes, por vezes, torna-se complexo montar peças devido à disposição das suas máquinas, ou pela localização de certos furos o que torna o acesso ao mesmo bastante complexo. De modo a resolver esse tipo de problemas, na fabricação das seguintes peças torna-se necessário alterar os modelos CAD, inseridos no sistema, de modo a que essas mesmas peças sejam fabricadas com as alterações pretendidas. Outro dos motivos para esta alteração é o facto de ter de adaptar as máquinas às diferentes necessidades de cada cliente e para isso as peças que as constituem tem de ser alteradas.

Nas peças apresentadas existem superfícies por maquinar, representadas a cinzento, superfícies maquinadas, que por convenção encontram-se pintadas a azul-escuro. Furações ou veios com toleranciamento H7/h7 encontram-se representadas a azul claro, furações pintadas a laranja remetem para uma rosca normal, furos a vermelho representam rosca fina e furos a rosa uma rocas gás.

Nas figuras 5.2 e 5.3 encontram-se representados os maxilares da bucha principal que inicialmente continham uma furação com caixa para cabeça do parafuso, e a alteração efetuada foi remoção dessa mesma caixa para a cabeça do parafuso, tornando-se um furo sem caixa. Por cada maxilar existem três furos que sofreram a modificação e a bucha é constituída por quatro maxilares, contudo nas imagens seguintes apenas é apresentado um maxilar.



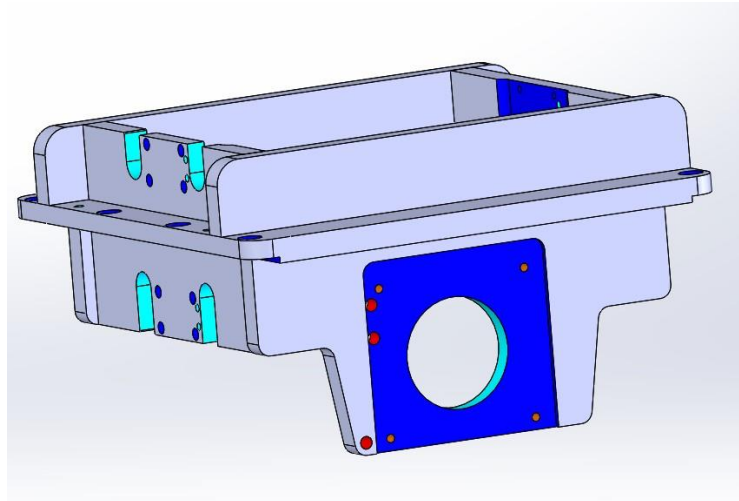
**Figura 5.2- Maxilar bucha principal contendo furação com caixa para cabeça para parafuso.**  
Fonte: Motofil.



**Figura 5.3- Maxilar bucha principal após alteração.**  
Fonte: Motofil.

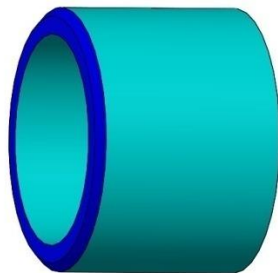
Nas figuras 5.4 encontra-se representado o suporte para a motorização onde se procedeu a uma alteração do passo da furação M12, sendo que passou a ser M12x1 mm. Esta furação encontra-se localizada na zona maquinada, zona a azul. A furação que sofreu a alteração encontra-se representada a vermelho.

Pelo facto de a alteração não ser visível na imagem irá ser apenas apresentada uma imagem que representa o suporte.



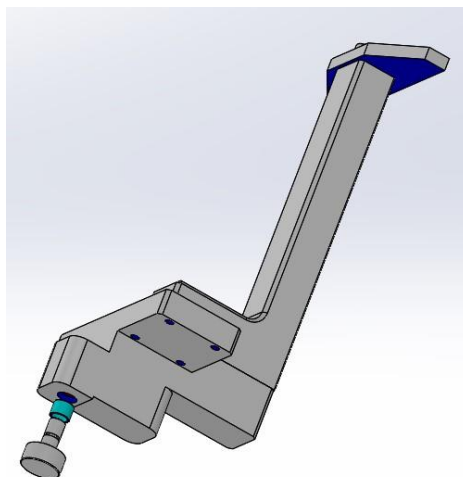
**Figura 5.4- Suporte para motorização.**  
Fonte: Motofil.

Na figura 5.5 expõe-se um casquilho que foi desenvolvido no segundo dia de estágio. Este casquilho foi útil para posteriormente ser colocado nos maxilares da bucha para assegurar o perfeito encaixe do pino responsável pelo movimento dos maxilares. Este casquilho tem um diâmetro externo de 15 mm com tolerância h7, um diâmetro interno de 12 mm sendo um furo com tolerância H7, e as bases são maquinadas sendo que uma delas tem um chanfro de 45°.



**Figura 5.5- Casquilho.**  
Fonte: Motofil.

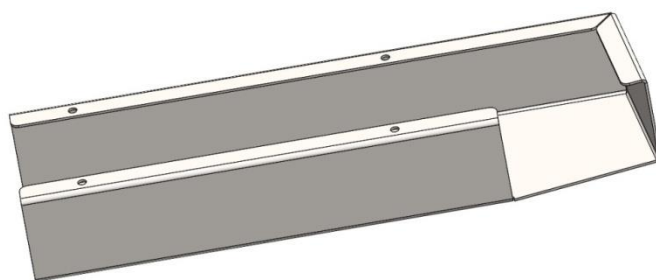
Seguidamente à realização do casquilho houve necessidade de o colocar no respetivo local para que pudesse desempenhar a sua função. Foi neste momento que houve um novo contacto com a ferramenta de *Mates* na configuração de *assembly* do SolidWorks. A figura 5.6 remete para um dos maxilares da bucha onde foi introduzido o casquilho e o pino. Novamente apenas será exposto uma imagem com um maxilar da bucha, contudo foi necessário realizar este mesmo processo para todos os braços da bucha.



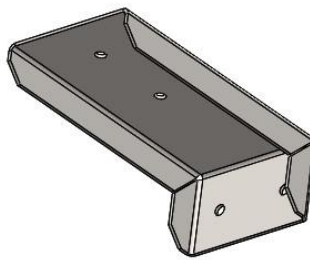
**Figura 5.6- Vista explodida do maxilar, representativa da montagem do casquilho e pino.**  
**Fonte: Motofil.**

Nas figuras seguintes serão expostas as calhas bem como os suportes e tampas das mesmas. Estas calhas são aparafusadas ao *chassi* e tem função de acomodar os cabos. Nestas calhas bem como nos suportes e tampas foi necessário realizar furações. As furações das calhas têm de ser coincidentes com as furações no suporte e com as furações nas tampas. As calhas, suportes e tampas já existiam, apenas foi necessário proceder à realização dos furos. Existem três calhas diferentes para diferentes locais do *chassi*. Duas delas são idênticas apenas altera a dimensão de comprimento, outra tem um formato especial, visto que é a calha que encaminha os cabos para o cabeçal de corte e a sua geometria foi pensada de modo a que a mesma pudesse realizar a sua função da melhor forma possível.

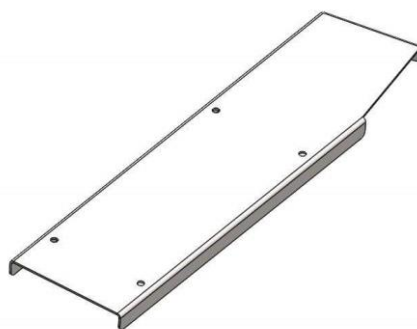
Nas figuras 5.7, 5.8, 5.9 estão representadas a calha encaminhadora de cabos para o cabeçal, suporte e tampa da mesma, respetivamente, onde foram realizadas as furações M8.



**Figura 5.7- Calha encaminhadora de cabos para o cabeçal de corte.**  
**Fonte: Motofil.**

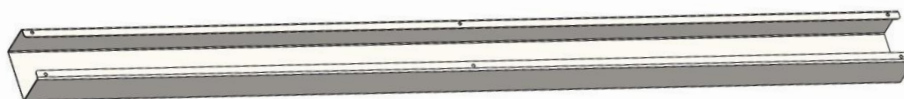


**Figura 5.8- Suporte para calha encaminhadora de cabos do cabeçal.**  
**Fonte: Motofil.**

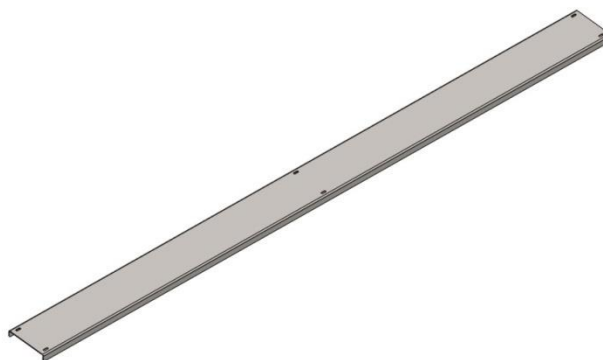


**Figura 5.9- Tampa para calha encaminhadora de cabos do cabeçal.**  
**Fonte: Motofil.**

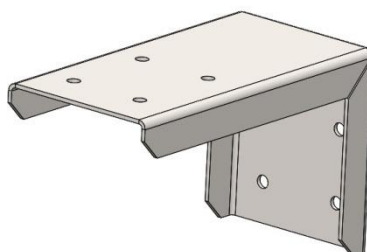
Nas figuras 5.10, 5.11, 5.12 estão representadas a calha encaminhadora de cabos para a bucha, suporte e tampa da mesma, respetivamente, onde foram realizadas as furações M8. Estes componentes serão assemblados nas laterais do *chassi* de modo a encaminhar os cabos até à calha e desta até à bucha.



**Figura 5.10- Calha encaminhadora de cabos.**  
**Fonte: Motofil.**



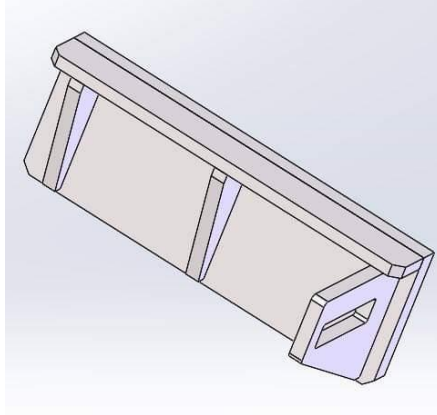
**Figura 5.11- Tampa da calha encaminhadora.**  
**Fonte: Motofil.**



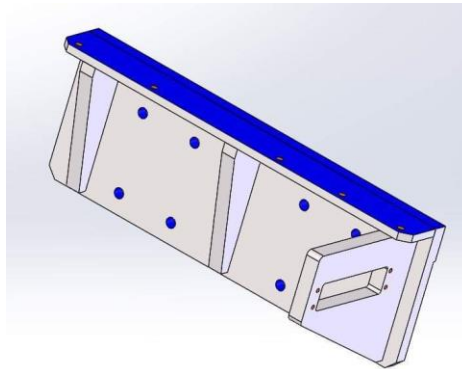
**Figura 5.12- Suporte da calha encaminhadora.**  
**Fonte: Motofil.**

Posteriormente à realização desta furação, houve necessidade de realizar os desenhos 2D de todos os estes componentes. Como já foi referido, estes desenhos são de extrema importância pois é neles que está contida toda a informação necessária para a realização da peça, tanto a nível de serralharia como maquinação. Foi o primeiro contacto com esta ferramenta do *SolidWorks* e, visto isto, foi necessário um acompanhamento inicial por parte do Engenheiro Paulo Costa de modo a que a aprendizagem fosse a mais rápida e eficiente possível. Visto que cada peça pode ter de passar pela serralharia e maquinação, a peça necessita de ambas as configurações, uma configuração de serralharia e uma configuração de maquinação. Para melhor perceção de cada uma delas, apresentam-se de seguida as figuras 5.13 e 5.14, onde se encontram as configurações de serralharia e de maquinação de uma peça respetivamente. No caso de haver duas configurações, serralharia e maquinação, terá de haver por consequência, também duas folhas de desenho 2D, uma que contenha os detalhes de serralharia e outra que contenha os detalhes de maquinação. Caso se trate de um conjunto soldado, na folha de serralharia tem de ser especificadas as dimensões de cada peça, em separado, bem como uma tabela onde conste o número de peças, o seu nome e quantidade e posteriormente indicadas as cotas de modo a posicionar as peças para formar o conjunto soldado. Contudo, existem peças que têm apenas uma configuração, seja ela serralharia ou maquinação. Quando as

peças apresentam detalhes impossíveis de obter na serralharia ou é necessário garantir tolerâncias mais específicas tem de se recorrer à maquinação.



**Figura5.13- Peça de fixação de patim com configuração de serralharia.**  
Fonte: Motofil.



**Figura 5.14- Peça de fixação de patim com configuração de maquinação.**  
Fonte: Motofil.

A peça apresentada anteriormente serve apenas para diferenciação das duas configurações, sendo que não foi uma peça que tenha sofrido alterações. Em seguida serão expostos os desenhos 2D dos componentes alterados, onde foram realizadas as furações. Visto que as peças apenas tem configuração de serralharia, apenas será apresentada uma folha para cada peça.

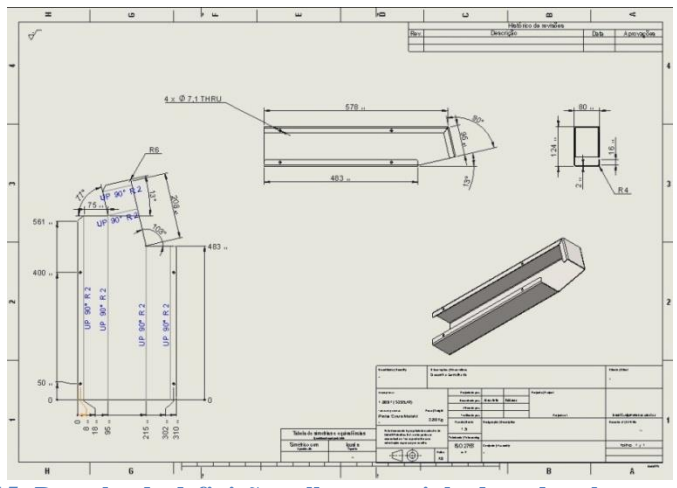


Figura 5.15- Desenho de definição calha encaminhadora de cabos para cabeçal.  
 Fonte: Motofil.

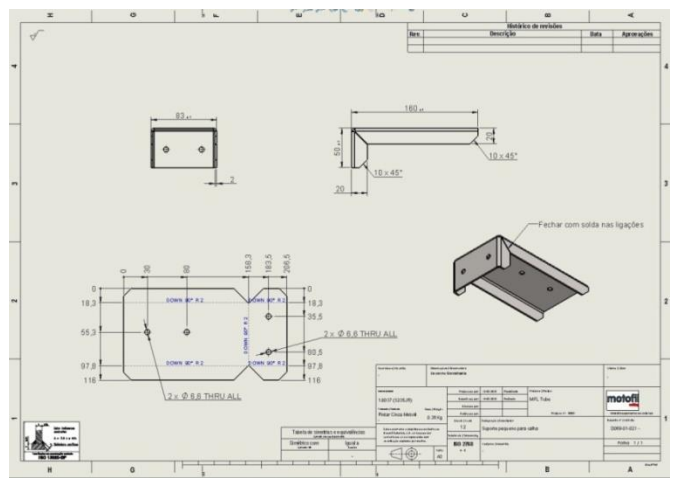


Figura 5.16- Desenho de definição suporte para calha encaminhadora de cabos para cabeçal.  
 Fonte: Motofil.

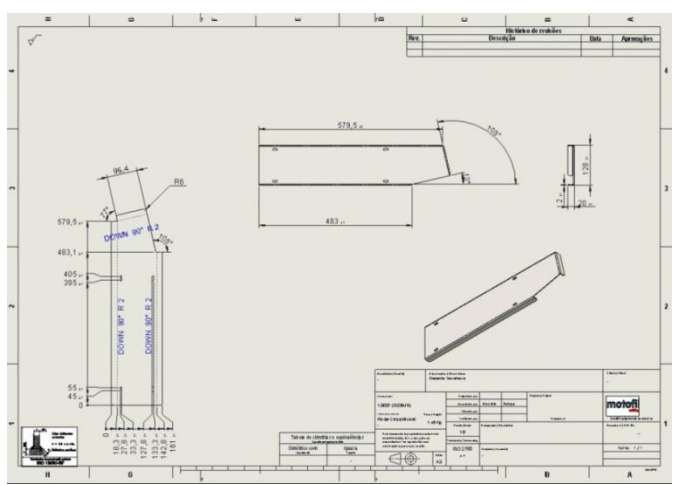


Figura 5.17- Desenho de definição tampa para calha encaminhadora de cabos para cabeçal.  
 Fonte: Motofil.



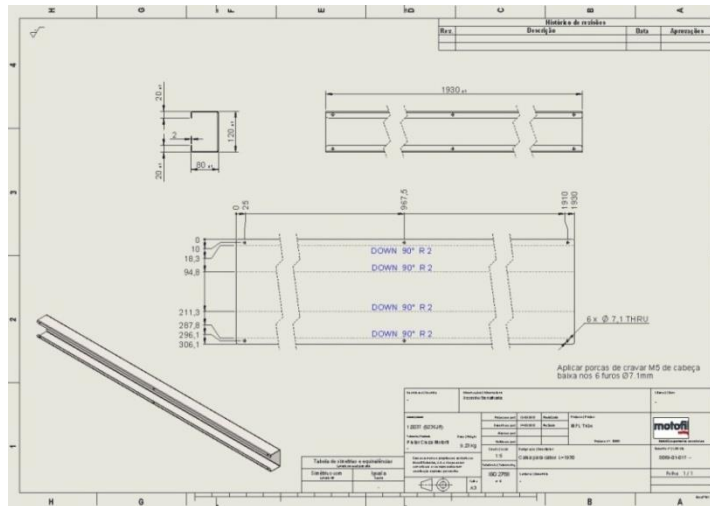


Figura 5.18- Desenho de definição calha encaminhadora.  
Fonte: Motofil.

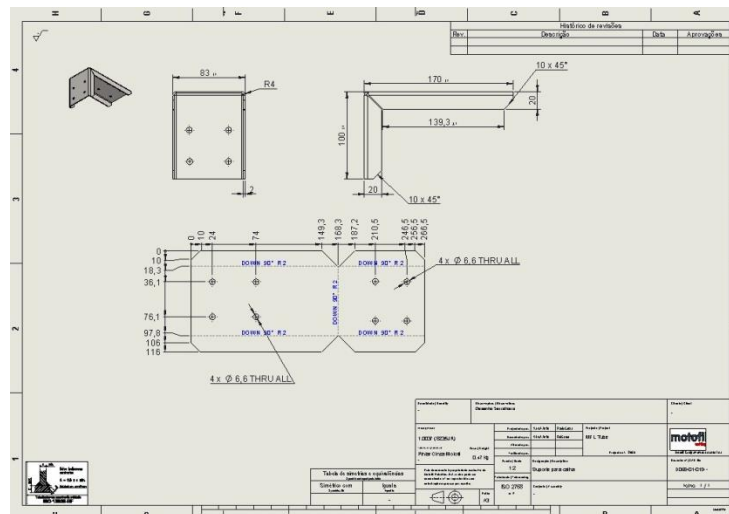


Figura 5.19- Desenho de definição suporte de calha encaminhadora.  
Fonte: Motofil.

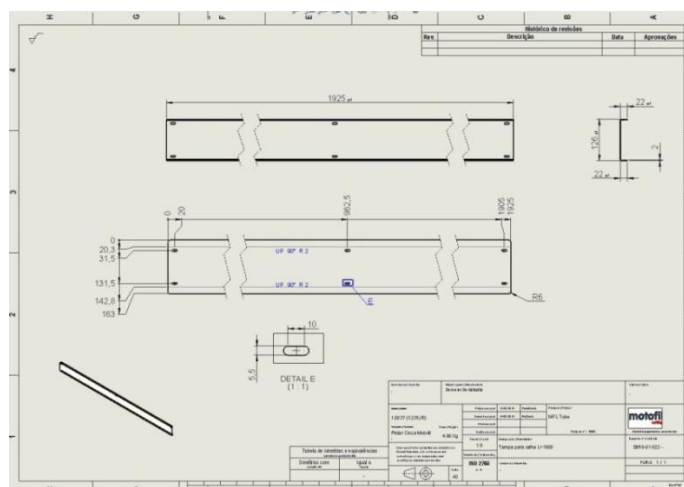
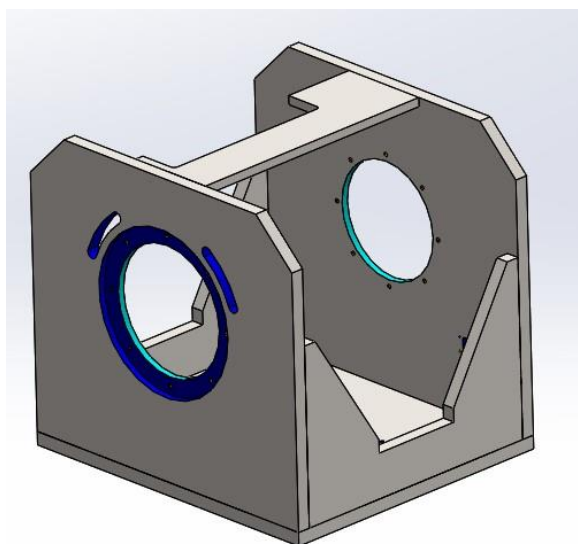


Figura 5.20- Desenho de definição tampa de calha encaminhadora.  
Fonte: Motofil.

- Alterações na Estrutura da Bucha Principal

Depois de despender os primeiros dias a relembrar o funcionamento de certas ferramentas do *SolidWorks*, ao fim da primeira semana foi altura de começar a desenvolver algum trabalho mais complexo. Surgiu a necessidade de alterar a estrutura da bucha principal, representada na figura 5.21 e 5.22. Esta estrutura, primeiramente era um conjunto soldado em que as diferentes peças desta se encontravam interligadas por meio de cordões de soldadura. Contudo, tornava-se bastante complicado realizar as maquinações no conjunto depois de soldado, pois existem locais da estrutura com maquinações, onde o acesso é bastante complicado. De modo a resolver este problema, a solução passou por substituir os cordões de solda por ligações aparafusadas, de modo a que as maquinações pudessem ser feitas e só posteriormente unidas as peças para formar a estrutura. Iniciou-se o processo de alteração recorrendo a uma estrutura semelhante proveniente de outro modelo e acrescentaram-se furações em todas as peças que iriam formar o conjunto, a furação acrescentada foi M8, sendo que nas peças que contem abertura para o tubo da bucha foi efetuada uma caixa para a cabeça do parafuso. Na base foi também efetuada caixa para a cabeça dos parafusos, sendo que as peças que continham a rosca são as peças que compõem as laterais da estrutura. Como é visível nas figuras, a abertura para a passagem de cabos foi movimentada para uma das peças laterais, pois torna-se mais conveniente a passagem dos cabos por este local. As peças das laterais sofreram alterações a nível dimensional apenas. A chapa superior sofreu alterações a nível geométrico e a nível de montagem, passou a ser feita também por parafusos ao invés da soldadura. Para a realização dos furos nas peças tornou-se imprescindível realizar maquinações para garantir a coaxialidade dos furos entre peças.



**Figura 5.21- Estrutura da bucha previamente às alterações.**  
**Fonte: Motofil.**

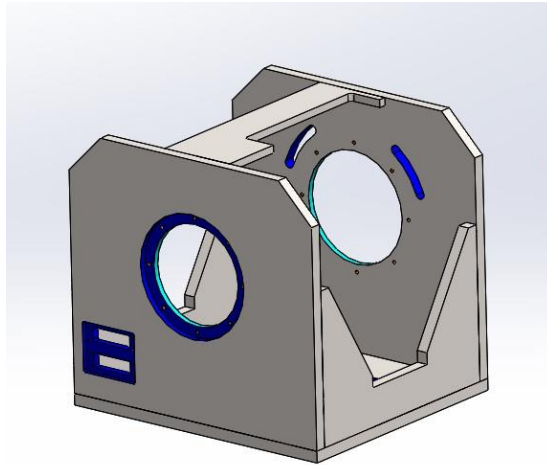


Figura 5.22- Estrutura da bucha previamente às alterações.  
Fonte: Motofil.

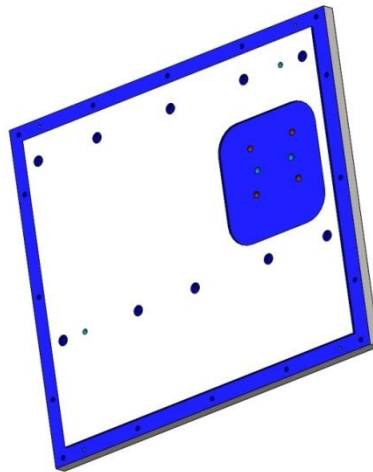


Figura 5.23- Base da estrutura da bucha posteriormente às alterações.  
Fonte: Motofil.

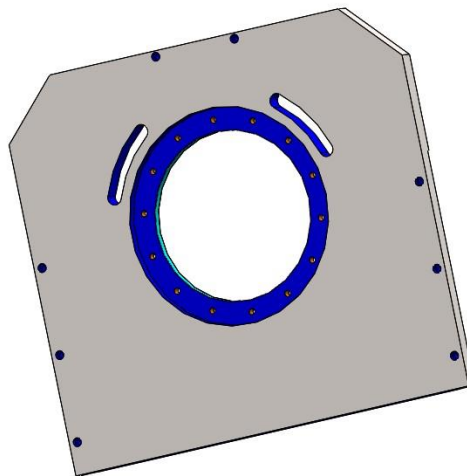


Figura 5.24- Peça frontal da estrutura da bucha.  
Fonte: Motofil.

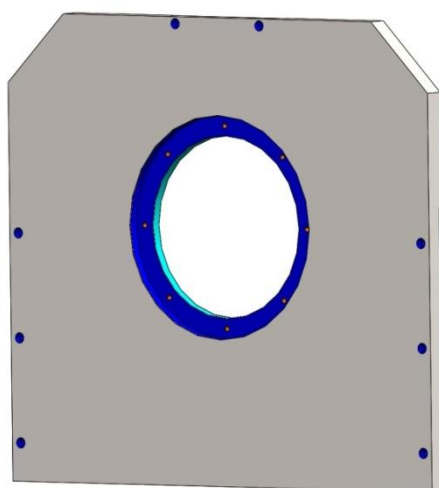


Figura 5.25- Peça traseira da estrutura da bucha.  
Fonte: Motofil.

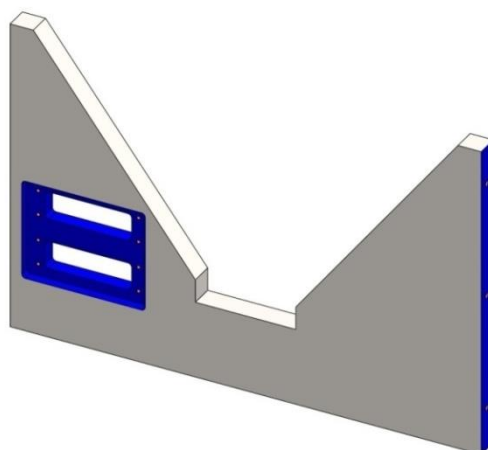


Figura 5.26- Peça lateral estrutura da bucha  
onde foi inserida a abertura para cabos.  
Fonte: Motofil.

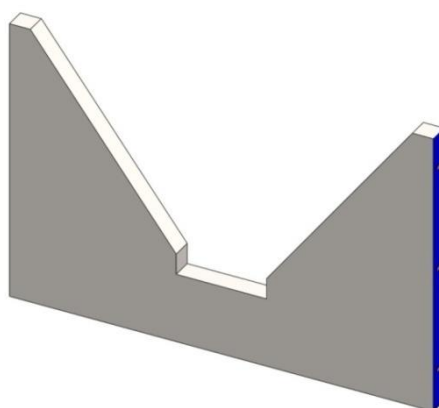
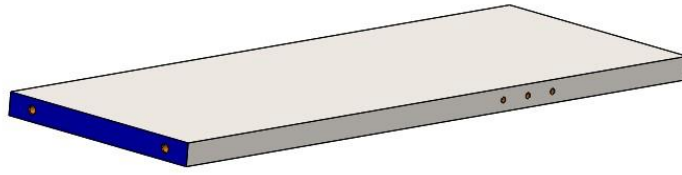
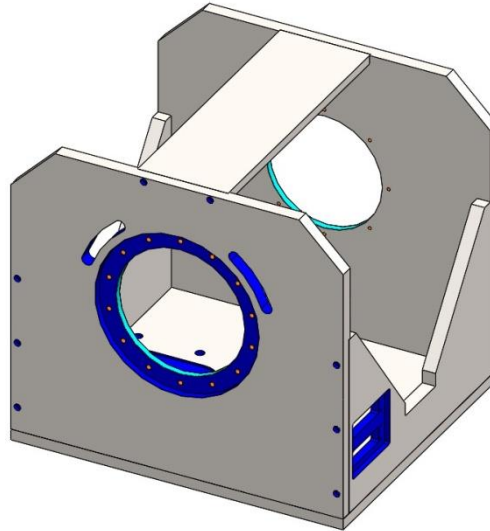


Figura 5.27- Peça lateral estrutura da bucha.  
Fonte: Motofil.



**Figura 5.28- Peça superior da estrutura da bucha.**  
**Fonte: Motofil.**



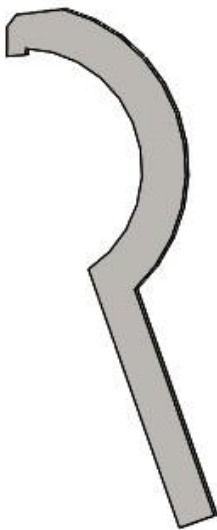
**Figura 5.29- Montagem da estrutura da bucha  
com ligações aparafusadas entre as peças.**  
**Fonte: Motofil.**

Para melhor compreensão do funcionamento de certos componentes da *MFL Tube* e para acompanhamento do processo de montagem da mesma, foram realizadas várias visitas ao pavilhão de montagem, que, sem dúvida, foram uma mais-valia para a aprendizagem e tomada de conhecimento acerca da máquina. Numa dessas visitas surgiu a necessidade de colocar uma porca de fixação de precisão na bucha e, para isso, seria necessária uma ferramenta que auxiliasse essa tarefa. Assim surgiu uma nova tarefa que passava pela realização de uma ferramenta que posteriormente fosse produzida internamente para auxiliar no processo de colocação da porca.

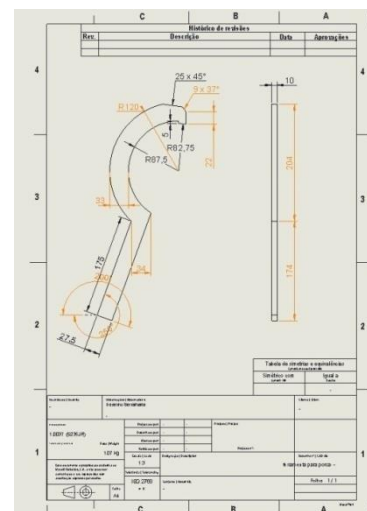
Procedeu-se ao levantamento dimensional com base na porca e posteriormente iniciou-se o desenho da ferramenta e depois de aprovação, a realização do desenho 2D da mesma. A porca de fixação de precisão encontra-se representada na figura 5.29, o modelo 3D da ferramenta e desenho 2D da mesma nas figuras 5.30 e 5.31 respetivamente.



**Figura 5.30- Porca de fixação de precisão.**  
**Fonte: Motofil.**



**Figura 5.31- Ferramenta para porca de fixação de precisão.**  
**Fonte: Motofil.**



**Figura 5.32- Desenho de definição de ferramenta para porca de fixação de precisão.**  
**Fonte: Motofil.**

Posteriormente ao desenvolvimento da nova estrutura da bucha apresentada anteriormente, foi necessário realizar os desenhos 2D de todas as peças constituintes da estrutura. Nas figuras seguintes apresentam-se esses mesmos desenhos. Estas peças apenas têm configuração de maquinação.

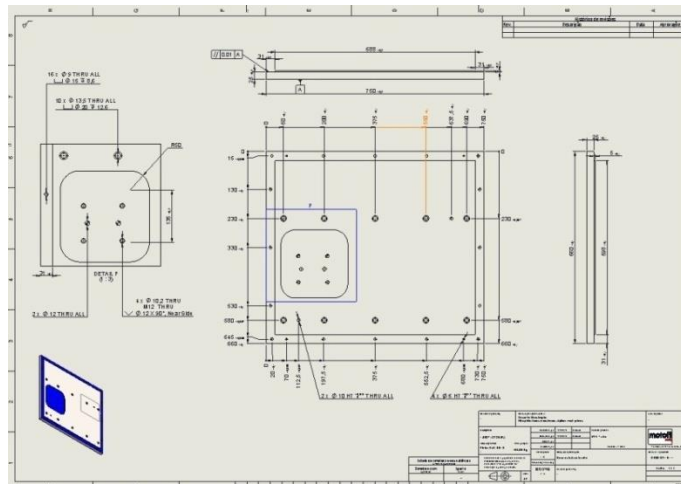


Figura 5.33- Desenho de definição da base da estrutura da bucha.  
Fonte: Motofil.

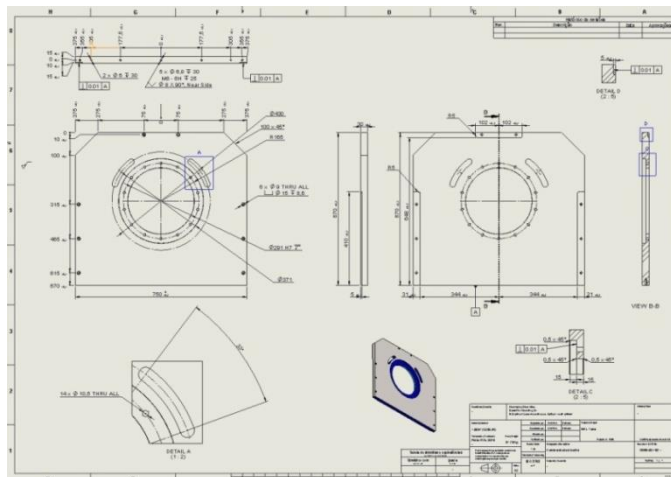


Figura 5.34- Desenho de definição da peça frontal da estrutura da bucha.  
Fonte: Motofil.

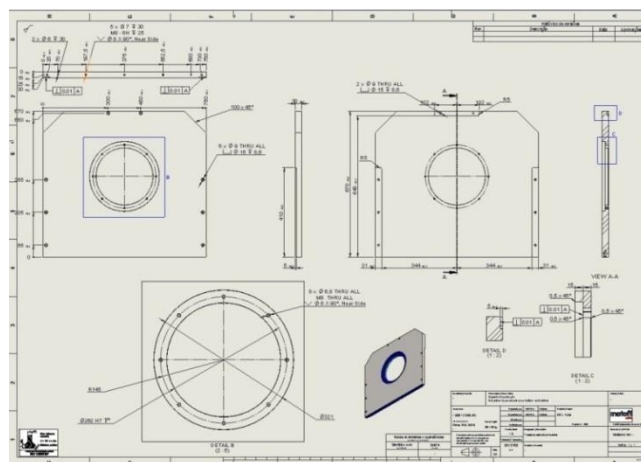


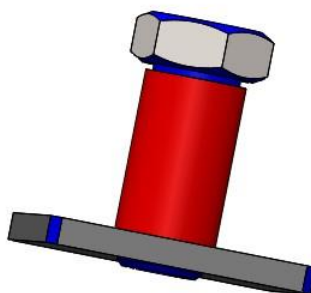
Figura 5.35- Desenho de definição da peça traseira da estrutura da bucha.  
Fonte: Motofil.





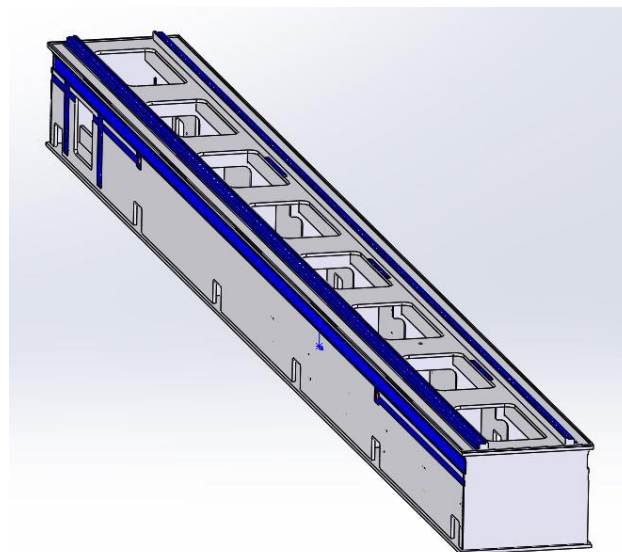
- Alterações no Chassi

Terminadas as alterações na estrutura da bucha, surgiu necessidade de modificação do *chassi*. Este sofreu alterações na sua estrutura de base, de modo a facilitar a montagem dos niveladores, sendo que estes também foram alterados. Os niveladores consistem num conjunto de um parafuso roscado e uma peça que assenta no solo que será responsável por nivelar o *chassi* à altura desejada do solo. A figura 5.38 representa os niveladores utilizados neste conjunto do *chassi*.

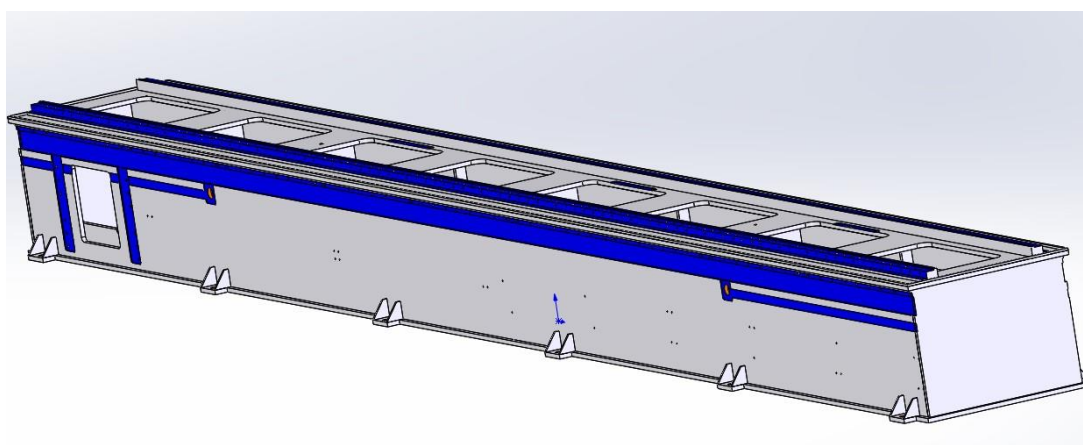


**Figura 5.39- Novos niveladores utilizados no *chassi*.**  
**Fonte: Motofil.**

Como é visível nas figuras 5.39 e 5.40, a estrutura do *chassi* sofreu alterações a nível da base da mesma, visto que foram acrescentados as abas onde irão enroscar o nivelador, sendo que anteriormente os niveladores eram roscados internamente e de modo a facilitar a montagem dos mesmos, procedeu-se à referida modificação. Para além disto, as aberturas nas estruturas laterais do *chassi* que serviam de acesso para colocar os niveladores foram removidas, visto já não terem utilidade. Entre estas estruturas laterais do *chassi* e as abas acrescentadas à base, foram ainda acrescentadas umas nervuras que irão conferir maior resistência ao conjunto. Estas nervuras encontrar-se-ão soldadas às estruturas laterais e às abas da base do *chassi*. Para roscar os parafusos dos niveladores, foi ainda efetuada uma abertura de rosca fina M50, visto ser o diâmetro do parafuso. Todas as alterações mencionadas são visíveis nas figuras apresentadas de seguida, na figura 5.39 apresenta-se o *chassi* antes de sofrer as alterações, e na figura 5.40, o *chassi* posteriormente às alterações.



**Figura 5.40- Chassi antes de sofrer alterações.**  
Fonte: Motofil.



**Figura 5.41- Chassi após sofrer alterações.**  
Fonte: Motofil.

Este *chassi* consiste num conjunto soldado, ou seja, as diferentes peças que o constituem encontram-se interligadas através de cordões de soldadura. Como é visível na figura, este componente da *MFL Tube* é constituído por várias maquinações, locais pintados a cor azul, bem como diversos furos roscados. Como já foi referido, as indicações referentes a serralharia terão o próprio desenho 2D de serralharia, onde irão constar as diferentes peças que constituem este componente, bem como as cotas que irão posicionar estas peças. Por outro lado, cotas, tolerâncias, e outras informações respeitantes a maquinações e furações serão apresentadas no desenho 2D de maquinação, numa folha diferente do desenho 2D de serralharia. Assim sendo, posteriormente à realização das alterações mencionadas, surgiu a necessidade de efetuar os desenhos 2D, tanto de serralharia como maquinação. Devido ao elevado número de peças que constituem este componente, e ao seu tamanho, optou-se por dividir o desenho 2D de serralharia em duas folhas distintas. Numa dessas folhas são visíveis as peças e a quantidade de cada

peça que constituem o *chassi*, bem como a geometria e dimensões pretendidas. Na outra folha de serralharia é possível obter informações relativamente ao posicionamento destas peças de modo a formar o *chassi*. Estas folhas encontram-se representadas pelas figuras 5.41 e 5.42 respetivamente.

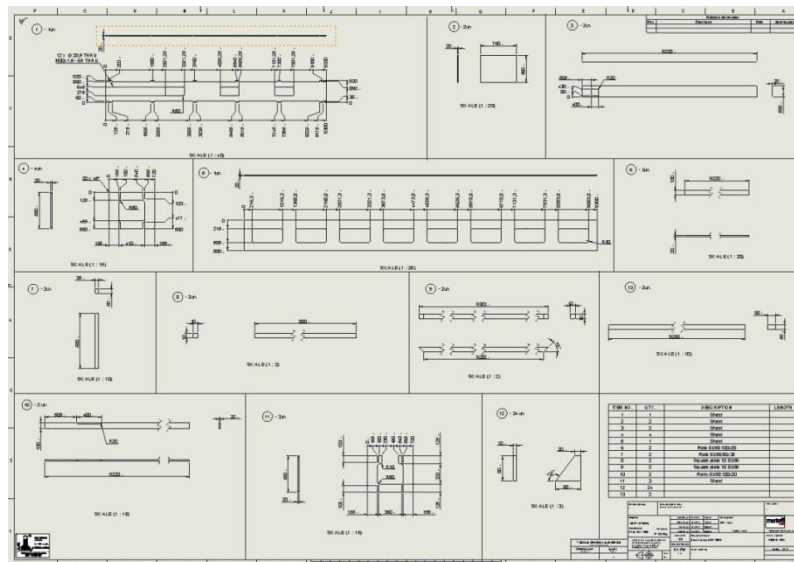


Figura 5.42- Desenho de definição de serralharia contendo as peças constituintes do *chassi*.  
Fonte: Motofil.

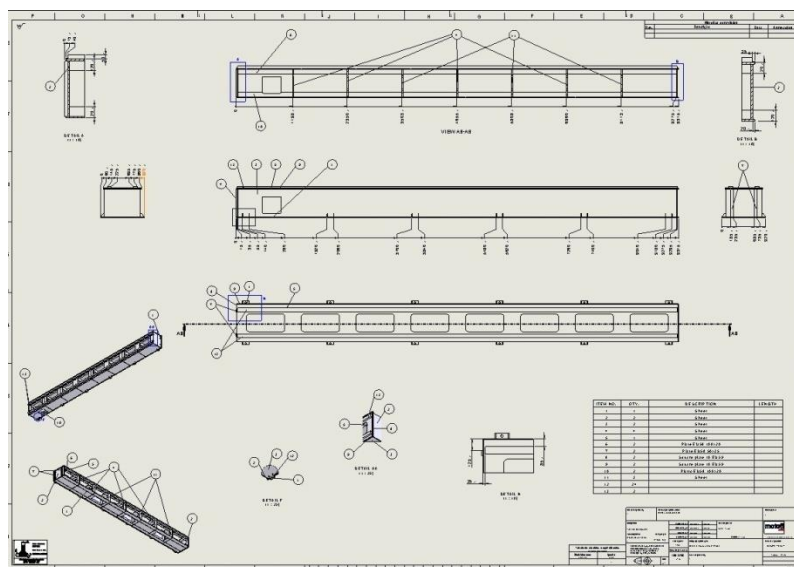
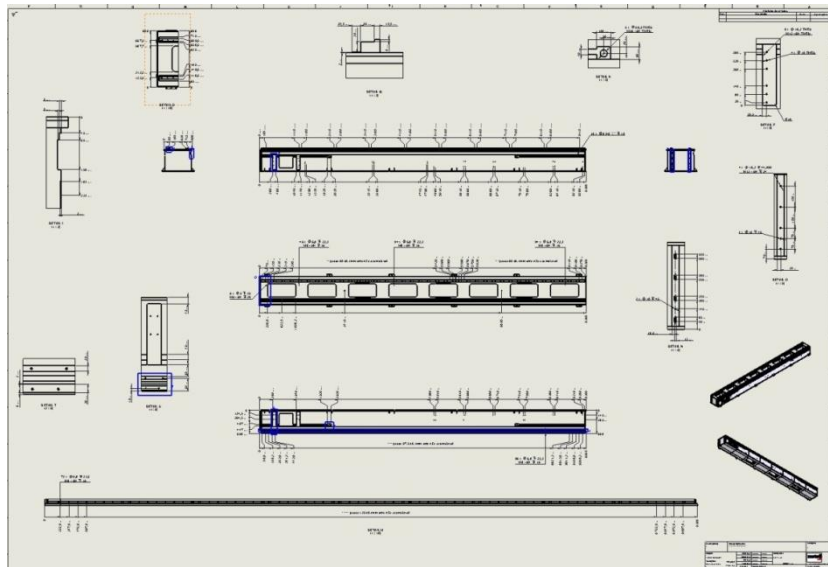


Figura 5.43- Desenho de definição de serralharia contendo informações de posicionamento das peças que constituem o *chassi*.  
Fonte: Motofil.

A figura apresentada em seguida representa a folha de maquinação que iria completar o conjunto de folhas necessárias para produzir este *chassi*. Nesta folha é possível obter informações no que diz respeito a furações e maquinações existentes no conjunto. Importa referir que, aquando da realização das maquinações, o componente chega ao pavilhão onde as mesmas são realizadas já soldado, e não em peças separadas, surgindo

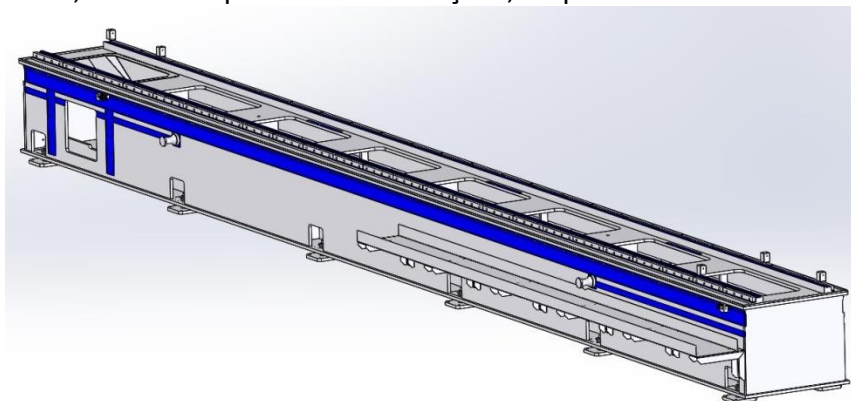
daí a necessidade de efetuar alterações no mesmo, pois pode ocorrer que as maquinações e furações, depois de soldar todas as peças, se localizem em locais inacessíveis.

A figura 5.43 representa a o desenho 2D respeitante à folha de maquinação do componente, *chassi*.



**Figura 5.44- Desenho de definição de maquinação do *chassi*.**  
Fonte: Motofil.

Quando anteriormente, neste relatório, é referido o componente *chassi*, trata-se apenas do *chassi* como um conjunto soldado de peças. Que na realidade corresponde à estrutura do *chassi*, visto que o *chassi* é o nome dado à montagem desta estrutura com os restantes componentes que o constituem, como: calhas para os cabos, suportes para as mesmas calhas, guias (onde deslizam os patins das buchas), entre outros componentes. Assim, depois desta modificação surgiu a necessidade de alterar este conjunto que contém todos os componentes, visto que, anteriormente, a assemblagem estava feita com a estrutura antiga e foi necessário realizar a alteração pela estrutura modificada. Nas figuras 5.44 e 5.45 são apresentadas as montagens do *chassi*, com todos os componentes que o constituem, antes e depois das modificações, respetivamente.



**Figura 5.45- Montagem da estrutura do *chassi* antes de sofrer as alterações.**  
Fonte: Motofil.

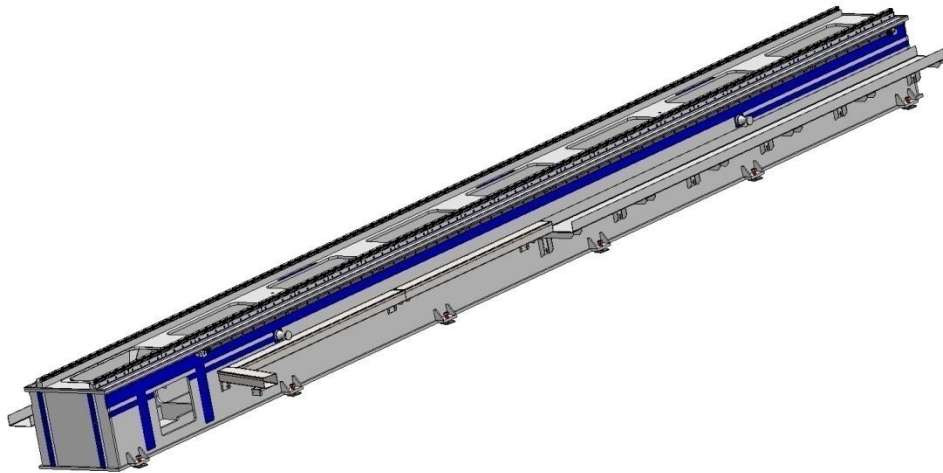


Figura 5.46- Montagem da estrutura do *chassi*, após alterações.  
Fonte: Motofil.

- Alterações no Cabeçal de Corte

Como já foi referido anteriormente, o cabeçal de corte é constituído pela estrutura que está em contacto com o *chassi* e que serve de suporte a outro componente que irá ser constituído pelo braço, onde será colocado o laser responsável pelo corte.

Inicialmente, a *MFL Tube* teria sido projetada para realizar cortes em peças com espessura na ordem dos 8 mm, o que requeria potências a rondar valores 4 kW, potências estas que iriam alimentar um *laser* da marca *Precitec ProCutter*. Este *laser*, entre outras características, possui uma focal de 200 mm o que seria o ideal para realizar cortes em espessuras de 8 mm [14]. Contudo, posteriormente, estabeleceu-se que a opção mais viável seria optar pela manipulação de peças com espessuras mais reduzidas na ordem dos 2 a 3 mm e, para isso, seriam requeridos valores de potência mais baixos, na ordem dos 2 kW a 3 kW e procedeu-se à substituição do *laser* pelo *Precitec LightCutter*, este equipamento é a solução perfeita para corte a *laser* eficiente e económico na faixa de potência média até 4 kW. Os referidos *lasers* permitem a produção de peças feitas de aço inoxidável e alumínio na secção de fusão até 20 mm e aço macio de até 25 mm. Existem vários campos de aplicação deste equipamento, o *LightCutter* pode ser adequado para a integração em sistemas de: corte plano, tubo simples e perfil, ou pode, ainda, cortar tubos, perfis e formas livres até um contorno de corte chanfrado de 45°, recorrendo ao *LightCutter 3D*. Para ambos os campos de aplicação, é possível equipar o *LightCutter* com o ajuste automático da posição de foco axial, o *LightCutter Motorized*. Este *laser*, ao invés do apresentado anteriormente, é constituído por uma focal de 150 mm o que é suficiente para realizar cortes nas superfícies pretendidas. [15]

Pelo facto de um dos equipamentos de corte projetados no departamento, *MFL Smart Tube*, recorrer à utilização deste *laser*, o braço e a estrutura, que permite os movimentos ascendente e descendente, onde este está suportado são proveniente do referido equipamento. Seria possível efetuar a alteração do *laser* apenas e manter o primeiro conjunto do cabeçal da *MFL Tube*, contudo por motivos estéticos optou-se por inserir o braço e a estrutura que o suporta da máquina *Smart Tube*, uma versão da *MFL Tube* mais competitiva no mercado e capaz de realizar as mesmas funções da *MFL Tube*, mas em

peças de dimensões menores. As características deste equipamento, foram já apresentadas no presente relatório no capítulo II onde se encontra inserido a História da Motofil *Cutting*. Na figura 5.48 é possível observar a peça que, primeiramente, era responsável pelo movimento ascendente e descendente, Eixo Z, bem como o movimento no eixo Y, do *laser*. Na figura 5.49 apresenta-se a peça onde o novo braço do *laser* irá realizar movimento ascendente e descendente, Eixo Z. Na figura 5.50 apresenta-se a estrutura do braço que suporta o *laser* e lhe confere movimento no eixo Y, ambas provenientes do equipamento *Smart Tube*. Todos os movimentos deste conjunto são controlados por servomotores. As figuras 5.47 e 5.48 representam os *Lasers, ProCutter* e *LightCutter*, respetivamente.



Figura 5.47- *Laser Precitec ProCutter 2.0*.  
Fonte: *Precitec*.



Figura 5.48- *Laser Precitec LightCutter*.  
Fonte: *Precitec*.

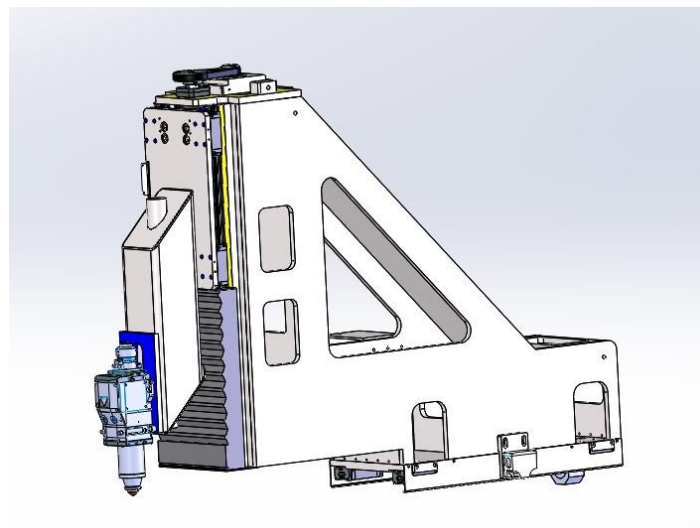
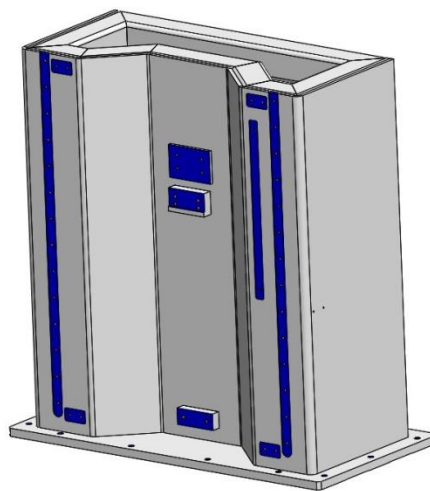


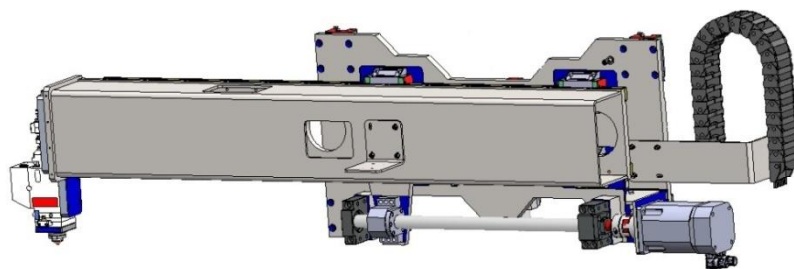
Figura 5.49- Braço que suporta e proporciona movimento ao *laser*, antes de sofrer alteração.  
Fonte: *Motofil*.



Aliada a estas alterações, surgiu a necessidade de alteração da estrutura que suporta o conjunto anteriormente apresentado na figura 5.51, visto que na *Smart Tube*, de onde ele provém, esta estrutura pertence ao *chassi* da máquina. A estrutura a desenvolver teria de cumprir requisitos tais como ter as dimensões em termos de altura que proporcionassem posicionar o *laser* no local pretendido e em termos de comprimento teria de possuir uma base que fosse compatível com a base da estrutura apresentada anteriormente. Teria de conter as maquinações compatíveis com as do *chassi*, de modo a que pudesse estabelecer contacto com o mesmo, através das ligações aparafusadas. Este foi o primeiro grande desafio a desenvolver neste estágio, visto tratar-se de projetar uma peça de raiz. Na figura 5.53 é apresentada a estrutura utilizada primeiramente, e na figura 5.54 apresenta-se a nova estrutura.



**Figura 5.50- Nova estrutura que suporta e proporciona movimento no Eixo Z.**  
Fonte: Motofil.



**Figura 5.51- Braço que suporta o *laser* e lhe confere movimento no Eixo Y.**  
Fonte: Motofil.

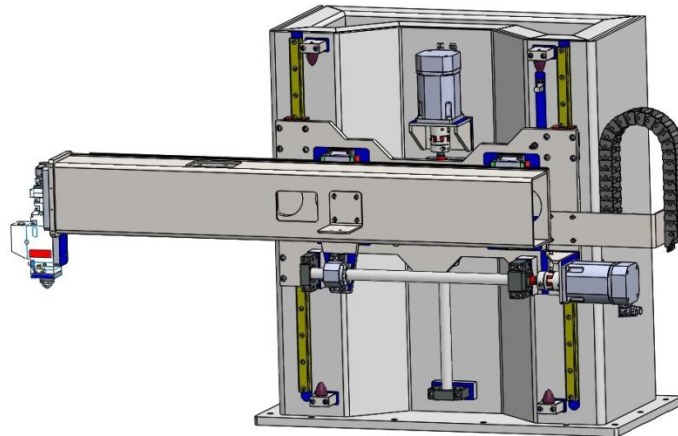


Figura 5.52- Montagem do cabeçal após alteração sem estrutura inferior.  
Fonte: Motofil.

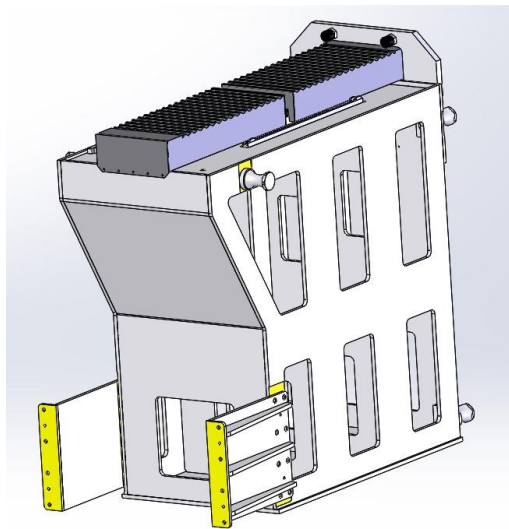


Figura 5.53- Antiga estrutura utilizada como base de suporte do cabeçal que estabelece ligação ao *chassi*.  
Fonte: Motofil.

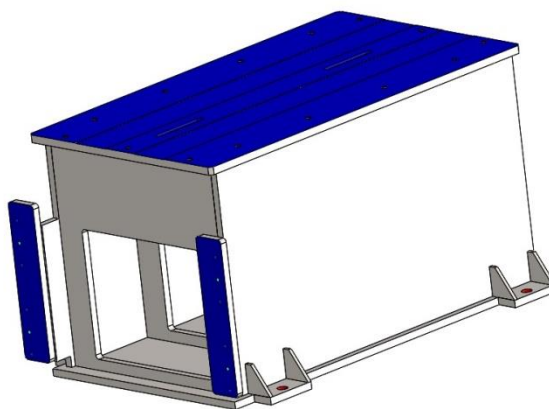
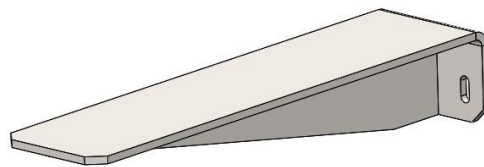


Figura 5.54- Nova estrutura utilizada como base de suporte do cabeçal que estabelece ligação ao *chassi*.  
Fonte: Motofil.



Finalizada a projeção da estrutura representada na figura 5.54, surgiu a necessidade de elaborar uma calha e um suporte para esta, de modo a que fosse possível acomodar os cabos que iriam ter como destino o *laser*. Este suporte da calha encontra-se interligado à estrutura por ligações aparafusadas, como é visível na figura 5.57. Na figura 5.55 encontra-se representado o suporte da calha, e na figura 5.56 a calha responsável por acomodar os cabos.

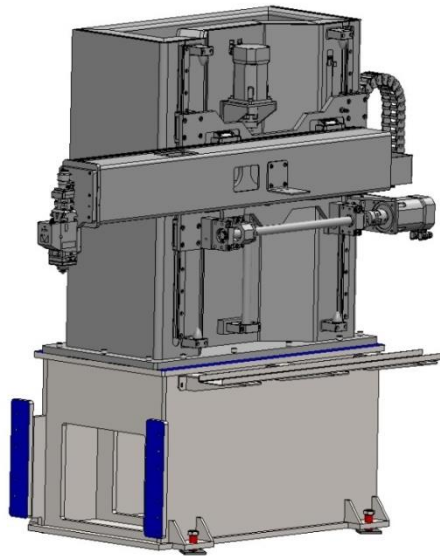


**Figura 5.55- Suporte para calha.**  
**Fonte: Motofil.**



**Figura 5.56- Calha encaminhadora de cabos.**  
**Fonte: Motofil.**

Na figura 5.57, apresenta-se a montagem final do novo Cabeçal de Corte depois de realizar todas as alterações mencionadas, de modo a estabelecer uma conformidade entre o conjunto o *chassi* e o conjunto do cabeçal. Os niveladores utilizados no cabeçal são os mesmos que foram utilizados no *chassi*.



**Figura 5.57- Montagem de todos os componentes que constituem o cabeçal de corte.**  
**Fonte: Motofil.**

Após a realização dos modelos CAD 3D mencionados, foi necessário realizar os desenhos 2D das novas peças. No que diz respeito à estrutura do braço do *laser*, bem como o desenho 2D do braço, estes já se encontravam efetuados, pelo facto de no momento de incorporação na *MFL Tube*, já se encontrarem inseridos noutra equipamento, e, por isso, já ter havido necessidade de realização dos desenhos 2D destes componentes. Contudo, houve necessidade de realização dos desenhos 2D para a nova estrutura de suporte. Esta estrutura trata-se de um conjunto de peças soldadas com maquinações e, por isso, é constituída por três folhas, sendo que duas delas dizem respeito à serralharia. Na figura 5.57 encontra-se representada a folha de serralharia que contem as diferentes peças que constituem a estrutura e na figura 5.58, ainda respeitante a serralharia, contém as indicações de como estas peças devem ser soldadas de modo a obter a estrutura pretendida. A terceira e última folha que constitui os desenhos 2D da estrutura apresenta a informação para a realização das maquinações necessárias, figura 5.59. Foi necessário realizar também desenhos 2D para a calha e o respetivo suporte, estes apenas apresentam configuração de serralharia e encontram-se representados pelas figuras 5.61 e 5.62, respetivamente.

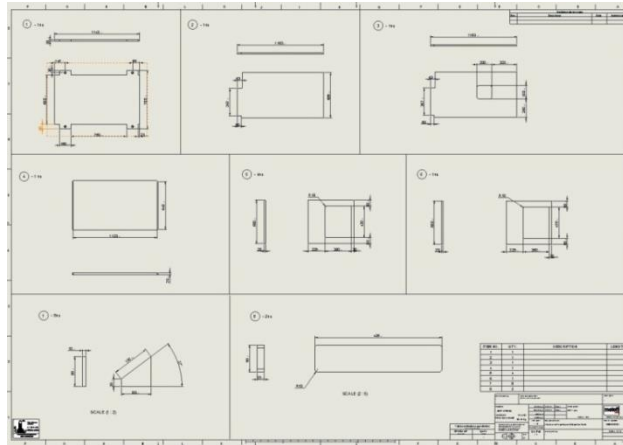


Figura 5.58- Desenho de definição de serralheria contendo as peças que constituem o conjunto soldado.  
Fonte: Motofil.

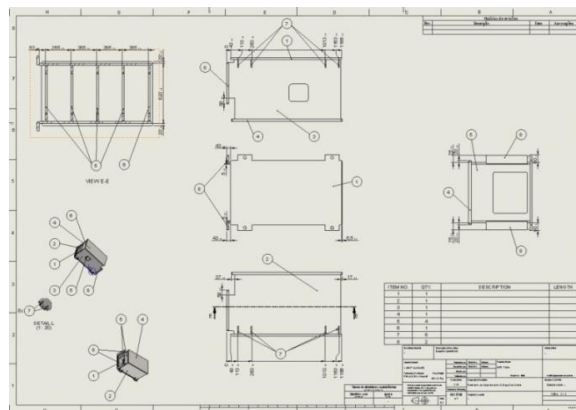


Figura 5.59- Desenho de definição de serralheria contendo as informações relativamente à soldadura das peças.  
Fonte: Motofil.

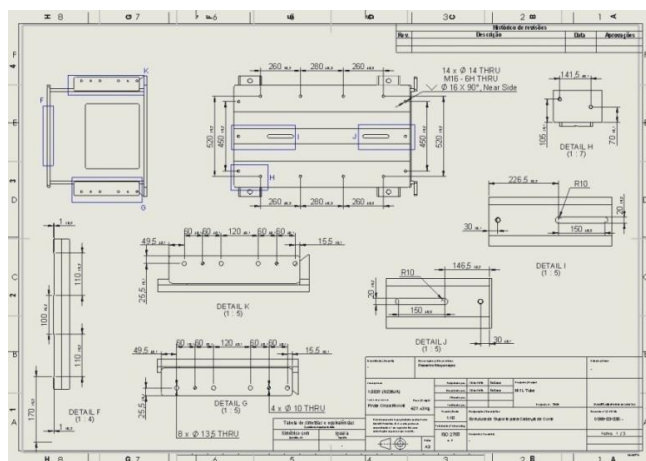
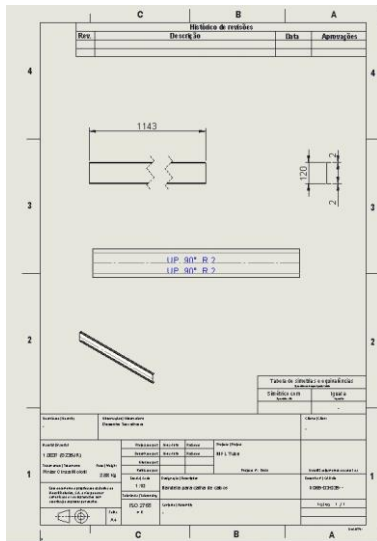
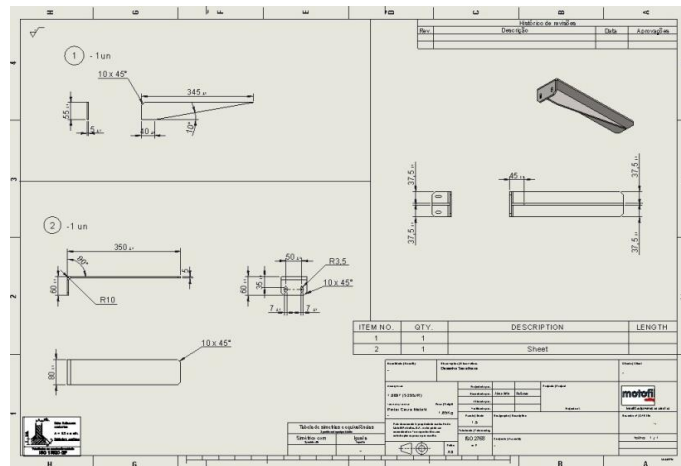


Figura 5.60- Desenho de definição de maquinação contendo as informações sobre as maquinações a realizar.  
Fonte: Motofil.



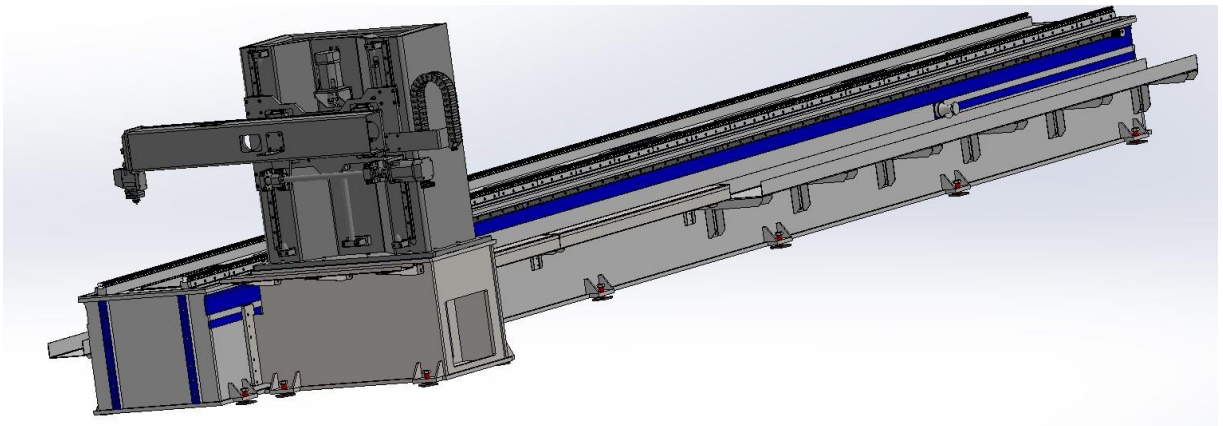
**Figura 5.61- Desenho de definição de serralharia da calha encaminhadora para cabos.**  
**Fonte: Motofil.**



**Figura 5.62- Desenho de definição de serralharia de suporte para calha encaminhadora.**  
**Fonte: Motofil.**

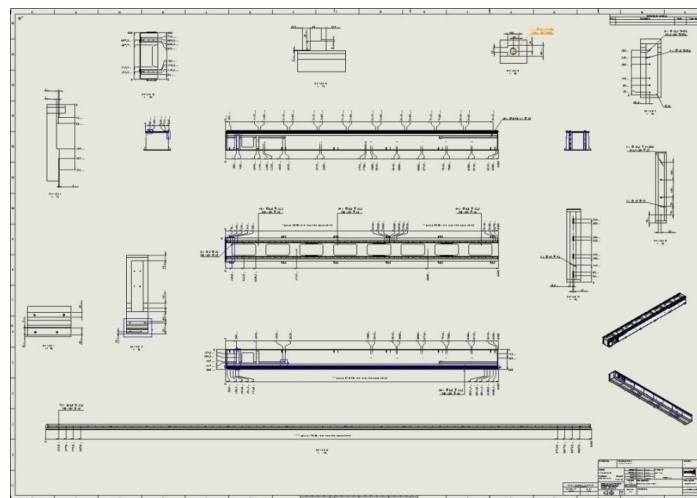
- Nova Alteração na Estrutura do Chassi

Após as alterações ao cabeçal de corte, foi necessário realizar novas alterações na estrutura do *chassi*, alterada anteriormente. Para que fosse possível estabelecer as ligações entre a estrutura do *chassi* e a nova estrutura do cabeçal, surgiu a necessidade de alterar as maquinações no *chassi*, estas alterações não são perceptíveis, visto que, em termos geométricos, as maquinações mantiveram-se inalteráveis, havendo alterações, apenas a nível dimensional e da localização dos furos roscados no *chassi*. Em seguida, na figura 5.63, encontra-se representada a montagem do *chassi*, já com as alterações mencionadas efetuadas, e o novo cabeçal de corte.



**Figura 5.63- Montagem do *chassi*, após alterações, com cabeçal de corte.**  
**Fonte: Motofil.**

Em consequência da alteração das maquinações foi necessário alterar o desenho 2D de maquinação, com cotas das maquinações, bem como as cotas dos furos. Apesar desta alteração, os desenhos 2D de serralharia apresentados anteriormente, para este componente, mantiveram-se, por isso, em seguida, apenas será exposto o desenho 2D de maquinação pois foi o que sofreu alterações.



**Figura 5.64- Desenho de definição de maquinação da estrutura do *chassi*.**  
**Fonte: Motofil.**

- **Lista de Materiais**

Paralelamente à realização de diversos modelos CAD de componentes surgiu a necessidade de realização de uma lista de materiais com todos os componentes respeitantes ao conjunto geral da *MFL Tube* que pudessem ser produzidos internamente na Motofil. Como já foi referido, a Motofil prima pelo facto de ter todas as capacidades para produzir grande parte da matéria-prima necessária à produção dos equipamentos que desenvolve, reduzindo assim o número de componentes a adquirir no exterior, bem como a dependência de fornecedores externos. Esta lista de materiais contém todos os componentes que podem ser produzidos internamente e esta lista será útil para realizar

encomenda dos componentes. Antes de realizar esta lista foi necessário realizar uma nova montagem do conjunto geral da *MFL Tube*, de modo a que na árvore do *SolidWorks* apenas constassem os conjuntos dos componentes, para que de forma automática, através do *SolidWorks*, se pudesse gerar uma lista de materiais. A figura 5.65 representa o ambiente de trabalho do *SolidWorks* e, como é visível no lado esquerdo da imagem, selecionado pelo retângulo vermelho, encontra-se a árvore, contendo apenas os conjuntos da *MFL Tube*. Nestas condições, seria apenas necessário gerar a lista de material, através da função “*Bill of materials*”(BOM) e, em seguida, exportar esta lista para uma folha de cálculo e eliminar os componentes que fossem comerciais, ou seja, provenientes do exterior. A lista obtida depois de eliminar estes componentes seria a Lista de materiais necessária para realizar as encomendas de peças a produzir internamente. De modo a manter o devido sigilo, a lista de material não será divulgada no presente relatório, ao mesmo facto se devem as reduzidas dimensões da figura 5.64, servindo esta apenas para expor uma tarefa desenvolvida durante o estágio que foi uma nova montagem do conjunto geral da máquina, de modo a que a árvore do *SolidWorks* apenas contenha os conjuntos de forma ordenada, tal como é visível na informação circundada pelo retângulo a vermelho.

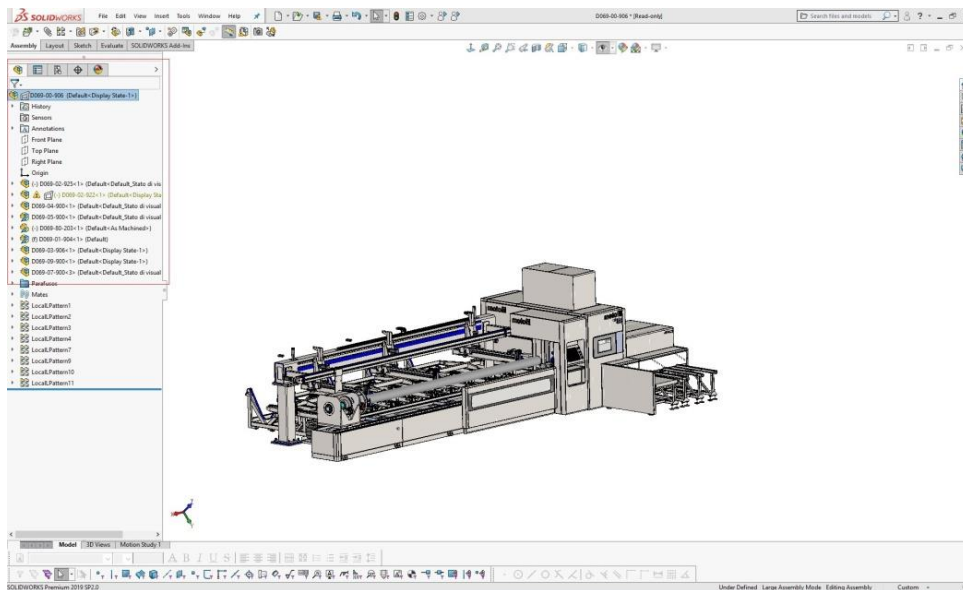


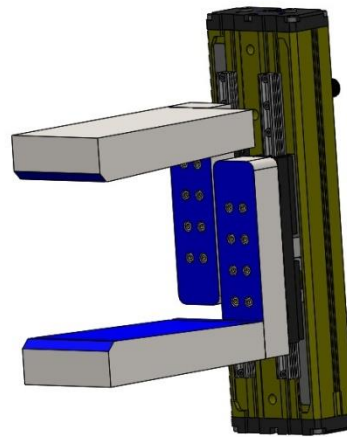
Figura 5.65- Montagem conjunto geral *MFL Tube*.

Fonte: Motofil.

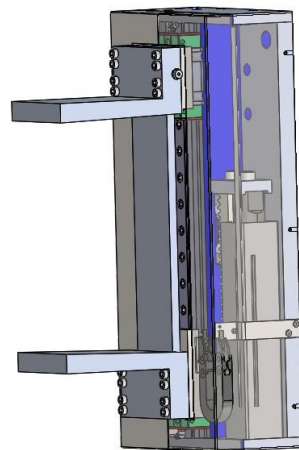
- Alteração dos Braços do Carregador

Na figura 4.4 do Capítulo IV, respeitante à apresentação dos conjuntos que constituem a máquina, é visível o carregador responsável pelo carregamento das peças no estado bruto. Os braços deste conjunto são os responsáveis pela colocação do tubo nos elevadores e na bucha principal. Estes braços foram outros dos componentes que sofreram alterações a nível do mecanismo de movimentação das pinças. Estas são as responsáveis por prender o tubo enquanto o mesmo é transportado desde o carregador até aos elevadores. Inicialmente, estas pinças movimentavam-se com base num sistema de cilindros pneumáticos cujo movimento é sincronizado com base num pinhão e

cremalheira. Na figura 5.66 é visível o sistema mencionado. Contudo, após uma análise, foi possível incorporar um sistema em todo semelhante ao já existente, mas que é fabricado na totalidade pela Motofil, deixando assim de ser um componente comercial, ou seja, que teria de ser adquirido ao exterior. Este sistema encontra-se representado na figura 5.67. Para efetuar a alteração mencionada, foi necessário alterar a geometria da superfície onde o mecanismo das pinças estabelece contacto com o braço, bem como a furação responsável pela união entre o braço e o sistema das garras. Na figura 5.68 encontra-se representado o braço com o formato inicial compatível com o sistema antigo, e na figura 5.69 encontra-se exposto o braço após sofrer as devidas modificações. A figura 5.70 ilustra a montagem do braço do carregador com o novo sistema de garras.



**Figura 5.66- Sistema de garras antes de sofrer alteração.**  
Fonte: Motofil.



**Figura 5.67- Sistema de garras após sofrer alteração.**  
Fonte: Motofil.



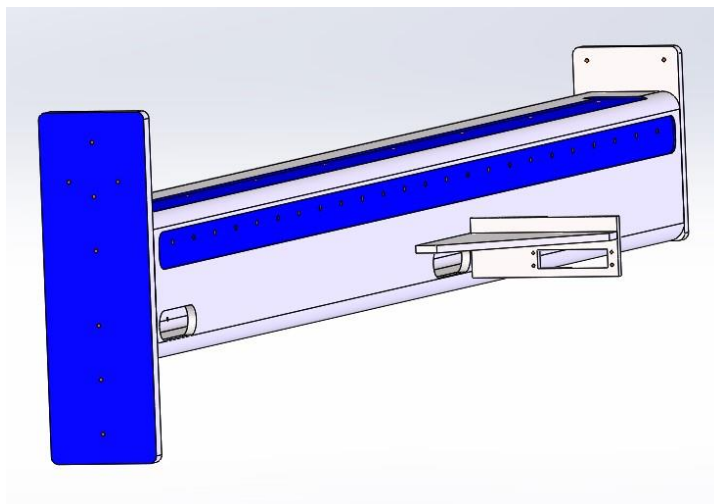


Figura 5.68- Braço do carregador compatível com o sistema de garras inicial.  
Fonte: Motofil.

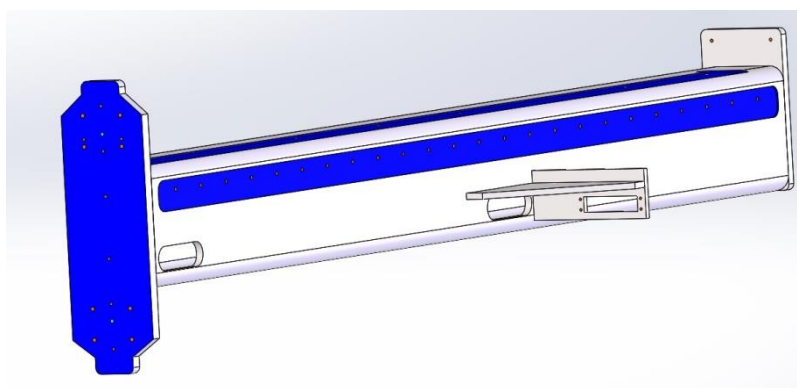


Figura 5.69- Braço do carregador compatível com novo sistema de garras.  
Fonte: Motofil.

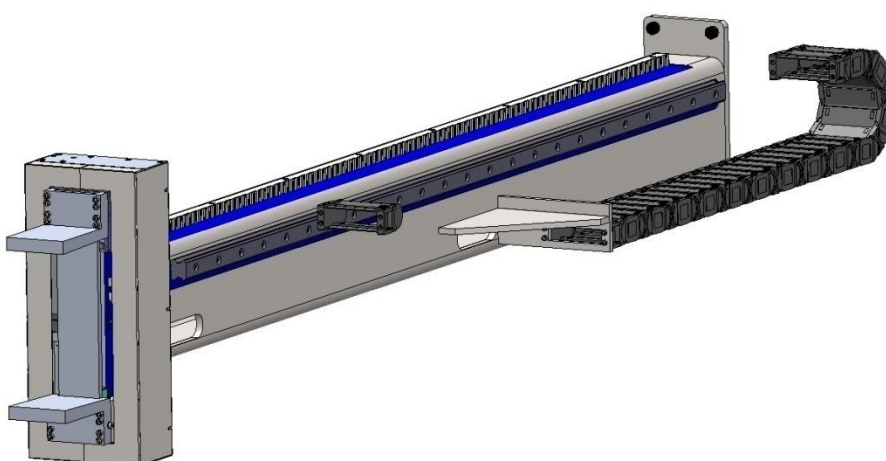


Figura 5.70- Montagem do braço do carregador com novo sistema de garras.  
Fonte: Motofil.



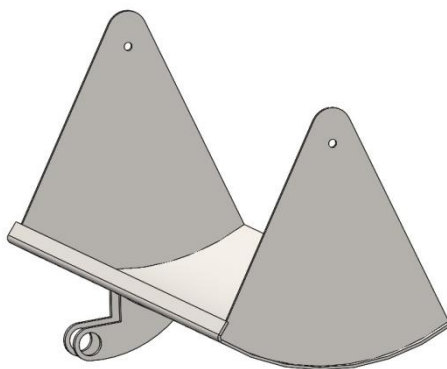
- Caixa de Aspiração

Tal como referido no segmento do *layout* da *MFL Tube*, respeitante ao capítulo IV, este equipamento encontra-se munido por um sistema de aspiração responsável pela extração de fumos e poeiras, bem como aparas de material provenientes da zona de corte, localizada próxima do cabeçal de corte. Visto isto, surgiu a necessidade de projetar uma caixa de aspiração que iria ser o local onde o tubo proveniente do aspirador se iria acoplar ao equipamento.

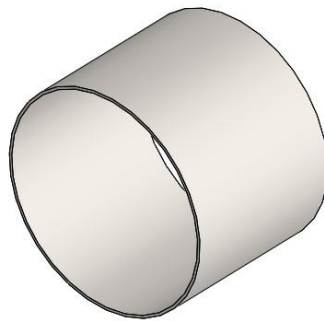
A caixa de aspiração, que será o local de destino dos fumos, poeiras e aparas encontra-se localizada na parte traseira da bucha principal por meio de ligações aparafusadas, tal como é visível na figura 5.78. Esta caixa de aspiração contém uma abertura, na sua lateral, onde irá encaixado o tubo responsável pela aspiração, visto que a zona de corte, no caso mais extremo, ir se á encontrar a 6 m de distância, é através da sucção que os detritos, fumos e poeiras irão viajar desde a zona de corte até à caixa de aspiração pelo interior do tubo que está a ser cortado.

Estabelecido o processo de aspiração, bem como a localização da caixa de aspiração, houve a necessidade do passo seguinte foi projetar a mesma. Nas figuras 5.74 e 5.75 encontra-se representado o conjunto da caixa de aspiração, constituído por uma gaveta, figura 5.71, que terá movimento pendular, um cano, figura 5.72, na parte lateral onde irá ser acoplado o tubo, um cilindro pneumático responsável pela movimentação da gaveta e a estrutura base da caixa de aspiração, figura 5.73, que irá estabelecer ligação à bucha principal, através de parafusos.

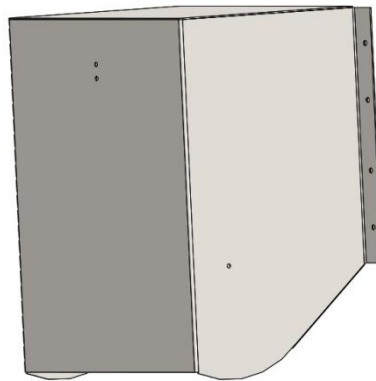
Posteriormente à projeção de todos os componentes, surgiu a necessidade de escolha do cilindro pneumático a utilizar para o movimento da gaveta. Para a escolha deste cilindro foram tidos em conta três parâmetros, o curso do cilindro, diâmetro da haste e a força que o cilindro iria ter que suportar. Esta força diz respeito à força gravitacional dos resíduos e da gaveta. É através de ligações aparafusadas que irá ser estabelecido o contacto entre a gaveta e a estrutura base da caixa.



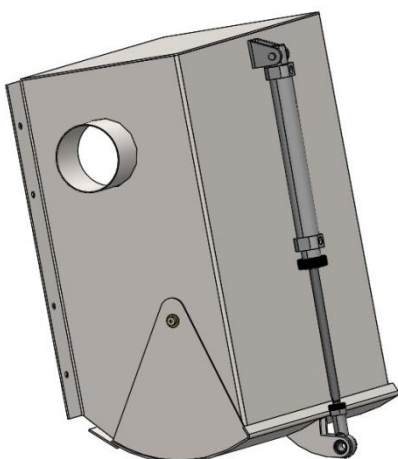
**Figura 5.71- Gaveta.**  
**Fonte: Motofil.**



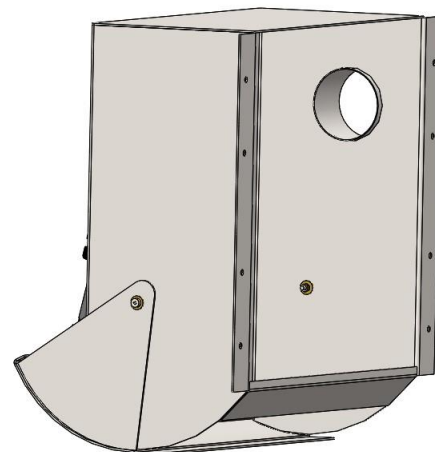
**Figura 5.72- Cano.**  
**Fonte: Motofil.**



**Figura 5.73- Estrutura base da caixa de aspiração.**  
**Fonte: Motofil.**



**Figura 5.74- Conjunto completo caixa de aspiração,**  
**com gaveta fechada.**  
**Fonte: Motofil.**



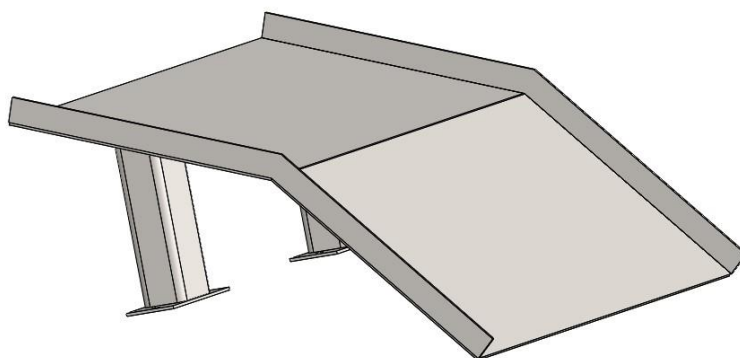
**Figura 5.75- Conjunto completo caixa de aspiração,**  
**com gaveta aberta.**  
**Fonte: Motofil.**

Posteriormente ao projeto da caixa de aspiração, surgiu a necessidade de projetar um componente que fosse responsável pelo encaminhamento dos resíduos desde que estes abandonam a caixa de aspiração, através da abertura da gaveta, até ao local onde serão recolhidos. Assim sendo, optou-se por projetar uma calha que iria estabelecer ligação aparafusada à cabine e se iria localizar abaixo da caixa, como é visível na figura 5.78. Esta calha é constituída por uma chapa quinada e duas chapas laterais soldadas a esta última. Esta calha encontra-se representada na figura 5.76.

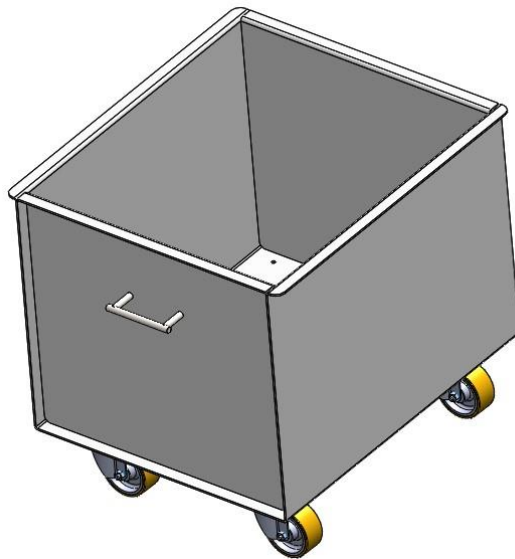
De modo a concluir todo o sistema de aspiração surgiu a necessidade de projetar o local através do qual iriam ser retiradas as aparas resultantes do corte. Optou-se por projetar uma estrutura constituída por chapas soldadas, com rodas na parte inferior, de modo a que o operário tivesse facilidade na movimentação desta. Esta estrutura encontra-se representada na figura 5.77.

Na figura 5.78 encontram-se representados todos os componentes mencionados anteriormente. Para melhor perceção do leitor, optou-se por, apenas, colocar na figura os componentes necessários à perceção do funcionamento do sistema, sendo eles, todo o sistema de aspiração, bucha principal, chassi e cabine.

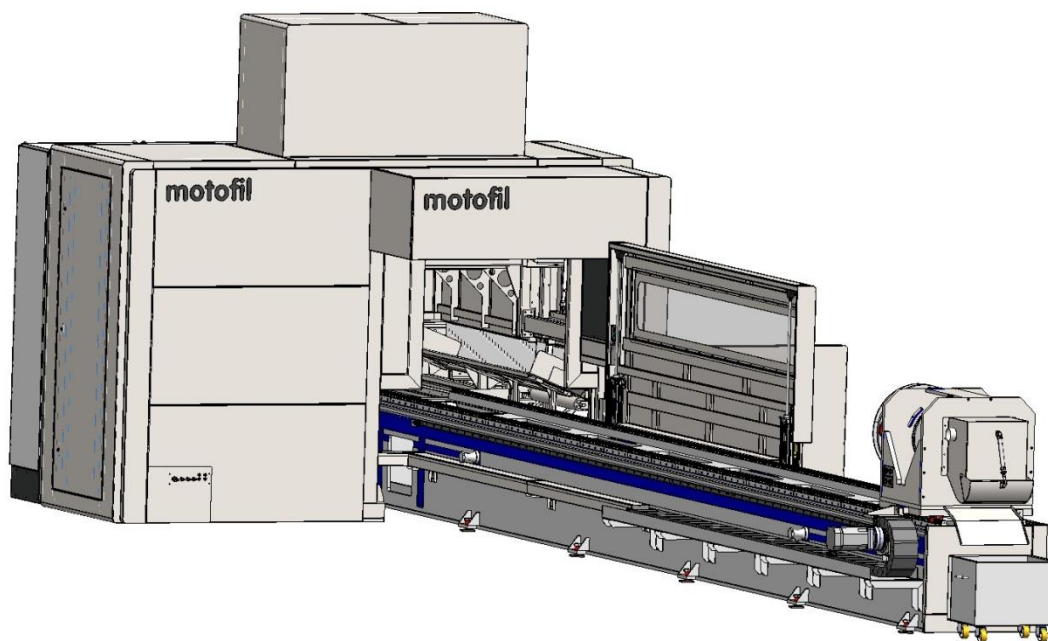
Tal como foi referido anteriormente, sempre que existe a realização de novos projetos é necessário a elaboração dos desenhos 2D dos memos. Todos os desenhos efetuados encontram-se expostos de seguida.



**Figura 5.76- Calha encaminhadora de lixos provenientes do corte.**  
**Fonte: Motofil.**



**Figura 5.77- Estrutura de evacuação de lixos provenientes do corte.**  
**Fonte: Motofil.**



**Figura 5.78- Representativa da montagem e localização do sistema de aspiração.**  
**Fonte: Motofil,**

Tal como foi referido anteriormente, sempre que existe a realização de novos projetos, é necessário a elaboração dos desenhos de definição dos mesmos. Todos os desenhos efetuados encontram-se expostos de seguida. Pelo facto de os componentes não conterem maquinações, apenas apresentam configuração de serralharia e, por isso, apenas uma folha de desenho 2D.

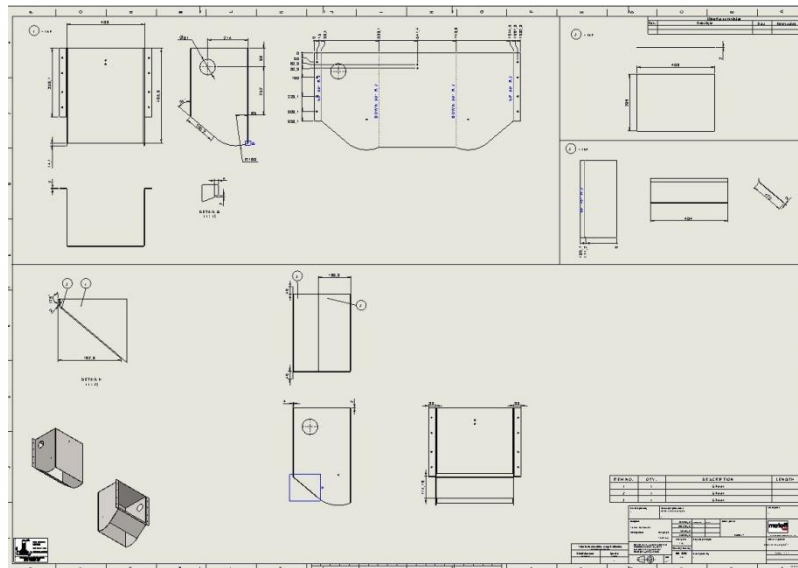


Figura 5.79- Desenho de definição de serralhia estrutura base caixa de aspiração.  
Fonte: Motofil.

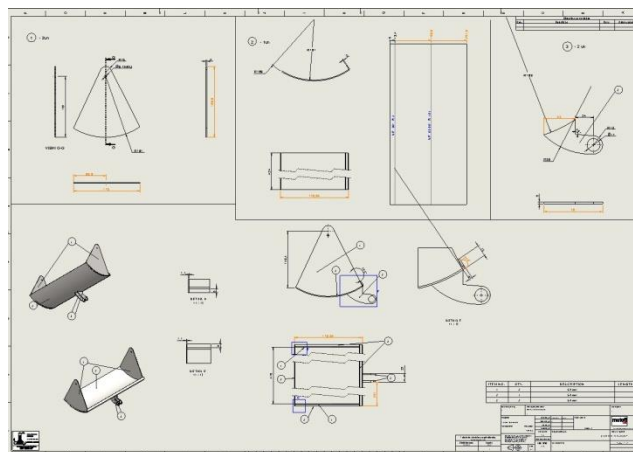


Figura 5.80- Desenho de definição de serralhia gaveta.  
Fonte: Motofil.

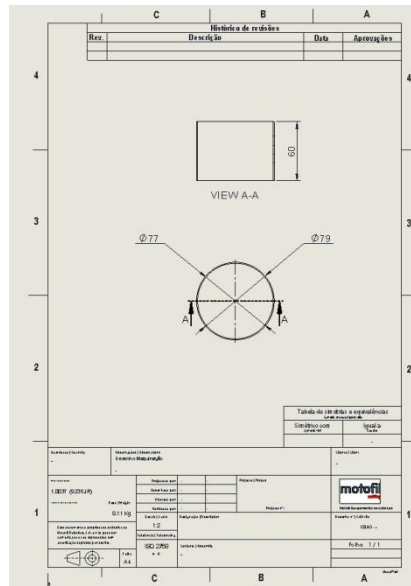


Figura 5.81- Desenho de definição de serralharia cano.  
Fonte: Motofil.

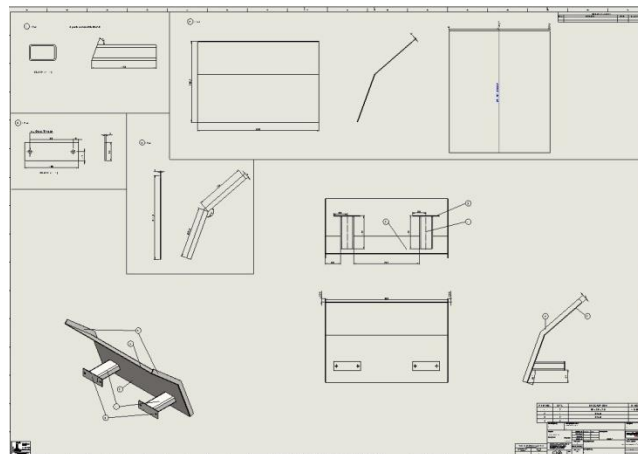


Figura 5.82- Desenho de definição de serralharia calha encaminhadora de lixo resultante do corte.  
Fonte: Motofil.

## Tarefas desenvolvidas durante o Estágio Curricular em diversos Equipamentos

Como já foi referido anteriormente, durante o estágio curricular surgiu a necessidade de realização de tarefas que não se encontravam relacionadas com o equipamento *MFL Tube*. Foi com todo o agrado que paralelamente ao desenvolvimento e otimização de componentes da *MFL Tube*, procedeu-se ainda à realização de outras tarefas relacionadas com outros equipamentos desenvolvidos no departamento de Corte da Motofil. Para desenvolver estas tarefas, foi necessário adquirir conhecimento do funcionamento de outras máquinas, o que, sem dúvida, contribuiu de forma muito positiva na aprendizagem e conhecimento adquiridos durante todo o tempo de estágio.

Neste segmento serão expostos alguns dos trabalhos realizados em componentes de outros equipamentos desenvolvidos pelo departamento. Contudo, de modo a manter sigilo em relação aos equipamentos intervencionados, não serão divulgadas sob a forma

de figuras, mas sim, apenas, enumerados de forma escrita. Grande parte das tarefas desenvolvidas baseou-se na realização de desenhos de definição. Contudo, para a realização dos desenhos de definição, de forma adequada, dos componentes de outros equipamentos é necessária uma prévia compreensão da função do componente e das tarefas a realizar pelo equipamento. Assim, antes de realizar os desenhos 2D, com a ajuda do Engenheiro Paulo Costa realizou-se um estudo do equipamento, das suas funções e posteriormente um estudo da função do componente a realizar o desenho 2D, de modo a que apenas a informação necessária e imprescindível se encontrasse descrita no mesmo. Realizaram-se desenhos de definição a componentes constituintes da *MFL Laser Tube Smart*, ao equipamento *Quinadora 150 tx3000* e ao *Serrote PBR 700/1800*. No que diz respeito à *Laser Tube Smart*, como os princípios de funcionamento são semelhantes à *MFL Laser Tube*, este equipamento não requereu um estudo muito exaustivo. Quanto à *Quinadora*, com o auxílio de vídeos e através de visualização de modelos CAD 3D, foi possível perceber o sistema de funcionamento da mesma, bem como dos seus componentes, o mesmo método foi adotado para o *Serrote PBR 700/1800*.

A elaboração destas tarefas foi uma mais-valia, pois foi possível adquirir conhecimentos no que diz respeito ao funcionamento de outros equipamentos, bem como adquirir conhecimentos sobre outras técnicas de Corte, relativamente ao *Serrote*, bem como técnicas de dobragem no que toca à *Quinadora*.

Para finalizar este segmento, é de enfatizar, a evolução que houve na dificuldade das tarefas realizadas durante o estágio, sendo que inicialmente os trabalhos desenvolvidos eram bastante simples, contudo ao longo do tempo, e através do ganho de conhecimentos, foi possível evoluir e realizar tarefas mais complexas, e sobretudo, úteis para o desenvolvimento do equipamento *MFL Tube*.

No que concerne à tarefa número um do plano de tarefas a realizar no estágio, (estudos de dimensionamento estático e dinâmico de componentes mecânicos dos produtos), novamente se refere, que tais estudos não foram efetuados, no decorrer do estágio, para o equipamento *MFL Tube*, visto que os mesmos são efetuados à *priori*, baseando-se num modelo mais simplista do equipamento e recorrendo ao *SolidWorks*. Este processo é realizado numa versão do *software* cuja licença é distinta da que se encontra disponível para o departamento de corte, sendo que, no *software* disponibilizado apenas seria possível realizar estudos de dimensionamento estático, contudo tornar-se-ia um processo muito custoso para o equipamento responsável pelo processamento do mesmo. Para além disso muitos dos cálculos de dimensionamento são provenientes de dimensionamentos efetuados anteriormente para equipamentos sujeitos a esforços idênticos aos da *MFL Tube*.

Não obstante, foram realizados outro tipo de cálculos no âmbito do projeto mecânico, destacando-se os cálculos necessários ao dimensionamento de elementos de ligação, tais como, parafusos, cordões de soldadura, molas, pinos, entre outros. É de salientar, também que a seleção dos elementos mencionados foi feita com base em bibliografia adequada, recorrendo-se aos livros *Desenho Técnico Básico 3*, *Introdução ao Projeto Mecânico* e *Projeto de Engenharia Mecânica*, que constam na bibliografia do presente relatório, bem como a documentos respeitantes a Unidades Curriculares frequentadas em anos anteriores, nomeadamente, Tecnologia dos Processos de Ligação, Mecânica das Estruturas e Sistemas Mecânicos.

Respeitante à seleção de componentes provenientes de fornecedores, tais como, motores, cilindros pneumáticos, entre outros, recorreu-se aos catálogos de modo que fosse possível conciliar da melhor forma os parâmetros do componente com os que eram pretendidos para a realização das funções.

Destaca-se ainda o conhecimento adquirido sobre funcionamento e tecnologias inerentes a outros equipamentos, bem como a realização de tarefas que não eram contempladas no plano, mas que foram uma mais-valia para o desenvolvimento de conhecimentos noutras áreas.



# Capítulo VI

## Conclusão

Aproveito este tópico não só para refletir sobre o estágio mas também sobre todo o percurso percorrido durante os cinco anos do curso, maiores dificuldades, principais aprendizagens, desafios superados, objetivos impostos e conhecimentos no geral.

Ao longo dos cinco anos de Mestrado em Engenharia Mecânica, de forma geral, as grandes dificuldades encontraram-se maioritariamente relacionadas com disciplinas ligadas ao desenho técnico e projeto mecânico. Dessa dificuldade surgiu o interesse em ingressar num estágio relacionado com estes temas. No que concerne às principais aprendizagens adquiridas ao longo dos cinco anos, evidenciaram-se não só aprendizagens a nível teórico e prático, com origem nas unidades curriculares, mas também aprendizagens a nível pessoal. Foi também ao longo destes cinco anos, que, todos os desafios que surgiram, foram superados, e foram de extrema importância no que toca ao enriquecimento pessoal e a nível profissional. Desde sempre que os objetivos impostos foram claros, sendo eles, o término do curso no tempo estabelecido, com a obtenção dos melhores resultados possíveis, bem como a construção de uma base sólida para a futura vida profissional.

Foi desde sempre ambição poder ingressar num estágio curricular, que proporcionasse uma visão mais aprofundada no que diz respeito ao mundo do trabalho. Elaborando-se uma retrospectiva dos últimos meses de estágio, com toda a certeza se pode afirmar que, foram adquiridos conhecimentos a nível de projeto e também uma evolução na autonomia de realização de tarefas. Ao longo do tempo foram surgindo dificuldades que foram ultrapassadas com o apoio fundamental dos colaboradores do gabinete técnico de corte da Motofil.

No que diz respeito às tarefas realizadas, é importante mencionar a evolução do grau de dificuldades das mesmas ao longo de todo o estágio. Inicialmente apenas foram realizadas pequenas alterações, de baixa dificuldades, em alguns componentes. Ao longo das semanas, já com maior destreza na interação com o *software*, foi possível iniciar alterações de maiores dimensões bem como realizar projetos de raiz, sendo que foi nesta última etapa onde surgiram as maiores dificuldades, que foram ultrapassadas em virtude da existência de uma interação entre o gabinete de projeto e o pavilhão onde ocorria, em simultâneo, a montagem dos equipamentos.

Nos últimos dias de estágio na empresa Motofil, a próxima tarefa seria o projeto de novas mesas de saída, sendo que a atual apenas apresenta uma dimensão *standard*. Assim, o objetivo seria projetar três tipos de mesas com dimensões distintas de modo a que o cliente pudesse escolher a mesa de saída das peças que lhe fosse mais conveniente. Já com bastantes ideias em mente, infelizmente chega o momento do término do estágio curricular na Motofil, não podendo concretizar o que estava planeado. Contudo abandono a empresa no dia 31 de Maio com certezas que tudo o que estava ao meu alcance foi feito, de modo a poder obter os melhores resultados possíveis e, sobretudo,

aproveitar ao máximo todo o tempo despendido na empresa para aprender e construir bases sólidas para o futuro profissional que se aproxima.

Termino esta conclusão mostrando, mais uma vez, um especial apreço por todas as entidades envolvidas, não só no estágio, bem como todos aqueles presentes durante os últimos cinco anos.

# Capítulo VII

## Referências

[1]- MOTOFIL GROUP - **Motofil** [Em linha], atual. 2019. [Consult. 22 abr. 2019]. Disponível em <https://grupomotofil.com>.

[2]- Condor – **O que é Oxicorte** [Em linha] [Consult. 21 abr. 2019]. Disponível em: <https://www.condornet.com.br/condor/pt/education/blog/oxicorte-sepracao-de-metais.cfm>.

[3]- Wikipédia – **corte a plasma** [Em linha] [Consult. 21 abr. 2019]. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Corte\\_a\\_plasma](https://pt.wikipedia.org/wiki/Corte_a_plasma).

[4]- MOTOFIL - **PROCESSAMENTO DE METAL Gama de produtos de corte**. [Consult. 25 abr. 2019].

[5]- MESSER CUTTING SYSTEMS - **Corte a laser A MAIS ALTA QUALIDADE E A MELHOR PRECISÃO** [Em linha], atual. 2018. [Consult. 25 abr. 2019]. Disponível em: <https://www.messer-cs.com/pt/br/processos/corte-a-laser/>.

[6]- TROTEC LASER GMBH - **Lasers de CO<sub>2</sub> (gás laser)** [Em linha] [Consult. 27 abr. 2019]. Disponível em: <https://www.troteclaser.com/pt-pt/tutoriais-exemplos/faqs/tipos-de-laser/>.

[7]- TROTEC LASER GMBH - **Lasers de fibra** [Em linha] [Consult. 27 abr. 2019]. Disponível em: <https://www.troteclaser.com/pt-pt/tutoriais-exemplos/faqs/tipos-de-laser/>.

[8]- VM LASER - **Vantagens do Laser de Fibra Ótica** [Em linha] Disponível em: <https://www.vmlaser.pt/pt/blog/confronto-laser-co2-fibra/>.

[9]- TRUMPF - **TruLaser Tube 5000 fiber** [Em linha] [Consult. 20 abr. 2019]. Disponível em: [https://www.trumpf.com/pt\\_PT/produtos/maquinas-sistemas/maquinas-de-corte-de-tubo-a-laser/trulaser-tube-5000-fiber/](https://www.trumpf.com/pt_PT/produtos/maquinas-sistemas/maquinas-de-corte-de-tubo-a-laser/trulaser-tube-5000-fiber/).

[10]- PRIMA INDUSTRIE S.P.A. - **Laser Next 2141** [Em linha] [Consult. 20 abr. 2019]. Disponível em: <https://www.primaadditive.com/laser-next-2141/>.

[11]- SYSTEMS, HK Laser &. - **Pinnacle of Laser Cutting Technology**. [Em linha][s.d.]. Disponível em: <http://www.hk-global.com/>.

[12]- BLM GROUP - **LT14 FIBER A fibra em grande** [Em linha] [Consult. 1 mai. 2019]. Disponível em: <https://www.blmgroup.com/pt/lasertube/lt14-fiber>.

[13]- WIKIPÉDIA - **Gerador de Potência** [Em linha] [Consult. 2 mai. 2019]. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Gerador\\_de\\_tensão](https://pt.wikipedia.org/wiki/Gerador_de_tensão).

[14]- PRECITEC GROUP - **ProCutter 2.0 - the latest generation in laser cutting** [Em linha] [Consult. 5 mai. 2019]. Disponível em: <https://www.precitec.de/en/products/laser-cutting/cutting-heads-for-fiber-laser/procutter/>.

[15]- PRECITEC GROUP - **LightCutter – for flatbed and bevel cutting systems** [Em linha] [Consult. 5 mai. 2019]. Disponível em: <https://www.precitec.de/en/products/laser-cutting/cutting-heads-for-fiber-laser/lightcutter/>.

## Bibliografia

Morais, Simões - **Desenho Técnico Básico 3**

Completo, António; de Melo, Francisco Queirós - **Introdução ao Projeto Mecânico. 1ed: Publindústria.**

Joseph E. Shigley; Charles R. Mischke; Richard G. Budynas- **Projeto de Engenharia Mecânica. 7ª ed.**

Morais, Alfredo Balacó - **Sistemas Mecânicos, Textos de apoio Chumaceiras Fadiga.** PDF (2013): 1–66.

Morais, Alfredo Balacó - **Sistemas Mecânicos Textos de apoio Molas Parafusos Ligações soldadas.** PDF (2010): 1–49.

Morais, Alfredo Balacó De - **Sistemas Mecânicos Textos de apoio Engrenagens.** PDF: 1–67.

Morais, Alfredo Balacó De – **Mecânica das Estruturas Textos de apoio – 1ª parte.** PDF: 1-78

Morais, Alfredo Balacó De – **Mecânica das Estruturas Textos de apoio – 2ª parte.** PDF: 1-73

PEREIRA, António Manuel De Bastos - **Capítulo 1 - Introdução à tecnologia dos processos de soldadura.** PDF: 1-5

PEREIRA, António Manuel De Bastos - **Capítulo 11 - Deformações em soldadura.** PDF: 1-11

PEREIRA, António Manuel De Bastos - **Capítulo 21 – Resistência de ligações soldadas.** PDF: 1-9

PEREIRA, António Manuel De Bastos - **Capítulo 14 - Oxicorte.** PDF: 1-8